

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS  
EN EDIFICACIONES POST-SISMO”**

PRESENTADO POR:

**CARLOS VLADIMIR NAJARRO GÁLVEZ**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2008

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ**

**SECRETARIO GENERAL :**

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIO :**

**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**DIRECTOR :**

**MSc. ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO CIVIL**

Título :

**“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS  
EN EDIFICACIONES POST-SISMO”**

Presentado por :

**CARLOS VLADIMIR NAJARRO GÁLVEZ**

Trabajo de graduación aprobado por:

Docentes Directores :

**INGRA. ADRY VIVINA FLORES ALVARADO**

**ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN**

**MSc. ING. MARIO ALFREDO VELÁSQUEZ**

San Salvador, agosto de 2008

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

**INGRA. ADRY VIVINA FLORES ALVARADO**

**ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN**

**MSc. ING. MARIO ALFREDO VELÁSQUEZ**

## **AGRADECIMIENTOS.**

A cada una de las personas que de una u otra forma, ayudaron a que este trabajo finalizara exitosamente.

## **DEDICATORIA.**

A todas y todos los que siempre creyeron en mi.

## ÍNDICE GENERAL

### **“CAPITULO I “ANTEPROYECTO Y GENERALIDADES SOBRE LA ACTIVIDAD E INGENIERÍA SÍSMICA EN EL SALVADOR.” .....1**

<b>1.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2.</b>	<b>ANTEPROYECTO</b> .....	<b>3</b>
1.2.1.	Antecedentes. ....	3
1.2.2.	Planteamiento del problema. ....	4
1.2.3.	Objetivo. ....	5
1.2.3.1.	General. ....	5
1.2.3.2.	Específicos. ....	5
1.2.4.	Alcances globales. ....	6
1.2.5.	Limitaciones. ....	6
1.2.6.	Justificación. ....	6
<b>1.3.</b>	<b>LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL SALVADOR.</b> .....	<b>7</b>
1.3.1.	Tectónica y sismicidad en El Salvador. ....	13
1.3.2.	Fallas tectónicas.....	23
1.3.2.1.	Elementos de una falla.....	23
1.3.2.2.	Características de una falla. ....	24
1.3.2.1.	Fallas activas e inactivas.....	25
1.3.2.2.	Clasificación de fallas de acuerdo a su movimiento. ....	25
<b>1.4.</b>	<b>ONDAS SISMICAS.</b> .....	<b>26</b>
<b>1.5.</b>	<b>INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.</b> .....	<b>30</b>
1.5.1.	Instrumentación sísmica en El Salvador.....	34
1.5.1.1.	Red nacional de telemetría sísmica.....	36
1.5.1.2.	Red de movimiento fuerte. ....	38
1.5.1.3.	Red de acelerógrafos digitales de la UCA. ....	41
<b>1.6.</b>	<b>ESCALAS DE MEDICIÓN.</b> .....	<b>42</b>
1.6.1.	Intensidad sísmica. ....	42
1.6.2.	Magnitud sísmica.....	45
<b>1.7.</b>	<b>LA INGENIERÍA SÍSMICA EN EL SALVADOR.</b> .....	<b>46</b>
1.7.1.	Formación en el área de la ingeniería sísmica. ....	46

1.7.2.	Preparación profesional en ingeniería sísmica.....	47
1.7.3.	Investigaciones en ingeniería sísmica.....	50
	<b><i>CAPITULO II “TÓPICOS IMPORTANTES PREVIOS AL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POST-SISMO.”</i></b> .....	<b>54</b>
<b>2.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>55</b>
<b>2.2.</b>	<b>FACTORES GENERALES QUE INTERVIENEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS.</b> .....	<b>55</b>
2.2.1.	Calidad del diseño. ....	56
2.2.2.	Calidad de los materiales. ....	57
2.2.3.	Calidad del proceso constructivo. ....	58
<b>2.3.</b>	<b>SISTEMAS ESTRUCTURALES.</b> .....	<b>61</b>
2.3.1.	Sistema de marcos. ....	65
2.3.1.1.	Comportamiento de los elementos de concreto reforzado sometidos a sismos en el sistema de marcos. ....	69
2.3.1.2.	Comportamiento de los elementos de acero estructural sometidos a sismos en el sistema de marcos. ....	85
2.3.2.	Sistema de paredes. ....	96
2.3.2.1.	Comportamiento de los elementos estructurales del sistema de paredes. ....	100
2.3.3.	Sistema dual. ....	114
2.3.3.1.	Comportamiento de los elementos estructurales del sistema dual. ....	116
<b>2.4.</b>	<b>SISTEMAS DE ENTREPISO.</b> .....	<b>117</b>
2.4.1.	Comportamiento de los sistemas de entrepiso. ....	123
<b>2.5.</b>	<b>CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN DE EDIFICACIONES.</b> .....	<b>127</b>
2.5.1.	Configuración Arquitectónica. ....	129
2.5.2.	Configuración estructural. ....	136
<b>2.6.</b>	<b>ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.</b> .....	<b>144</b>
2.6.1.	Clasificación de los elementos no estructurales. ....	144
2.6.2.	Elementos no estructurales necesarios de evaluar. ....	145
<b>2.7.</b>	<b>INESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN.</b> .....	<b>159</b>
2.7.1.	Colapso. ....	160

2.7.2.	Inclinación.....	163
<b>2.8.</b>	<b>DAÑOS EN CIMENTACIONES.....</b>	<b>164</b>
2.8.1.	Asentamientos en la edificación.....	165
2.8.2.	Fallas en taludes o movimientos de masa producidos por sismos.....	171
<b>2.9.</b>	<b>MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES.....</b>	<b>185</b>
	<b><i>CAPITULO III “PROPUESTA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES POST-SISMO”.....</i></b>	<b><i>196</i></b>
<b>3.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>197</b>
<b>3.2.</b>	<b>COMPONENTES DE LA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POST-SISMO.....</b>	<b>199</b>
<b>3.3.</b>	<b>FASE I: ORGANIZACIÓN.....</b>	<b>201</b>
3.3.1.	Antecedentes de organización para evaluación de daños en edificaciones debido a sismos.....	201
<b>3.4.</b>	<b>FASE II: OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO.....</b>	<b>222</b>
3.4.1.	Etapas de evaluación de emergencia.....	223
3.4.2.	Propuesta del contenido para la etapa de evaluación de emergencia.....	225
3.4.2.1.	Encabezado.....	226
3.4.2.2.	Sección 1: “Inspectores y fecha de la inspección.”.....	227
3.4.2.3.	Sección 2: “Identificación de la edificación.”.....	227
3.4.2.4.	Sección 3: “Descripción de la edificación.”.....	229
3.4.2.5.	Sección 4: “Estado del daño de la edificación.”.....	231
3.4.2.6.	Sección 5: “Clasificación de la habitabilidad.”.....	237
3.4.2.7.	Sección 6: “Tipo de inspección, nivel más dañado y ocupación de la edificación.”.....	239
3.4.2.8.	Sección 7: “Comentarios.”.....	240
3.4.2.9.	Sección 8: “Persona para contacto.”.....	241
3.4.2.10.	Sección 9: “Personal que recibe el formulario en la sede del Comité Interinstitucional permanente.”.....	241
3.4.3.	Procedimiento para rellenar el formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación de emergencia.....	242
3.4.3.1.	Encabezado.....	244
3.4.3.2.	Sección 1 “Inspectores y fecha de la inspección.”.....	245
3.4.3.3.	Sección 2 “Identificación de la edificación.”.....	245
3.4.3.4.	Sección 3 “Descripción de la edificación.”.....	246



3.4.3.5.	Sección 4 “Estado del daño de la edificación.”	249
3.4.3.6.	Sección 5 “Clasificación de la habitabilidad.”	253
3.4.3.7.	Sección 6 “Tipo de inspección y ocupación de la habitabilidad.”	254
3.4.3.8.	Sección 7 “Comentarios.”	254
3.4.3.9.	Sección 8 “Persona para contacto.”	255
3.4.3.10.	Sección 9 “Personal del Comité Interinstitucional Permanente que recibe el formulario.”	256
3.4.4.	Propuesta metodológica para la etapa de evaluación detallada.	257
3.4.5.	Propuesta del contenido para la etapa de evaluación detallada.	259
3.4.5.1.	Encabezado.	259
3.4.5.2.	Sección 10 “Inspectores y fecha de la inspección.”	261
3.4.5.3.	Sección 11 “Evaluación del estado del daño de la edificación.”	261
3.4.5.4.	Sección 12: “Clasificación de la habitabilidad de la edificación.”	274
3.4.5.5.	Sección 13: “Recomendaciones generales para la edificación.”	276
3.4.5.6.	Sección 14: “Condiciones preexistentes.”	279
3.4.5.7.	Sección 15: “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.”	286
3.4.5.8.	Sección 16: “Comentarios.”	287
3.4.5.9.	Sección 17: “Persona para contacto.”	287
3.4.5.10.	Sección 18: “Esquema.”	287
3.4.5.11.	Sección 19: “Fotografías.”	287
3.4.5.12.	Sección 20 “Persona que recibe el formulario en la sede del Comité Interinstitucional Permanente.”	288
3.4.6.	Procedimiento para rellenar el formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación detallada.	288
3.4.6.1.	Encabezado.	289
3.4.6.2.	Sección 10 “Inspectores y fecha de la inspección.”	290
3.4.6.3.	Sección 11 “Estado del daño de la edificación.”	290
3.4.6.4.	Sección 12 “Clasificación de la habitabilidad de la edificación.”	297
3.4.6.5.	Sección 13 “Recomendaciones y medidas de seguridad generales para la edificación.”	299
3.4.6.6.	Sección 14 “Condiciones pre-existentes.”	299
3.4.6.7.	Sección 15 “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.”	300
3.4.6.8.	Sección 16 “Comentarios.”	301
3.4.6.9.	Sección 17 “Persona para contacto.”	301
3.4.6.10.	Sección 18 “Esquema en planta y elevación de la edificación.”	302
3.4.6.11.	Sección 19 “Fotografías.”	303
3.4.6.12.	Sección 20 “Persona del Comité Interinstitucional Permanente que recibe el formulario.”	303

<b>3.5.</b>	<b>FASE III: PROCESAMIENTO DE DATOS .....</b>	<b>304</b>
-------------	---	------------

***CAPITULO IV “APLICACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA DE  
EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES POST-SISMO”.....308***

<b>4.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>309</b>
-------------	---------------------------	------------

<b>4.2.</b>	<b>EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIA.- UES. ....</b>	<b>310</b>
-------------	--	------------

4.2.1.	Descripción general del edificio de la escuela de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador. ....	310
--------	--	-----

4.2.2.	Rellenado del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación de emergencia. ....	314
--------	---	-----

4.2.2.1.	Encabezado. ....	314
----------	------------------	-----

4.2.2.2.	Sección 1. “Inspectores y fecha de la inspección.” .....	314
----------	--	-----

4.2.2.3.	Sección 2. “Identificación de la edificación.” .....	315
----------	--	-----

4.2.2.4.	Sección 3. “Descripción de la edificación.” .....	316
----------	---	-----

4.2.2.5.	Sección 4. “Estado del daño de la edificación.” .....	317
----------	---	-----

4.2.2.6.	Sección 5 “Clasificación de la habitabilidad.” .....	321
----------	--	-----

4.2.2.7.	Sección 6 “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.” .....	321
----------	---	-----

4.2.2.8.	Sección 7 “Comentarios.” .....	322
----------	--------------------------------	-----

4.2.2.9.	Sección 8 “Persona para contacto.” .....	323
----------	--	-----

4.2.2.10.	Sección 9 “Persona del Comité Interinstitucional Permanente que recibe el formulario.” .....	323
-----------	--	-----

4.2.3.	Rellenado del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación detallada. ....	325
--------	---	-----

4.2.3.1.	Encabezado. ....	326
----------	------------------	-----

4.2.3.2.	Sección 10 “Inspectores y fecha de la inspección.” .....	326
----------	--	-----

4.2.3.3.	Sección 11 “Estado del daño de la edificación.” .....	327
----------	---	-----

4.2.3.4.	Sección 12 “Clasificación de la habitabilidad de la edificación.” .....	334
----------	---	-----

4.2.3.5.	Sección 13 “Recomendaciones y medidas de seguridad generales.” .....	337
----------	--	-----

4.2.3.6.	Sección 14 “Condiciones pre-existentes.” .....	338
----------	--	-----

4.2.3.7.	Sección 15 “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.” .....	340
----------	--	-----

4.2.3.8.	Sección 16 “Comentarios.” .....	341
----------	---------------------------------	-----

4.2.3.9.	Sección 17. “Persona para contacto.” .....	342
----------	--	-----

4.2.3.10.	Sección 18 “Esquema.” .....	342
-----------	-----------------------------	-----

4.2.3.11.	Sección 19 “Fotografías.” .....	343
-----------	---------------------------------	-----

4.2.3.12.	Sección 20 “Persona del Comité Interinstitucional Permanente que recibe el formulario.” .....	350
-----------	---	-----

<b>4.3.</b>	<b>EDIFICIO DE CORREOS DE EL SALVADOR. ....</b>	<b>350</b>
-------------	---	------------

4.3.1.	Descripción general del ex edificio de Correos de El Salvador.....	351
4.3.2.	Rellenado del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación de emergencia. ....	354
4.3.2.1.	Encabezado. ....	355
4.3.2.2.	Sección 1 “Inspectores y fecha de la inspección.”.....	355
4.3.2.3.	Sección 2 “Identificación de la edificación.”.....	356
4.3.2.4.	Sección 3 “Descripción de la edificación.” .....	356
4.3.2.5.	Sección 4 “Estado del daño de la edificación.” .....	358
4.3.2.6.	Sección 5 “Clasificación de la habitabilidad.”.....	360
4.3.2.7.	Sección 6 “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.” .....	360
4.3.2.8.	Sección 7 “Comentarios.”.....	361
4.3.2.9.	Sección 8 “Persona para contacto.”.....	362
4.3.2.10.	Sección 9 “Persona del Comité Interinstitucional Permanente que recibe el formulario.”.....	362
	<b><i>CAPITULO V “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES” .....</i></b>	<b><i>369</i></b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>370</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>371</b>
	<b><i>REFERENCIAS.....</i></b>	<b><i>374</i></b>
	<b><i>ANEXOS.....</i></b>	<b><i>380</i></b>
	<b><i>ANEXO A “FORMULARIOS DE INSPECCIÓN UTILIZADOS PARA ELABORAR EL FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO PROPUESTO” .....</i></b>	<b><i>381</i></b>
	<b><i>ANEXO B “TABLAS CON LOS CRITERIOS PARA ESTABLECER LOS DIFERENTES NIVELES DE DAÑO, LOS DIFERENTES NIVELES DE RIESGO Y PARA CLASIFICAR LA HABITABILIDAD DE UNA EDIFICACIÓN” .....</i></b>	<b><i>396</i></b>
	<b><i>ANEXO C “FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO Y ROTULOS DE HABITABILIDAD PROPUESTOS” .....</i></b>	<b><i>421</i></b>
	<b><i>ANEXO D “LEVANTAMIENTO DE DAÑOS REALIZADO AL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIA-UES” .....</i></b>	<b><i>435</i></b>

*ANEXO E “FORMULARIOS DE INSPECCIÓN DE CAMPO PARA LOS  
EJEMPLOS DESARROLLADOS”.....450*

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Lista de sismos destructores en El Salvador (Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). ....	18
Tabla 1. 2 Ubicación de los acelerógrafos de la red UCA ( <a href="http://www.uca.edu.sv/investigacion/sismo/modulo3/analisisregistros/sld026.htm">http://www.uca.edu.sv/investigacion/sismo/modulo3/analisisregistros/sld026.htm</a> ). ....	41
Tabla 1. 3 Intensidad en escala de Mercalli ( <a href="http://www.angelfire.com/ri/chterymercalli">http://www.angelfire.com/ri/chterymercalli</a> ). ....	43
Tabla 1. 4 Escala de magnitud Richter .....	45

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. 1 Posible forma y evolución de la pangea ( <a href="http://pubs.usgs.gov/publications/text/historical.html">http://pubs.usgs.gov/publications/text/historical.html</a> ). .....	8
Fig. 1. 2 Distribución de placas tectónicas ( <a href="http://es.wikipedia.org">http://es.wikipedia.org</a> ). .....	10
Fig. 1. 3 Límite divergente ( <a href="http://es.wikipedia.org">http://es.wikipedia.org</a> ). .....	11
Fig. 1. 4 Limite convergente ( <a href="http://es.wikipedia.org">http://es.wikipedia.org</a> ). .....	12
Fig. 1. 5 Tectónica de placas en Centroamérica (Weyl, 1980; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). .....	14
Fig. 1. 6 Corte en la fosa de subducción para la región Centro Americana Los círculos indican los focos de los terremotos y la línea punteada la parte superior de la placa de Cocos (White y Harlow, 1993; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). .....	14
Fig. 1. 7 Sistema de fallas en El Salvador ( <a href="http://mapas.snet.gob.sv/geologia/sismicidad.phtml">http://mapas.snet.gob.sv/geologia/sismicidad.phtml</a> ). .....	22
Fig. 1. 8 Elementos de una falla. ....	23
Fig. 1. 9 Características de una falla ( <a href="http://www.funvisis.gob.ve/mecanismos_focales.php">http://www.funvisis.gob.ve/mecanismos_focales.php</a> ). .....	24
Fig. 1. 10 Tipos de fallas fundamentales ( <a href="http://almez.cnice.mecd.es/jrem0000/dpbg/4eso/tema3/fallas.JPG">http://almez.cnice.mecd.es/jrem0000/dpbg/4eso/tema3/fallas.JPG</a> ). .....	26
Fig. 1. 11 Ondas P o de compresión (a) y ondas S o de corte (b). .....	28
Fig. 1. 12 Ondas Rayleigh (a) y ondas love .....	28
Fig. 1. 13 principio básico del funcionamiento de los sismógrafos ( <a href="http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA5_Sismos/52_Sismologia/sismografo.jpg">http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA5_Sismos/52_Sismologia/sismografo.jpg</a> ). .....	31
Fig. 1. 14 Ejemplo de un sismograma ( <a href="http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA5_Sismos/52_Sismologia/sismogramaPeru.jpg">http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA5_Sismos/52_Sismologia/sismogramaPeru.jpg</a> ). .....	31
Fig. 1. 15 Sismografos modernos ( <a href="http://www.unb.br/acs/unbagencia/imagens">http://www.unb.br/acs/unbagencia/imagens</a> ). .....	32
Fig. 1. 16 Acelerógrafo moderno tipo GMC-5TD ( <a href="http://www.ampere.com.mx/fotos/cm5td">http://www.ampere.com.mx/fotos/cm5td</a> ). ..	33
Fig. 1. 17 Registro acelerográfico ( <a href="http://estructuras.eia.edu.co/hormigonII/ing.%2520sismica">http://estructuras.eia.edu.co/hormigonII/ing.%2520sismica</a> ). ..	34
Fig. 1. 18 Distribución de las estaciones de sismógrafos en nuestro país ( <a href="http://www.snet.gob.sv/Geologia/sismograma1.php">http://www.snet.gob.sv/Geologia/sismograma1.php</a> ). .....	37
Fig. 1. 19 Distribución de las estaciones acelerográfica en el Salvador ( <a href="http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/vigilancia/">http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/vigilancia/</a> ). .....	40
Fig. 1. 20 Sistema de reacción instalado en el LEG ( <a href="http://www.taishin.org.sv/laboratorio.htm">http://www.taishin.org.sv/laboratorio.htm</a> ). ..	52
Fig. 1. 21 Mesa inclinable en la UES. ....	53
Fig. 1. 22 Prueba a escala del modelo del sistema de de ladrillo adobe. ....	53

Fig. 2. 1 Ejemplos de mala calidad en la construcción, mal pegado de ladrillos y mala canalización de bajadas de aguas lluvias (izq.) y colado deficiente de elementos de concreto reforzado (centro y dcha.) .....	60
Fig. 2. 2 Sistemas estructurales. ....	63
Fig. 2. 3 Edificación hecha con sistema dual de paredes de ladrillo de barro y madera. ....	63
Fig. 2. 4 Sistema estructural de marcos de acero estructural.....	65
Fig. 2. 5 Zonas críticas en el sistema de marcos para carga gravitacional. ....	68
Fig. 2. 6 Zonas críticas en el sistema de marcos para fuerza lateral.....	68
Fig. 2. 7 Diferentes tipos de fallas en columnas ( <a href="http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/">http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/</a> ). ....	73
Fig. 2. 8 Agrietamiento típico en columnas de concreto (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998). ....	74
Fig. 2. 9. Falla por compresión y tensión en columnas ( <a href="http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm">http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm</a> , 2007). ....	74
Fig. 2. 10. Daño fuerte (izquierda y el centro) y moderado (derecha) en columnas por falla por cortante y por compresión con pérdida de recubrimiento (Avalos C., Juan J., 1987). ....	75
Fig. 2. 11 Daño leve por la pérdida del repello en una columna del ex edificio de Correos de El Salvador. ....	75
Fig. 2. 12 Grietas por flexión simple y compuesta ( <a href="http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras">http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras</a> ). ....	80
Fig. 2. 13 Evolución de grietas por cortante en vigas. ....	80
Fig. 2. 14 Evolución de una grieta por flexión .....	81
Fig. 2. 15 Fisuras producidas por torsión ( <a href="http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC">http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC</a> ). ....	81
Fig. 2. 16 Diferentes tipos de grietas en uniones viga-columna .....	84
Fig. 2. 17 Falla ocasionada por la falta de soporte para la compresión diagonal en una unión viga secundaria-viga principal (Nilson, 2001).....	84
Fig. 2. 18 Fallas típicas en vigas (SAC Joint Venture, 2000).....	87
Fig. 2. 19 Fallas típicas en conexiones soldadas (SAC Joint Venture, 2000). ....	90
Fig. 2. 20 Fallas típicas en conexiones remachadas o empernadas (Salmon, G., 1996).....	91
Fig. 2. 21 Fallas típicas en la zona del panel de unión (SAC Joint Venture, 2000) .....	93
Fig. 2. 22 Daños típicos en columnas (SAC Joint Venture, 2000).....	95
Fig. 2. 23 Falla por pandeo del patín en una columna. ....	96
Fig. 2. 24 Vista en tres dimensiones y en planta de un sistema de paredes estructurales.....	97
Fig. 2. 25 Viviendas construidas con sistema de paredes estructurales hechas de adobe.....	97
Fig. 2. 26 Relación alto-largo de paredes de mampostería. (Masonry Standards Joint Committee (MSJC), 2002). ....	98

Fig. 2. 27 Agrietamiento en las esquinas de las aberturas de las paredes, evidenciando las zonas críticas.....	99
Fig. 2. 28 Agrietamiento en las esquinas de las paredes, evidenciando las zonas críticas .....	99
Fig. 2. 29 Desplazamiento de una pared de concreto reforzado sometido a flexión .....	101
Fig. 2. 30 Falla de una pared de concreto producida por grietas por cortante y flexión (ATC, 1998).....	102
Fig. 2. 31 Falla por cargas de compresión (carga axial) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001). .....	104
Fig. 2. 32 Falla por flexión, evidenciada por la aparición de grietas en la parte inferior de la pared (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001). .....	105
Fig. 2. 33 Falla por cortante, evidenciada por la aparición de grietas diagonales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001). .....	105
Fig. 2. 34 Patrón de grietas diagonales a causa del cortante (Gallegos, H., 1999) .....	106
Fig. 2. 35 Fallas por cortante y flexión ( <a href="http://www.ugr.es/~iag/inv/cns.html">http://www.ugr.es/~iag/inv/cns.html</a> ). .....	106
Fig. 2. 36 Falla por cortante (superior izquierda), falla por cortante y flexión (superior derecha) y falla por la combinación de cortante, flexión y compresión (inferiores) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).....	107
Fig. 2. 37 Daño por cortante y flexión en una vivienda en la comunidad las lomas de Comasagua (izquierda) y en los restos de una vivienda en Sn. Agustín, Usulután (derecha). .....	108
Fig. 2. 38 Falla combinada por cortante, flexión y la caída del techo (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	110
Fig. 2. 39 Ejemplos de tipos de falla en edificaciones de bahareque (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	112
Fig. 2. 40 Ejemplos de tipos de falla en edificaciones de bahareque (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	113
Fig. 2. 41 Modelo en tres dimensiones y planta de una edificación con sistema dual. ....	115
Fig. 2. 42 Zona crítica en las vigas de unión del sistema dual. ....	116
Fig. 2. 43 Empleo de placa metálica para la construcción del sistema de entrepiso. ....	118
Fig. 2. 44 Sistema de entrepiso de losa densa. ....	119
Fig. 2. 45 Sistema de entrepiso a base de viguetas prefabricadas. ....	120
Fig. 2. 46 Formaletas en forma de domos utilizadas en el sistema de losa reticular .....	121
Fig. 2. 47 Esquema de una sección de una losa reticular .....	122
Fig. 2. 48 esquema de la sección de una losa plana. ....	123
Fig. 2. 49 Patrón de grietas en una losa debido a la flexión. ....	125



Fig. 2. 50 Grietas alrededor de una de las columnas en la que se apoya una losa plana ( <a href="http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo5.pdf">http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo5.pdf</a> ). .....	126
Fig. 2. 51 Grietas por flexión (izquierda) y falla combinada por flexión y cortante (derecha) en losas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	126
Fig. 2. 52 Grietas en el sistema de entrepiso producidas por flexión ( <a href="http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo5.pdf">http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo5.pdf</a> ). .....	127
Fig. 2. 53 Relaciones recomendadas para los lados de la planta de un edificio (Bazan y Meli, 2004). .....	130
Fig. 2. 54 Formas de plantas complejas o irregulares (Organización Panamericana de la Salud, 2004). .....	131
Fig. 2. 55 Criterio del 30% para entrantes y salientes en la planta de una edificación. ....	132
Fig. 2. 56 Criterio del 15% para entrantes y salientes en la planta de una edificación. ....	133
Fig. 2. 57 Opciones para solucionar edificaciones con alas muy largas. ....	134
Fig. 2. 58 Formas irregulares en altura (Organización Panamericana de la Salud, 2004). ....	135
Fig. 2. 59 Edificios con irregularidades de piso flexible (Organización Panamericana de la Salud, 2004). .....	138
Fig. 2. 60 Efecto de piso débil ( <a href="http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartin">http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartin</a> ) .....	139
Fig. 2. 61 Problemas de torsión (Organización Panamericana de la Salud, 2004). .....	139
Fig. 2. 62 Edificaciones con distribuciones asimétricas de rigidez (Organización Panamericana de la Salud, 2004). .....	141
Fig. 2. 63 Distribución asimétrica de los elementos estructurales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	141
Fig. 2. 64 Efecto de columna corta en un sistema de marco de un edificio luego del sismo del 10 de octubre 1986 en nuestro país (Avalos, J. y otros, 1986). .....	143
Fig. 2. 65 Efecto de columna corta en un sistema de marco de un edificio luego del sismo del 10 de octubre 1986 en nuestro país (Avalos, J. y otros, 1986). .....	143
Fig. 2. 66 Desprendimiento y agrietamiento de una pared de fachada (izq.) y agrietamiento diagonal en paredes de fachada (dcha.) (Avalos C., J., 1987). .....	146
Fig. 2. 67 Caída de una pared de fachada (y parapeto en la parte superior) ( <a href="http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartin">http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartin</a> ). .....	147
Fig. 2. 68 Desprendimiento de las piezas e inclinación apreciable del parapeto (izq.) y caída del parapeto (dcha.). .....	147
Fig. 2. 69 Agrietamiento y desprendimiento del recubrimiento en pared de relleno (Avalos C., Juan J., 1987). .....	149

Fig. 2. 70 Agrietamiento y desprendimiento del recubrimiento en paredes divisorias (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	149
Fig. 2. 71 Daños en cielos falsos (Organización Panamericana de la Salud, 2004). .....	150
Fig. 2. 72 Ejemplo de una configuración del techo mala (superior) y una regular (inferior). ....	152
Fig. 2. 73 Caída de algunas piezas de teja izquierda), problemas de apoyo y caída de las piezas (centro) y colapso del techo de estructura metálica y cubierta de lámina (derecha) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	153
Fig. 2. 74 Grietas (izq.) y colapso (dcha.) en escaleras (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	154
Fig. 2. 75 Colapso de gradas de una edificación durante el sismo de 1986 en nuestro país (Avalos C., Juan J., 1987).....	155
Fig. 2. 76 Tanque elevado colapsado (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)..	156
Fig. 2. 77 Daño por el derrame de químicos o sustancias peligrosas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). .....	157
Fig. 2. 78 Desprendimiento de tablero (dcha.) y rompimiento de junta de unión de tubería (izq.)(Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003) .....	158
Fig. 2. 79 Colapso total de edificaciones ( <a href="http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm">http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm</a> )..	160
Fig. 2. 80 Colapso total de un edificio ( <a href="http://www.ugr.es/~iag/inv/cns.html">http://www.ugr.es/~iag/inv/cns.html</a> ). .....	161
Fig. 2. 81 Colapso total de un edificio ( <a href="http://www.clarin.com/diario/2005/10/08/um/sismoap">http://www.clarin.com/diario/2005/10/08/um/sismoap</a> ). .....	161
Fig. 2. 82 Colapso total del edificio Rubén Darío (Avalos C., Juan J., 1987).....	162
Fig. 2. 83 Colapso parcial del hospital de niños Benjamín Bloom (Organización Panamericana de la Salud, 2004). .....	162
Fig. 2. 84 Inclinación de edificaciones ( <a href="http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartinind.htm">http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartinind.htm</a> ). .....	163
Fig. 2. 85 Edificio inclinado ( <a href="http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm">http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm</a> ). .....	164
Fig. 2. 86 Fenómeno de licuefacción ( <a href="http://www.proteccioncivil.org">http://www.proteccioncivil.org</a> ).....	168
Fig. 2. 87 Edificio colapsado por el efecto de licuefacción producida por un sismo ( <a href="http://www.cco.gov.co/tsunami2.htm">http://www.cco.gov.co/tsunami2.htm</a> ).....	169
Fig. 2. 88 Efectos de licuefacción (derecha) y asentamientos diferenciales (izquierda) ( <a href="http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm">http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm</a> ). .....	169
Fig. 2. 89 Asentamiento del edificio Dueñas ubicado en la capital de nuestro país (izquierda) y Piso deteriorado por emersión (derecha) (Avalos C., Juan J., 1987). .....	170
Fig. 2. 90 Daño por asentamientos (evidenciado por las grietas del piso) en una edificación ubicada en jardines del Boulevard (Melara, E, 2008). .....	170

Fig. 2. 91 Asentamiento de una edificación ( <a href="http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartinind.htm">http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartinind.htm</a> ). .....	171
Fig. 2. 92 Nomenclatura de taludes y laderas (Suárez, J., 1998). .....	172
Fig. 2. 93 Deslizamientos producidos por el sismo de 1986 (Avalos C., Juan J., 1987). .....	173
Fig. 2. 94 Derrumbes inducidos por el sismo del 10 de octubre de 1986 en San Salvador (Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). .....	174
Fig. 2. 95 Edificaciones construidas, a simple vista, cerca de taludes en la Colonia Santísima Trinidad de Ayutuxtepeque (Bommer, J. y otros 2001). .....	176
Fig. 2. 96 Agrietamiento del suelo producido por los sismos del 2001 cerca del río Lempa, en la zona de San Nicolás Lempa (Bommer, J. y otros 2001). .....	177
Fig. 2. 97 Falla de talud y movimiento de la masa de suelo sobre la colonia Las Colinas en Santa Tecla, producido por el sismo del 13 de enero del 2001 en nuestro país (Bommer, J. y otros 2001). .....	177
Fig. 2. 98 Formación de grietas en la cabeza del talud de la colonia las Colinas. ....	178
Fig. 2. 99 Orientación o Inclinación (opuesta) de los árboles debido al desplazamiento rotacional de un talud (Suárez, J, 1998). .....	180
Fig. 2. 100 Deformación curva de árboles (buscando la luz del sol) debido ala reptación (Alberti, J. y otros, 2006). .....	181
Fig. 2. 101 Caída o desprendimiento de rocas o masas de suelo en taludes (Suárez, J, 1998). ....	182
Fig. 2. 102 Mapa geomorfológico de El Salvador ( <a href="http://mapas.snet.gob.sv/geologia/sismicidad.phtml">http://mapas.snet.gob.sv/geologia/sismicidad.phtml</a> ). .....	184
Fig. 2. 103 Apuntalamiento vertical de una columna o pared dañada. ....	187
Fig. 2. 104 Puntal hecho con perfiles estructurales de acero (ángulos y placas) (Iglesias, J. y otros, 1985). .....	188
Fig. 2. 105 Puntales telescópicos y elementos tubulares diversos (Iglesias, J. y otros, 1985). ....	188
Fig. 2. 106 Apuntalamiento exterior (Iglesias, J. y otros, 1985). ....	189
Fig. 2. 107 Contraventeo con puntales en compresión (Iglesias, J. y otros, 1985). .....	190
Fig. 2. 108 Contraventeo con elementos verticales adicionales (Iglesias, J. y otros, 1985). .....	191
Fig. 2. 109 Contraventeo con tensores o tirantes (Iglesias, J. y otros, 1985) .....	191
Fig. 2. 110 Colocación de plástico para disminuir la filtración de agua y erosiondel talud (Melara, E., 2008). .....	193
Fig. 2. 111 Sellado de grietas con suelo-cemento (Melara, E., 2008). .....	194
Fig. 2. 112 Cunetas elaboradas con tubos de concreto cortados por la mitad, en el sentido longitudinal (Alberti, J. y otros, 2006). .....	195

Fig. 3. 1 Esquema general de la metodología para la evaluación de daños en edificaciones post-sismo. ....	200
Fig. 3. 2 Organigrama ejecutivo del Comité Interinstitucional Permanente para la Evaluación de Edificaciones Dañadas por Sismos. ....	213
Fig. 3. 3 Estructura del funcionamiento del Comité Interinstitucional Permanente. ....	216
Fig. 3. 4 Esquema de la metodología para la evaluación de emergencia .....	224
Fig. 3. 5 Esquema de la metodología para la etapa de evaluación detallada. ....	258
Fig. 3. 6 Esquema de ubicación de la edificación en su manzana. ....	281
Fig. 3. 7 Diagrama del protocolo de emergencia del sistema del Viveministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (fuente: VMVDU) .....	306
Fig. 3. 8 Pantalla principal del sistema de consulta ( <a href="http://www.evivienda.gob.sv/e-vivienda/">http://www.evivienda.gob.sv/e-vivienda/</a> )	307
Fig. 4. 1 Imagen de satélite de la ubicación del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial en la Ciudad Universitaria (recuadro rojo) ( <a href="http://www.earth.google.com">www.earth.google.com</a> ). ....	311
Fig. 4. 2 Esquema en elevación de la sección (las cotas están en metros). ....	312
Fig. 4. 3 Esquema de la planta del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA.-UES (cotas en metros). ....	312
Fig. 4. 4 Imagen de la fachada del edificio de Ingeniería Industrial de la FIA.-UES.....	343
Fig. 4. 5 Ilustración de la columna más dañada (1/B). ....	344
Fig. 4. 6 Ilustración de los daños en la columna A/6. ....	345
Fig. 4. 7 Ilustración de los daños en la columna B/6. ....	346
Fig. 4. 8 Ilustración de los daños en la losa de entrepiso. ....	347
Fig. 4. 9 Ilustración de los daños en una pared de relleno. ....	348
Fig. 4. 10 Ilustración de los daños en una pared de relleno. ....	349
Fig. 4. 11 Imagen satelital de la ubicación del ex-edificio de Correos de El Salvador (recuador rojo) ( <a href="http://www.earth.google.com">www.earth.google.com</a> ). ....	352
Fig. 4. 12 Esquema de la planta del edificio (las cotas están en metros). ....	353
Fig. 4. 13 Esquema de la elevación lateral sur-norte. ....	353
Fig. 4. 14 Fachada lateral del edificio de correos, en la que se observa el recubrimiento (aparentemente de mármol) que representa un peligro, ya que puede caer debido a su gran peso. ....	363
Fig. 4. 15 Falla de la columna del primer nivel, la cual está propensa a colapsar por la acción de otro sismo. ....	363
Fig. 4. 16 Pared de relleno que ha fallado, posiblemente por las fuerzas cortantes generadas por la interacción con el marco. ....	364

Fig. 4. 17 Pared colapsada, además se evidencia que el edificio aún sigue siendo utilizado como bodega (para guardar llantas).....	364
Fig. 4. 18 Daño severo en viga y el cielo falso del primer entrepiso (que corresponden al segundo nivel).....	365
Fig. 4. 19 Daño severo en viga y el cielo falso del primer entrepiso (que corresponden al segundo nivel).....	365
Fig. 4. 20 Miembros de la brigada 1002 realizando la inspección del edificio junto con otras brigadas.....	366

---

***CAPITULO I***

---

***1. “ANTEPROYECTO Y GENERALIDADES SOBRE  
LA ACTIVIDAD E INGENIERÍA SÍSMICA EN EL  
SALVADOR.”***

## **1.1. INTRODUCCIÓN.**

El Salvador es un país con una alta sismicidad, debido a su ubicación entre las placas tectónicas de Coco y la del Caribe, este fenómeno se ve agravado por el crecimiento urbano descontrolado, ya que las urbanizaciones cada día van aumentando y su ubicación no toma en cuenta factores como la ubicación de fallas locales o uso del suelo, si no que se basa más en la cercanía a la capital y a núcleos urbanos modernos o con fuentes de empleo.

Esta alta sismicidad y crecimiento desordenado, genera un grave problema desde el punto de vista de seguridad para las personas que habitan las edificaciones que son construidas en lugares y con tecnologías que son altamente vulnerables a los eventos sísmicos. Además de lo anterior. Debido a esto es que nace la razón de realizar este trabajo de graduación, ya que está más que comprobado, en base a la experiencia, que los sismos causan muchas pérdidas de vidas y de bienes económicos.

En el primer capítulo se desarrolla el anteproyecto que dio origen al trabajo de graduación, que contiene los antecedentes, planteamiento del problema, los objetivos, alcances, limitaciones y la justificación de este trabajo de investigación.

Además se incluyen aspectos sobre el origen de los sismos, es decir las diferentes teorías que se han formulado con los años para explicar este fenómeno de manera global y el caso particular de nuestro país; se abordan temas relacionados con la instrumentación con la que cuenta nuestro país para monitorear la actividad sísmica y conceptos claves de ingeniería sísmica tales como las ondas sísmicas, escalas de magnitud e intensidad.

Se incluye también una breve recopilación de la formación en el área de la ingeniería sísmica, la preparación de profesionales y las investigaciones que se han hecho en El Salvador. Tratando de esta manera de crear un preámbulo de la sismicidad del país para continuar (en los siguientes capítulos) con los efectos de los sismos en las edificaciones y finalizar con la elaboración y aplicación de la metodología para la evaluación de daños en edificaciones post sismo, para que en un futuro próximo sea retomado por los profesionales y se aplique en nuestro país.

## **1.2. ANTEPROYECTO.**

### **1.2.1. Antecedentes.**

El Salvador está situado cerca del borde oeste de la placa del Caribe la cual está en constante interacción con las placas de: Cocos, Norteamericana, Sudamericana y Nazca. Este escenario tectónico da origen a, al menos cinco fuentes generadoras de sismos en nuestro país: 1) La zona de subducción de la fosa mesoamericana, 2) Fallas asociadas a la cadena volcánica, 3) Las fallas de Guatemala, 4) La depresión de Honduras y 5) Los volcanes.

Estas fuentes han producido en nuestro país sismos de magnitudes considerables, entre estos podemos contabilizar al menos 14 desde 1700, que han dañado severamente a la Capital, de los cuales 9 han estado asociados a la Cadena volcánica y 5 a la zona de subducción.

Los sismos asociados a la cadena volcánica no han alcanzado magnitudes mayores a los 6.6 grados, pero han sido los que han provocado una mayor destrucción debido a que las principales concentraciones urbanas están edificadas encima de éstas. Los sismos, más recientes, que han causado mayor daño en El Salvador son el del 3 de mayo de 1965, con una intensidad de VI-VII MM; el del 19 de junio de 1982 con una intensidad de VII MM, el del 10 de octubre de 1986, con una intensidad de VIII-IX MM; y los de enero y febrero del 2001, con intensidades de VII y IV respectivamente (Bommer y Ledbertter, 1987, como se referencia en Lemus y Granados, 2003).

Para el sismo del 10 de octubre de 1986 se reportaron daños en aproximadamente 75 edificios de 3 o más pisos (Granados y Lemus, 2003). Esto debido a que muchos de los edificios dañados por los sismos del 3 de mayo de 1965 y del 19 de junio de 1982 no fueron reparados ni reforzados adecuadamente y por ende no ofrecieron resistencia a la intensa sacudida de este evento (Bommer y Ledbertter, 1987, como se referencia en Lemus y Granados, 2003) llegando en algunos casos al colapso total de la estructura.

Julio Kuroiwa en su libro “Reducción de desastres” (Kuroiwa, 2002) establece que otra posible causa, del colapso y el daño severo que causo el sismo de 1986 a las



edificaciones, se puede atribuir a que algunos edificios fueron diseñados con el código de 1966 (Norma Técnica de diseño por Sismo), cuyo espectro corresponde al suelo rocoso de Acapulco y no a la ceniza dacítica que predomina en San Salvador y por lo tanto las aceleraciones espectrales fueron sub estimadas.

Los procedimientos para la evaluación post-sísmica normalmente se aplican por medio de tres niveles o etapas de desarrollo: 1) La evaluación rápida (o de habitabilidad) que se basa en el nivel de riesgo o peligro que representa una edificación para la población, 2) La evaluación detallada, que describe el nivel de daño estructural y su clasificación y 3) La definitiva, la cual hace un estudio más detallado de la edificación y propone una rehabilitación o la demolición del mismo.

En estudios realizados por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003) se ha constatado que existen investigaciones en el tema de evaluación de daños a nivel mundial de países como: Macedonia (antigua Yugoslavia), Estados Unidos, Japón, México, Italia, Turquía, Grecia y Colombia.

### **1.2.2. Planteamiento del problema.**

La formulación de una metodología y la elaboración de las herramientas necesarias para evaluar si las edificaciones, en general, son seguras para las personas que las habitan, tales como manuales de evaluación post-sismo, permiten identificar, después de ocurrido un sismo moderado o severo, las edificaciones que pudieran haber sufrido daños graves y que puedan representar peligro a la comunidad, así como también edificaciones seguras que puedan servir como refugio temporales a personas que perdieron sus viviendas o que hayan sido evacuadas por estar comprometida la seguridad de la edificación que ocupaban.

Ya se mencionaron anteriormente los países que han realizado investigaciones en el tema de la evaluación de edificaciones post-sismo, en el caso de El Salvador, no se tienen tales investigaciones, y debido a ello no se cuenta con una metodología para la evaluación de la seguridad estructural de las edificaciones post-sismo.

La falta de una metodología práctica, rápida y clara, no permite uniformizar criterios para evaluar de una manera objetiva la seguridad de una edificación, teniendo como resultado evaluaciones subjetivas que dependen de los criterios propios de las personas encargadas de realizar dichas evaluaciones, los cuales a su vez dependerán de las valoraciones y experiencia personal de las mismas.

Lo anterior pone en riesgo la seguridad de las personas que habitan las edificaciones, debido a que existe la posibilidad que un evaluador, debido a su poca experiencia o falta de criterios, califique a una edificación como segura, (siendo esta lo opuesto), propiciando de esta manera el aumento de muertes en caso de réplicas posteriores al evento principal.

Puede darse el caso, también, que aunque los evaluadores tengan vasta experiencia y criterios muy bien fundamentados, sus valoraciones sobre la seguridad estructural y no estructural de una edificación difiera debido a que utilizan parámetros de evaluación de daños diferentes, poniendo nuevamente en peligro la vida de las personal que habitan las edificaciones.

### **1.2.3. Objetivo.**

#### **1.2.3.1. General.**

- ✓ Proporcionar una base metodológica para la evaluación estructural de edificaciones post sismo.

#### **1.2.3.2. Específicos.**

- ✓ Presentar los antecedentes de evaluación post-sismo de edificaciones realizadas en nuestro país.
- ✓ Presentar una metodología para la evaluación estructural de edificaciones post sismo.
- ✓ Actualizar la evaluación post-sismo de edificaciones realizadas en nuestro país por los profesionales especializados en el área.

- ✓ Proporcionar una herramienta, que se utilice, no sólo para evaluar daños, si no también para proponer futuras mejoras en la norma de diseño sismorresistente en nuestro país.
- ✓ Aplicar a un caso real la metodología y las herramientas propuestas en el presente trabajo de graduación.

#### **1.2.4. Alcances globales.**

- ✓ Presentar una metodología para la evaluación estructural de edificaciones post sismo, que permita uniformizar criterios entre los profesionales encargados de llevar a cabo dichas actividades, lo cual beneficiará a los futuros estudiantes y profesionales quienes tendrán oportunidad de actualizar sus conocimientos a través de este Trabajo de Graduación.
- ✓ Además, elaborar un manual de campo que uniformice los parámetros de evaluación de daños en el país.

#### **1.2.5. Limitaciones.**

- ✓ En el presente trabajo de graduación sólo se incluirá la metodología de evaluación daños en edificaciones post-sismo para la etapa de emergencia o rápida y para la etapa de evaluación detallada.
- ✓ La metodología para la evaluación de daños en edificaciones post sismo que se propone, no tiene como finalidad establecer las medidas de rehabilitación que se deben implementar en las edificaciones dañadas por sismos.
- ✓ La evaluación del nivel de daño que se propone en la metodología está basada únicamente en la observación visual de los daños.

#### **1.2.6. Justificación.**

En algunos países localizados en zonas de amenaza sísmica alta, se han desarrollado métodos para evaluar el daño de las edificaciones que han sido afectadas con el fin de determinar, en forma rápida, si son seguras o deben ser evacuadas para

proteger la vida de sus ocupantes y evitar que el número de víctimas sea mayor en el caso de una réplica.

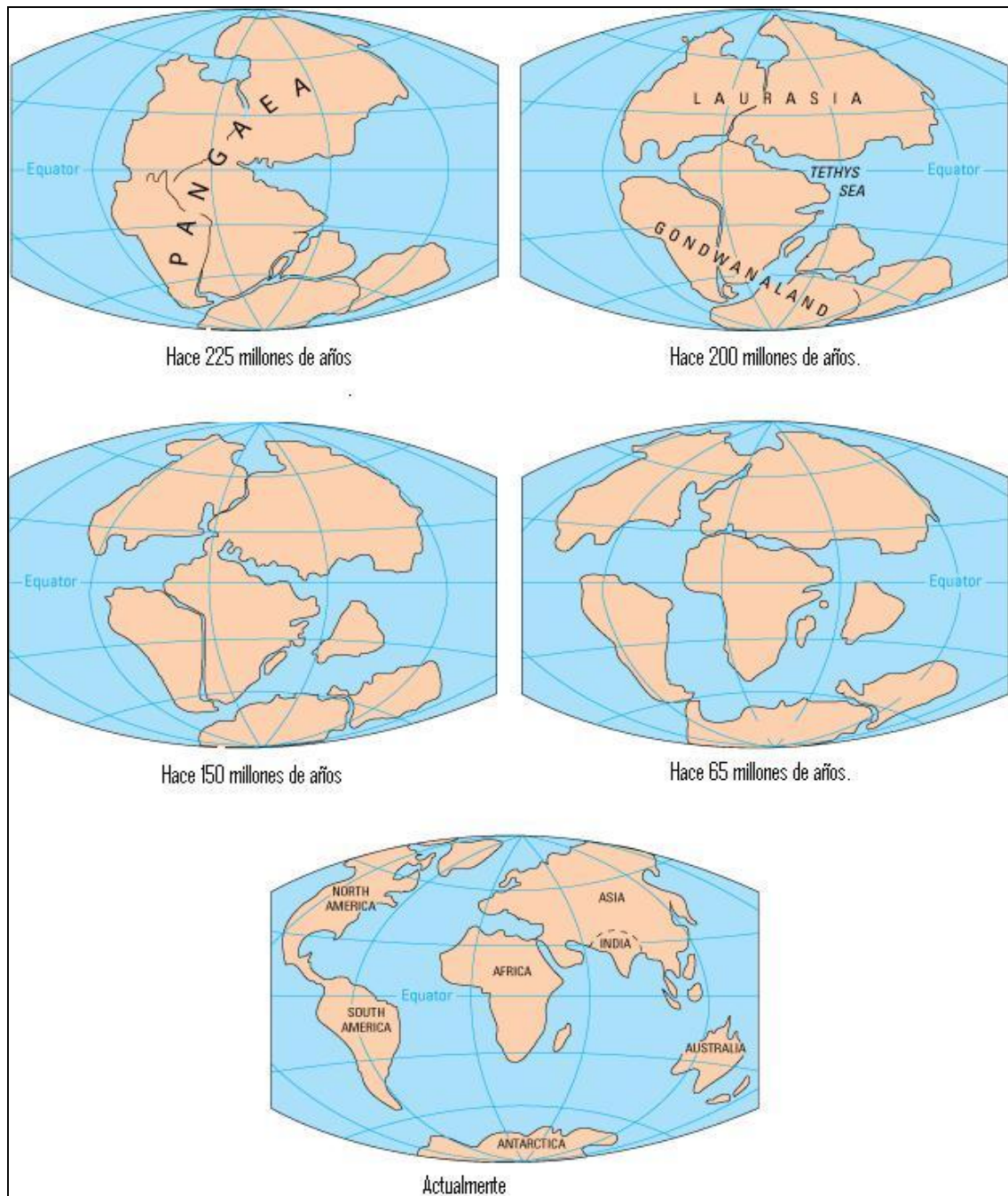
Las evaluaciones detalladas de daños no sólo sirven para caracterizar los daños estructurales y no estructurales en las edificaciones, si no que constituyen también una herramienta que ayuda a evaluar los efectos locales del suelo y generar información para que las autoridades tomen dediciones, para la formular proyectos de reconstrucción y definir estrategias que permitan a largo plazo reducir los efectos de futuros eventos sísmicos tales como obras de mitigación o programas de capacitación y concientización sobre los efectos de los sismos. Debido a que El Salvador está afectado por una actividad sísmica muy elevada por su ubicación geográfica dentro de las placas tectónicas, como se menciona anteriormente, es de suma importancia proponer para el país una metodología para la evaluación estructural de edificaciones post sismo.

Además, con el desarrollo de este trabajo de graduación, la Universidad de El Salvador cumple con su compromiso social, como universidad pública, de contribuir a solventar problemas que afectan a la mayor parte de la población, como lo son en este caso los daños que causan los sismos. Una investigación como ésta podría también, ser un insumo que ayude a implementar mejoras al Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones.

### **1.3. LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL SALVADOR.**

La tierra es un planeta que está en constante cambio; existen varias teorías que se complementan y apoyan una con otra para tratar de explicar esta dinámica de la tierra, entre éstas podemos mencionar la teoría de la Deriva Continental; propuesta por el meteorólogo alemán Alfredo Wegener en 1912, la cual sostenía que en sus comienzos hace 200 millones de años aproximadamente, los continentes formaban una gran masa única llamada Pangea (Fig. 1. 1), que después se fraccionaría hasta llegar a formar lo que son actualmente los diversos continentes. Además de lo anterior sostenía que la naturaleza de los fondos marinos era completamente diferente a la de los continentes y

que los océanos están surcados por cadenas ininterrumpidas de montañas de cerca de 80,000 km de longitud, a las que llamó Dorsales Oceánicas.



**Fig. 1. 1** Posible forma y evolución de la pangea (<http://pubs.usgs.gov/publications/text/historical.html>).

La teoría del Rebote Elástico propuesta por Reid en 1910 después del sismo de San Francisco de 1906 afirmó que cuando una parte de la superficie terrestre se desplaza de manera continua respecto a una zona adyacente, las masas de roca se distorsionan y acumulan energía pero al llegar a su límite de resistencia, se produce la ruptura; la parte distorsionada recupera su posición original y el corrimiento de una zona con respecto a la vecina se marca permanentemente en carreteras , cercos y líneas de árboles, las cuales quedan desfasadas y discontinuas.

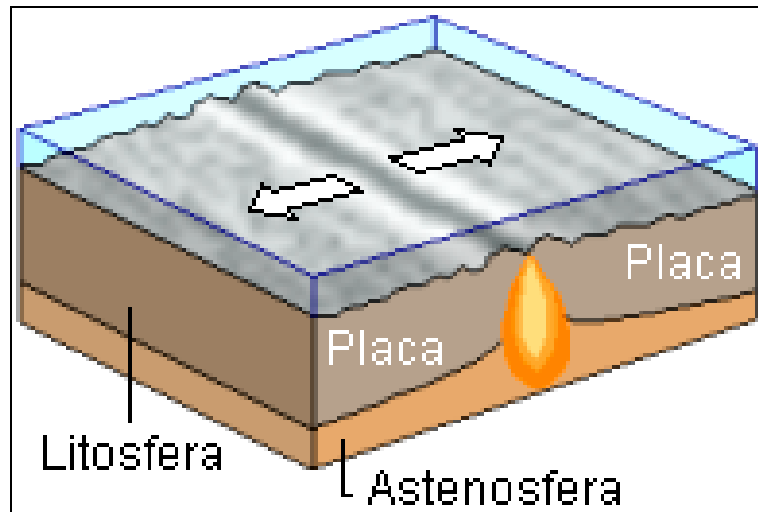
Otra de las teorías con mayor aceptación es la Expansión de los Fondos Oceánicos esta teoría se fundamenta en investigaciones paleomagnéticas efectuadas en las cercanías de la cordillera Medio-Atlántica, en el tramo donde se ubica Islandia, las cuales revelaron anomalías magnéticas que están dispuestas simétricamente, a maneras de bandas paralelas a ambos lados de dicha cordilleras (Kuroiwa, 2002). Lo que comprueba que la corteza oceánica se está creando en el fondo marino, en las ya mencionadas dorsales oceánicas.

Finalmente tenemos la teoría de la tectónica de placas, la cual plantea que la litosfera está dividida en el conjunto de placas independientes que se desplazan arrastradas por las corrientes de convección de la astenosfera, con velocidades relativas de unos pocos centímetros al año. Se pueden distinguir unas 17 placas de las que 6 se consideran las más importantes ( Fig. 1. 2). En todas ellas según el interior es estable y los márgenes inestables (Herraíz, 1997).

A los límites o márgenes de estas placas tectónicas se les puede clasificar en tres tipos: divergentes (Fig. 1. 3), convergentes (Fig. 1. 4) y de deslizamiento horizontal, (Herraíz, 1997). Los bordes divergentes son zonas de expansión en las que se crea corteza oceánica a lo largo de una cordillera volcánica submarina situada en medio de un océano, la cual es conocida como dorsales oceánicas, debido a que la superficie de la tierra no aumenta, es necesaria la existencia de procesos que destruyan la litosfera que se ha creado con el material de las dorsales oceánicas (Le Pichon, 1968, como se referencia en Herraíz, 1997); el mecanismo que compensa o equilibra ocurre en los márgenes convergentes, los cuales son las zonas en las que tiene lugar el encuentro de dos placas.



Fig. 1. 2 Distribución de placas tectónicas (<http://es.wikipedia.org>).



**Fig. 1. 3 Límite divergente (<http://es.wikipedia.org>).**

El encuentro entre una placa continental y otra oceánica, corresponde a una zona de subducción, a la cual se le conoce como margen convergente activo, y es el tipo de margen que afecta a nuestro país y es llamado fosa de subducción Mesoamericana y lo forman las placas de Coco, que se introduce en la placa del Caribe. Por el contrario el concepto de margen convergente pasivo es el de aquel en el que hay un encuentro entre placas pero no se produce una subducción, esto es lo que sucede, por ejemplo, con el encuentro de la margen oriental de América con el occidental de Euroasiática y África. Cuando el encuentro se da entre dos placas continentales, debido a que las características son muy similares, ninguna de ellas se superpone a la otra y no se puede dar subducción si no una colisión; este es el caso del choque entre una parte de la placa Indo-Australiana y la placa Euroasiática, que dio origen a la cadena del Himalaya.

Finalmente los márgenes de deslizamiento están definidos por fallas de desgarre, en ellos no existe creación ni destrucción de material, y el desplazamiento relativo de las placas es horizontal y paralelo a la falla.

Este movimiento y acumulación de esfuerzos en la tierra trae consigo la generación de sismos. Estos sismos han causado incontables pérdidas humanas, materiales y también trastornos en el desarrollo social y económico de los países que se ven afectados por este desastre natural.



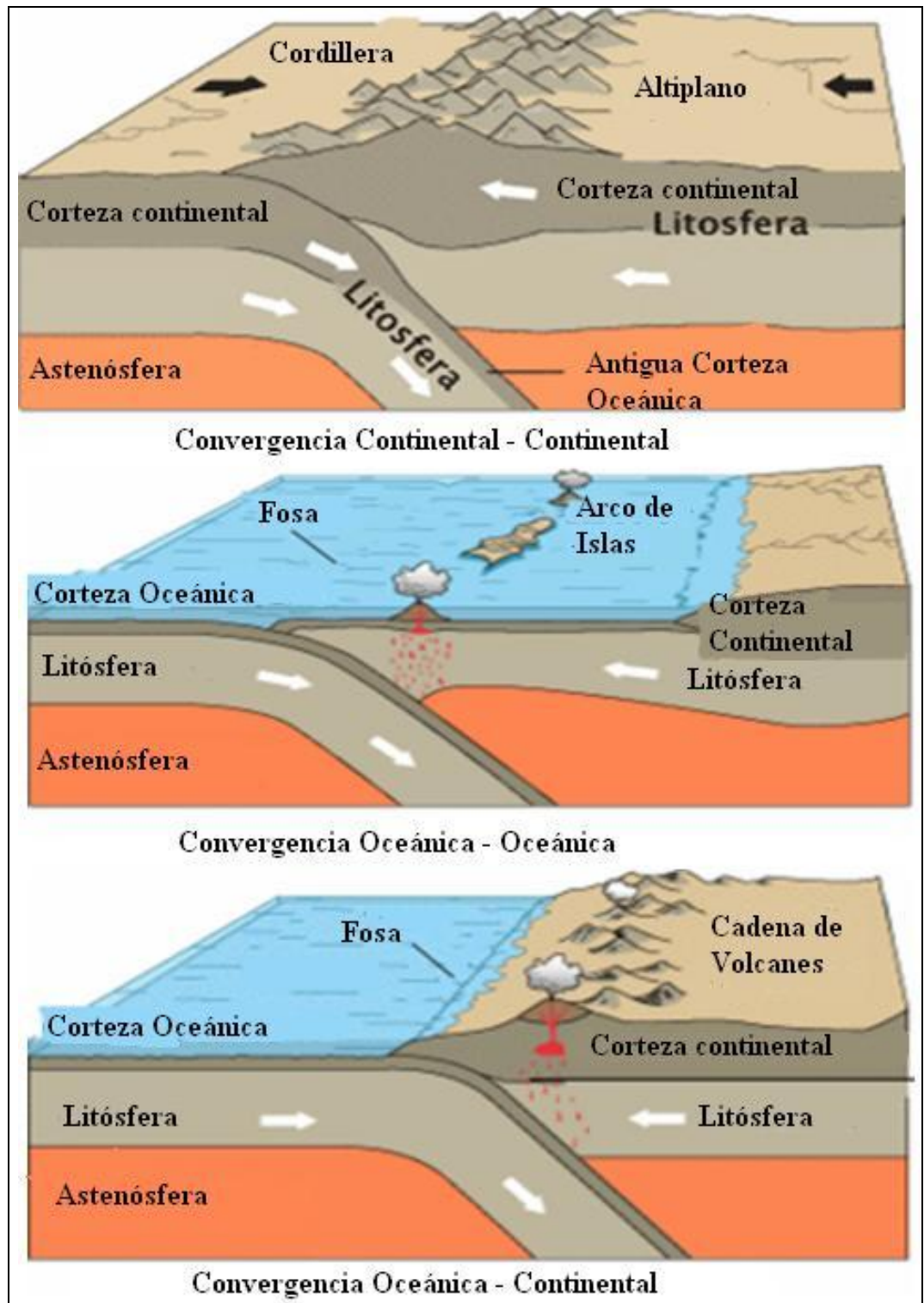


Fig. 1. 4 Limite convergente (<http://es.wikipedia.org>).

### **1.3.1. Tectónica y sismicidad en El Salvador.**

Los sismos se manifiestan como vibraciones en la corteza terrestre que pueden ser clasificados como entre-placas e intra-placas. Los primeros son originados en los límites de las placas tectónicas como resultado de su movimiento relativo, un ejemplo de este tipo de sismos son los que se originan en el sistema de fallas de Guatemala. Los segundos son los que ocurren lejos de los límites de las mismas y probablemente se deban a una reducción local de la resistencia del material de la litosfera que a un aumento del esfuerzo, siendo un ejemplo los sismos que ocurren en la Depresión de Honduras (Bommer, Salazar y Samayoa, 1998).

El concepto o parámetro que actualmente se utiliza para cuantificar el nivel de actividad sísmica de una región, a través del registro de los sismos en el espacio y en el tiempo, es decir que se determina al identificar donde ocurren los sismos, que magnitud tienen y con que frecuencia ocurren, se conoce como sismicidad. Nuestro país está afectado por 5 fuentes generadoras de sismos:

1. Al observar la Fig. 1. 5 nos percatamos que la tectónica de América Central y el Caribe es el resultado de la interacción de cinco placas tectónicas importantes, las cuales son la del Pacífico, la de Norte América, la de Cocos, la de Nazca y la de Sur América. Además nos damos cuenta que la fuente principal de sismos que afecta a nuestro país es la fosa de subducción, localizada a unos 125 km. de la costa, que se forma por la interacción de la placa de Cocos que se introduce debajo de la placa del Caribe (Fig. 1. 6), alcanzando profundidades hasta arriba de 300 km. por debajo del istmo centroamericano (Dewey y Suárez, 1991, como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). En esta zona se pueden generar eventos con magnitudes cercanas a 8.0, aunque el nivel de actividad sísmica frente a las costas de nuestro país es menor que frente a las costas de Guatemala y Nicaragua (Ambraseys y Adams, 1996, como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). Dos sismos (el del 7 de septiembre de 1915 con el epicentro situado debajo del occidente del país con una magnitud de 7.7 y el del 19 de junio de 1982 frente a la costa, con una magnitud de 7.3 (Bommer,

Salazar y Samayoa, 1998)) asociados con esta fuente han causados daños considerables en el país durante el siglo pasado.

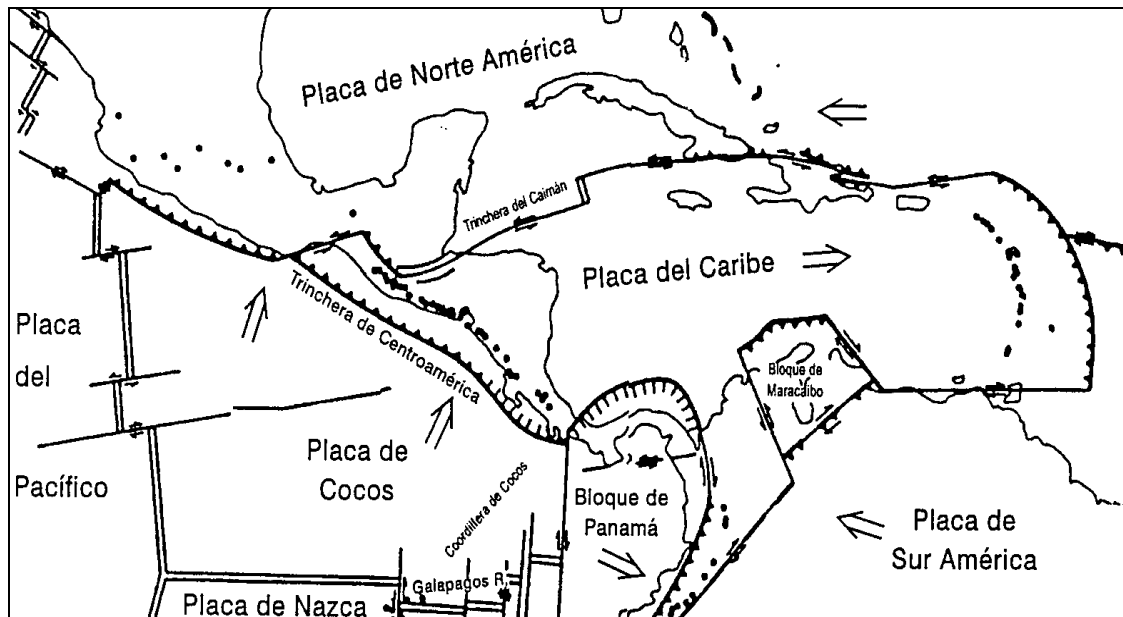


Fig. 1. 5 Tectónica de placas en Centroamérica (Weyl, 1980; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998).

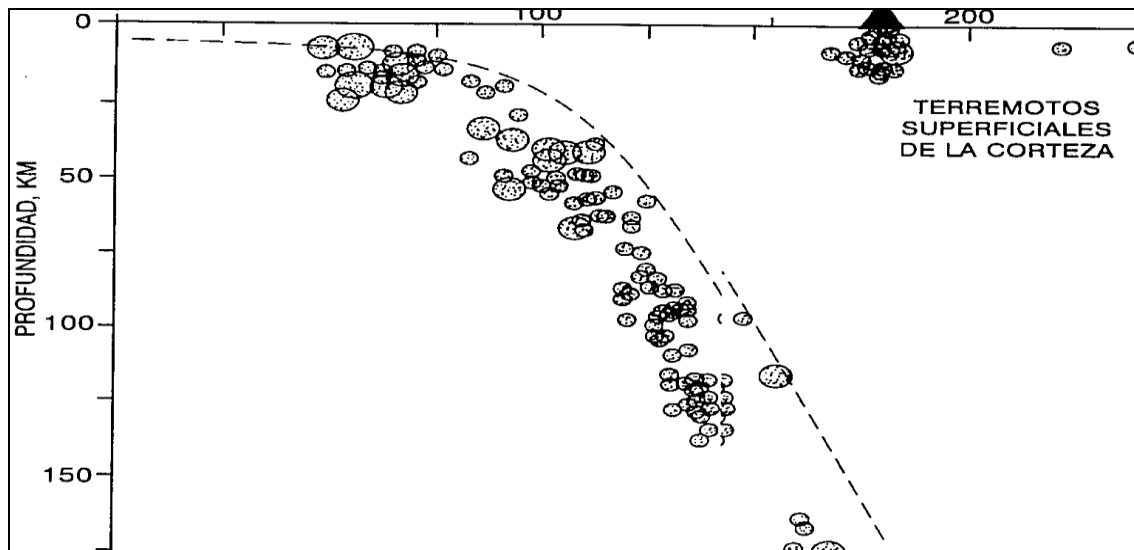


Fig. 1. 6 Corte en la fosa de subducción para la región Centro Americana Los círculos indican los focos de los terremotos y la línea punteada la parte superior de la placa de Cocos (White y Harlow, 1993; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998).

En un estudio realizado por White y Harlow en 1993 y por Ambraseys y Adams en 1996, (como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998) se evidenció que en el siglo pasado los sismos que afectaron nuestro país habían provocado la muerte de casi 3,000 salvadoreños.

Si comparamos esta cifra con las personas que han fallecido a causa de diversas enfermedades, violencia, guerra civil y accidentes de tránsito nos daremos cuenta que es pequeña, sin embargo el impacto que producen los sismos en las personas es muy fuerte por la naturaleza aleatoria, repentina y puntual de la catástrofe.

2. Otra fuente de actividad sísmica importante es la relacionada con la cadena volcánica en Centro América la cual corre paralelamente a la fosa de subducción, debido a que es la subducción la que produce el magma que ha dado origen a esta cadena y es por ello que corre paralela a ésta con una longitud total de aproximadamente 1,060 km. Esta se extiende desde el volcán de Tacaná al este de Guatemala, hasta el volcán Irazú en la parte central de Costa Rica (Stiober y Carr, 1974; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). La distancia promedio entre los 42 volcanes activos es de 25 km, encontrándose entre los más cercanamente espaciados en el mundo, con alturas desde menos de 1,000 m. hasta de 3,300 m. Debido a fuerzas generadas por una componente de colisión oblicua en la zona de subducción, los sismos, originados en la cadena son generalmente considerados como de origen tectónico (White, 1991; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998) aunque en algunos casos han sido acompañados por erupciones volcánicas, como los sismos de San Salvador de 1671 y 1917. En la Tabla 1. 1 se presenta un resumen de los sismos más destructores que han afectado nuestro país.

Estudios realizados (Bommer, Salazar y Samayoa, 1998) expresan que en esta zona los sismos no alcanzan magnitudes por arriba de 6.5, pero son los que más destrucción han ocasionado debido a su foco superficial (menor de 25 km) y su coincidencia con centros de población urbana. En Centroamérica alrededor del 50% de la población reside a lo largo de la cadena volcánica (Harlow y otros,

1993; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). Los últimos sismos que han causado grandes daños en San Salvador asociados a esta fuente han sido los del 3 de mayo de 1965 y del 10 de octubre de 1986 con magnitud de 6.3 y 5.4 respectivamente.

3. Otra causa de actividad sísmica es la frontera entre la placa del Caribe y la de Norte América, donde esta última se está moviendo hacia el oeste, mientras la placa del Caribe se mueve hacia el este. Esta frontera cruza toda la parte central de Guatemala formando el sistema de fallas que se conoce como Motagua y Chixoy-Polochic, continuando en el mar del Caribe en la trinchera del Caimán. Existen otras fallas presentes como la de San Agustín y Jocotán-Chamelecón, las que a pesar de no haber aún evidencias geológicas de movimientos de desgarre resientes, se consideran que forman parte de la frontera entre estas dos placas (White, 1991; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998).
4. Otra fuente generadora de sismos que afecta al país es la depresión de Honduras, la cual contiene pequeños segmentos de fallas normales. Los sismos en esta zona son superficiales y poco frecuentes, y no representan una amenaza sísmica importante para nuestro país (Sutch Osiecki, 1981; como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998).
5. Existe también un área de sismicidad poco frecuente fuera de los límites entre placas, que es asociada con una zona de extensión tectónica la que está limitada al suroeste por la cadena volcánica, por el sistema de fallas de Guatemala al norte y por la depresión de Honduras al este, en la cual se han producido dos sismos con magnitudes mayores a 7 grados en el siglo XVIII. A pesar que la sismicidad de esta área es baja, pero mayor con respecto a la depresión de Honduras, puede causar efectos importantes en la zona norte del país, en los departamentos de Santa Ana y Chalatenango, no así para la ciudad de San Salvador (Bommer y Otros; 1997b, como se referencia en Bommer, Salazar y Samayoa, 1998). En la Fig. 1. 7 se muestran el sistema de fallas que se encuentran en nuestro país. Existen cuatro sistemas de fallas, uno es el que tiene la orientación Este-Oeste el

cual es el más antiguo, el segundo tiene una orientación Noreste-Suroeste, el tercero con una orientación Noroeste-Sureste y finalmente el es más difícil de trazar y de poca extensión, cuya orientación es Norte-Sur. El sistema con orientación NE-SO constituye el sistema principal y se caracteriza por desplazamientos verticales, dentro de este sistema se reconocen 5 ejes, los cuales se describen a continuación, tomando en cuenta la información que se presenta en la página oficial del SNET (<http://mapas.snet.gob.sv/geologia/sismicidad.phtml>).

- ✓ Primer eje: Está formado por el límite sur de las montañas que se encuentran en la zona norte de nuestro país (como se muestra en la Fig. 1. 7) y está representado por dislocaciones verticales de alrededor de 1000 m.
- ✓ Segundo eje: Lo conforma los volcanes terciarios de la zona central del país (Guazapa, Ilopango, Coatepeque, como se muestra en la Fig. 1. 7), es decir por un vulcanismo individual apagado.
- ✓ Tercer eje: Está formado por dislocaciones tectónicas, la principal de ellas atraviesa el país formando la fosa central, forma parte también los volcanes cuaternarios, considerados como el vulcanismo joven, tales como el volcán de San Salvador o Quezaltepeque, el volcán da San Vicente, el volcán de Santa Ana (Ilamatepec), el volcán de Izalco entre otros. También se encuentran depresiones volcano-tectónicas y cúpulas de lava. Los eventos sísmicos que aún ocurren en esta zona, indican que los movimientos tectónicos continúan.
- ✓ Cuarto eje: Se localiza en el Océano Pacífico a una distancia de 25 kms de la costa salvadoreña, se caracteriza por una actividad sísmica frecuente y forma parte de la fosa Mesoamericana.
- ✓ Quinto eje: Se encuentra más al Sur, formando una fosa marina que corre paralela a la costa salvadoreña y muestra cierta actividad sísmica. Existen elevaciones de forma cónica que se levantan desde más de 3000 mts de profundidad hasta el nivel del mar, considerándose estos como volcanes.

**Tabla 1. 1 Lista de sismos destructores en El Salvador (Bommer, Salazar y Samayoa, 1998).**

<b>Fecha</b>	<b>Hora (UTC)*</b>	<b>Latitud N (°)</b>	<b>Longitud O (°)</b>	<b>Profundidad (km)</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Intensidad Máxima MM</b>	<b>Fuente</b>	<b>Descripción de daños</b>
19 de julio de 1912	--	13.87	89.57	10	5.9	VII	Cadena Volcánica	Daños en Armenia, Izalco y Santa Ana (Grases, 1974)
7 de septiembre de 1915	01:20	13.90	89.60	60	7.7	IX	Subducción	Fuerte sismo al occidente del país. Según Lardé, 1960, el evento alcanzó una intensidad de X en Juayúa y Salcoatitlán, ocasionando grandes pérdidas materiales. En Santa Ana el sismo causó 5 muertos. Daños en la porción Sur de Apaneca (Martínez, 1980).
8 de junio de 1917	00:51	13.82	89.31	10	6.7	VIII	Cadena Volcánica	Dstrucción de Armenia. Graves daños en Ataco, Sacacoyo y San Julián. 40 muertos, 100 heridos (White y Harlow, 1993).
8 de junio de 1917	02:54	13.77	89.50	10	5.4	VIII	Cadena Volcánica	Daños graves en San Salvador, Apopa, Nejapa, Quezaltepeque, Opico y Santa Tecla (Martínez, 1980). Más de 1,000 muertos y muchos heridos (White y Harlow, 1993).
28 de abril de 1919	06:15	13.69	89.19	10	5.9	VII-VIII	Cadena Volcánica	Graves daños en Soyapango, San Salvador, San Marcos y los alrededores del Cerro San Jacinto (Martínez, 1980). Se estimaron 100 víctimas, más de heridos y más de 1,000 damnificados (White y Harlow, 1993).

Fecha	Hora (UTC)*	Latitud N (°)	Longitud O (°)	Profundidad (km)	Magnitud	Intensidad Máxima MM	Fuente	Descripción de daños
21 de mayo de 1932	10:10	12.80	88.00	150	7.1	VIII	Subducción	Víctimas fueron reportadas de los departamentos de La Paz y Usulután. En Zacatecoluca pequeñas casas colapsaron y otras fueron dañadas. El sismo fue sentido fuertemente en San Salvador, Sonsonate, Choluteca y Tegucigalpa, Honduras y causó pánico en ciudades de Nicaragua. También fue sentido en la ciudad de Guatemala y perceptible en el Distrito Federal de México y en Costa Rica (Ambrasey y Adams, 1996).
20 de diciembre de 1936	02:43	13.72	88.93	10	6.1	VII-VIII	Cadena Volcánica	Total destrucción de San Vicente y San Estebán, con fuertes y moderados daños en Iztepeque, Tepetitán, Santo Domingo y Santa Clara (Martínez, 1980). 100-200 muertos, 300 heridos y más de 1,000 damnificados.
25 de diciembre de 1937	23:50	13.93	89.78	10	5.9	VIII	Cadena Volcánica	Destrucción de Ahuachapán y Atiquizaya. Daños graves y moderados en Turín, La Puerta, Junquillo, Palo Pique y Las Chinamas (Martínez, 1980).



<b>Fecha</b>	<b>Hora (UTC)*</b>	<b>Latitud N (°)</b>	<b>Longitud O (°)</b>	<b>Profundidad (km)</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Intensidad Máxima MM</b>	<b>Fuente</b>	<b>Descripción de daños</b>
6 de mayo de 1951	23:03	13.52	88.40	10	5.9	VIII+	Cadena Volcánica	Este sismo dañó el 10 % de las edificaciones en la ciudad de Jucuapa y sus alrededores (Martínez, 1980).
6 de mayo de 1951	23:08	13.52	88.40	10	6.0	VIII	Cadena Volcánica	Dstrucción completa de Jucuapa, con daños graves en Chinameca, San Buena Ventura y Nueva Guadalupe. Daños considerables en Lolotique, Santiago de María, Alegría, El Triunfo, Berlín, California y Tecapán (Martínez, 1978). Se estima más de 400 muertos, 1,100 heridos y 25,000 damnificados (White y Harlow, 1993).
3 de mayo de 1965	10:01	13.70	89.17	15	6.3	VIII	Cadena Volcánica	Graves daños en Soyapango, Ciudad Delgado e Ilopango. 110 víctimas, 400 heridos y 30,000 personas quedaron sin vivienda (Lomnitz y Schulz, 1966).
19 de junio de 1982	06:21	13.30	89.40	80	7.3	VII	Subducción	Sismo sentido en toda la República de El Salvador, causando 8 muertos, 96 heridos, 5,000 damnificados (Lara, 1982).

<b>Fecha</b>	<b>Hora (UTC)*</b>	<b>Latitud N (°)</b>	<b>Longitud O (°)</b>	<b>Profundidad (km)</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Intensidad Máxima MM</b>	<b>Fuente</b>	<b>Descripción de daños</b>
10 de octubre de 1986	17:49	13.67	89.18	10	5.4	VIII-IX	Cadena Volcánica	Graves daños en la ciudad de San Salvador. 1,500 muertos, 10,000 heridos y 100,000 damnificados (Bommer y Ledbetter, 1987, Harlow y otros, 1993).

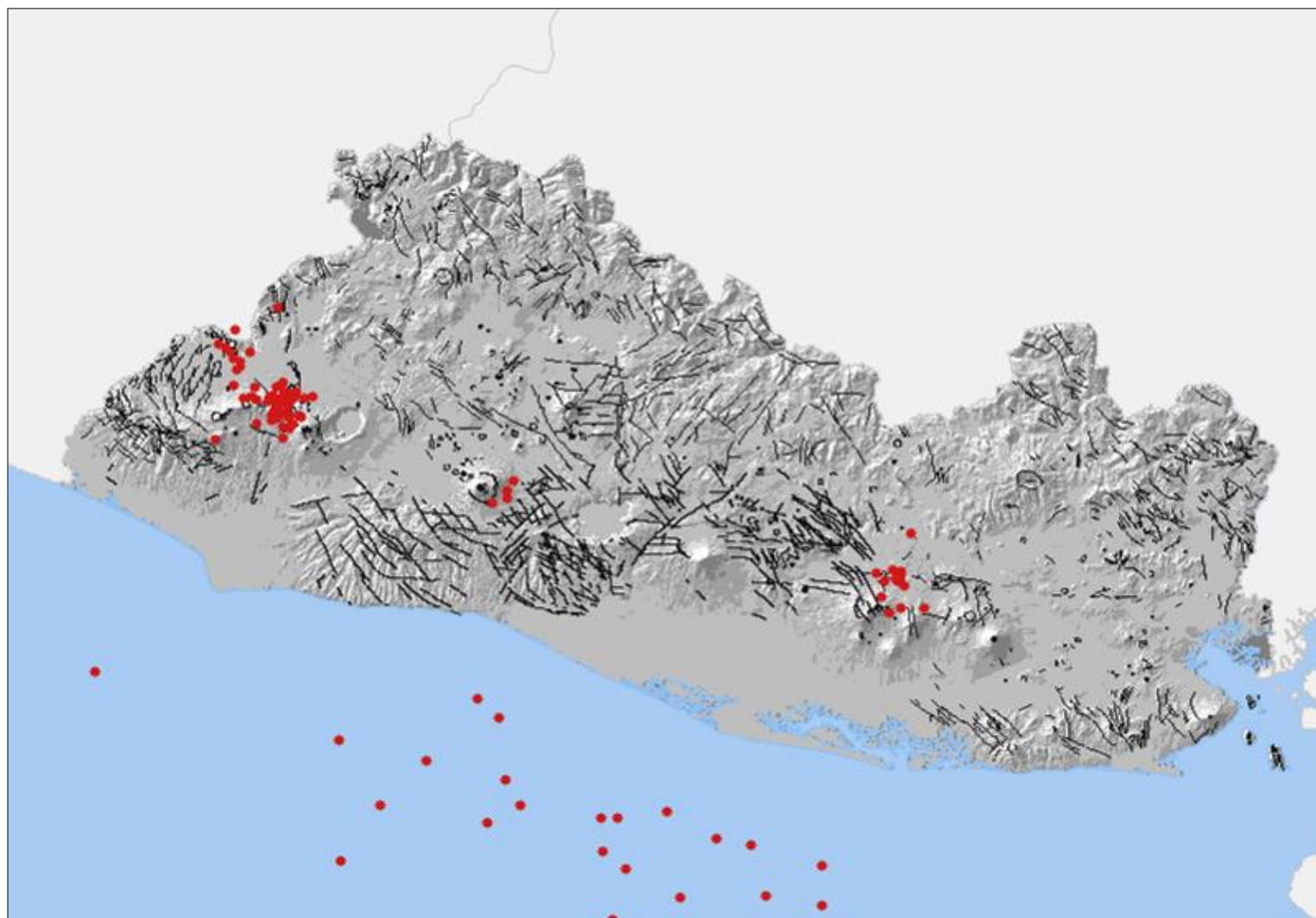


Fig. 1. 7 Sistema de fallas en El Salvador (<http://mapas.snet.gob.sv/geologia/sismicidad.phtml>).

### 1.3.2. Fallas tectónicas.

El concepto geológico de falla corresponde a una discontinuidad que se forma en las rocas someras de la tierra ( $\approx 200$  km de profundidad) por fracturamiento cuando las concentraciones de fuerza tectónicas exceden la resistencia de las rocas. La superficie de la zona de rotura está más o menos bien definida, a la cual se le denomina plano de falla (<http://es.wikipedia.org>, 2007). Otro concepto de falla es el que corresponde a una estructura tectónica a lo largo de la cual se ha producido una fractura y un deslizamiento diferencial de los materiales adyacentes (Herráiz, 1997).

#### 1.3.2.1. Elementos de una falla.

Una falla geológica está constituida por tres elementos, los cuales se describen a continuación:

- ✓ Plano de falla: es el plano de fractura o superficie a lo largo de la cual se desplazan los bloques que se separan en la falla. Con frecuencia el plano de falla presenta estrías, que se origina por el rozamiento de los dos bloques.
- ✓ Labio levantado: el bloque que queda elevado sobre el otro.
- ✓ Labio hundido: el bloque que queda por debajo del labio levantado

En la Fig. 1. 8 se muestran estos elementos.

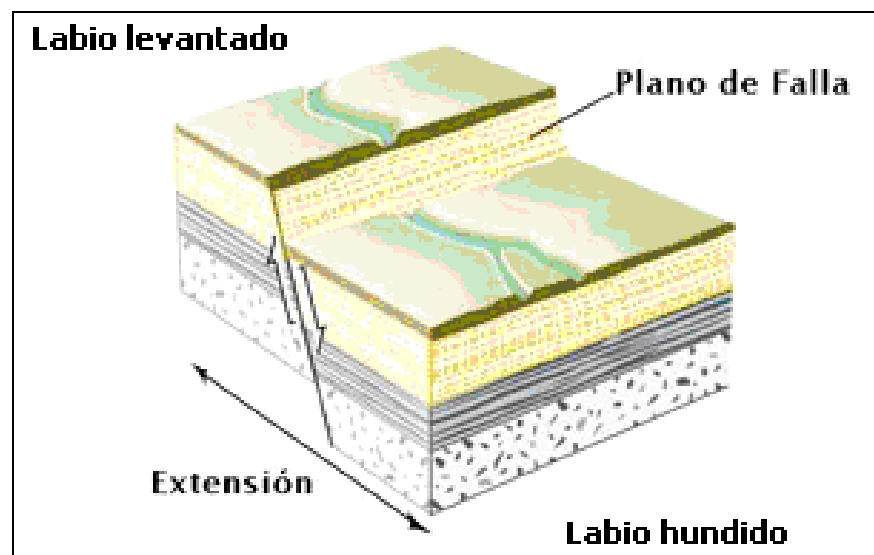


Fig. 1. 8 Elementos de una falla.

### 1.3.2.2. Características de una falla.

Existen ciertos parámetros, con los cuales se pueden caracterizar las fallas, es decir darle un carácter único a cada una de ellas y de esta manera diferenciarlas de las demás o clasificarlas dentro de un grupo al compartir ciertas características.

Las características que los expertos han considerado para describir una falla son cuatro, a continuación se da una breve descripción de éstas:

- ✓ Dirección: ángulo que forma una línea horizontal contenida en el plano de falla con el eje norte-sur.
- ✓ Buzamiento: ángulo que forma el plano de falla con la horizontal.
- ✓ Salto de falla: distancia entre un punto dado de uno de los bloques (por ejemplo, una de las superficies de un estrato y el correspondiente en el otro lado.  
El punto de referencia se toma a lo largo del plano de falla.
- ✓ Escarpe: distancia entre las superficies de los dos labios, tomada en vertical

En la Fig. 1. 9 se muestran los elementos que forman parte de las características de una falla.



Fig. 1. 9 Características de una falla ([http://www.funvisis.gob.ve/mecanismos\\_focales.php](http://www.funvisis.gob.ve/mecanismos_focales.php)).

### **1.3.2.1. Fallas activas e inactivas.**

Una falla es activa cuando deforma sedimentos cuaternarios, es decir cuando muestra evidencias de movimientos durante los últimos 1.8 millones de años. (<http://es.wikipedia.org>).

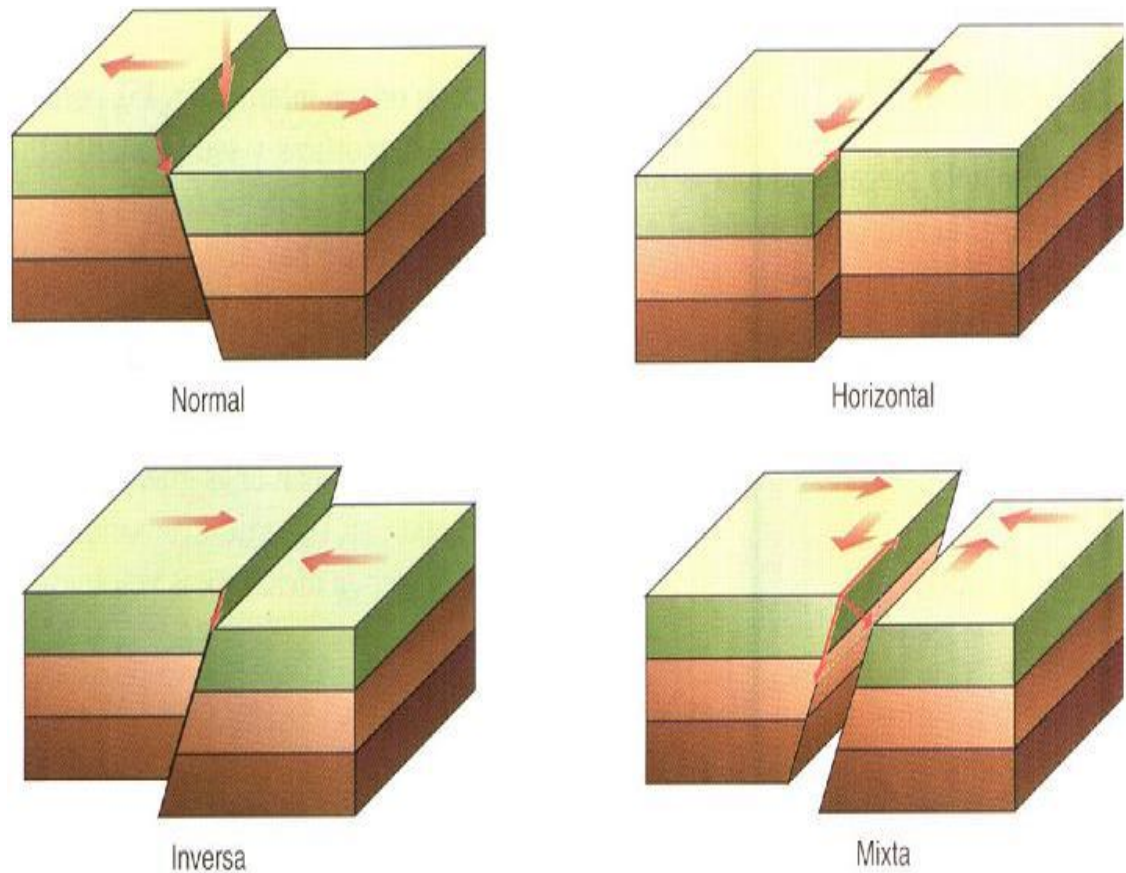
Se puede considerar también que una falla es sísmicamente activa cuando hay constancia de que, en un tiempo determinado, ha sido causante de, al menos, un sismo. El tiempo que se considera varía según quién define el concepto y la finalidad del estudio, pero suele extenderse a los 10,000 ó 35,000 últimos años (Herráiz, 1997).

Algunas fallas activas suelen tener sismos asociados lo que demuestra que siguen funcionando. El deslizamiento puede ser repentino en forma de saltos lo que da lugar a sismos, seguido de períodos de inactividad. Los sismos más grandes han sido originados por saltos de 8 a 12 m. El deslizamiento también puede darse de manera lenta y continua, solo perceptible con instrumentos tales como estaciones GPS después de varios años de observaciones (<http://es.wikipedia.org>).

### **1.3.2.2. Clasificación de fallas de acuerdo a su movimiento.**

- ✓ Falla inversa: es la que se generan por compresión horizontal, el movimiento es perfectamente horizontal y el plano de falla tiene normalmente un ángulo de  $30^\circ$  respecto a la horizontal. El bloque que se desliza hacia arriba se le denomina labio levantado o bloque de techo.
- ✓ Falla normal: es la que se genera por tensión horizontal, el movimiento es predominantemente vertical respecto al plano de falla, el cual por lo general tiene un ángulo de  $60^\circ$  respecto a la horizontal. El bloque que se desliza hacia abajo se le denomina labio levantado o bloque de techo, mientras que el que se levanta se llama labio hundido o bloque de piso.
- ✓ Falla horizontal o de desgarre. Estas fallas son verticales y el movimiento de los bloques es horizontal. Estas fallas son típicas de límites transformantes de placas tectónicas. Se distinguen dos tipos de fallas de desgarre: derechas e izquierdas.
- ✓ Falla mixta: Estas fallas son aquellas que presentan un movimiento combinado de los tres tipos anteriores de fallas.

En la Fig. 1. 10 se ilustran estos tres tipos de fallas.



**Fig. 1. 10 Tipos de fallas fundamentales**

(<http://almez.cnice.mecd.es/jrem0000/dpbg/4eso/tema3/fallas.JPG>).

#### **1.4. ONDAS SISMICAS.**

Al producirse un sismo, las ondas sísmicas se propagan en todas direcciones a partir del punto en el que ocurre la fractura de la falla en el interior de la tierra (hipocentro), estas ondas que transmiten parte de la energía no son todas iguales y pueden clasificarse en dos tipos básicos:

- a) **ondas internas o de volumen (o de cuerpo).**
- b) **ondas superficiales.**
- a) **Las ondas internas** viajan a través del interior del planeta y se pueden propagar por las zonas profundas de la tierra y son de dos clases: ondas P (Primarias) y ondas S

(Secundarias) ver la Fig. 1. 11. Las ondas P son las primeras en ser registradas por un sismógrafo y son las más veloces (casi el doble que las S, Herraíz, 1997). Las ondas P son longitudinales y corresponden a modificaciones de volumen sin cambio de forma, estas comprimen y dilatan el medio conforme se propagan.

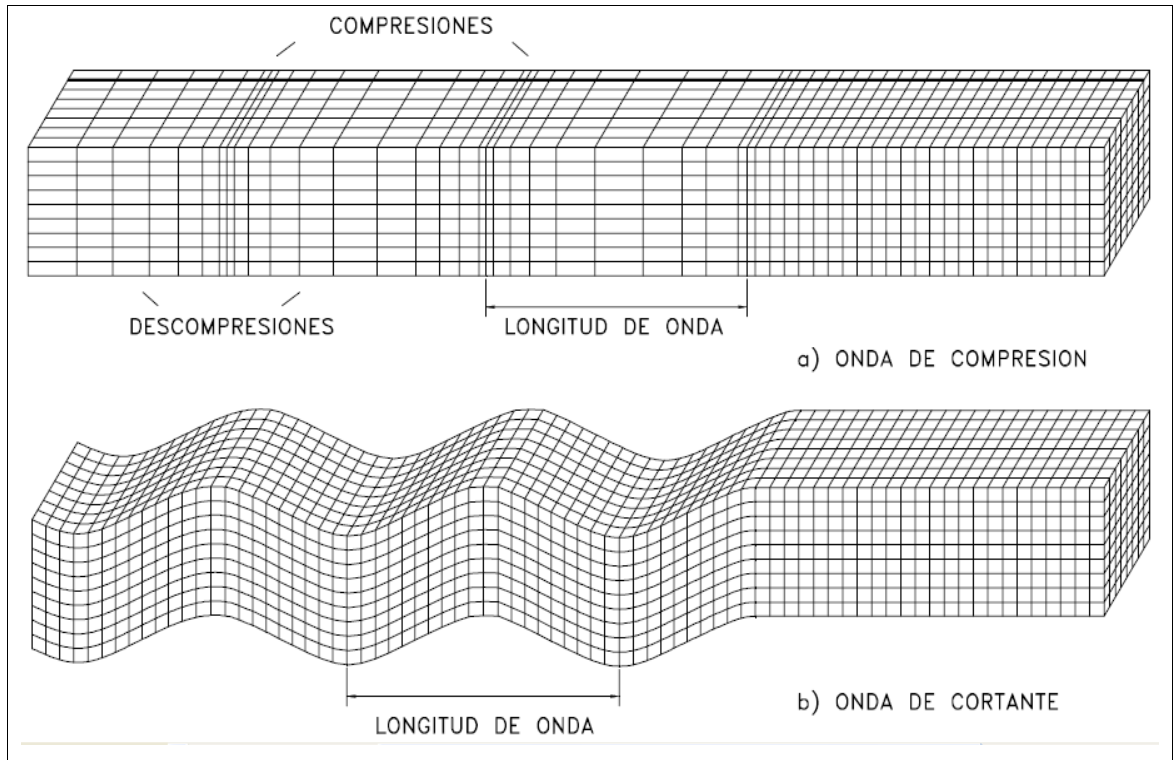
Las ondas S son las segundas en ser registradas por un sismógrafo, estas ondas son transversales y se relacionan con cambios de forma sin cambios de volumen; en éstas se distinguen las componentes SV Y SH correspondientes, respectivamente a las proyecciones sobre los planos vertical y horizontal, estas ondas cortan o cizallan el medio mientras se propagan. Las ondas S no se propagan en medios fluidos y poseen una mayor amplitud que las P.

- b) Las ondas superficiales viajan a lo largo de la tierra y no tienden a adentrarse a capas profundas y se dividen en dos tipos: ondas Rayleigh y ondas Love (ver Fig. 1. 12). En ambos tipos de onda la velocidad de propagación es menor que la de las ondas S (Herraíz, 1997). Para las ondas Rayleigh las partículas se mueven en planos verticales paralelos a la dirección de movimiento, describiendo un movimiento elíptico con el eje vertical mayor. Las ondas Love son ondas polarizadas horizontalmente (como las SH) que han sido atrapadas en una capa superficial, describen un movimiento similar al de una serpiente.

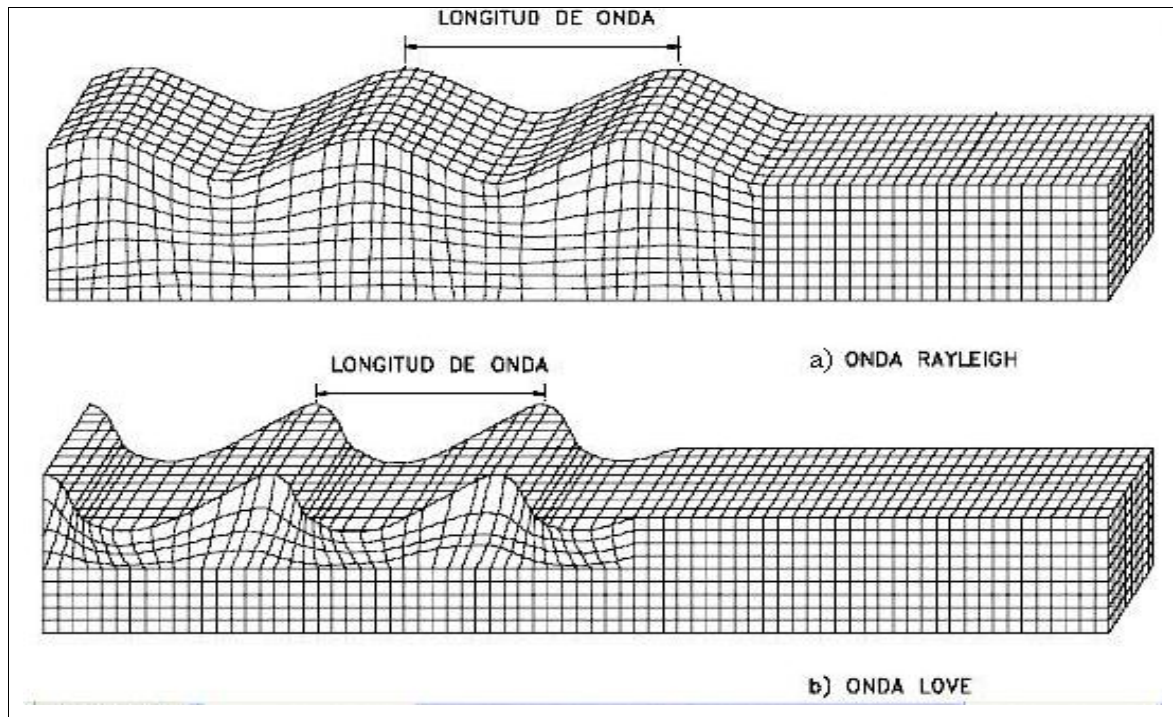
La energía de las ondas se calcula en base a su amplitud. Por lo tanto, una onda de igual período pero mayor amplitud poseerá una mayor cantidad de energía. Las ondas S son por lo tanto las que transforman la mayor cantidad de energía de un sismo, al igual que las ondas superficiales ya que éstas poseen una amplitud mayor que las P y sus períodos son mucho más largos.

Debido a su influencia sobre las estructuras, el predominio de uno u otro tipo de ondas en el movimiento sísmico juega un papel decisivo en los efectos de un sismo. Por lo tanto los daños producidos a las estructuras serán debido a las ondas S (las responsables de la fuerza de sacudida).





**Fig. 1. 11 Ondas P o de compresión (a) y ondas S o de corte (b).**



**Fig. 1. 12 Ondas Rayleigh (a) y ondas love.**

Dependiendo del tipo de suelo, es decir de las características geológicas, su espesor y la velocidad de propagación de las ondas, éstas pueden atenuarse o amplificarse. Actualmente se supone que cerca de la superficie las ondas sísmicas se propagan verticalmente. Cuando el medio en el que se propaga la onda es rocoso (como el de las montañas más antiguas del norte del país) la velocidad de las ondas aumenta y por ende la aceleración también, pero la magnitud de la onda disminuye. Cuando entran en suelos blandos (como la tierra blanca y las tobas color café), para mantenerla el flujo de energía, se incrementa la amplitud de las ondas y la velocidad disminuye, a este fenómeno se le llama impedancia. Además el suelo blando absorbe más energía que la roca, este mecanismo se conoce como atenuación inelástica.

Otro mecanismo de amplificación es la resonancia, en ésta la onda puede aumentar su amplitud y prolongar la duración del sismo. La resonancia se produce cuando una onda llega hasta la superficie a través de un suelo blando y luego baja hasta rebotar con la roca que había atravesado con anterioridad. Cuando el período de las ondas sísmicas coincide con el período de vibración de la capa de suelo, el fenómeno de resonancia se vuelve máximo.

En el caso de nuestro país, la zona norte es la que presenta las formaciones rocosas más antiguas, la franja central y particularmente el área metropolitana de San Salvador están conformadas por dos depósitos principales, uno conocido como tobas de color café, el cual está constituido por un depósito de cenizas producidas por erupciones del volcán de San Salvador, el cual alcanza espesores de 25 metros (Bommer, 1996). El otro depósito es conocido como tierra blanca y es el producto de la erupción de la actual caldera volcánica de Ilopango. En el caso de las tobas color café y de la tierra blanca, por estar poco consolidadas, debido a su joven edad, desde el punto de vista geológico, producen una ampliación de las ondas sísmicas y una disminución de la velocidad.

En un documento elaborado por Julian Bommer, Walter Salazar y Ricardo Samayoa (Bommer, Salazar y Samayoa, 1998) sobre el riesgo sísmico en la región metropolitana de San Salvador, se encuentra información sobre varios estudios, que respaldan la afirmación anterior, en el caso de la tierra blanca.

Uno de ellos es el realizado por el Consorcio Italiano, en el que se comprobó que la velocidad de las ondas sísmicas en los 15 metros superiores es del orden de los 200 m/s, demostrando de esta manera la poca compactación de este material. Además en la tabla 2 de la Norma Técnica para Diseño por Sismo de nuestro país se indica que los materiales de apariencia rocosa se caracterizan por velocidades de onda de corte mayores de 500 m/s y que los suelos cohesivos blandos o los suelos no cohesivos sueltos se caracterizan por una velocidad de corte menor de 150 m/s.

Otros de los estudios a los que hacen referencia Julian Bommer, Walter Salazar y Ricardo Samayoa, son a los que han comprobado el efecto amplificador de la tierra blanca, principalmente a través del análisis de los registros de movimiento fuerte obtenido en el sismo de 1986, los cuales arrojan factores promedios de amplificación del movimiento por las cenizas volcánicas de entre 3 y 6.

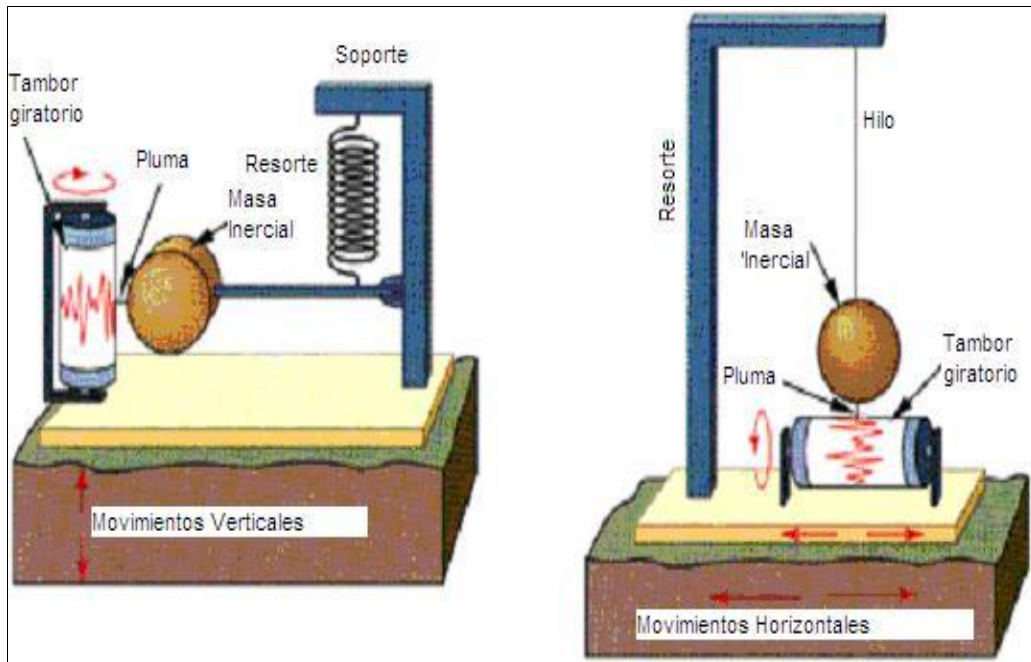
## **1.5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.**

Los instrumentos de medición del movimiento del suelo se pueden clasificar desde el punto de vista de su función en: **sismógrafos y acelerógrafos.**

### **a) Sismógrafo.**

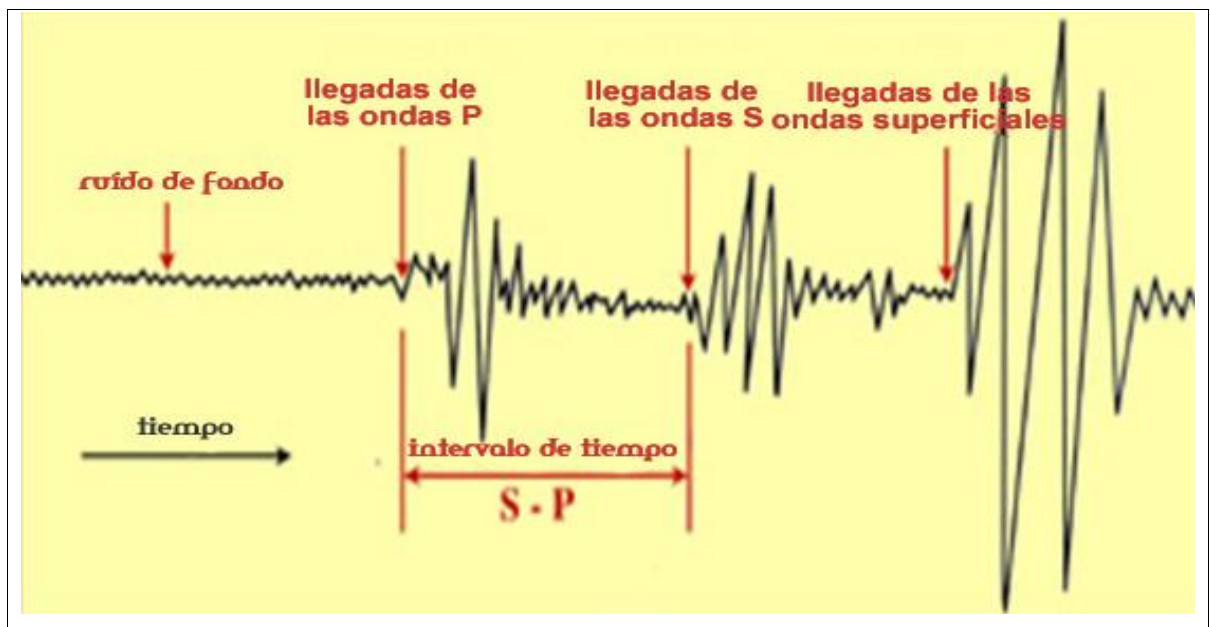
El sismógrafo se basa en el principio de inercia de los cuerpos y consta de una masa conocida suspendida con un resorte como se muestra en la Fig. 1. 13. El mecanismo de acción del aparato mostrado en la Fig. 1. 13, consiste en que cuando las ondas sísmicas excitan el resorte, la inercia de la masa hace que ésta permanezca un instante en el mismo punto de reposo y cuando sale del mismo, tiende a oscilar; la oscilación posterior del péndulo no reflejará el movimiento real del suelo; por lo tanto, hay que amortiguarlo. En los sismógrafos antiguos el amortiguamiento era realizado utilizando aceite, actualmente se logra con el uso de bobinas o imanes que amortiguan la oscilación libre de la masa. Si se registra este movimiento en una escala gráfica, a la cual se le conoce como sismograma, se tiene un sismógrafo como el de la Fig. 1. 14, en la antigüedad estos registros se hacían por medio de plumas sujetas a la masa las que

inscribían en un tambor en el que se colocaba el papel; con el pasar de los años este sistema se fue mejorando y los registros se hacían en papel fotográfico o sobre película.



**Fig. 1. 13 principio básico del funcionamiento de los sismógrafos**

([http://w3.ualg.pt/~jdiias/GEOLAMB/GA5\\_Sismos/52\\_Sismologia/sismografo.jpg](http://w3.ualg.pt/~jdiias/GEOLAMB/GA5_Sismos/52_Sismologia/sismografo.jpg)).



**Fig. 1. 14 Ejemplo de un sismograma**

([http://w3.ualg.pt/~jdiias/GEOLAMB/GA5\\_Sismos/52\\_Sismologia/sismogramaPeru.jpg](http://w3.ualg.pt/~jdiias/GEOLAMB/GA5_Sismos/52_Sismologia/sismogramaPeru.jpg)).

Actualmente, el registro de los datos se realiza en medios magnéticos (cintas) o en sistemas digitales como se muestra en la Fig. 1. 15 mejorando la calidad de los mismos. Asimismo, el control de tiempo es realizado mediante relojes satelitales o los ya conocidos GPS ([http:// khatati.igp.gob.pe.ogr](http://khatati.igp.gob.pe.ogr), 2007). Lo que los sismógrafos registran son velocidades o desplazamiento del movimiento del suelo, esto lo hacen por medio de circuitos integrados.



**Fig. 1. 15 Sismografos modernos (<http://www.unb.br/acs/unbagencia/imagens>).**

#### **b) Acelerógrafos.**

El mecanismo de funcionamiento del acelerógrafo consiste en suspender una masa (de valor conocido) y calibrar una dínamo con una fuerza específica, para que cuando ocurra el sismo la masa se excite y a través de la segunda ley de newton podamos conocer la aceleración del suelo.

Un acelerógrafo puede tener uno, dos o tres sensores que detectan el movimiento en dos componentes horizontales (generalmente en las direcciones N-S y E-O) y una vertical; un sistema de discriminación de señales y un equipo de registro. El movimiento del suelo es transformado en impulsos eléctricos los cuales, después de ser amplificados, pasan al sistema de discriminación. Si la señal recibida reúne las condiciones programadas previamente, el sistema se activa generando un acelerograma analógico o

digital. Dado que en este proceso se ha perturbado la señal original, es necesario corregir el acelerograma eliminando los errores introducidos en las bajas frecuencias durante la conversión de la señal en digital y las distorsiones en las altas frecuencias debidas a la respuesta del transductor.

La aceleración es un parámetro de mayor utilidad para los ingenieros civiles por relacionarse directamente con las fuerza. Además los acelerógrafos son capaces de registrar un amplio margen de frecuencias que abarcan los períodos propios de estructuras y elementos constructivos más interesantes en ingeniería civil. En la Fig. 1. 16 se muestra un acelerógrafo moderno y en la Fig. 1. 17 se muestra un registro conocido como acelerográma. En el eje de las abscisas se lee la aceleración y en el eje de las ordenadas se lee el tiempo, además, en la Fig. 1. 17 se indica el periodo y la amplitud de la aceleración.



**Fig. 1. 16 Acelerógrafo moderno tipo GMC-5TD**  
(<http://www.ampere.com.mx/fotos/cmg5td>).

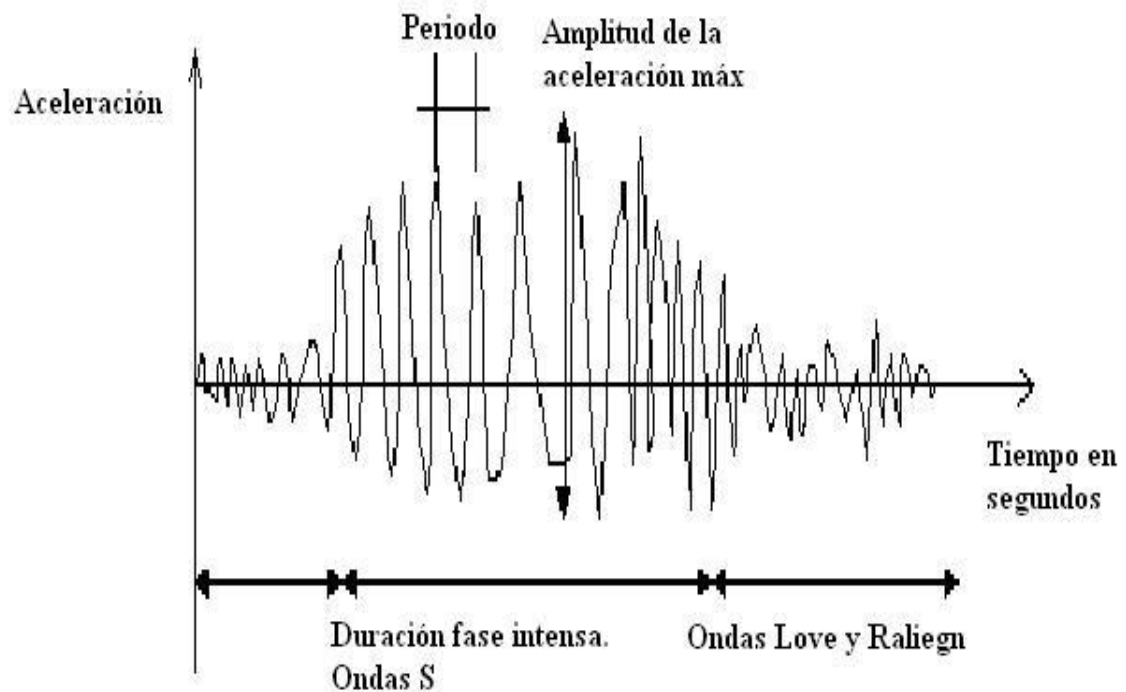


Fig. 1. 17 Registro acelerográfico

(<http://estructuras.eia.edu.co/hormigonII/ing.%2520sismica>).

### 1.5.1. Instrumentación sísmica en El Salvador.

Los estudios en sismología realizados por el Observatorio Astronómico y Meteorológico el 25 de octubre de 1890, fueron los que iniciaron las investigaciones en materia de sismología; luego se da la fundación del Observatorio Sismológico Nacional el 25 de febrero de 1918.

Posteriormente con la llegada sismólogo alemán, Dr. Rudolf Schulz en 1953, los estudios sismológicos en El Salvador dieron inicio de manera sistemática a pesar de que se tenía instrumentación sísmica desde 1896 y con información sísmica analógica desde 1952. Estos esfuerzos de investigación fueron los que dieron origen a la necesidad de contar con instrumentos para monitorear la actividad sísmica en nuestro país, a continuación se presenta un resumen de la evolución que ha tenido nuestro país en

instrumentación sismológica desde 1896 según el Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SNET (<http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/vigilancia/>).

- ✓ En 1896 llegaron a El Salvador 14 sismógrafos de péndulo tipo Ewing que fueron instalados en diferentes lugares del país.
- ✓ En 1930 se adquirieron para el Observatorio Nacional dos sismógrafos tipo Wiechert, uno con las componentes horizontales Norte-Sur y Este-Oeste, y otro con la componente vertical.
- ✓ En 1952 se adquirieron dos sismógrafos Katsushima de fabricación japonesa, los que funcionaron del 8 de septiembre de ese año hasta el 3 de octubre de 1955.
- ✓ En 1957 y 1961 comenzaron a funcionar las estaciones de Santiago de María en el departamento de Usulután y la de Ahuachapán. Estas estaciones fueron equipadas con sismógrafos mecánicos construidos en El Salvador por el alemán Rudolf Schulz y el salvadoreño Álvaro Urrutia.
- ✓ En 1962 comenzó a funcionar la estación de La Palma, Chalatenango. Esta estación, perteneciente a la Red Mundial de Sismógrafos Estándar (World Wide Standardized Seismographs Network, WWSSN) estaba equipada con sismógrafos Benioff.
- ✓ En 1963 se adquirieron tres sismógrafos tipo Stuttgart, dos para las componentes horizontales y uno para la vertical. A finales de 1983 se instaló la Red Nacional de Telemetría Sísmica, compuesta por diez estaciones equipadas con sensores verticales modelo S-13.
- ✓ A finales de 1991 la Red Nacional de Telemetría Sísmica, se incrementó en once estaciones equipadas con sensores verticales modelo SS-1.
- ✓ Luego se contó con las Estaciones de Registro en el Lugar.

Como estación de registro en el lugar se conoce aquella en la cual su sensor, sistema convertidor y de registro se encuentran en el mismo sitio. Estas estaciones pueden estar constituidas por equipo portátil o por equipo permanente. Actualmente se cuenta con tres sismógrafos portátiles: uno es modelo PS-2 y los restantes son del



modelo MEQ-800. Generalmente el sismógrafo MEQ-800 funciona con censor L4-C, sin embargo han sido adaptados para que operen con sismómetros SS-1, y así registrar cualquiera de las tres componentes del movimiento del terreno.

Todos estos sismógrafos están provistos de un sistema de registro sobre papel ahumado, aunque puede hacerse también a base de tinta. Por lo general el registro es cambiado cada 24 horas, pero puede modificarse para que registre durante 12 o 48 horas. Este tipo de sismógrafo es de gran utilidad, especialmente para sismicidad en lugares con poca o ninguna cobertura de estaciones sismológicas. A la fecha se encuentra en operación la estación de registro en el lugar ubicada en el Observatorio Sismológico Nacional (OBS), equipada desde 1930 con dos sismógrafos Wiechert de fabricación alemana, uno con las dos componentes horizontales y otro con la vertical.

Las estaciones de registro en Ahuachapán, La Palma y Santiago de María dejaron de operar debido a su alto costo de mantenimiento y a la adquisición de nuevo y más moderno instrumental sismológico. En nuestro país existen 3 redes de monitoreo sísmico, estas son: la Red nacional de telemetría sísmica, la Red de movimiento fuerte y la Red de acelerógrafos digitales de la UCA. En todas ellas el equipo está orientado en el mismo sentido de las principales fallas geológicas de nuestro país, es decir de Norte-Sur y de Este-Oeste, esto con el objetivo de estudiar el comportamiento de estas fallas, sólo en caso que quieran estudiar una falla en especial, se modifica la orientación de los aparatos.

En cuanto a la colocación de los sismógrafos (vertical u horizontal), esto dependerá de la importancia que la falla tenga, debido a su actividad histórica respecto a las demás, si es muy activa será necesario colocar dos componentes horizontales y la componente vertical, en cambio si la falla es menos importante tendrá únicamente una componente que podrá ser cualquiera de las horizontales o la vertical.

#### **1.5.1.1. Red nacional de telemetría sísmica.**

Con el fin de modernizar el equipo sismológico existente el Centro de Investigaciones Geotécnicas implementó a finales de 1983 la Red Nacional de Telemetría Sísmica. En la Fig. 1. 18 se muestra la distribución de estas estaciones.

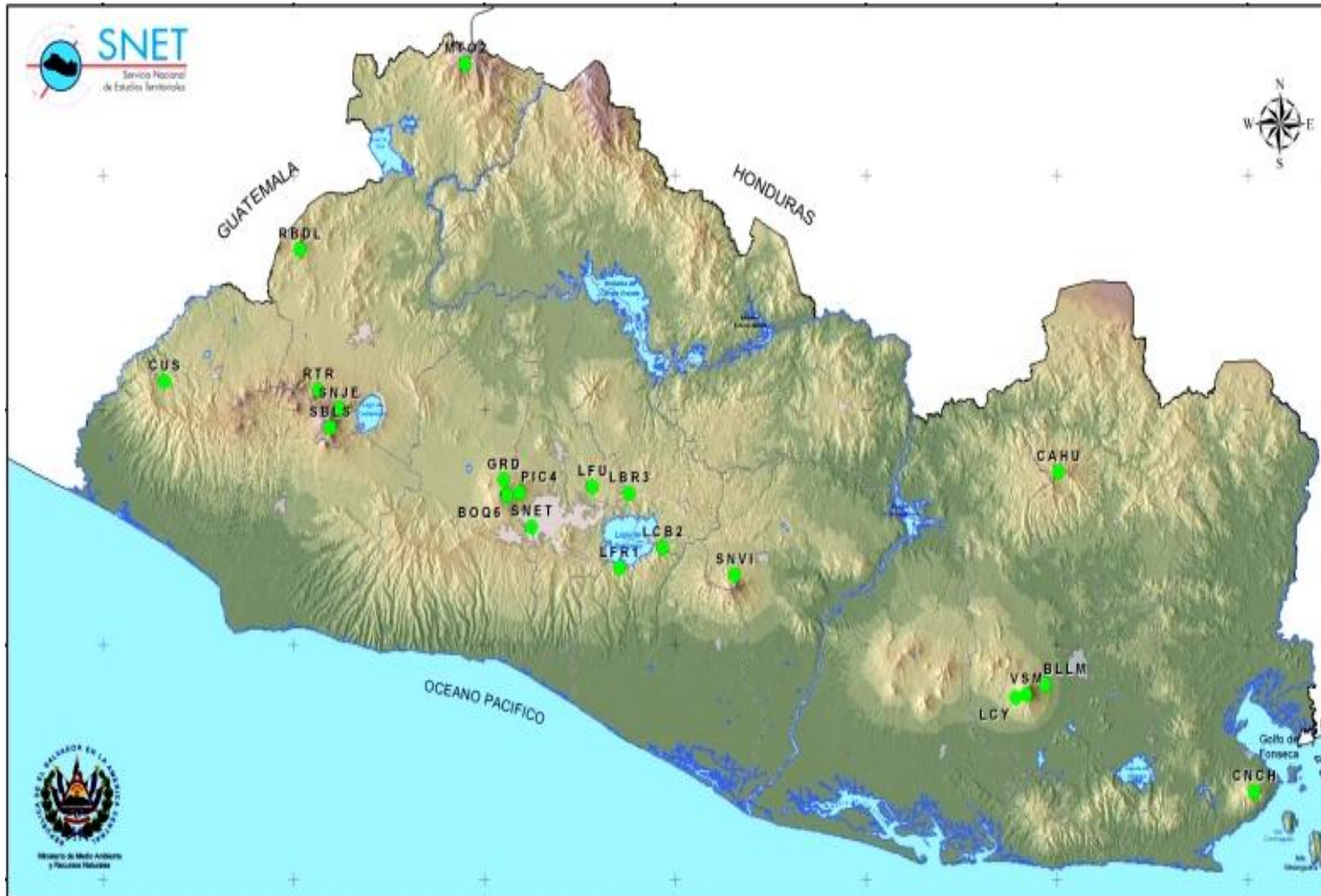


Fig. 1. 18 Distribución de las estaciones de sismógrafos en nuestro país (<http://www.snet.gob.sv/Geologia/sismograma1.php>).

Con el proyecto se instalaron 11 estaciones telemétricas, con las cuales se estaría en capacidad de detectar sismos con origen dentro o fuera del territorio salvadoreño. En 1991 la Red Nacional de Telemetría Sísmica fue ampliada a veintidós estaciones, cinco de ellas para la vigilancia de la macro y microsismicidad dentro del área metropolitana de San Salvador y seis estaciones para la vigilancia de los volcanes activos del área metropolitana, el volcán de San Salvador y el de Ilopango. Actualmente se encuentran en funcionamiento quince estaciones telemétricas ubicadas en el interior del país, y una estación portátil permanente en el CIG.

De las quince estaciones telemétricas, cuatro de ellas son propiedad de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) y forman parte de la Red Sísmica de Berlín. El CIG logró la recepción de estas señales por medio de un convenio de cooperación entre ambas instituciones.

#### **1.5.1.2. Red de movimiento fuerte.**

Además de la red Nacional de Telemetría Sísmica, se cuenta con la red de movimiento fuerte. Movimiento fuerte es aquel producido por un sismo, siendo perceptible y potencialmente destructivo en la zona cercana a la región epicentral.

El equipo utilizado para registrar movimiento fuerte se denomina acelerógrafo. En El Salvador los acelerógrafos están en la capacidad de registrar sismos que generen aceleraciones, en el lugar en donde estos se encuentran instalados, superiores a 0.01g (g es la aceleración de la gravedad equivalente a 980 cm/seg/seg).

A continuación se presenta un breve historial de la instrumentación acelerográfica en El Salvador:

El primer equipo de registro violento fue un acelerógrafo tipo Montana, instalado en el Observatorio Sismológico Nacional en noviembre de 1964.

A raíz del sismo del 3 de mayo de 1965, se adquirieron 3 acelerógrafos marca Teledyne modelo AR-240 que fueron instalados entre octubre y diciembre de 1966 en los lugares siguientes: uno en el sótano de las bodegas del Aeropuerto de Ilopango, otro en el sótano de la Biblioteca Nacional y el tercero en el Instituto de Vivienda Urbana (IVU). Además de los acelerógrafos antes mencionados se adquirieron 25 sismoscopios

marca Wilmot modelo SR-100, que fueron instalados en el área metropolitana de San Salvador (AMSS) entre octubre de 1966 y enero de 1967.

En enero de 1978 se instalaron cinco sismoscopios en Ahuachapán, Acajutla, Presa 5 de noviembre, Santiago de María y La Unión. Hasta diciembre de 1981 había en operación 22 sismoscopios y 7 acelerógrafos; de estos últimos, tres eran propiedad del Hotel Camino Real.

En 1984 se adquirieron veinte acelerógrafos modelo SMA-1 que fueron distribuidos en el área metropolitana de San Salvador y en el resto del país. Con esta nueva adquisición se tuvo un total de 27 acelerógrafos, de los cuales 23 eran modelo SMA-1, 3 modelo AR-240 y 1 tipo Montana.

En 1991 se adquirieron 30 acelerógrafos más del modelo SMA-1, sobrepasando así la cifra de 50 acelerógrafos; cantidad que convertía a El Salvador en uno de los países con mayor cantidad de equipo acelerográfico por kilómetro cuadrado.

A finales de 1995 la red acelerográfica nacional fue reubicada. La distribución de las estaciones acelerográficas así como los lugares de ubicación se muestran en la Fig. 1. 19.

Además de los acelerógrafos analógicos SMA-1 se cuenta con dos acelerógrafos digitales SSR-1. Estos acelerógrafos están equipados con acelerómetros modelo FBA-23 capaces de registrar aceleraciones del terreno en tres direcciones ortogonales. Este equipo tiene la particularidad de poder ser programado para registrar sismos de cualquier magnitud, es decir desde ruido ambiental hasta movimientos fuertes, característica que ha servido para que con dicho equipo se hayan hecho mediciones de microtrepidación en diferentes lugares del país.

La ventaja de este instrumento de medición sísmica es que el proceso de conversión de registro analógico a registro digital, es obviado, lo que hace que el procesamiento de un sismo sea efectuado mucho más rápido.

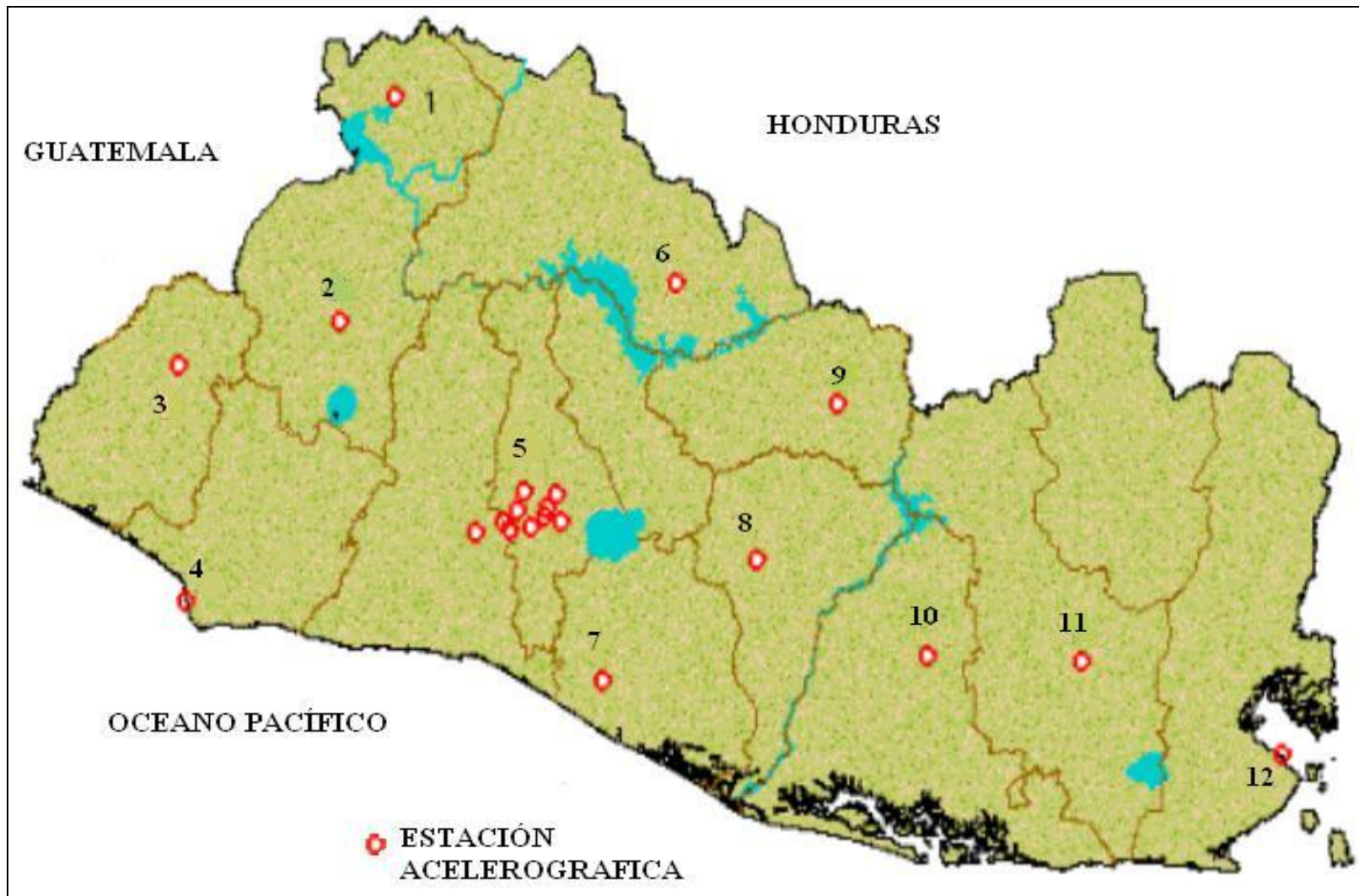


Fig. 1. 19 Distribución de las estaciones acelerográficas en el Salvador (<http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/vigilancia/>).

### 1.5.1.3. Red de acelerógrafos digitales de la UCA.

Además de las redes antes descritas, que conforman instituciones como el SNET, CEL, la Geotérmica, existe una red de acelerógrafos digitales del tipo SSA-2 que son propiedad de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, UCA. Estos acelerógrafos digitales tienen la capacidad de capturar 200 muestras por segundo, tienen un nivel de disparo de 0.01g en las dos componentes horizontales, es decir que se activan al generarse aceleraciones de 0.00981 m/s/s en el suelo; la componente vertical tiene un nivel de disparo de 0.006g.

El objetivo de esta red es la de monitorear la actividad sísmica de la cadena volcánica y la actividad sísmica de la fosa de subducción, es por ello que está distribuida en la zona delimitada por San Salvador y el lago de Ilopango, la zona sureste de los volcanes de Santa Ana e Izalco y en los alrededores del volcán de San Vicente. En la Tabla 1. 2 se muestra la distribución de las estaciones acelerográficas.

**Tabla 1. 2 Ubicación de los acelerógrafos de la red UCA**

(<http://www.uca.edu.sv/investigacion/sismo/modulo3/analisisregistros/sld026.htm>).

CODIGO	LUGAR DE INSTALACIÓN
ESJO	Externado San José, San Salvador
UARM	Unidad de Salud de Armenia, Sonsonate
HSRF	Hospital Nacional San Rafael, Santa Tecla
ULLB	Unidad de Salud, La Libertad
UPAN	Unidad de Salud de Panchimalco
HSTR	Hospital Santa Teresa, Zacatecoluca, La Paz
USPN	Unidad de Salud, San Pedro Nonualco, La Paz
HSGT	Hospital Santa Gertrudis, San Vicente
CSBR	Hospital San Bartolo, San Salvador
UTON	Unidad de Salud, Tonacatepeque, San Salvador

Fue el 25 de abril del 2002, cuando el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, recibió la donación de un equipo acelerográfico por parte del

gobierno de Japón, el objetivo era el de fortalecer la investigación sismológica en el país y las redes actuales (SNET, CEL, GESAL y UCA) e integrarlas a una red acelerográfica nacional.

El equipo consistió en siete acelerógrafos digitales marca Kinematics, modelo ETNA, 12 módems para acelerógrafos Kinematics SSA-2 de la UCA y GESAL y 12 cables conectores de módems. Los acelerógrafos que se donaron al SNET revelarán datos que pueden ser utilizados en localizaciones y cálculos de magnitud. Con la ayuda de este nuevo recurso, el Servicio Sismológico podrá investigar los movimientos ocurridos con mayor inmediatez y precisión.

## **1.6. ESCALAS DE MEDICIÓN.**

Luego de resolver el problema de diseñar aparatos con los que se pueda registrar los sismos, se tiene la nueva necesidad de elaborar escalas para cuantificar la magnitud de los sismos y el nivel destructor de éstos.

Las escalas se utilizan para medir la intensidad o la magnitud de un sismo (de manera cualitativa y cuantitativa), a continuación explicaremos en que consiste y la manera de cuantificar la intensidad sísmica y la magnitud sísmica

### **1.6.1. Intensidad sísmica.**

La intensidad sísmica es un parámetro que nos indica (de manera cualitativa) los efectos o daños producidos por el sismo en las edificaciones, objetos, el terreno y el impacto en las personas.

Su uso se inicio con los trabajos de Rossi y Forel en Italia y Suiza, respectivamente a finales del siglo XIX. y está relacionada a un lugar determinado y se asigna en función de los efectos causados en el ser humano, en las edificaciones y, en general en el terreno del lugar (Arevalo, Arevalo, Cortéz y Marroquin, 2002).

Actualmente las escalas más utilizadas para medir la intensidad sísmica son la de Mercalli Modificada (MM) y la MSK. La primera fue propuesta por Mercalli en 1902 y modificada por Word y Newman en 1931 y Richter en 1956. La segunda se debe a los

trabajos de Medvedev, Sponheuer y Kernik en 1967. Ambas escalas tienen XII grados y son muy similares, siendo la primera la más utilizada en América y la segunda en Europa (Herráiz, 1997). Además existen otras escalas de uso más local (como la de la Agencia Meteorológica de Japón, JMA).

En El Salvador la escala que utiliza el SNET (Servicio de Estudios Territoriales) para indicar el nivel de intensidad de un sismo es la de Mercalli Modificada, MM.

En la Tabla 1. 3 se describe la escala de intensidad de Mercalli Modificada, el lector puede consultar los mapas de isosistas (líneas de igual intensidad) para los sismos del 13 de enero y febrero del 2001 y de los sismos anteriores en la dirección <http://www.snet.gob.sv>.

**Tabla 1. 3 Intensidad en escala de Mercalli (<http://www.angelfire.com/ri/chterymercalli>).**

NIVEL	DESCRIPCIÓN
Grado I	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
Grado II	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
Grado III	Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable
Grado IV	Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.
Grado V	Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajilla, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen de relojes de péndulo.



NIVEL	DESCRIPCIÓN
Grado VI	Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.
Grado VII	Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas; rotura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
Grado VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían vehículos motorizados.
Grado IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.
Grado X	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
Grado XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
Grado XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

### 1.6.2. Magnitud sísmica.

La magnitud es el parámetro que evalúa el tamaño de un sismo, es decir que mide la cantidad de energía que se libera en el hipocentro (punto en el interior de la tierra en el que tiene lugar la ruptura de la falla).

Fue inicialmente definida por Richter (1935) para los sismos del sur de California como el logaritmo decimal de la máxima amplitud, expresada en micrones (10<sup>-6</sup> m), del registro obtenido en un sismógrafo Word-Anderson a una distancia de 10 km. Esto significa que si se produjeran dos sismos en un mismo sitio a una distancia de 100 km con una amplitud máxima de 1 mm el primero y de 10 mm el segundo, la magnitud de los mismos sería 3 y 4 respectivamente.

Si la amplitud de la traza fuera de 100 mm, entonces el sismo sería de magnitud 5, lo anterior no lleva a concluir que un sismo de magnitud 4 es 10 veces más grande que uno de magnitud 3, y un sismo de magnitud 5 sería 100 veces más grande que uno de magnitud 3. La generalización de la escala de magnitud Richter a sismos locales ocurridos en zonas diferentes que el sur de California, y registrados con otros tipos de sismógrafos ha dado lugar a la magnitud local ML.

Para sismos más alejados se definen dos tipos de magnitud: mb y MS según se mida la amplitud de ondas internas (generalmente P) o de ondas superficiales (ondas Rayleigh de aproximadamente 20 s de período). La escala mb se utiliza preferentemente para sismos regionales y lejanos, de magnitud inferior a 6.5 o de gran profundidad, ya que en ambos casos no se generan ondas superficiales de suficiente amplitud (Herraíz, 1997). En la Tabla 1. 4 se describe la escala Richter.

**Tabla 1. 4 Escala de magnitud Richter**

MAGNITUD EN ESCALA RICHTER	EFFECTOS DEL SISMO
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores

MAGNITUD EN ESCALA RICHTER	EFFECTOS DEL SISMO
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Sismo mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran sismo. Destrucción total a comunidades cercanas.

## **1.7. LA INGENIERÍA SÍSMICA EN EL SALVADOR.**

En la carrera de ingeniería civil de muchos países del mundo, se ofrecen cursos electivos de sismología para ingenieros, ingeniería sísmica, y diseño sísmico.

En nuestro país las obras civiles estarán sujetas a por lo menos un sismo en su período de vida útil, es por ello que se debería considerar el diseño sismo-resistente como parte de la formación de la ingeniería civil. Los beneficios a largo período de incorporar la ingeniería sísmica como una parte integral de la formación ingenieril para la reducción del riesgo sísmico son obvios.

### **1.7.1. Formación en el área de la ingeniería sísmica.**

En nuestro país existen varias universidades que ofrecen la carrera de ingeniería civil, entre ellas está la Universidad de El Salvador, UES, y al menos cuatro universidades privadas. En términos de integración de los principios de diseño sísmico dentro de la formación de ingenieros civiles, algunos progresos han sido hechos.

En el caso de la UES, cursos electivos relacionados a la ingeniería sísmica han sido ofrecidos en diferentes ocasiones, dependiendo del número de estudiantes que se querían especializar en esta área. En 1979 un módulo electivo sobre ingeniería sísmica fue introducido por Héctor David Hernández Flores, quien se formó como Ph.D. en esta disciplina en la University of Illinois; este módulo, sin embargo, se dejó de impartir desde hace más de una década. En 1994 el Ph.D. Manuel López Menjívar introdujo otro curso electivo sobre fundamentos de sismología para ingenieros e ingeniería sísmica. En 1998 un nuevo pensum fue introducido, el cual incluía cursos electivos en las siguientes

áreas: sismología, dinámica de estructuras, ingeniería sísmica, y análisis estructural avanzado. Todos estos cursos fueron introducidos por todo el equipo de catedráticos después de haber estudiado los programas de los cursos de postgrados.

Paradójicamente, mientras estudios relacionados con medidas de reducción del riesgo sísmico están aún muy limitados a los niveles de pregrado, se han tenido algunas iniciativas recientes importantes en referencia a la formación de postgrados. En el pasado pocos ingenieros de nuestro país estudiaron grados de maestrías y doctorados en ingeniería sísmica y sismología, y algunos de estos quienes tienen retornos ocasionales al país han hecho contribuciones significativas al desarrollo de estas áreas dentro de El Salvador.

Los destinos más comunes de los salvadoreños que han estudiado sismología e ingeniería sísmica ha sido el Internacional Institute of Seismology and Earthquake Engineering de Tsukuba, Japón. Durante la época de los noventas, programas de asistencia en estas disciplinas desde países escandinavos resultó en varios salvadoreños iniciando su preparación principalmente en ciencias de la tierra, en la University of Bergen y NOR SAR en Norway y en el Royal Institute of Technology (Kungliga Tekniska Högskolan ó KTH) y Uppsala University en Swenden. Estos períodos de formación han variado desde visitas cortas de unos pocos meses de duración a cursos de maestrías y Ph.D (Bommer, López Y Pinho, 2004).

### **1.7.2. Preparación profesional en ingeniería sísmica.**

Implementar cursos obligatorios relacionado con la ingeniería sísmica en la carrera de ingeniería civil en nuestro país, sumado con el avance continuo de la tecnología y la práctica de la ingeniería sísmica, forman a la práctica, en esta área de la ingeniería, una importante herramienta para la mitigación del riesgo sísmico.

Las universidades, particularmente la Universidad de El Salvador y la Universidad Centroamericana, ofrecen seminarios y cursos a la población, y en esta manera contribuyen con este continuo desarrollo profesional. Existen otras dos

organizaciones que estarían en la expectativa de jugar un papel importante al respecto: SSIS y ASIA.

La Sociedad Salvadoreña de Ingeniería Sísmica (SSIS) fue formada después del sismo de 1986 para promover el desarrollo de la ingeniería sísmica en el país y durante su primer año de existencia fue muy activa, particularmente en la recolección de información relacionada con los efectos de los sismos.

En 1987 según el informe elaborado por J. Bommer y otros (Bommer, López Y Pinho, 2004), la SSIS organizó un seminario regional sobre el diseño sísmico y el comportamiento de la mampostería reforzada. La SSIS está asociada con ASIA pero no tiene estatutos legales ni produce publicaciones ni mantiene un sitio web.

Curiosamente, la SSIS jamás ha sido reconocida formalmente como la asociación nacional de ingeniería sísmica dentro de la Asociación internacional de Ingeniería Sísmica (AIEE, por sus siglas en inglés), a pesar de la aprobación de la participación de El Salvador en el comité preparatorio para la fundación de la AIEE en 1963. en abril de 1963 el comité nacional de ingeniería sísmica se formó y fue afiliado a al AIEE; el presidente de este comité nacional fue A.G. Prieto y el delegado nacional fue el Dr. Robert Schulz, un sismólogo que trabajaba en el Centro de Investigación Geotécnica (CIG) del Ministerio de Obras Públicas, quien mantuvo este puesto hasta 1976.

Otros dos salvadoreños ocuparon los puestos de delegados de la IAEE, ambos empleados del CIG y ninguno estaba relacionado con la SSIS. La última reunión expiro en 1996, y nuestro país no está actualmente representado en la asociación internacional (Bommer, López Y Pinho, 2004).

La Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos podría ser considerada como la más importante asociación de profesionales en nuestro país con respecto a la ingeniería sísmica. En adición a este importante papel, ha contribuido también con la publicación y distribución de las normas de diseño (incluida la de diseño para sismo) actualizados, coordinados con la Comisión Técnica para la Seguridad Estructural, CTSE. Además conformó el comité para la evaluación de daños. Este comité operó después de los sismos de 1986 y 2001, organizando a sus miembros para visitar preliminarmente los

asentamientos de las estructuras afectadas, para clasificarlos, y hacer un inventario de los daños de los edificios.

Las evaluaciones fueron procesadas usando un formato estándar que clasifica cada uno de los edificios por sus características estructurales y su función, finalmente se clasifica el edificio por medio de una etiqueta como verde, naranja, o rojo, dependiendo de la severidad de los daños y de la necesidad de darle una reparación, un reforzamiento, o una demolición.

Lamentablemente las importantes críticas y conclusiones del inventario de daños entregada por el comité al MOP después del sismo de 1986 no está disponible, y repetidos esfuerzos por obtener copias de los documentos del MOP han sido fallidos, como se menciona en la investigación realizada por J Bommer y otros (Bommer, López Y Pinho, 2004). La explicación dada por ahora es que los documentos han sido perdidos.

ASIA también ha contribuido al desarrollo profesional a través de publicaciones, seminarios y cursos. ASIA publica una revista técnica, la Revista ASIA, con artículos escritos por miembros de la asociación y por especialistas extranjeros también, en muchos temas de relevancia en la ingeniería civil, incluyendo en éstos los relacionados a la ingeniería sísmica. Artículos especiales sobre ingeniería sísmica han sido publicados después de los sismos de 1986 y 2001.

Además de lo anterior ASIA ha organizado innumerables cursos sobre ingeniería sísmica y diseño sísmico recorriendo desde simples presentaciones hasta mantener cursos por períodos de una o más semanas.

Los temas de estos cursos han incluido a expertos del país y extranjeros en varios aspectos de ingeniería geotécnica, estructural, y sísmica. ASIA ha sido anfitrión en dos ocasiones, una en 1995 y la otra en el 2000, del Curso Internacional sobre Ingeniería Sismo-Resistente patrocinado por la UNESCO. Estos cursos organizados por el Dr. José Graces de Venezuela en nombre de RELACIS (Red Latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica), han sido impartidos en otros varios países de América Latina (Bommer, López Y Pinho, 2004).

### **1.7.3. Investigaciones en ingeniería sísmica.**

Una gran cantidad de investigaciones han sido hechas, y se continúan haciendo, en el campo de la ingeniería sísmica y proyectos relacionados en nuestro país. Trabajos de graduación en la carrera de ingeniería civil de las universidades se están realizando, buscando tópicos tales como la sismicidad y la peligrosidad sísmica del país, la microzonificación sísmica de la Capital, etc.

Muchas de las mejoras en los aspectos de la respuesta estructural y sísmica de las a edificaciones, se han investigado casi exclusivamente con asistencia de extranjeros.

Los proyectos relacionados con la sismología y la ingeniería sísmica han sido financiados por la Unión Europea, la Norwegian Agency for Development Cooperación (NORAD), la United States Agency for Internacional Develoment (USAID), la Danish Internacional Develoment Agency (DANIDA), la Swedish Internacional Develoment Cooperación Agency (SIDA), la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y la Japanese Agency for Internacional Cooperation (JICA), entre otros. Los proyectos han sido canalizados a través de instituciones gubernamentales, como el SNET, a través de organizaciones no gubernamentales, y a través de universidades (Bommer, López Y Pinho, 2004).

Actualmente el proyecto más importante en lo que respecta a la capacitación e investigación de materiales y estructuras habitacionales sismorresistentes, lo constituye el proyecto TAISHIN, este proyecto tiene por objetivo:

1. La Construcción y equipamiento del Laboratorio de Estructuras Grandes, LEG; el cual se terminó de construir a finales del 2004, el edificio es propiedad de la UCA y el sistema de reacción, consistente en una losa y pared de reacción y el equipamiento del LEG es aporte de JICA.
2. Capacitación del personal técnico y de investigación que llevará a cabo las pruebas a los cuatro sistemas a investigar y su mejoramiento respectivo, en este punto JICA en colaboración con el CENAPRED de México, está llevando a cabo sesiones de capacitación a la contraparte salvadoreña en México y El Salvador. Además de otorgar becas a corto y largo plazo para obtener conocimientos

técnicos y grados académicos a nivel de maestrías y doctorados.

3. Investigación de materiales y estructuras habitacionales, este punto constituye la parte fundamental del proyecto; son 4 los sistemas que se están investigando, uno por año, desde el 2005. estos sistemas son: Bloque-panel sismo resistente, Adobe sismo resistente, Sistema de ladrillo sólido de suelo cemento confinado y el Sistema de bloque hueco de concreto.
4. Difusión de resultados, éstos serán difundidos a toda la población a través de universidades, instituciones gubernamentales, ONG's, comunidades, gobiernos locales, etc.
5. La creación de un Programa Piloto Integral para el Mejoramiento de la Vivienda Popular, para que instituciones gubernamentales puedan desarrollar e impulsar un programa para promover la construcción y adquisición de viviendas de carácter popular que utilicen las tecnologías desarrolladas en el LEG.

El proyecto se desarrolla gracias a la cooperación de los gobiernos de Japón, México y El Salvador a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED de México, el Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) de El Salvador e instituciones contrapartes que tienen a su cargo la investigación y difusión del proyecto, como lo son la Universidad de El Salvador (UES) y la Universidad Centroamericana (UCA). En la Fig. 1. 20 se muestra el sistema de reacción, que forma parte del equipo instalado en el Laboratorio de Estructuras Grandes, LEG, (en la universidad Centroamericana, UCA) para el desarrollo del proyecto TAISHIN.

Además del LEG, también se construyó el equipo de la Mesa Inclinable en la Ciudad Universitaria, cuya inauguración se realizó el 29 de mayo del 2007, el objetivo de esta mesa es la de realizar pruebas a escala a sistemas de construcción en unidades completas de vivienda (es decir las cuatro paredes).





**Fig. 1. 20 Sistema de reacción instalado en el LEG**  
(<http://www.taishin.org.sv/laboratorio.htm>).

La mesa tiene capacidad para levantar un peso de 70 Toneladas por cada vivienda que se pruebe, las medidas de la plataforma son de 8 metros x 4.50 metros y se podrán realizar pruebas de viviendas con un área de construcción de 7.20 x 4.20 metros cuadrados y una altura de 2.40 metros como se muestra en la Fig. 1. 21, ésta puede inclinarse hasta 40° como se muestra en la Fig. 1. 22. Al inclinar la vivienda (completa) el peso de ésta va originando poco a poco, a medida aumenta el ángulo de inclinación, una fuerza lateral que simula la fuerza y las deformaciones (que ésta fuerza produce) a la que estaría sometida la vivienda al momento de un sismo y por ende se pueden estudiar con detalle los daños que se producirán en las zonas más débiles, de la unidad habitacional. El registro y medición de estas deformaciones se hacen a través de sensores colocados en las paredes de la casa mediante programas especializados para su posterior análisis.



**Fig. 1. 21 Mesa inclinable en la UES.**



**Fig. 1. 22 Prueba a escala del modelo del sistema de de ladrillo adobe.**

---

***CAPITULO II***

---

***2. “TÓPICOS IMPORTANTES PREVIOS AL  
DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE  
EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES  
POST-SISMO.”***

## **2.1. INTRODUCCIÓN.**

Cuando existen cerca de las fallas tectónicas asentamientos urbanos, las edificaciones de estos asentamientos estarán sometidas a las excitaciones de un sismo, al menos una vez en su vida útil (como es el caso de nuestro país). Debido a lo anterior se hace necesario estudiar el comportamiento de las edificaciones ante los sismos.

En el presente capítulo se estudiará el comportamiento que las edificaciones presentan al estar sometidas a la excitación de un sismo, con la idea que las personas evaluadoras se familiaricen con los tipos de daños que las edificaciones pueden presentar si las cargas que genere el sismo sobrepasan su capacidad para resistirlas. Todo este estudio se aborda desde el punto de vista de los sistemas estructurales usados en nuestro país. Además de los sistemas estructurales (y los elementos estructurales que los forman) se estudian los efectos que un sismo produce en los elementos no estructurales.

Otros aspectos que se consideran son los problemas que pueden presentarse en las cimentaciones

Se incluyen también temas relacionados con la configuración estructural y arquitectónica, ya que es decisiva para un buen o mal comportamiento de la edificación, ya que una mala configuración hace que las edificaciones sean mayormente castigadas por el sismo.

## **2.2. FACTORES GENERALES QUE INTERVIENEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS.**

Conocer de manera general los factores que influyen en el comportamiento de una edificación que estará sometida a las fuerzas generadas por un sismo, es importante para que las personas que evalúen los daños causados en estas edificaciones tengan una idea del por qué una edificación presentó un buen o un mal comportamiento ante un sismo. El comportamiento que presenta una edificación ante las fuerzas causadas por un sismo dependerá de muchos factores tales como, el tipo de sistema estructural que se elija, el dimensionamiento de los elementos resistentes (paredes, vigas, columnas, etc.),

la resistencia del suelo en el que se construya la edificación, la configuración estructural y arquitectónica, la uniformidad y calidad de los materiales que se empleen, así como el cumplimiento de las especificaciones de los materiales y del diseño al momento de construir la edificación. Es importante conocer estos factores para proponer y aplicar una metodología para la evaluación de daños en edificaciones post-sismo. Todos estos aspectos pueden reunirse en tres principales, que son:

- ✓ **La calidad del diseño.**
- ✓ **La calidad de los materiales.**
- ✓ **La calidad de la construcción.**

### **2.2.1. Calidad del diseño.**

La calidad del diseño influye mucho en el comportamiento de un edificio sometido a cargas producidas por un sismo, ya que desde el inicio, de la conceptualización de la edificación, se debe tener en cuenta los principios fundamentales del diseño sismorresistente y no únicamente los conceptos del diseño estructural convencional. La calidad del diseño no se limita únicamente a establecer las especificaciones técnicas del material, en el sentido de indicar la resistencia que éste debe tener para soportar, adecuadamente las cargas a las que estarán sometidos los elementos estructurales; ni a determinar el dimensionamiento adecuado de los elementos resistentes o a establecer las cargas a las que estará sometida la edificación, en su período de vida útil.

La calidad de diseño tiene que ver, también, con minimizar aquellos errores que tienen que ver con los cálculos estructurales (tanto del análisis previo como de los propios del diseño), afortunadamente en la actualidad se cuenta con programas asistidos por computadora que reducen estos errores.

Una manera de garantizar la calidad en el diseño de edificaciones es a través de la aplicación de reglamentos y códigos que garanticen el cumplimiento de requisitos de seguridad mínimos, en el caso de El Salvador se cuenta con El Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones, que entró en vigencia a finales de octubre

de 1996. Cuando los diseños de las edificaciones no se realicen cumpliendo con los reglamentos de seguridad estructural, ni considerando los fundamentos básicos del diseño sismo-resistente, se aumenta la posibilidad que estos presente un mal comportamiento al estar sometidos a las fuerzas que genera un sismo. En resumen, entre las causas que llevan a un mal diseño podemos mencionar las siguientes:

1. Inadecuada elección de los materiales.
2. Predimensionamiento deficiente de elementos estructurales.
3. Consideración inadecuada de elementos no estructurales.
4. Errores en los cálculos.
5. Mal estimación de las cargas actuantes.
6. Elección incompleta de las condiciones de carga.
7. Uso de reglamentos que no corresponden a las condiciones locales.
8. Desconocimiento por parte del diseñador de aspectos constructivos y de supervisión de obras.
9. Adopción de configuración irregular tanto en planta como en elevación e inadecuada distribución de masas y rigidez.
10. Deficiencia en la elaboración de detalles constructivos, especificaciones técnicas, manual de supervisión, control de calidad, etc.

### **2.2.2. Calidad de los materiales.**

Respecto a la calidad de los materiales, ésta influye directamente en la resistencia a cargas, que los diferentes elementos que han sido elaborados con los materiales, pueden presentar al momento de verse solicitados a las cargas que genera un sismo, es decir que es necesario garantizar el uso uniforme de materiales de buena calidad, en la construcción de los diferentes elementos, que forman el sistema estructural resistente, para garantizar que la respuesta de la edificación, a las cargas generadas por el sismo, sea de una manera integral y satisfactoria.

Las propiedades de los materiales que más influyen en el comportamiento de las edificaciones al estar sometidas a sismos son:

1. El peso volumétrico: de éste depende la masa de la edificación y por ende influye en las fuerzas de inercia que se generan por el sismo y en el período de vibración.
2. El módulo de elasticidad: éste influye en la rigidez lateral de la edificación y en su período.
3. La ductilidad: ésta influye en el amortiguamiento, ya que según sea la ductilidad de un material así será su capacidad para absorber la energía que se genere al momento del sismo, ya que la ductilidad es la capacidad de una estructura de deformarse sin perder, de una manera significativa, la resistencia de sus elementos estructurales ante las fuerzas que produce un sismo.

Es importante utilizar materiales que cumplan con los requisitos establecidos en normas de construcción o en pruebas de materiales, para garantizar que cumplirán con la resistencia de diseño, por esta razón es necesario establecer controles de calidad para los materiales con los que se construirá una edificación, tales como el concreto, el acero estructural, acero de refuerzo, bloques de concreto, etc., esto con el objetivo de garantizar que dichos materiales cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto. Entre los controles que se pueden establecer están la inspección a la hora de recepción de los materiales, la inspección en su manejo y la evaluación de los mismos en campo de acuerdo a la norma de calidad de materiales correspondiente.

### **2.2.3. Calidad del proceso constructivo.**

Si se garantiza la calidad del diseño y de los materiales, pero se deja de lado la calidad del proceso constructivo la edificación puede presentar un mal comportamiento al estar sometida a cargas sísmicas. Debido al incumplimiento, en obra, de las especificaciones en cuanto a resistencia y calidad en los materiales, y al incumplimiento de las especificaciones de diseño y del detallado de los diferentes elementos estructurales al momento de su construcción; se corre el riesgo que la edificación no se comporte de la forma para la cual fue diseñada o que las asunciones o simplificaciones que fueron hechas en su análisis y diseño, tales como considerar diafragmas rígidos o

que los diferentes elementos trabajarán de manera integral (a través de sus uniones), no se cumplan en la realidad, produciendo con esto un mal comportamiento de la edificación llevándola a presentar daños considerable e incluso el colapso al momento que ocurra un sismo de magnitud e intensidad grande.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, en la publicación de su “Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de mampostería” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001), hace hincapié en que la falta de control en la calidad de la construcción y la falta de supervisión técnica ha sido la causa de daños en edificaciones que aparentemente cumplían con las características y principios de la sismo resistencia.

En el caso de nuestro país, los sismo (de baja magnitud e intensidad) dejan al descubierto los malos procesos constructivos y los descuidos de parte de la supervisión, a través de grietas en diversos elementos, las cuales, en teoría no tendrían que haber aparecido con sismos de baja intensidad.

Para algunos autores (Salgado H., Valladares A., Garay H., Ayala J., 1988), para garantizar un proceso constructivo de calidad es necesario poner la debida atención a las siguientes actividades:

1. Al trazo y la elaboración de elementos horizontales y verticales ya que pueden quedar desnivelados o desplomados, o con dimensiones fuera de tolerancia.
2. La verificación del equipo, maquinaria y herramientas para garantizar que no estén mal calibradas o con incumplimiento de tolerancias.
3. Al cumplimiento de especificaciones para efectos de compactación, colocación y curado del concreto, a la correcta colocación del acero de refuerzo y estructural y retiro de moldes y puntales en el momento correcto.
4. A la limpieza o al tratamiento de las juntas de colado.
5. Al monitoreo permanente de los materiales de construcción a través de la selección y evaluación de la calidad de los mismos.
6. A la implementación de una supervisión permanente.
7. La utilización de mano de obra calificada.



8. La utilización de personal capacitado y con experiencia en la supervisión de obra.

En la Fig. 2. 1 se observan una pared de mampostería de ladrillo de arcilla que presenta un mal pegado de los ladrillos y una mala canalización de la bajante de agua lluvias (izquierda) y, también, dos ejemplos de malos colados en elementos de concreto reforzado (centro y derecha).



**Fig. 2. 1 Ejemplos de mala calidad en la construcción, mal pegado de ladrillos y mala canalización de bajadas de aguas lluvias (izq.) y colado deficiente de elementos de concreto reforzado (centro y dcha.)**

### **2.3. SISTEMAS ESTRUCTURALES.**

Ahora que ya se abordaron de una manera general los factores que intervienen en el comportamiento de las edificaciones sometidas a cargas generadas por los sismos, en la anterior sección a continuación se estudiarán temas más específicos tales como la definición de un sistema estructural, el comportamiento, los tipos de falla que presentan así como las zonas críticas de los sistemas estructurales más usados en nuestro país, ya que es necesario saber y así reconocer el sistema estructural de una edificación al momento de realizar una metodología de evaluación de edificaciones post-sismo.

Un sistema estructural se define como aquel que está constituido por elementos como columnas, vigas, paredes o una combinación de los mismos, estos elementos deben de ser capaces de resistir las cargas gravitacionales y laterales, así como proporcionar una adecuada capacidad a la torsión a través de su resistencia, rigidez y disposición estructural.

Debe cumplir con los requisitos mínimos de resistencia, límites de desplazamientos lateral y que sea lo más económico posible sin descuidar la seguridad. También debe tener los elementos suficientes para resistir adecuadamente un sismo, es decir que los daños que se generen no obliguen al sistema al colapso.

En la Norma Técnica para Diseño por Sismo, NTDS (Ministerio de Obras Públicas, 1996) de nuestro país, el sistema estructural determina el valor del factor de modificación de repuesta,  $R$ ; del factor de amplificación de desplazamiento,  $C_d$ ; así como el límite de altura de la edificación,  $H$ .

Como sabemos todos estos factores influyen en el comportamiento que una edificación presente al momento de estar sometida a las cargas generadas por un sismo.

Por todo lo anterior es muy importante que las personas que realicen la evaluación de daños en edificaciones post-sismo, puedan identificar y diferenciar cada uno de los sistemas estructurales.

En el numeral 3.6 de la Norma Técnica para Diseño por Sismo (Ministerio de Obras Públicas, 1996) de nuestro país, se habla de 5 sistemas estructurales, los cuales son nombrados así:

1. Sistema A: Es el que está formado por marcos no arriostrados los cuales resisten, principalmente por la acción flexionante de sus miembros, toda la totalidad de las cargas verticales y horizontales (ver Fig. 2. 2 ).
2. Sistema B: Es el que está constituido por marcos no arriostrados que soportan esencialmente las cargas gravitacionales y por paredes enmarcadas o marcos arriostrados que resisten la totalidad de las cargas laterales (ver Fig. 2. 2 ).
3. Sistema C: Es al que conforman marcos no arriostrados y paredes enmarcadas o marcos arriostrados. En este sistema todos los componentes resisten la totalidad de las cargas verticales y horizontales (ver Fig. 2. 2 ).
4. Sistema D: Está conformado por paredes o marcos arriostrados que resisten la totalidad de la cargas laterales y gravitacionales (ver Fig. 2. 2 ).
5. Sistema E: Los miembros resistentes a cargas laterales que forman este sistema deben ser considerados, en la dirección de análisis, como aislados (ver Fig. 2. 2 ).
6. Otros sistemas: Cuando se empleen sistemas que no corresponden a ninguno de los anteriores se deberá demostrar que su resistencia a fuerzas laterales y capacidad de absorción de energía es equivalente a cualquiera de los sistemas descritos anteriormente (ver Fig. 2. 2 ).

En nuestro país, los sistemas estructurales más usados, según Salgado y otros (Salgado H., Valladares A., Garay H., Ayala J., 1988), son:

1. Sistema de marcos de concreto reforzado o acero estructural (sistema A).
2. Sistema de paredes estructurales de concreto o mampostería (sistema B).
3. Sistema dual (combinación de los dos anteriores, sistema C) de paredes de concreto combinadas con marcos de concreto o acero, de paredes de mampostería combinadas con marcos de concreto o acero.

En la Fig. 2. 2 se muestran estos sistemas con las cargas que pueden soportar y en la Fig. 2. 3 se muestra una estación de tren con sistema de paredes estructurales hecha de ladrillo de barro cocido combinado con madera.

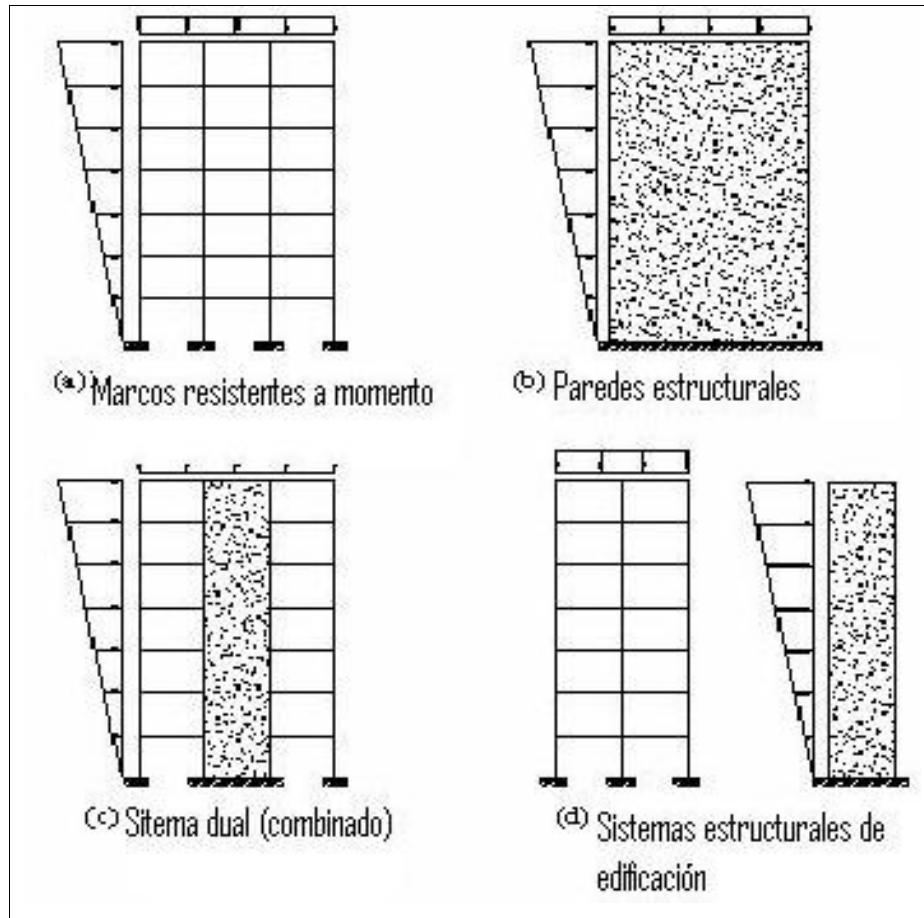


Fig. 2. 2Sistemas estructurales.



Fig. 2. 3 Edificación hecha con sistema dual de paredes de ladrillo de barro y madera.

Antes de continuar se definirán varios conceptos que son necesarios de conocer para comprender de una mejor manera los temas que a continuación se desarrollarán.

1. **Falla:** es la condición o estado de un elemento, en el cual, su capacidad para resistir una carga o la acción combinada de varias, ha sido sobrepasada y el elemento no es capaz de resistir por si solo la aplicación de las cargas. Una falla puede ser visible a través de la aparición de agrietamientos, pérdida del recubrimiento, explosión del concreto o de la mampostería, pandeo de las barras de refuerzo, pandeo del patín o el alma de los perfiles de acero, etc.
2. **Agrietamiento:** Es la aparición en la superficie de un elemento estructural, de aberturas de forma irregular y de longitudes variables. Dependiendo del tamaño de la abertura el agrietamiento se puede clasificar como se muestra en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Clasificación del agrietamiento según el ancho de las aberturas (Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, 1986).**

AGRIETAMIENTO	ANCHO
Fisura	$\leq 0.4$ mm
Grieta	$\leq 1.0$ mm
Fractura	$\leq 5.0$ mm
Dislocación	$> 5.0$ mm

En el presente trabajo de graduación utilizaremos el término de grieta sin hacer distinción en el tipo específico de agrietamiento y utilizaremos los valores de anchos de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (ver los valores en la Tabla 3.9 y la Tabla 3.10 del anexo B).

3. **Daño:** es la aparición visible de agrietamientos, pérdida del recubrimiento, explosión del concreto, pandeo de las barras de refuerzo, pandeo del patín o el alma de los perfiles de acero, etc., sin indicar necesariamente la falla del elemento.

Serán los sistemas estructurales más usados en nuestro país los que a continuación se desarrollaran, describiendo cada uno de ellos, indicando las zonas críticas de cada uno (ya que el evaluador deberá prestar mayor atención a éstas) y estudiará el comportamiento y los diferentes tipos de fallas de los elementos estructurales que conforman un sistema en particular.

### **2.3.1. Sistema de marcos.**

**El sistema de marcos** está formado por vigas y columnas (de concreto reforzado o acero estructural) unidas rígidamente entre sí, resistiendo las cargas laterales por la flexión de sus elementos (como se muestra en la Fig. 2. 4).



**Fig. 2. 4 Sistema estructural de marcos de acero estructural.**

Una estructura de marco se deforma como una serie de tableros de cortante bajo carga lateral. Una característica especial en el sistema de marco es, que el desplazamiento relativo en sus niveles es superior en los pisos inferiores, aspecto que

muchas veces limita la altura de los edificios. Además el comportamiento de todo el sistema está relacionado estrechamente con el comportamiento de los nudos (conexiones en el caso de marcos de acero estructural), ya que una falla en este ocasionaría un cambio en las condiciones de apoyo que han sido consideradas para cada uno de los elementos en el análisis.

Este sistema es muy conveniente ya que permite una mayor libertad en el uso del espacio interno de la edificación, pero desde el punto de vista sismo-resistente su gran ventaja es la gran ductilidad y la capacidad de disipación de energía; esta ventaja dependerá de la calidad del proceso constructivo que se tenga ya que si no se respeta el detallado del acero de refuerzo y el dimensionamiento de los elementos estructurales (en el caso de los marcos de concreto reforzado) o si no se respeta el detallado del sistema con el que se realizará la conexión (soldadura o empernado) o el dimensionamiento y colocación de los perfiles (en el caso de los marcos de acero estructural), no se logrará que se desarrollen mecanismos de falla, en los elementos estructurales, que involucre la mayor cantidad de secciones que tengan una mayor ductilidad.

La idea es que el mecanismo de falla que se genera, al cumplir con el dimensionamiento, colocación y detallado, sea del tipo viga débil-columna fuerte, es decir que fallen primero las vigas y no la columna, ya que ésta última son las que soportan el sistema resistente a cargas.

El comportamiento de este sistema, ante cargas laterales, está regido por las deformaciones de flexión de sus vigas y columnas, es por ello que presenta una resistencia y rigidez a cargas laterales relativamente bajas, a menos que las dimensiones de las secciones transversales de estos elementos sean muy grandes. El mayor inconveniente de este sistema es que, por lo general, es muy flexible y se presenta el problema de mantener el desplazamiento lateral dentro de los límites que no sean perjudiciales para la edificación.

Los momentos flexionantes que actúan en el marco son generados por las fuerzas cortantes que actúan en los pisos del edificio y dependiendo de la magnitud de estos el sistema de marco es rigidizado por contraviento en alguna de sus crujías. La forma más

sencilla es el contraventeado diagonal o ligar el marco con una pared de rigidez, en el primer caso los elementos diagonales están sometidos a cargas axiales y en el segundo caso las paredes se someten a compresión diagonal que puede producir fallas por aplastamiento en las esquinas. El contraventeado tiene la función de aumentar la rigidez lateral de la estructura, para disminuir su flexibilidad y por ende su desplazamiento de entrepiso.

Un aspecto se debe tener en cuenta es que, las uniones entre los diferentes elementos estructurales, que son los encargados de resistir las fuerzas producidas por el sismo son las **zonas críticas** para la estabilidad de la edificación.

Cada sistema estructural tiene su propio comportamiento ante un sismo. Al estar sometidos a las cargas que produce un sismo se forman zonas en los sistemas en donde existe una mayor concentración de esfuerzos, provocando que estas zonas se conviertan en puntos vulnerables del sistema.

En el caso de los marcos se producen las siguientes zonas críticas como se referencia en Salgado y otros (Salgado H., Valladares A., Garay H., Ayala J., 1988):

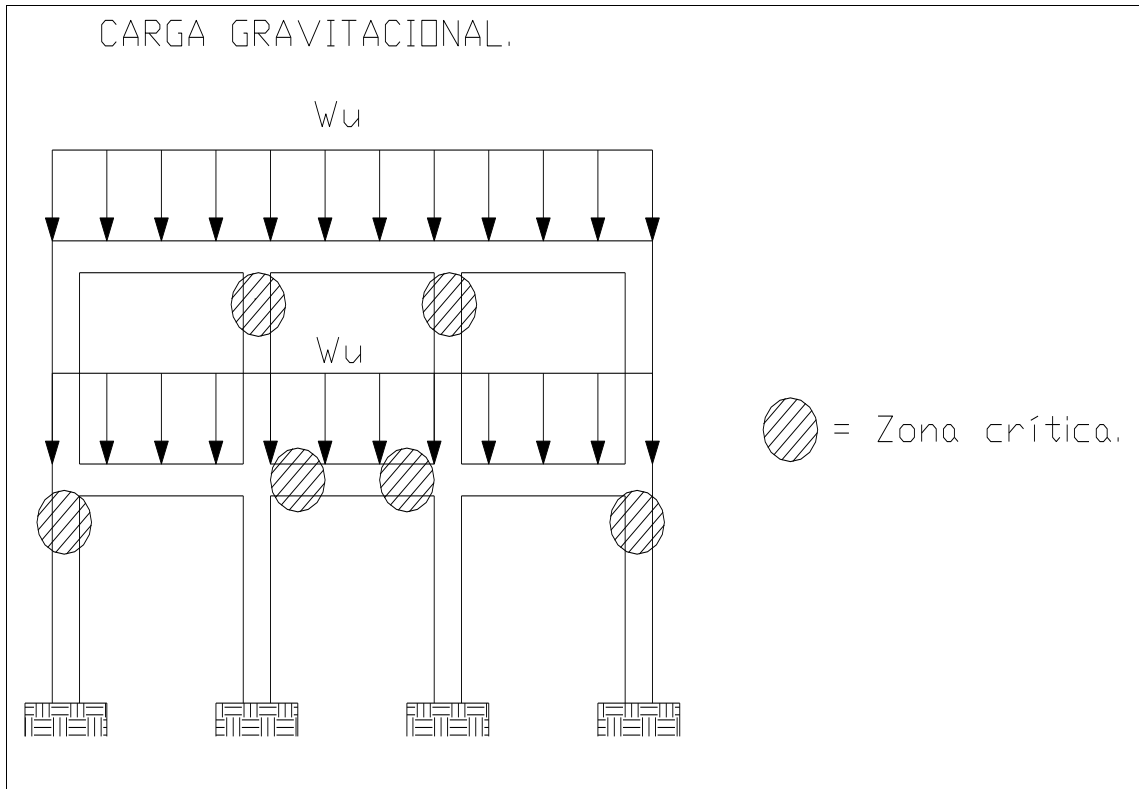
**1. Para el caso de las cargas gravitacionales.**

- ✓ Las columnas exteriores se ven sometidas a mayores sollicitaciones de flexión con más importancia en los primeros entrepisos, dándose este mismo problema en columnas interiores en el último entrepiso (Ver Fig. 2. 5).
- ✓ Las vigas en los apoyos interiores son más sollicitadas a momentos negativos, comparadas con los apoyos exteriores, debido a la continuidad de los claros (Ver Fig. 2. 5).

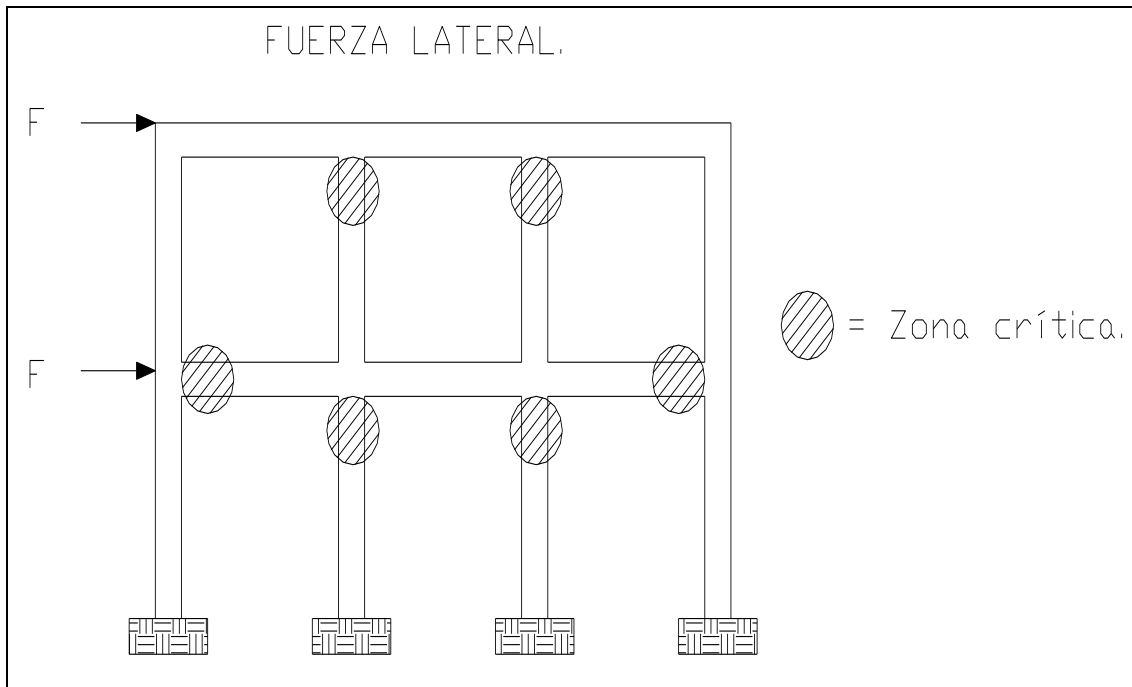
**2. En el caso de las cargas laterales, las zonas críticas son las siguientes:**

- ✓ En las columnas interiores que tienen la misma rigidez y que absorben mayor fuerza cortante, generando zonas críticas en los primeros entrepisos (Ver Fig. 2. 6).
- ✓ En vigas ubicadas en los apoyos exteriores, los momentos generados en éstas son mayores ante cargas laterales. (Ver Fig. 2. 6).





**Fig. 2. 5 Zonas críticas en el sistema de marcos para carga gravitacional.**



**Fig. 2. 6 Zonas críticas en el sistema de marcos para fuerza lateral.**

Además de conocer las zonas críticas que existen en el sistema de marcos, es importante conocer el comportamiento de los elementos que conforman el sistema para comprender por qué presentan un tipo de falla en particular. Como se mencionó anteriormente el sistema de marcos, dependiendo del material del que está hecho, pueden dividirse en:

- ✓ **Sistema de marcos de concreto reforzado**
- ✓ **Sistemas de marcos de acero estructural.**

### **2.3.1.1. Comportamiento de los elementos de concreto reforzado sometidos a sismos en el sistema de marcos.**

Los resultados obtenidos de los sismos y las pruebas en laboratorio, han demostrado que el concreto reforzado con un diseño adecuado y detallado debidamente, presenta un buen comportamiento ante las cargas generadas por un sismo y es apropiado para construir estructuras sismorresistentes. El diseño sismorresistente busca que las estructuras puedan resistir únicamente sismos moderados sin sufrir daño estructural, los sismos severos podrán ser resistidos si los elementos son lo suficientemente dúctiles para absorber y disipar la energía sísmica a través de las deformaciones inelásticas para evitar una falla frágil, es decir un comportamiento de la estructura en el rango inelástico (Dowrick, D., 1978) (Bazan y Meli, 2004).

Los elementos estructurales que conforman los marcos de concreto reforzado son:

- a) Columnas.
- b) Vigas.
- c) Uniones (nudos).

#### **a) Columnas.**

Las columnas se definen como elementos estructurales que soportan principalmente cargas a compresión (P) o flexocompresión (M,P). Las columnas pueden clasificarse como cortas o esbeltas. Una columna corta se puede definir como aquella en la cual, la carga última para una excentricidad dada estará gobernada por la resistencia

de los materiales y las dimensiones de la sección transversal de los elementos; una columna esbelta es aquella en la que la carga última produce flexión adicional (pandeo) debido a las deformaciones transversales. Las cargas que actúan sobre una columna pueden ser:

- 1. Flexocompresión (M, P).**
- 2. Torsión (T).**
- 3. Cortante (V).**

#### **1. Flexocompresión (M, P).**

Cuando la carga axial (P) de una columna aumenta, la ductilidad disminuye sustancialmente; cuando la carga axial alcanza un valor mayor que el de la carga axial balanceada ( $P_b$ ), cuando la falla es por compresión, prácticamente no hay ductilidad. La ductilidad se puede aumentar al confinar el núcleo de concreto mediante el uso de estribos.

Una columna se puede reforzar con estribos o espirales, el comportamiento en cada uno de los casos es casi similar hasta que llegan a la carga última, una vez es alcanzada ésta en una columna que no tiene estrechamente espaciado los estribos falla de inmediato acompañada de una ruptura del concreto y pandeo de las varillas de acero longitudinal de los estribos. Al alcanzarse la carga última en una columna con espiral en ésta se agrieta el recubrimiento fuera de la espiral; la capacidad de carga se ve reducida debido a la pérdida del área de concreto.

El comportamiento de una columna reforzada transversalmente con estribos es mejorado al confinar adecuadamente el núcleo de concreto, de una manera similar al refuerzo con espiral, sin embargo el confinamiento alcanzado con los estribos será menor que el que se logra con espiral.

#### **2. Torsión (T).**

Los elementos de concreto reforzado están sometidos normalmente a momentos flectores, a fuerzas de cortantes transversales asociadas con estos momentos flectores y, en el caso de columnas, a cargas axiales combinadas a menudo con flexión y cortante.

Además, pueden actuar fuerzas de torsión que tienden a retorcer el elemento con respecto a su eje longitudinal. Estas fuerzas de torsión en pocas ocasiones actúan solas y por lo general están acompañadas por momentos flectores, por cortantes transversales y algunas veces por fuerzas axiales (Nilson, A., 2001).

Por muchos años el efecto que la torsión produce en los elementos era considerado como un efecto secundario y no era considerada en el diseño, al considerar el efecto de torsión en las estructuras de concreto reforzado es importante tener clara la diferencia entre **torsión primaria y torsión secundaria**.

**La torsión primaria** conocida como torsión estáticamente determinada, se genera cuando la carga externa no tiene otra alternativa que ser resistida por torsión. En el caso de **la torsión secundaria** llamada también torsión por compatibilidad o torsión estáticamente indeterminada, ésta se genera a partir de los requisitos de continuidad, es decir, de la compatibilidad de deformaciones entre partes adyacentes de una estructura.

Los esfuerzos de torsión de baja magnitud no reducen tan drásticamente la resistencia a flexión o a cortante de los miembros y por ello pueden ser despreciados, si por el contrario éstos fueran de una magnitud elevada, se necesitaría refuerzo transversal o en espiral para resistir las grietas por tensión diagonal e impedir la falla; estos estribos deben ser cerrados, es decir, que deben extenderse por a través de todas las caras de la sección transversal.

Después del agrietamiento, la resistencia a torsión del concreto disminuye hasta aproximadamente la mitad de la resistencia del elemento sin fisuras, la torsión restante es resistida por el refuerzo, cuando el momento torsor de agrietamiento está actuando en el elemento se genera una rotación continua para un momento torsor constante, hasta que las fuerzas se redistribuyen del concreto hacia el acero. Cuando la sección se acerca a la resistencia última, se fisura el concreto que recubre el acero y comienza a desprenderse disminuyendo poco a poco la capacidad de torsión del elemento.

### **3. Cortante (V).**

Las fuerzas cortantes por lo general no actúan solas sobre un elemento de concreto reforzado, por lo general actúan en combinación con flexión, carga axial y

torsión, los esfuerzos de tensión, son de especial interés debido a la baja resistencia del concreto, pero éstos no se limitan únicamente a esfuerzos horizontales de flexión causados por flexión pura; existen esfuerzos de tensión con varias inclinaciones y magnitudes, que son el resultado del cortante solo (en el eje neutro) o de la combinación de cortante y flexión; éstos pueden afectar seriamente la integridad del elemento, principalmente las vigas si no se consideran adecuadamente. Es por ello que los esfuerzos de torsión inclinados, llamados esfuerzos de tensión diagonal, deben de tenerse presente en el diseño de los elementos de concreto reforzado.

Cuando los esfuerzos cortantes son elevados y producen agrietamiento diagonal significativo, se presenta un deterioro de rigidez y de resistencia, esto ocasiona que la capacidad de deformación inelástica disminuya.

La transmisión del cortante a los elementos se apoya en la resistencia a tensión del acero y la resistencia a compresión del concreto, es por ello que es de esperarse que la falla por cortante se de una manera frágil en las columnas.

Debido a la aplicación de las cargas descritas anteriormente y dependiendo de la magnitud de éstas y de la resistencia de las columnas, éstas últimas pueden presentar daños, las cuales según su gravedad pueden llevar al elemento a la condición de falla.

Entre las fallas que pueden presentarse en una columna están:

1. Falla por tensión.
2. Falla por compresión.
3. Falla por cortante.
4. Falla por torsión.
5. Falla por flexión (pandeo).
6. Falla por adherencia.

En el caso de las columnas, las fallas por **tensión** y **compresión** presentan, prácticamente, el mismo comportamiento que las vigas, produciéndose un aplastamiento del concreto, la fluencia del acero en tensión y la falla del refuerzo transversal. También, se pueden producir grietas diagonales, causadas por cortante y torsión, o grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento y pandeo de las barras de refuerzo

longitudinal debido a exceso de esfuerzos de flexo compresión. Cuando las fisuras o grietas son producidas por torsión, éstas se presentan a lo largo de toda la columna en forma de líneas en espiral a 45°, los esfuerzos diagonales producidos por torsión ocurren en todas las caras del miembro. En la Fig. 2. 7 se muestran algunos tipos de fallas descritas anteriormente.

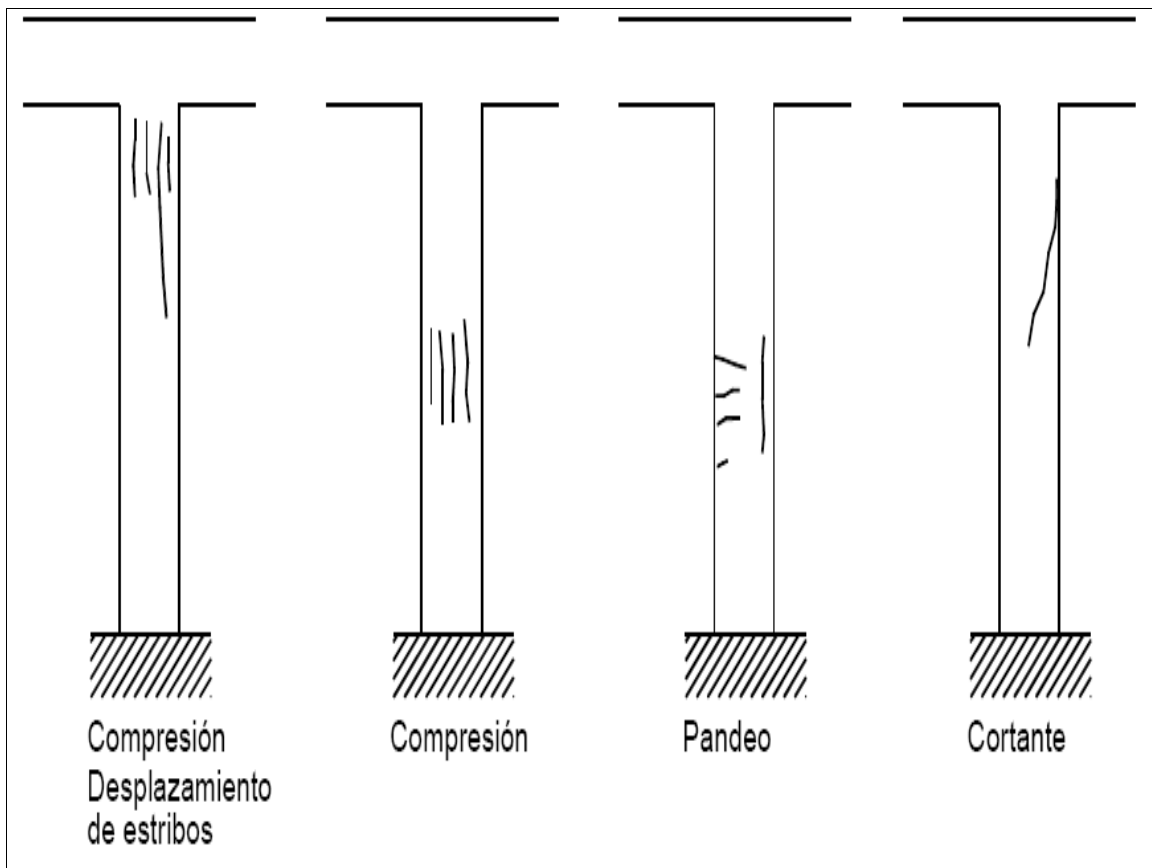
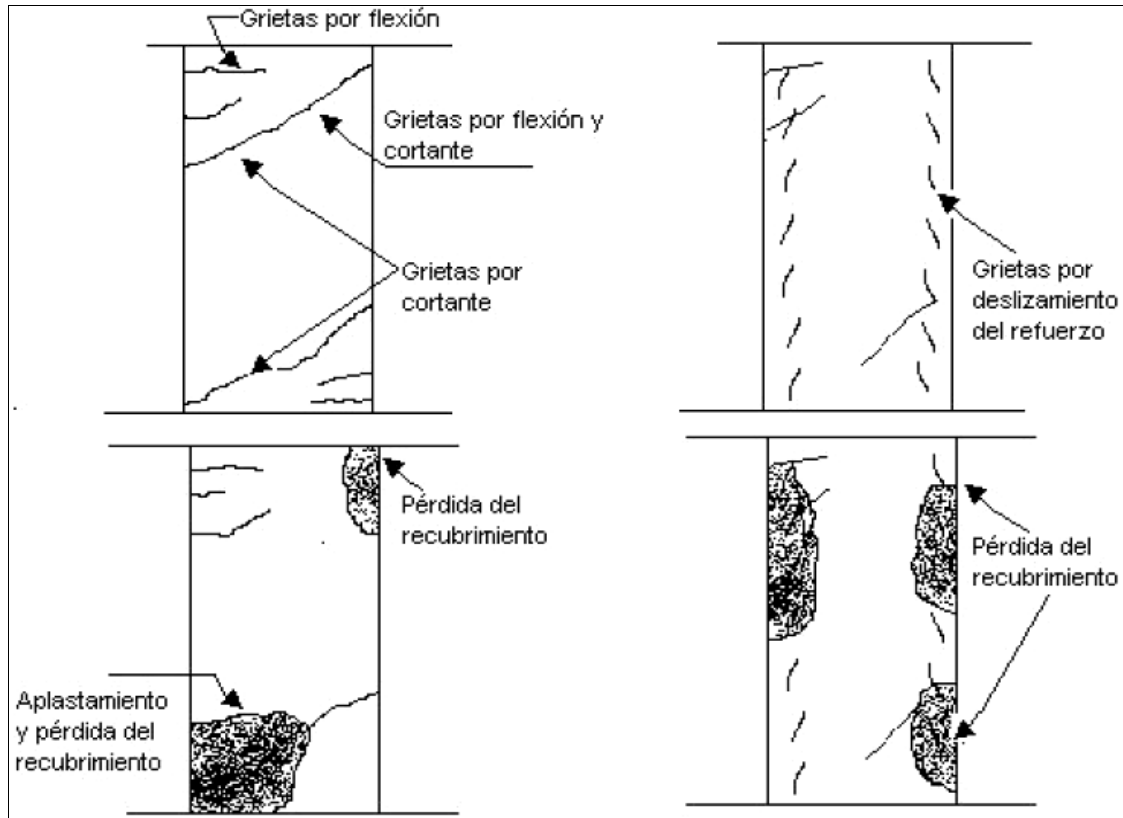


Fig. 2. 7 Diferentes tipos de fallas en columnas (<http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/>).

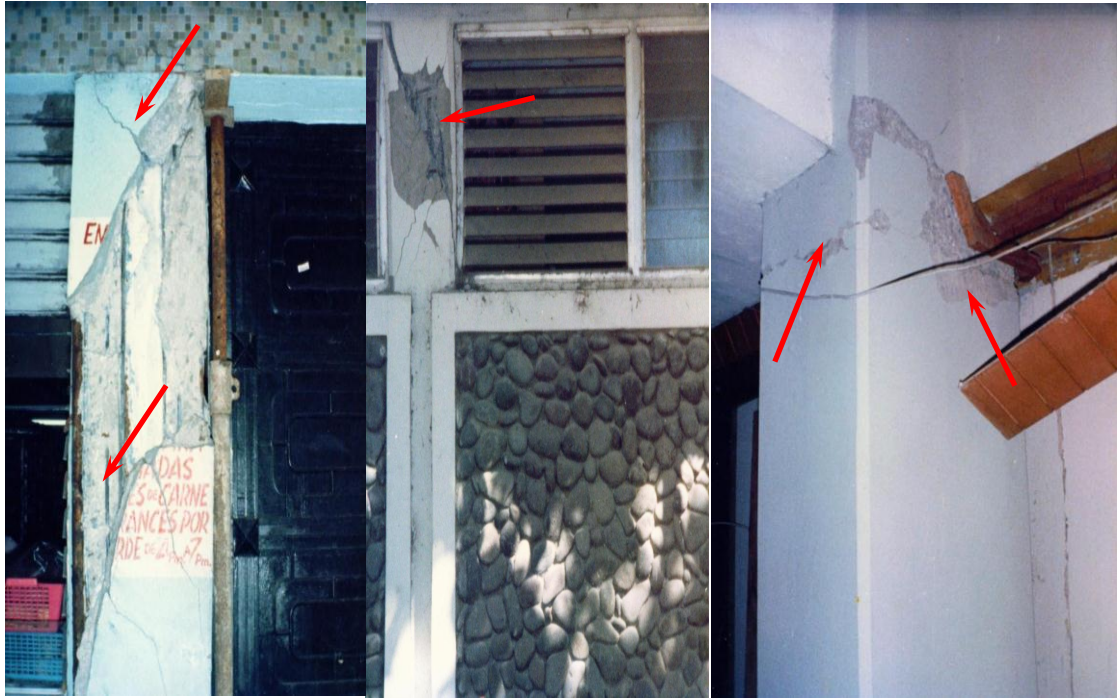
Además de las fallas anteriores las columnas presentan fallas por deslizamiento del refuerzo conocida como **falla por adherencia**, con la peculiaridad que la resistencia se alcanza cuando se tiene la presencia de extensos agrietamientos longitudinales al nivel del acero a tensión como se muestra en la Fig. 2. 8. De la Fig. 2. 9 hasta la Fig. 2. 11 se muestran ejemplos de los diferentes niveles de daños en columnas, con los que los evaluadores se encontrarán.



**Fig. 2. 8** Agrietamiento típico en columnas de concreto (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998).



**Fig. 2. 9.** Falla por compresión y tensión en columnas (<http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm>, 2007).



**Fig. 2. 10.** Daño fuerte (izquierda y el centro) y moderado (derecha) en columnas por falla por cortante y por compresión con pérdida de recubrimiento (Avalos C., Juan J., 1987).



**Fig. 2. 11** Daño leve por la pérdida del repello en una columna del ex edificio de Correos de El Salvador.



## **b) Vigas.**

Las vigas se definen como elementos estructurales que soportan principalmente cargas a flexión. El comportamiento de una viga de concreto reforzado en un sistema de marco, dependerá del tipo de carga al que se vea sometida. El tipo de carga que pueden actuar sobre una viga puede ser de:

- 1. Flexión (M).**
- 2. Cortante (V).**
- 3. Torsión (T).**

### **1. Flexión (M).**

En la sección transversal de cualquier miembro de concreto reforzado existen fuerzas externas que pueden descomponerse en fuerzas normales y longitudinales a la sección; las componentes normales a la sección son los esfuerzos de flexión (tensión en un lado del eje neutro y compresión en el otro); su función es la de resistir el momento flector que actúa en la sección. Las componentes longitudinales se conocen como esfuerzos cortantes que resisten las fuerzas transversales o cortantes.

Los elementos que más se ven sujetos a la acción de esfuerzos de flexión son las vigas, si estas están hechas de concreto simple presentan una resistencia muy baja, ya que la resistencia a la tensión en flexión es una pequeña fracción de la resistencia a la compresión; es por ello que estas vigas fallan del lado sometido a tensión a cargas bajas mucho antes de que se desarrolle la resistencia completa del concreto en el lado a compresión; es por esta razón que se coloca el acero de refuerzo en el lado a tensión lo más cerca posible a la fibra externa sometida a la tensión, conservando siempre un recubrimiento que proteja a las barras del fuego y la corrosión.

Cuando la viga es sometida a una carga que incrementa gradualmente desde cero hasta un valor que producirá la falla de ésta, se distinguen varios estados en su comportamiento, para cargas bajas el esfuerzo de tensión en el concreto es menor que el módulo de ruptura todo el concreto resiste los esfuerzos de compresión de un lado y los esfuerzos de tensión del otro.

Al aumentar la carga, llegará un momento en que se alcance la resistencia a la tensión del concreto y es en esta etapa que se desarrollan las grietas de tensión, estas se propagan con rapidez hacia arriba y muy cerca del nivel del plano neutro, que a su vez se desplaza hacia arriba con agrietamiento progresivo. En las secciones agrietadas el acero de refuerzo absorbe prácticamente toda la tensión, el esfuerzo en el acero aumenta y la zona de compresión se ve reducida.

## **2. Cortante (V).**

Investigaciones realizadas por varias instituciones y especialistas (ACI-ASCE, 1962), (Bresler y MacGregor, 1967), (ASCE-ACI, 1973), (ASCE-ACI, 1974 y (ACI, 1974) sobre vigas rectangulares sometidas a fuerzas cortantes, dan evidencia que a medida se incrementa la carga, la fuerza cortante puede originar esfuerzos que excedan la resistencia a tensión del concreto, produciendo grietas inclinadas a una altura aproximada de medio peralte.

Estas grietas pueden aparecer súbitamente en puntos donde no existe una grieta a flexión o, muy frecuente, pueden presentarse como una continuación de una grieta en flexión que gradualmente cambia de inclinación (Salgado H., Valladares A., Garay H., Ayala J., 1988).

Ya se mencionó que el esfuerzo de tensión diagonal representa el efecto combinado de los esfuerzos cortantes y de los esfuerzos flectores; éstos a su vez son proporcionales, respectivamente, a la fuerza cortante y al momento flector en una ubicación particular del elemento; dependiendo de la configuración, las condiciones de apoyo y la distribución de la carga, una sección determinada puede tener una combinación diferente de valores de momento y fuerza cortante.

Para una sección con una fuerza cortante grande y un momento flector pequeño, se presentará muy poco o ningún agrietamiento por flexión antes de desarrollarse el agrietamiento por tensión diagonal.

Cuando en una sección los esfuerzos flectores son despreciables, los esfuerzos de tensión diagonal, resultan con una inclinación aproximada de  $45^\circ$  y son numéricamente

iguales a los esfuerzos cortantes, con su máximo en el eje neutro. Por ello la mayoría de la grietas se formarán en o cerca del eje neutro y se propagarán a partir de ese punto.

La formación de dichas grietas llamadas de cortante en el alma, pueden aparecer cuando el esfuerzo de tensión diagonal en las proximidades del eje neutro alcanza valores similares al de la resistencia a la tensión del concreto.

Las grietas de cortante en el alma son muy raras y se presentan generalmente cerca de los apoyos en vigas de gran peralte y alma delgada, o en los puntos de inflexión (cambio en la concavidad de la curva de flexión) en vigas continuas.

Cuando la fuerza cortante y el momento flector tienen valores grandes, en el caso de una viga bien dimensionada y reforzada, las grietas de tensión por flexión son las que se presentan en primera instancia; su ancho y longitud están bien controlados y se mantienen pequeñas debido a la presencia del refuerzo longitudinal.

Sin embargo, cuando el refuerzo de tensión diagonal en la parte superior de una o más de estas grietas excede la resistencia a la tensión del concreto, la grieta se inclina hacia una dirección diagonal y continúa abriéndose y alargándose, estas grietas se conocen como grietas por cortante y flexión y son más comunes que las grietas de cortante en el alma.

### **3. Torsión (T).**

El comportamiento por torsión en vigas es similar al visto en las columnas, es decir que una viga de concreto sometida a torsión se agrieta y falla formando un patrón en espiral a 45°, como resultado de la tensión diagonal que corresponde a esfuerzos de torsión mayores que la resistencia a torsión de la viga. Los esfuerzos parecidos a los provocados por el cortante en vigas, pero los esfuerzos diagonales que resultan de la tensión ocurren en todas las caras del elemento.

En la siguiente sección 0 se desarrollará de manera detallada los diferentes tipos de falla que se pueden presentar en una viga.

Cuando la magnitud de las cargas descritas anteriormente sobrepasan la resistencia de la viga, para cada una de ellas, hasta el punto de producirle daños considerables a la viga, estaremos en presencia de cualquiera de las siguientes fallas:

1. **Falla por flexión.**
2. **Falla por cortante.**
3. **Falla por adherencia.**
4. **Falla por torsión.**

Las vigas presentan, principalmente, **fallas por flexión, cortante** o una combinación de ambas (como se muestra en la Fig. 2. 12 ), pandeo del refuerzo longitudinal conocida como **falla por adherencia**. Si se presentan solo grietas por flexión, la fluencia del acero en tensión se concentra a través de pocas grietas (críticas). Las grietas de tensión diagonal se forman en las vigas debido a la presencia de fuerzas cortantes relativamente grandes que actúan en conjunto con la flexión.

Las grietas por el efecto de cortante se producen en los extremos de las vigas (como se observa en la Fig. 2. 13) en que las fuerzas cortantes son mayores o cuando se tienen secciones sometidas a cargas puntuales; estas grietas son diagonales y pueden ocasionar el rompimiento del acero de los estribos. Algunas veces producen aplastamiento en el concreto por debilitamiento de la zona de compresión.

La flexión en vigas puede producir grietas verticales en la zona de tensión (como se muestra en la Fig. 2. 14), rotura del refuerzo longitudinal, aplastamiento del concreto, estos efectos son producidos donde el momento es máximo.

Los daños por **torsión** en vigas son menos probables, pero cuando se presentan generalmente, producen grietas diagonales que se pueden confundir con las grietas de cortante (como se observa en la Fig. 2. 15 ).

El criterio que se puede utilizar para distinguirlas es que las grietas por cortante están inclinadas en el mismo sentido en las dos caras opuestas en cambio las de torsión están inclinadas en sentidos contrarios como se muestra en la Fig. 2. 15

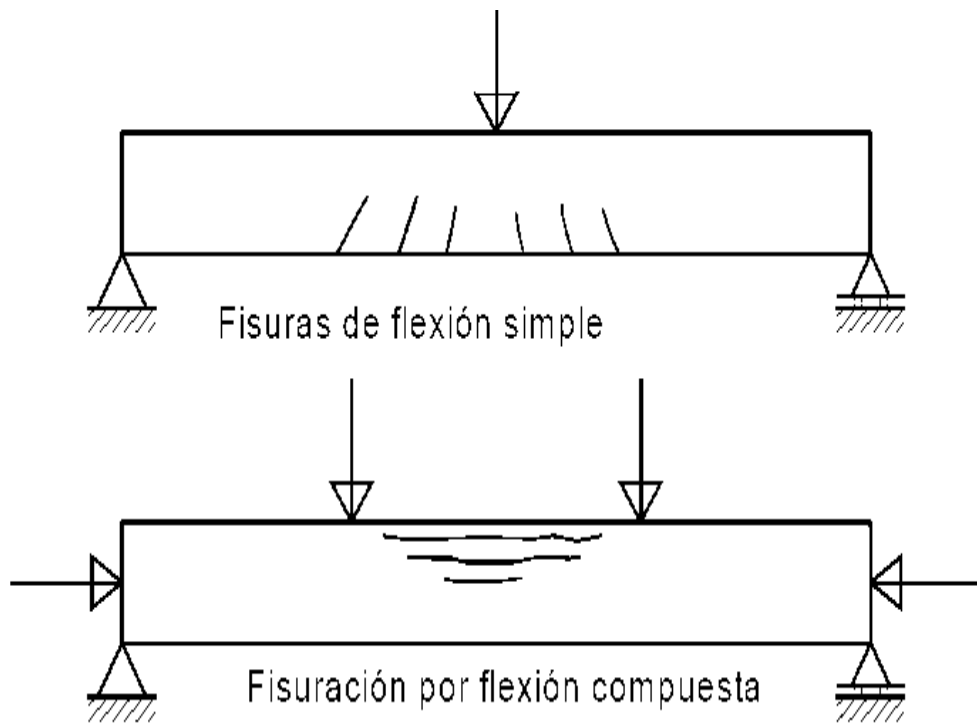


Fig. 2. 12 Grietas por flexión simple y compuesta (<http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras>).

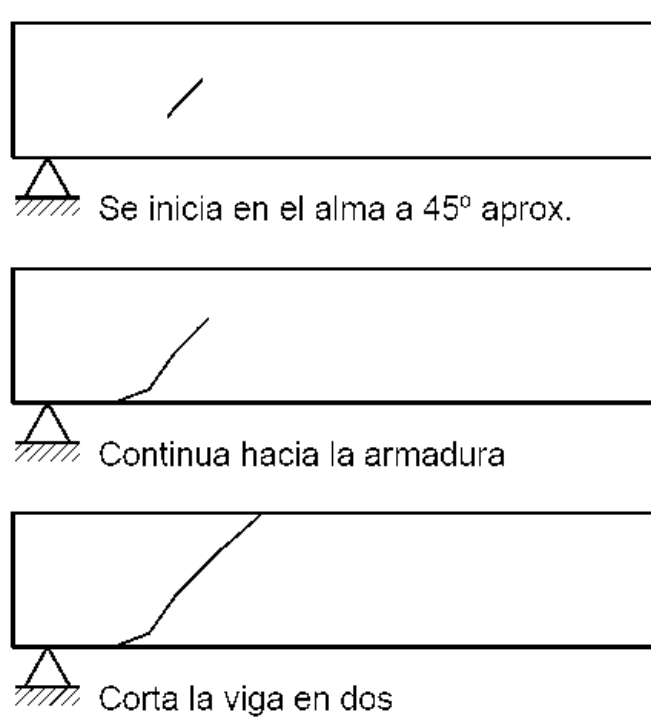


Fig. 2. 13 Evolución de grietas por cortante en vigas.

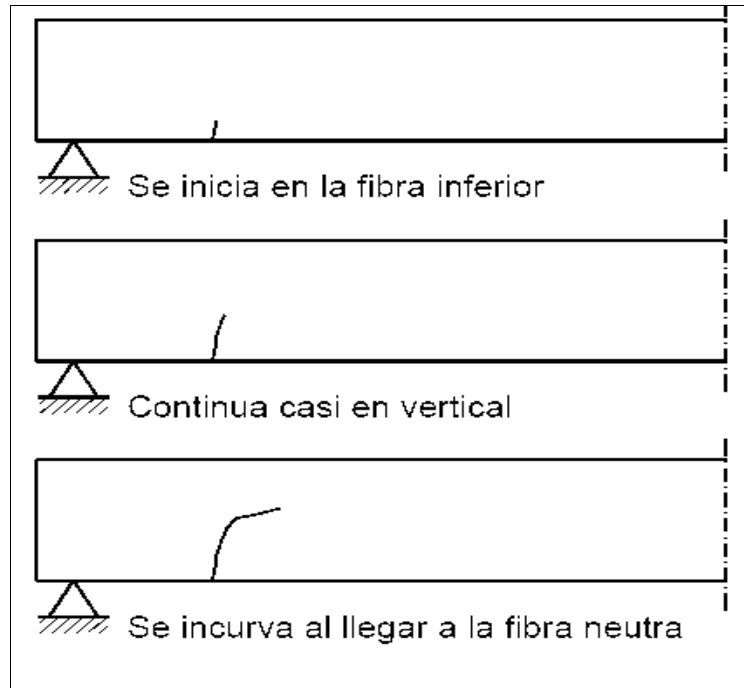


Fig. 2. 14 Evolución de una grieta por flexión.

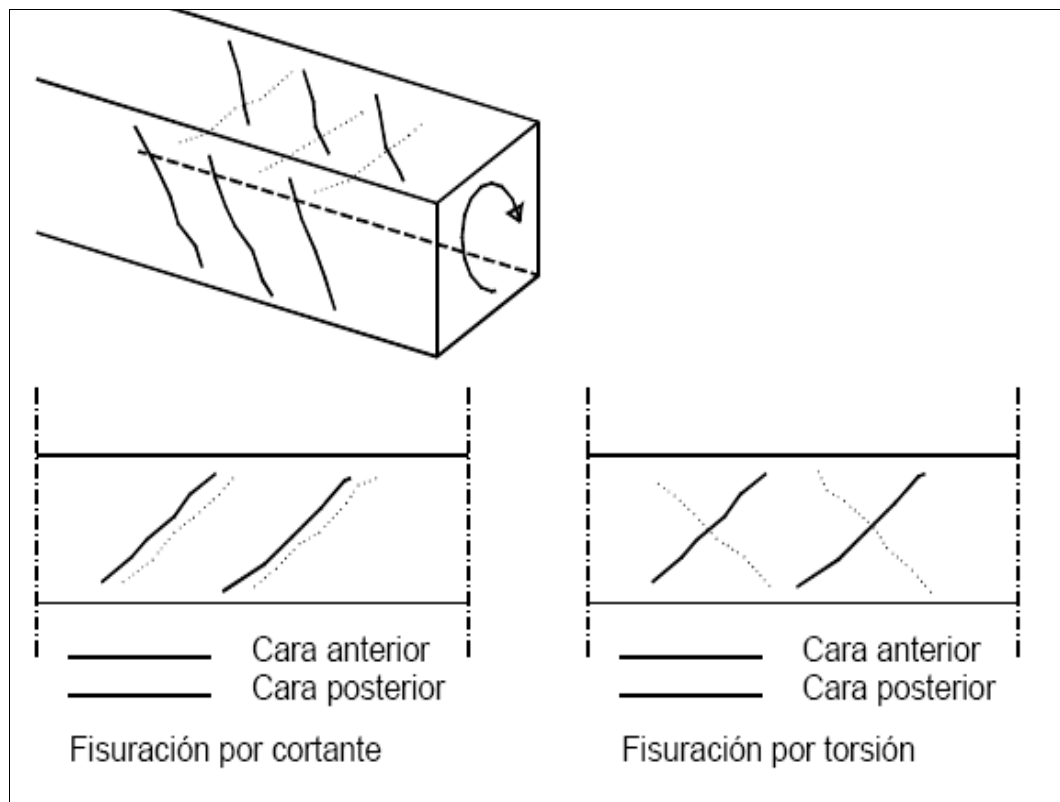


Fig. 2. 15 Fisuras producidas por torsión (<http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC>).

c) **Uniones (nudos).**

Las uniones son las que unen a los elementos verticales (columnas) con los horizontales (vigas o losa) para garantizar la continuidad de los mismos (vigas o columnas). Los tipos de uniones que se pueden tener son:

1. **Unión viga-columna.**
2. **Unión viga-viga.**
3. **Unión losa plana-columna.**
4. **Unión losa-viga.**

Autores como Arthur Nilson (Nilson, 2001) y Enrique Bazán junto con Roberto Meli (Bazán y Meli, 2004) consideran que el comportamiento ideal de una unión es aquel en el que la unión, transmita todas las fuerzas existentes en los extremos de los elementos hasta los elementos de apoyo, de manera que la resistencia de la unión sea mayor que la de los elementos que se unen y que su rigidez debe ser suficiente para no alterar la rigidez de los elementos conectados.

A continuación nos enfocaremos en los dos primeros tipos de unión, por considerar que son las que presenta un comportamiento más crítico al momento de estar sometidas a las cargas sísmicas.

1. **Unión viga columna.**

Los aspectos que se consideran críticos en el comportamiento de las uniones entre vigas y columnas de concreto reforzado son:

- a) La adherencia.
- b) El cortante.
- c) El confinamiento.

Las condiciones de adherencia para el acero longitudinal de las vigas son desfavorables debido a que es necesario transferir esfuerzos elevados al concreto en longitudes relativamente pequeñas. La situación es crítica no sólo en uniones externas, donde es necesario anclar el refuerzo longitudinal, si no también en uniones interiores, donde el signo de los esfuerzos debe cambiar de tensión a compresión de una a otra cara

de la columna. La adherencia se ve afectada cuando se presentan grietas diagonales por los efectos de la fuerza cortante.

Cuando se tienen cargas laterales muy grandes, como las producidas por fuerzas sísmicas, los momentos en las caras opuestas del nudo actuarían en el mismo sentido, generando cortantes horizontales muy grandes dentro del nudo.

## **2. Unión viga-viga.**

El comportamiento de este tipo de unión se da a través de una reacción principal que se transmite desde una viga (secundaria) a la otra viga (principal) mediante un puntal diagonal a compresión, que aplica su empuje cerca de la parte inferior de la viga principal de carga. Cuando este empuje no es considerado (en el diseño) se puede generar un fracturamiento del concreto en la parte inferior de la viga principal seguido del colapso de la viga secundaria.

En el caso de las uniones viga-columna se producen las siguientes fallas:

### **1. Falla por cortante.**

Este tipo de falla se evidencia por la aparición de grietas diagonales.

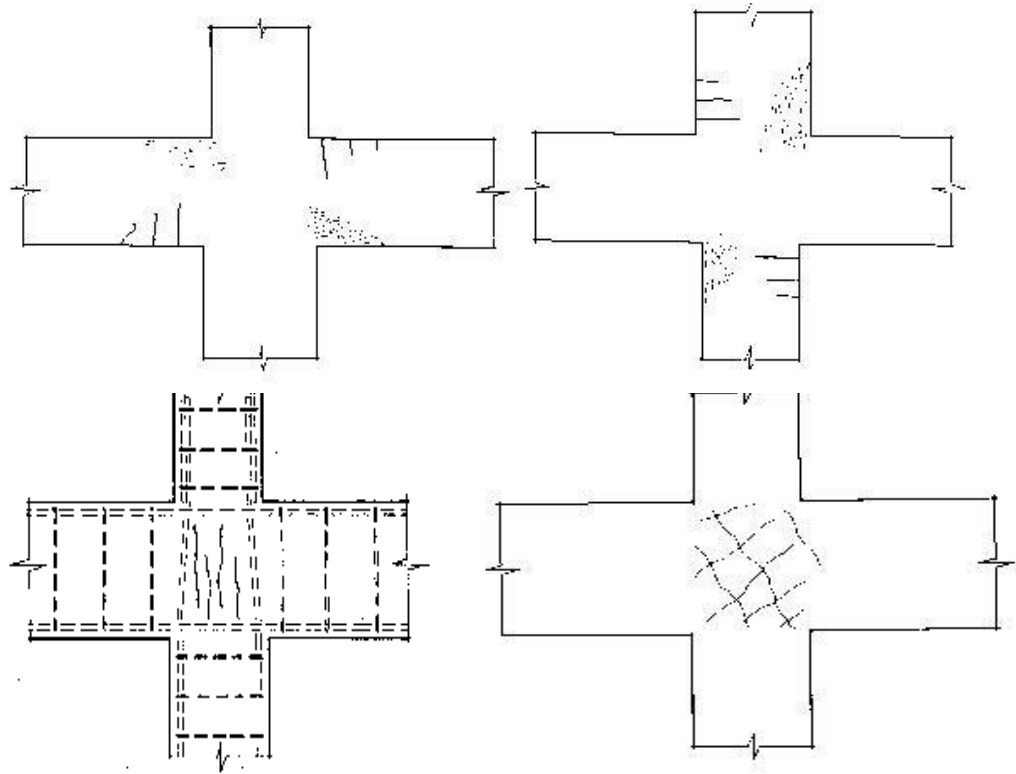
### **2. Falla por flexión y falla por adherencia.**

Estas fallas están relacionadas, ya que se produce una falla por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo o a consecuencia de refuerzos excesivos de flexión. En las dos uniones de la parte superior de la Fig. 2.16 se observan grietas por flexión.

En la unión inferior izquierda de la Fig. 2. 16 las grietas se deben a falta o insuficiente colocación de estribos en la zona del nudo (unión) finalmente la figura inferior derecha muestra dos familias de patrones diferentes de grietas debido a cortante, estas tienen la característica que se extienden entre las esquinas diagonales opuestas al núcleo de la junta.

En el caso de la unión viga-viga, el tipo de falla que se puede dar es por la falta de soporte para la compresión diagonal como se muestra en la Fig. 2. 17.





**Fig. 2. 16** Diferentes tipos de grietas en uniones viga-columna.



**Fig. 2. 17** Falla ocasionada por la falta de soporte para la compresión diagonal en una unión viga secundaria-viga principal (Nilson, 2001).

### **2.3.1.2. Comportamiento de los elementos de acero estructural sometidos a sismos en el sistema de marcos.**

El acero estructural es un material muy dúctil que puede usarse para construir estructuras estáticamente indeterminadas que satisfagan las condiciones de disipación de energía y deformaciones inelásticas (las cuales conducen a la formación y rotación de articulaciones plásticas y redistribución de momentos flexionantes) a las que estarían sometidas las edificaciones al momento de un sismo. Es por ello que el acero estructural puede utilizarse para construcciones sismorresistentes.

El comportamiento que han mostrado las estructuras de acero estructural al estar sometidas a sismos intensos ha sido satisfactorio desde el punto de vista de la resistencia.

Aún edificios de hasta 12 pisos diseñados sólo para carga vertical permanente y con conexiones flexibles, han mostrado suficiente resistencia; pero, su rigidez lateral frecuentemente ha sido inadecuada y han sufrido daños considerables las ventanas, las paredes y otros elementos no estructurales (Dowrick, D., 1978).

Es importante mencionar que paredes divisorias no estructurales y el contraventeo con elementos prismáticos (por lo general en forma de X) de los marcos rígidos, proporcionan una rigidez extra y capacidad de absorción de energía alta y aumentan la resistencia lateral.

Los elementos estructurales que conforman los marcos de acero estructural son:

- a) Vigas.**
- b) Conexiones (nudos).**
- c) Paneles.**
- d) Columnas.**

#### **a) Vigas.**

Mediante las curvas carga-deflexión tanto en el plano como fuera de él (las cuales se obtienen mediante pruebas de laboratorio), podemos conocer el comportamiento de las vigas. Dependiendo de las condiciones de apoyo, carga y la

relación ancho y alto. Por ejemplo si tenemos una viga soportada lateralmente en su tercio medio, cargada igualmente en los extremos en la cual los apoyos y los puntos de aplicación de las cargas están soportados lateral y torsionalmente.

Los desplazamientos laterales del patín en compresión comienzan tan pronto cuando el momento flexionante alcanza el valor plástico, y crece después gradualmente. Las secciones transversales de las vigas pierden su forma original y se alcanza la resistencia última cuando se pandea la mitad crítica del patín en compresión.

La capacidad de rotación y la resistencia pueden reducirse por los efectos del pandeo lateral o local. Las vigas muy cortas fluyen por completo antes de pandearse, y pueden resistir momentos iguales al momento plástico o aun mayores, debido al endurecimiento por deformación, pero la resistencia de vigas de longitud intermedia se reduce por la plastificación parcial que ocurre antes de que se inicie el pandeo. El pandeo elástico determina la capacidad de carga de las vigas largas.

En vigas I o H flexionadas al rededor del eje de mayor momento de inercia, el pandeo lateral y local es inevitable, pero si la relación ancho espesor de sus patines y almas son suficientemente pequeñas y si es proporcionado un soporte lateral adecuado, el pandeo puede retardarse lo suficiente para obtener un comportamiento satisfactorio bajo cargas estáticas o dinámicas (producidas por un sismo).

En muchas vigas H probadas a flexión alrededor del eje de mayor momento de inercia, la deflexión lateral comienza tan pronto como se alcanza el momento plástico, pero cuando las distancias entre las secciones soportadas lateralmente son iguales o menores que una cierta longitud crítica, la iniciación del pandeo lateral no corresponde a la falla. La descarga comienza cuando el patín en compresión se pandea localmente bajo deformaciones laterales considerables; la falla se debe siempre a una combinación de ambos tipos de pandeo.

Bajo cargas estáticas, el patín en compresión se pandea localmente cuando la longitud del tramo que ha fluido plásticamente es igual a la de una onda de pandeo local. Bajo carga cíclica los patines de vigas adyacentes a columnas se encuentran alternadamente en tensión y compresión.

El patín en compresión se pandea localmente, pero las ondas de pandeo aparecen y desaparecen en cada ciclo, al cambiar la compresión en tensión. Si el pandeo lateral no es crítico, la falla se inicia al formarse una grieta en la zona de deformación inelástica máxima (Dowrick, D., 1978). En vigas, el pandeo local se puede evitar a través del empleo de secciones de acero estructural compactas, es decir, con una relación ancho-espesor baja y el pandeo lateral se puede evitar o disminuir a través del arriostramiento trasversal. Los tipos de fallas en vigas consisten principalmente por: fluencia, pandeo o fractura de los patines o alma en zonas cercanas a la conexión con la columna, en la Fig. 2. 18 se muestran todos estos tipos de fallas.

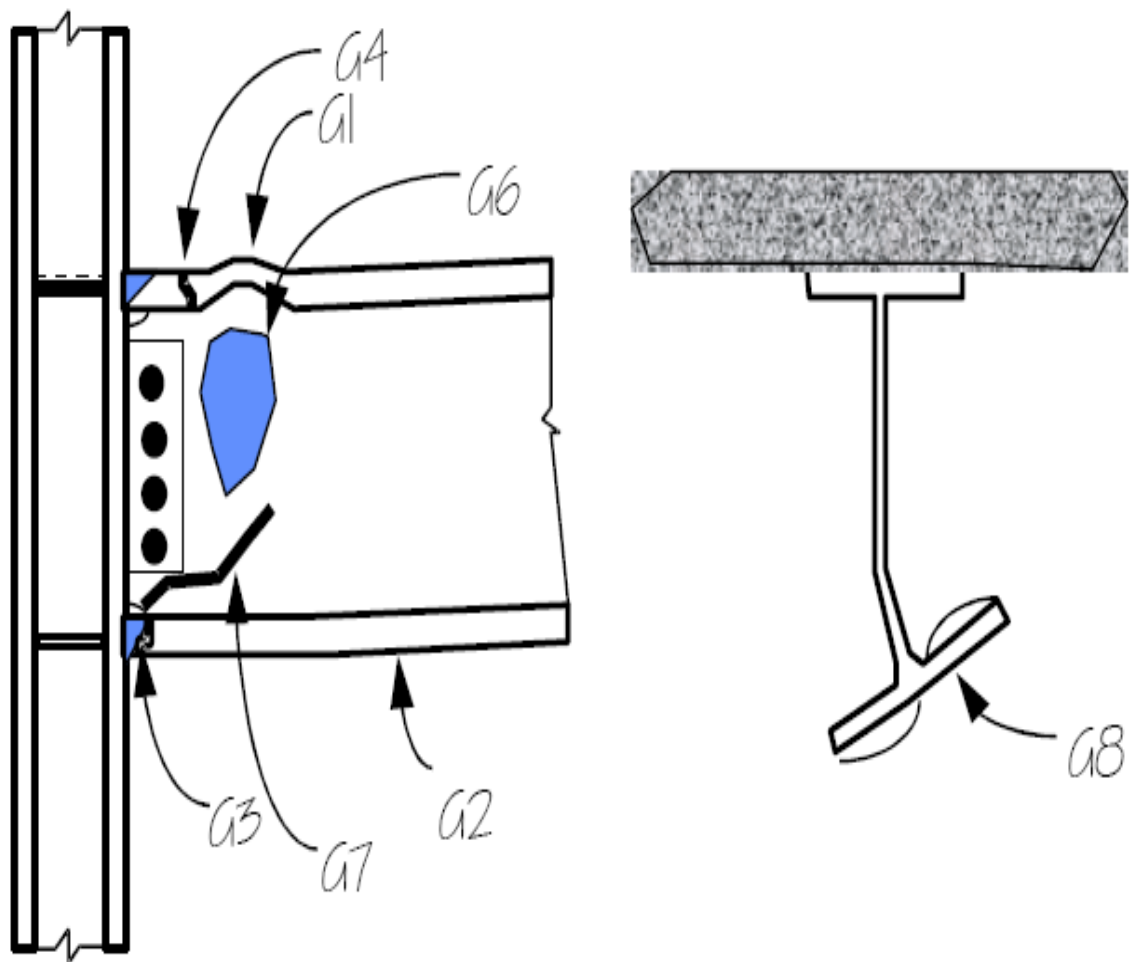


Fig. 2. 18 Fallas típicas en vigas (SAC Joint Venture, 2000).

Las fallas ilustradas en la figura anterior son por:

1. Pandeo de los patines (superior o inferior) (a1).
2. Fluencia de los patines (superior o inferior) (a2).
3. Fractura de los patines (a3).
4. Fractura de los patines fuera de la zona soldada (a4).
5. Pandeo del alma (a6).
6. Fractura del alma (a7).
7. Pandeo lateral de la sección (a8).

Cuando ocurre la fluencia y el pandeo en patines indica la pérdida de su capacidad que en secciones compactas aparece gradualmente y reincrementa a medida que crece el número de ciclos inelásticos que se producen durante un sismo.

Cuando ocurre la fractura en los patines fuera de la zona de soldadura, indica que hay una pérdida completa de la capacidad a tensión del patín. La mayoría de daños que se presentan en las vigas ocurre en el patín inferior, debido a las losas de concreto que se apoyan en los patines superiores, las que reducen considerablemente la posibilidad de pandeo local de éstos; también tiende a colocar el eje neutro cerca del patín superior, provocando una mayor deformación por tensión en los patines inferiores.

#### **b) Conexión.**

Las conexiones son los elementos que aseguran la continuidad entre vigas y columnas de un marco de acero estructural. Una conexión entre elementos de acero estructural de un marco pueden hacerse a través de:

1. Soldaduras.
2. Pernos o tornillos.
3. Remaches.

Las conexiones (soldaduras, pernos o remaches) entre vigas y columnas deben tener una resistencia y rigidez suficiente para minimizar los cambios de ángulos originales entre los miembros conectados y de esta manera garantizar un comportamiento adecuado del marco rígido. La conexión tendrá un buen comportamiento si posee suficiente capacidad de rotación mientras actúa sobre ella la

carga de compresión, para permitir la formación de articulaciones plásticas en la región central de las vigas, o si tiene suficiente resistencia para que se formen las articulaciones plásticas en los extremos de las vigas, y giren hasta que aparezcan las de la parte central del claro.

Para conocer el comportamiento de una conexión (soldaduras, pernos o remaches) se deben verificar los siguientes aspectos (Dowrick, D., 1978):

1. Resistencia de la columna, sin reforzar, en las regiones adyacentes a los patines de la viga.
2. Incremento de la resistencia de la columna producido por atiesadores horizontales colocados entre los patines.
3. Posibilidad de la falla de la columna por una combinación de esfuerzos de compresión y de cortante.
4. Influencia de las vigas conectadas por alma.
5. Rotación requerida y capacidad de rotación de la conexión.

Las conexiones (soldaduras, pernos o remaches) son muy confiables ya que absorben una gran cantidad de energía en cada ciclo para un desplazamiento prescrito; las conexiones diseñadas y construidas adecuadamente son capaces de resistir carga cíclica severa. Su capacidad intrínseca de absorción de energía es alta, y pueden resistir en condiciones adecuadas de seguridad un número de ciclos de carga permanente mayor que el que se puede esperar durante la vida de las estructuras reales.

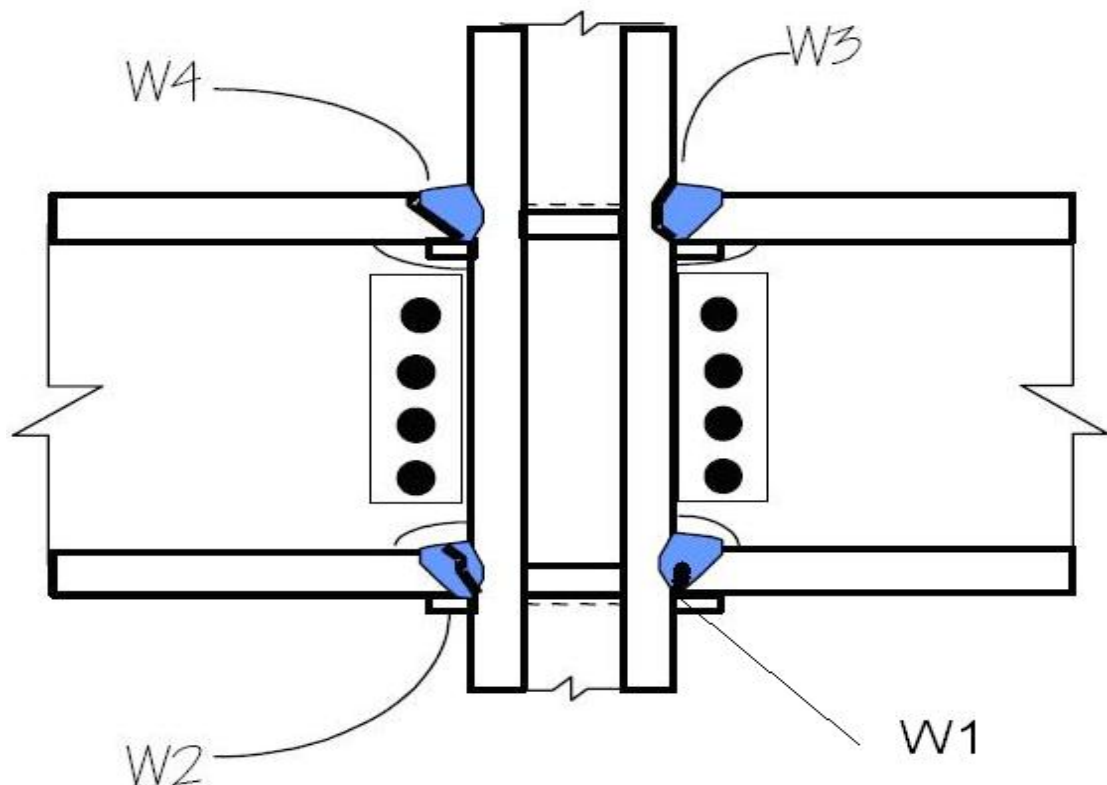
La falla de las conexiones viga-columna puede deberse a aplastamiento o a pandeo del alma de la columna, a distorsión de sus patines o a pandeo o flujo plástico por cortante del tablero del alma.

Las conexiones pueden ser elementos estructurales muy dúctiles, con resistencia considerable por encima del nivel de fluencia; su rigidez decrece gradualmente en el intervalo plástico. Las conexiones tienen una alta capacidad para disipar energía cuando se detallan y sueldan con cuidado, y se colocan atiesadores adecuados para evitar arrugamiento del alma y distorsión de los patines (Dowrick, D., 1978).

Los tipos de fallas que puede presentar una conexión soldada pueden ser por:

1. **Fractura parcial en la soldadura (W1).**
2. **Fractura completa en la soldadura (W2).**
3. **Fracturas en el contacto del patín de la columna con la soldadura (W3).**
4. **Fracturas en el contacto de los patines de la viga con la soldadura (W4).**

En la Fig. 2. 19 se muestran las fallas numeradas anteriormente en una conexión soldada.



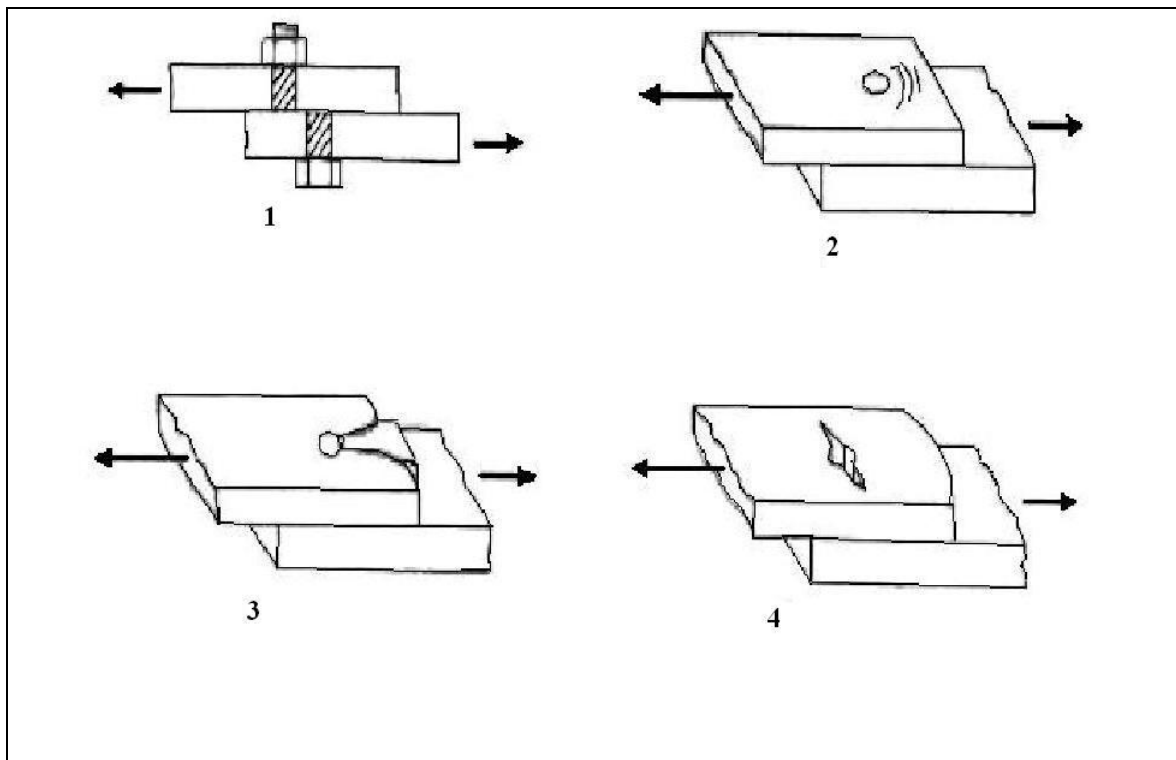
**Fig. 2. 19 Fallas típicas en conexiones soldadas (SAC Joint Venture, 2000).**

En el primer y segundo caso (W1 y W2), las fracturas se prolongan a través del metal utilizado en la soldadura. Los dos casos restantes (W3 y W4), ocurren en la zona de fusión entre el material de aportación y el material base constituidos por los patines de las vigas (material de aportación) y las columnas (material base). Las fallas típicas

mostrados en la Fig. 2. 19 corresponden a sistemas de marcos resistentes a momentos. En el caso de marcos arriostrados, se presentan fallas en la soldadura de conexión de las riostras a la viga y/o columna; para marcos en celosía la falla que más se presenta es por pandeo en los elementos de las diagonales.

Las principales fallas en soldaduras ocurren en la unión de columnas con los patines inferiores de las vigas, debido principalmente a que en el lugar de la obra los soldadores pueden realizar sin dificultad de operación una junta de penetración completa en el patín superior; pero en el caso del patín inferior la realización de la soldadura se complica, ya que el alma de la viga obstaculiza la colocación continua de la soldadura. Por ello la inspección de la soldadura de la conexión en la parte inferior del patín se debe hacer de manera cuidadosa.

En cuanto a las conexiones atornilladas o empernadas, los daños se pueden detectar con mayor facilidad, ya que la forma en que éstos se presentan es muy identificable, los tipos más comunes se muestran en la Fig. 2. 20.



**Fig. 2. 20 Fallas típicas en conexiones remachadas o empernadas (Salmon, G., 1996).**



En la figura anterior se muestran 4 diferentes tipos de falla:

1. **Cortante (1).**
2. **Aplastamiento (2).**
3. **Desgarramiento (3).**
4. **Sección insuficiente (4).**

Cuando se excede la capacidad al corte de los pernos o remaches se produce la **falla por cortante**, por lo normal ésta se manifiesta con la fluencia o deformación de los pernos. En el caso que la capacidad de los tornillos es mucho mayor que la de las placas y son éstas las que llegan a la ruptura produciéndose la **falla por aplastamiento**.

La **falla por desgarramiento** se origina por la poca separación entre el tornillo y el borde de la placa, la cual es probable que se fracture si se somete a una tensión elevada; finalmente la **falla por sección insuficiente** se presenta sólo en miembros sujetos a tensión, el diámetro y la separación de los agujeros influye de manera directa, ya que reduce el área neta, lo que provoca una reducción en la resistencia y se produzca la ruptura de la placa en dos.

### c) **Panel de unión.**

El panel de unión es la zona en la que se unen las vigas y las columnas de los marcos resistentes a momentos y representan un punto importante a revisar ya que en él se llevan a cabo un gran número de conexiones. Las grietas en la soldadura de los atiesadores, y cualquier daño ocurrido en éstos no representa graves consecuencias para la estructura, siempre y cuando la fractura o grieta no se extienda y penetre el material de la columna, si la grieta penetra en el panel, ésta tiende a extenderse al estar sometida a cargas adicionales provocando una separación completa de la parte superior de la columna con la inferior. Las fallas típicas que se presentan en la zona del panel de unión (mostradas en la Fig. 2. 21) son por:

1. Fractura o pandeo de atiesadores (P1).
2. Fracturas en soldaduras de los atiesadores (P2).
3. Deformación por fluencia o ductilidad del alma (P3).
4. Fractura de la soldadura de la placa (P4).

5. Fractura parcial en el alma de la columna o en la placa (P5, P6).
6. Fractura parcial en el alma de la columna (P7).
7. Pandeo del alma (P8).
8. Ruptura de la columna (P9).

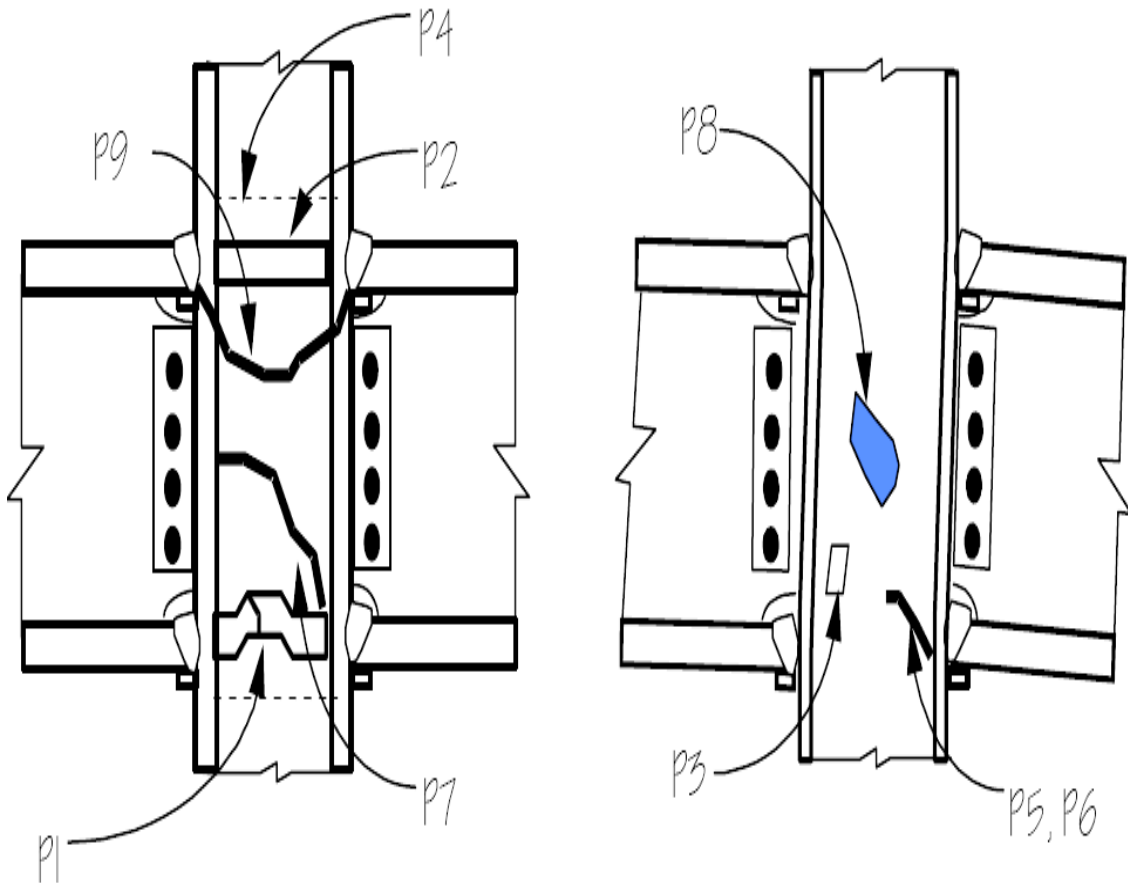


Fig. 2. 21 Fallas típicas en la zona del panel de unión (SAC Joint Venture, 2000).

#### d) Columnas.

Normalmente las columnas de los marcos rígidos están sometidas a compresión axial y flexión biaxial combinadas. La falla de una columna a flexo-compresión puede deberse a una de las causas siguientes o incluso a una combinación de ellas (Dowrick, D., 1978):

1. Formación de una articulación plástica bajo compresión axial y flexión.

2. Inestabilidad por interacción de la carga axial y flexión.
3. Pandeo lateral por flexo-torsión.
4. Pandeo por compresión axial por flexión alrededor del eje de menor momento de inercia.
5. Pandeo local.

En el caso de las columnas que forman el sistema resistente a cargas en un edificio, éstas por lo general fallan por una combinación de las dos primeras causas. En las columnas de marcos contraventeados o marcos con paredes de corte con rigidez adecuada, éstas fallan por formación de tres articulaciones plásticas o por el desarrollo de articulaciones en la columna y en las vigas vecinas, que producen un efecto similar.

En el caso de marcos que no cuentan con contraventeo, la estabilidad de toda la estructura está en función, principalmente, de las vigas, si éstas son muy flexibles las columnas se comportan básicamente como cuerpos rígidos (excepto en la base, que es donde tiene lugar la formación de rotulas plásticas) y los desplazamientos laterales se deben a flexión de las vigas.

Cuando las vigas son muy rígidas los desplazamientos laterales son resistidos por flexión de las columnas y la condición de falla se alcanza cuando las articulaciones plásticas aparecen en los dos extremos de cada una de ellas. La estabilidad lateral está en función de las propiedades de todas las columnas de cada entrepiso.

El comportamiento de una columna sometida a flexo-compresión aislada con pares aplicados en los extremos, puede representarse por medio de una curva que relacione los momentos en los extremos con las rotaciones en ellos. La respuesta del elemento estará determinada por varios parámetros: esbeltez y curvatura del miembro, magnitud de la carga de compresión.

El comportamiento de las columnas a flexo-compresión mono axial bajo cargas cíclicas reflejadas en pruebas a especímenes de perfiles H, demuestran que la respuesta de la columna disminuye al crecer la carga axial; al restringir los desplazamientos laterales, la falla inicia por pandeo local del patín, la cual se incrementa al crecer el número de ciclos de carga, y se propaga hacia el alma. Al final el colapso es producido

por la combinación del pandeo local del alma y del patín. La capacidad de rotación decrece también cuando aumentan las relaciones ancho-espesor de patines y alma, o la fuerza axial. Además de lo anterior es importante conocer los tipos de fallas que pueden presentarse en columnas, las cuales pueden ser causadas por:

1. Fractura parcial del patín (C1).
2. Desprendimiento de la sección del patín (C2).
3. Fractura completa del patín (C3).
4. Fractura parcial del patín (C4).
5. Desgarramiento laminar del patín (C5).
6. Pandeo del patín (C6).
7. Falta del recubrimiento de la columna.

Todas las fallas anteriores pueden identificarse con la ayuda de la Fig. 2. 22

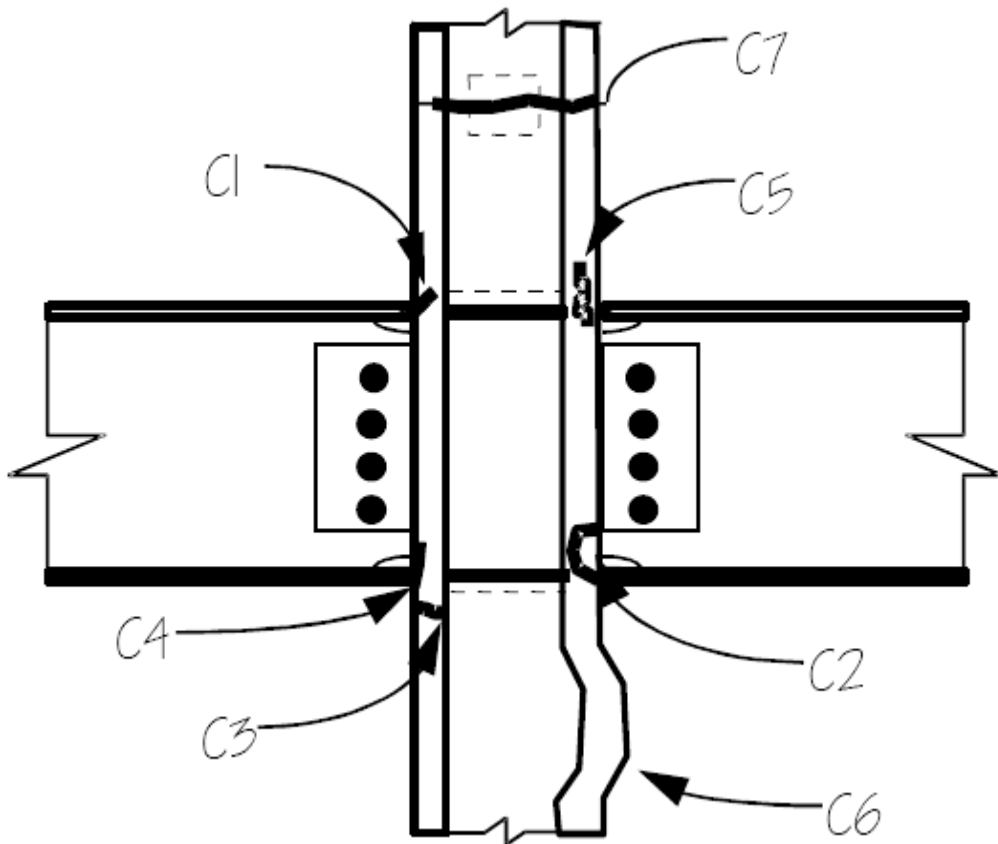


Fig. 2. 22 Daños típicos en columnas (SAC Joint Venture, 2000).



**Fig. 2. 23** Falla por pandeo del patín en una columna.

### **2.3.2. Sistema de paredes.**

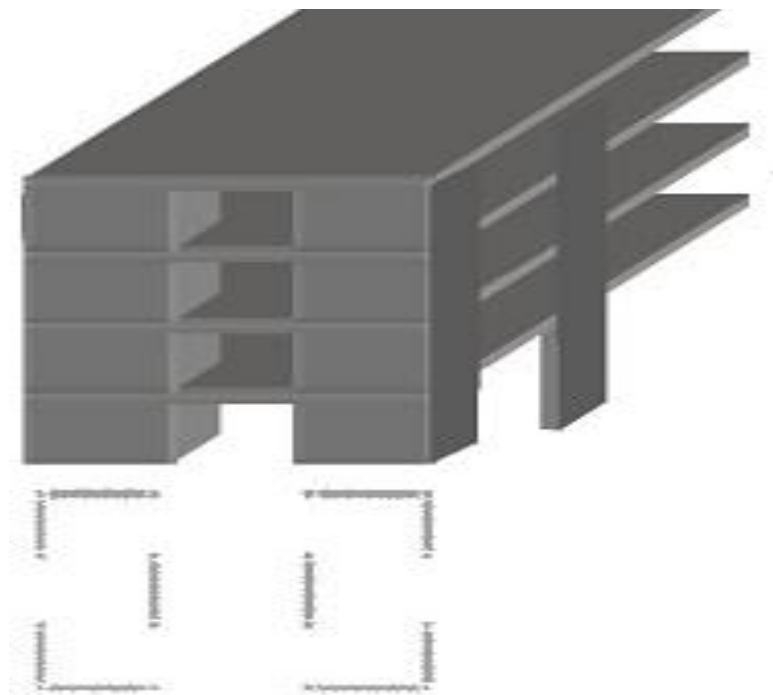
En este sistema la totalidad de las cargas son soportadas por las paredes las que pueden ser de concreto, mampostería o madera. Las paredes pueden formar sistemas estructurales de diversas características. El arreglo ideal para paredes es un sistema tridimensional, como se muestra en la Fig. 2. 24, la losa se apoya en su perímetro con lo que su rigidez y resistencia ante cargas verticales aumenta notablemente.

La ventaja más importante es que existiendo elementos verticales en dos direcciones ortogonales los esfuerzos laterales en una dirección cualquiera son resistidos por las paredes mediante fuerzas en sus planos.

Muchas veces por motivos arquitectónicos las paredes son afectadas por aberturas, que facilitan la aparición de grietas verticales a través de la altura del edificio. Si las aberturas son muy grandes el sistema se comporta como dos paredes independientes, lo cual forma una zona crítica en el acoplamiento o unión entre ellas.

Una de las desventajas de este sistema es que su utilización se da, principalmente, en edificios de mediana o baja altura debido a que en edificios altos es difícil mantener en todos los pisos la misma distribución del espacio en áreas pequeñas y

uniformes, como el sistema lo requiere. En la Fig. 2. 25 se muestran viviendas con sistema de paredes hechas de adobe.



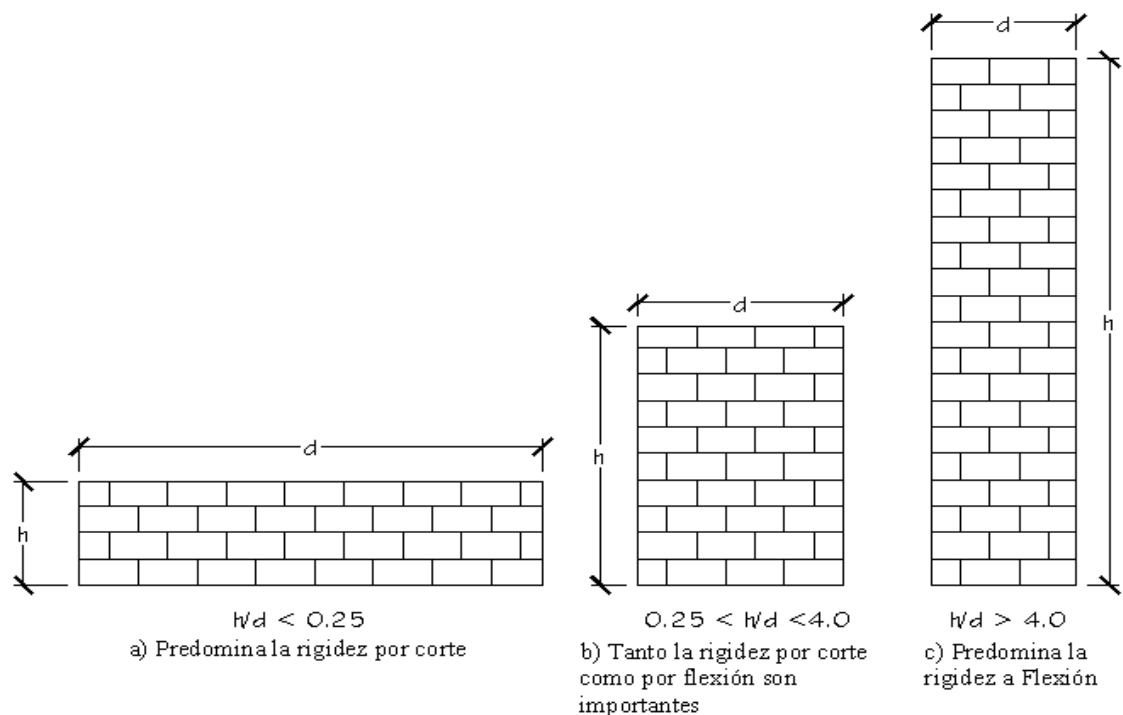
**Fig. 2. 24** Vista en tres dimensiones y en planta de un sistema de paredes estructurales.



**Fig. 2. 25** Viviendas construidas con sistema de paredes estructurales hechas de adobe.

En el sistema de paredes independientemente del material del que estén hechas (concreto reforzado o mampostería), las zonas críticas estarán regidas por el comportamiento que tengan las paredes según su relación longitud-altura (esbeltez).

En paredes largas el comportamiento esta gobernado por el cortante, mientras que en paredes de menor longitud, pero de gran altura, el comportamiento está gobernado por la flexión, en la Fig. 2. 26 se muestra una relación altura-largo proporcionada por el Masonry Standards Joint Committee (MSJC) para paredes de mampostería, en el caso de concreto reforzado nuestra Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto (MOP-ASIA, 1996) no especifica dicha relación al igual que en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (MOP-ASIA, 1996). Las zonas críticas de las paredes se encuentran en las esquinas de las aberturas (puertas o ventanas) como se ilustra en la Fig. 2. 27 y en las esquinas que se forman por la intercepción de las paredes como se muestra en la Fig. 2. 28 y se evidencia por la aparición de grietas.



**Fig. 2. 26 Relación alto-largo de paredes de mampostería. (Masonry Standards Joint Committee (MSJC), 2002).**

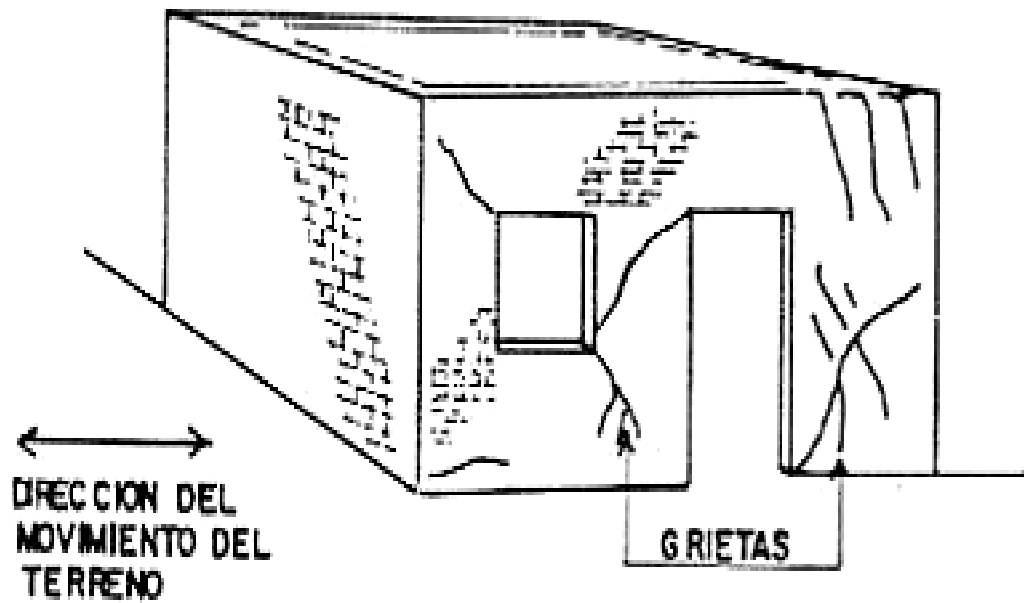


Fig. 2. 27 Agrietamiento en las esquinas de las aberturas de las paredes, evidenciando las zonas críticas.



Fig. 2. 28 Agrietamiento en las esquinas de las paredes, evidenciando las zonas críticas (Asociación colombiana de ingeniería sísmica, 2001).



### **2.3.2.1. Comportamiento de los elementos estructurales del sistema de paredes.**

Además de mencionar las zonas críticas que existen en el sistema de paredes, es importante conocer el comportamiento de los elementos que conforman el sistema para comprender por qué presentan un tipo de falla en particular. Como se mencionó anteriormente el sistema de paredes estructurales, dependiendo del material del que está hecho, pueden dividirse en:

- 1. Sistema de paredes de concreto reforzado.**
- 2. Sistema de paredes de mampostería (de bloque de concreto, de ladrillo de barro y de adobe).**
- 3. Sistema de paredes de bahareque.**
- 4. Sistemas de paredes de madera.**

#### **1. Sistema de paredes de concreto reforzado.**

En el caso de las paredes de concreto reforzado, los cuales deben resistir flexocompresión y cortante para ser consideradas estructurales; se mencionó anteriormente que su comportamiento depende de la relación altura-longitud, ya que esta relación determinará el tipo de carga que predominará en la pared. Las cargas que actúan en una pared pueden ser de:

1. Corte.
2. Flexión.

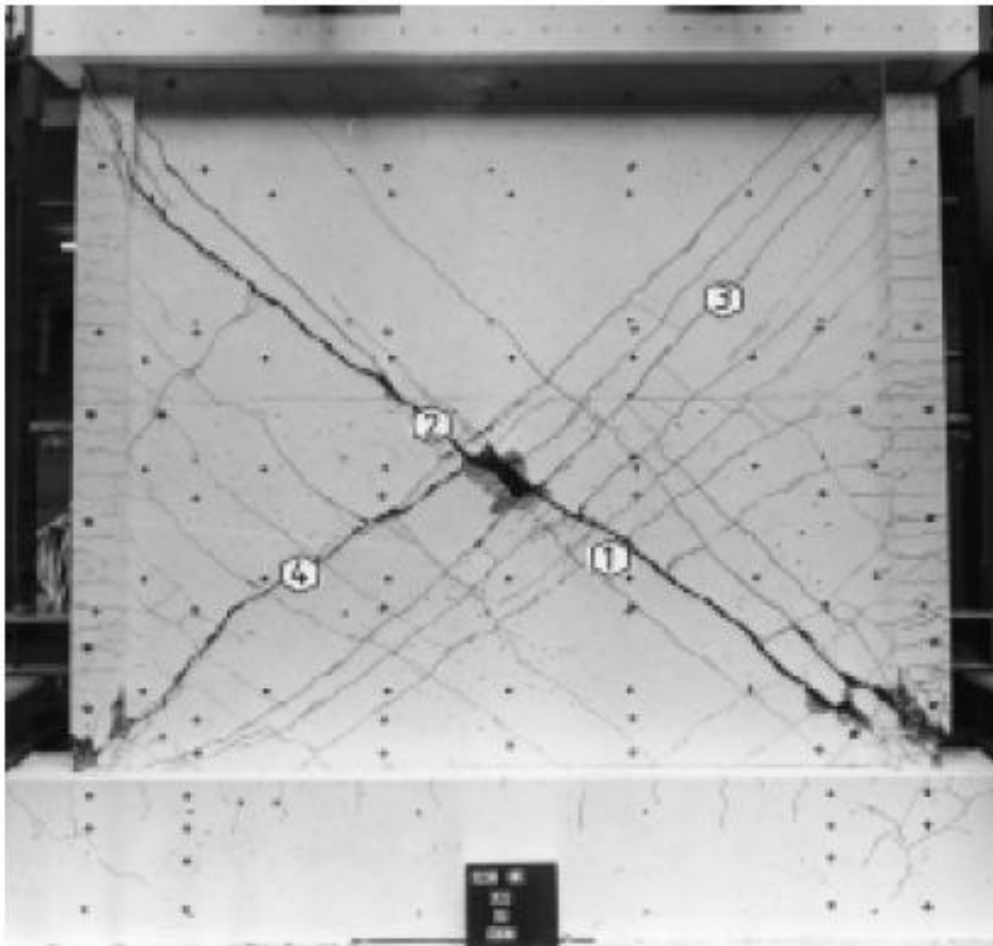
En el caso de las cargas de corte, estas predominan en paredes bajas, en los cuales la resistencia y rigidez a cargas laterales (como las que se producen por un sismo) es muy elevada, pero lamentablemente el comportamiento tiende a ser frágil por el predominio de los efectos de corte. En cuanto a la flexión, esta actúa esencialmente en paredes esbeltas, las cuales se comportan como vigas en voladizo (como se muestra en la Fig. 2. 29), la carga axial sobre ellas es pequeña y dominan los efectos de flexión,

provocando el pandeo y aplastamiento del concreto en el extremo de la pared que se encuentra en compresión.



**Fig. 2. 29 Desplazamiento de una pared de concreto reforzado sometido a flexión.**

Cuando la resistencia de una pared ante las cargas (flexión y corte) que actúa sobre ella es menor que el valor de estas cargas externas, se producirán grietas las cuales dependiendo de su magnitud producirán **fallas en la pared**. En el caso de la flexión debida a la acción de cargas gravitatorias y laterales, la cual puede darse en dirección normal o paralela al plano de la pared, pueden originarse grietas horizontales y aplastamiento del concreto. En cuanto al cortante, éste produce grietas diagonales. En la Fig. 2. 30 se muestra una pared de concreto reforzado que ha sido sometida a fuerzas de flexión y fuerzas de corte, las cuales le han producido el apareamiento de grietas y el aplastamiento de concreto (que debido a su magnitud) han provocado fallas considerables en la pared.



**Fig. 2. 30** Falla de una pared de concreto producida por grietas por cortante y flexión (ATC, 1998).

## **2. Sistema de paredes de mampostería.**

El comportamiento de la mampostería por lo general no es eficiente para soportar cargas sísmicas. Según la evaluación hecha por Glogau (Glogau, O., 1974) a la mampostería en varios sismos, ésta mostró muchas formas comunes de falla, las que eran producto de las fuerzas de corte y de flexión.

A pesar del comportamiento deficiente de la mampostería ante cargas sísmica si ésta se diseña con dimensiones consideradas, puede presentar un comportamiento adecuado ante sismos severos, siempre y cuando se sigan los requisitos de diseño y detallado cuidadosamente.

Dependiendo del tipo de piezas que se utilicen, la mampostería puede ser de:

- a) **Bloque de concreto.**
- b) **Ladrillo de barro.**
- c) **Otros (piedras, etc.).**

**a) Mampostería de bloque de concreto.**

Este tipo de estructuras de mampostería están sujetas durante su vida útil a:

1. Carga vertical debido a su peso, al peso de las losas y al de las cargas vivas.
2. Fuerza lateral y momentos de volteo.
3. Esfuerzos normales al plano de las paredes.

**b) Mampostería de ladrillo de barro.**

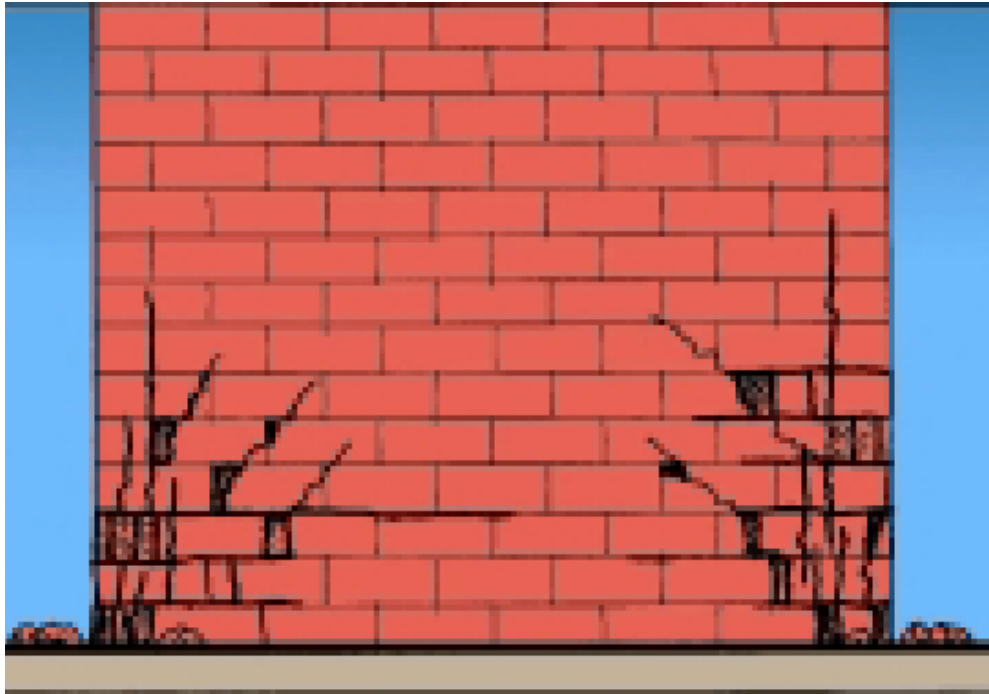
Este tipo de estructuras de mampostería, al igual que la anterior están sujetas durante su vida útil a:

4. Carga vertical debido a su peso, al peso de las losas y al de las cargas vivas.
5. Fuerza lateral y momentos de volteo.
6. Esfuerzos normales al plano de las paredes.

La mampostería de bloque de concreto y ladrillo de barro experimenta deformaciones laterales muy bajas y presenta un comportamiento elástico lineal antes de agrietarse. Inmediatamente después de ocurrido el agrietamiento, el comportamiento de la mampostería dependerá de la cantidad y disposición del refuerzo, si los nervios y soleras o en el interior de las piezas se tiene el suficiente refuerzo, éste será capaz de soportar niveles de carga altos con deformaciones laterales considerables antes de llegar al colapso. Cuando estos efectos exceden la capacidad de la mampostería para resistirlos, se originan tres tipos principales de fallas:

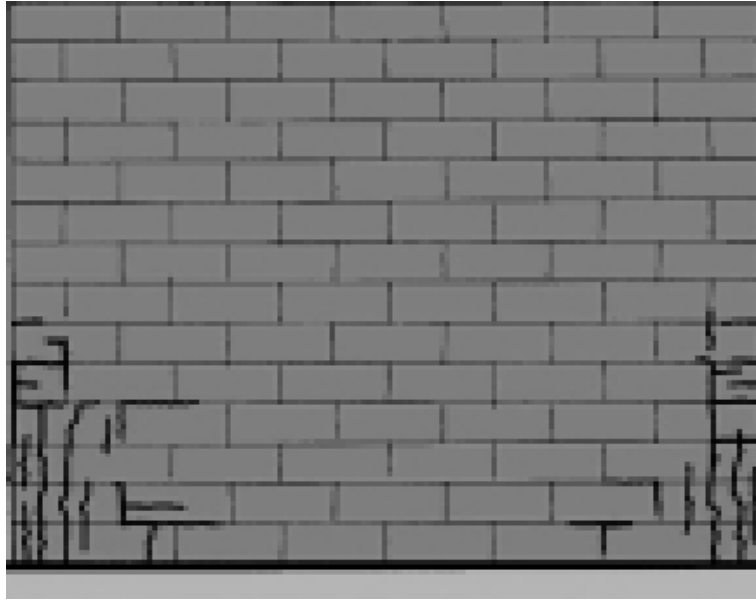
1. **Falla por carga axial:** se presenta por incrementos importantes de carga vertical, provocando un aplastamiento en la mampostería, esta falla es poco probable que ocurra debido a que el área de las paredes es por lo general lo suficientemente grande para resistir el aumento de las cargas verticales, pero, cuando las piezas

están muy deterioradas por efecto de la intemperie o son de mala calidad la probabilidad que ocurra esta falla en los extremos de la parte inferior aumenta (ver Fig. 2. 31).

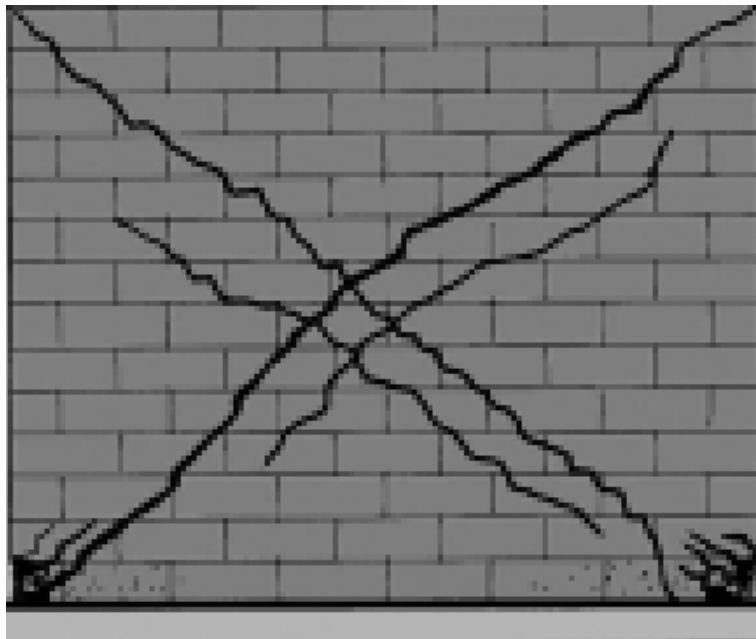


**Fig. 2. 31 Falla por cargas de compresión (carga axial) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).**

2. **Falla por flexión:** Por lo general las grietas que se producen por esta falla suelen aparecer de manera repentina, ya que la resistencia a la tensión de la mampostería es baja. Las grietas aparecen en forma horizontal en los extremos de la pared y la longitud que tienen en la parte inferior es mayor y disminuye conforme aumenta la altura de la pared, además aparecen grietas verticales y en algunos casos con pequeñas inclinaciones (ver Fig. 2. 32).
3. **Falla por cortante:** ésta se puede presentar en forma de una grieta diagonal que se prolonga a través de las juntas del mortero o como una grieta diagonal que se prolonga a través de la junta y las piezas como las que se muestran en la Fig. 2. 33.



**Fig. 2. 32** Falla por flexión, evidenciada por la aparición de grietas en la parte inferior de la pared (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).



**Fig. 2. 33** Falla por cortante, evidenciada por la aparición de grietas diagonales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).

De la Fig. 2. 34 a la Fig. 2. 37 se muestran más ejemplos de las fallas descritas anteriormente.

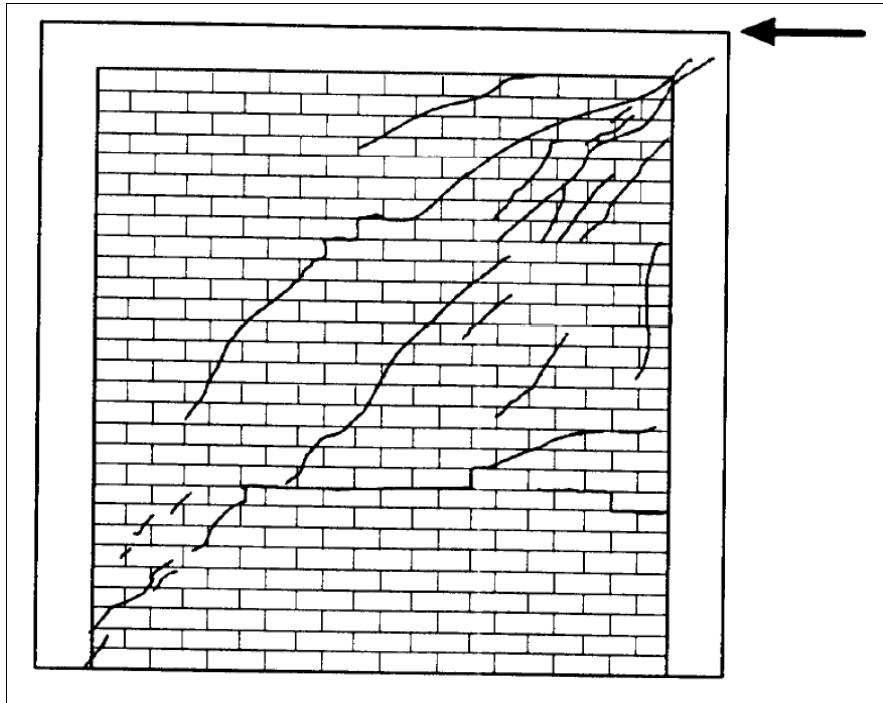


Fig. 2. 34 Patrón de grietas diagonales a causa del cortante (Gallegos, H., 1999).



Fig. 2. 35 Fallas por cortante y flexión (<http://www.ugr.es/~iag/inv/cns.html>).



**Fig. 2. 36** Falla por cortante (superior izquierda), falla por cortante y flexión (superior derecha) y falla por la combinación de cortante, flexión y compresión (inferiores) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).





**Fig. 2. 37 Daño por cortante y flexión en una vivienda en la comunidad las lomas de Comasagua (izquierda) y en los restos de una vivienda en San. Agustín, Usulután (derecha).**

### **3. Sistema de paredes de adobe.**

El sistema de paredes de adobe es la más antigua en nuestro país, ya que las viviendas de los pueblos de mayor antigüedad están hechas con este material.

Además de ser las más antiguas son también las que presentan un mal comportamiento al estar sometidas a las sollicitaciones de las cargas producidas por un sismo, como lo demuestra el estudio “The El Salvador Earthquakes of January and February 2001: Context, characteristics and implications for seismic risk” elaborado por varios profesionales (J. Bommer y otros, 2001).

Esto se debe a que cuando fueron construidas no se tenían los conocimientos actuales de sismo resistencia y también se debe a los problemas que causa el deterioro que han sufrido los materiales de los que están hechas por los años de uso.

Además de lo anterior existen otras características que influyen en su comportamiento las cuales son:

1. Ausencia de un diafragma rígido de entrepiso.
2. Conexiones deficientes entre el sistema de techo o entrepiso y las paredes portantes.
3. Entrepisos y techos demasiado pesados.
4. Ausencia de reforzamiento en paredes.
5. Mala calidad de los materiales.
6. Deficientes propiedades mecánicas de la tierra a tensión y cortante.
7. Aberturas (puertas y ventanas) demasiado grandes y en ocasiones mal distribuidas.
8. Cimentaciones deficientes o ausencia de éstas.

Al igual que la mampostería de bloque de concreto y la de ladrillo de barro, la mampostería de adobe sufre fallas al estar sometida a cargas que exceden la capacidad de ésta para resistirlas.

En investigaciones hechas por la Universidad de Los Andes (Colombia) determinaron que los mecanismos de falla típicos en edificaciones de adobe son:

1. **Falla por flexión** perpendicular al plano de la pared con agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales complementarios para combinar el mecanismo de falla; perpendicular al plano de la pared con agrietamiento vertical en la zona central, agrietamiento diagonal para conformar el mecanismo de fisuras en la parte superior por falta de refuerzo o confinamiento y finalmente perpendicular al plano con agrietamiento en las esquinas no confinadas de paredes sueltas o en esquinas no conectadas de manera efectiva con paredes que dan restricción trasversal a la misma.
2. **Falla por cortante** en el plano de la pared relacionado con altos esfuerzos horizontales, en la mayoría de casos los agrietamientos están relacionados a la presencia de aberturas (de puertas y ventanas) en la pared.
3. **Falla generada por la caída del techo** hacia el interior de la vivienda, al estar éste mal apoyado sobre las paredes, por estar mal diseñada estructuralmente, por

deficiencias en las conexiones o con un alto grado de deterioro o por el ataque de insectos o cambios de humedad.

4. **Por la combinación** de dos o más de los mecanismos de falla antes mencionados (ver Fig. 2. 38).



**Fig. 2. 38** Falla combinada por cortante, flexión y la caída del techo (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).

#### **4. Sistema de paredes de bahareque.**

Las paredes hechos con bahareque presentan una gran flexibilidad y permiten derivas de piso grandes, esto no representan un problema serio ya que esta misma flexibilidad hace que se mantenga en el intervalo del comportamiento elástico para el

intervalo de solicitaciones al que se ve sometido durante el sismo, también, contribuye su bajo peso en relación al del concreto, el acero, el adobe, etc.

Las paredes de bahareque por si solos, normalmente presentan un buen comportamiento ante cargas sísmicas bajas, más bien, el mal comportamiento de estas estructuras tiene que ver, principalmente, con la estructuración, es decir, con la carencia de anclajes o conexiones estructuralmente eficaces entre las paredes y con el resto de componentes de la edificación (cimentación, entrepiso, techo).

Otro factor que influye en el comportamiento las edificaciones de bahareque es la durabilidad de los materiales que las constituyen (tierra, vara de castilla o bambú) ya que son muy sensibles al paso del tiempo y la agresión ambiental, particularmente el agua, los insectos y los hongos, es por ello que se le debe de dar un tratamiento previo para protegerla de la humedad.

Además el combinar paredes de diferentes materiales por ejemplo, paredes de mampostería de bloque de concreto o de ladrillo de barro cocido junto con las de bahareque, hacen que éstas últimas estén más propensas a sufrir algún daño debido a las diferencias de resistencia y rigidez que cada uno de estos materiales tienen. Este caso se puede tener al interior de una vivienda o entre las viviendas colindantes.

Los mecanismos de falla que se presentan en las edificaciones de bahareque se pueden resumir en:

a) **Inclinación, colapso parcial o total de paredes por:**

1. Falla en la cimentación (Fig. 2. 39 a).
2. La caída del techo hacia el interior de la vivienda (Fig. 2. 39 b).
3. Caída de las paredes (Fig. 2. 39 c).

b) **Falla por flexión:**

1. Perpendicular al plano de la pared, en las esquinas no confinadas de paredes sueltos o en esquinas mal conectadas con las paredes de restricción transversal al mismo (Fig. 2. 39 d).



**Fig. 2. 39 Ejemplos de tipos de falla en edificaciones de bahareque (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).**

c) **Falla por cortante** en el plano de la pared relacionado con altas presiones horizontales con:

1. Fisuras o pérdida del recubrimiento, especialmente en los puntos de concentración de esfuerzos, como son las aberturas de las puertas y las ventanas (Fig. 2. 40 e y f).

- d) **Deslizamiento de entrepisos** (Fig. 2. 40 g).
- e) **Aplastamiento** entre dos estructuras colindantes de materiales más pesados como concreto o mampostería de bloque de concreto (Fig. 2. 40 h).
- f) **La combinación** de dos o más mecanismos anteriores, los cuales a la vez pueden ocasionar la pérdida de conexión interna de los elementos que constituyen el bahareque.



**Fig. 2. 40 Ejemplos de tipos de falla en edificaciones de bahareque (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).**

## 5. Sistema de paredes de madera.

Este sistema lo constituyen diversos elementos delgados de madera cubiertos con paneles de madera contrachapada. Las paredes construidas de esta manera proporcionan una elevada rigidez y resistencia a cargas laterales y una disipación de energía notable.

El mal comportamiento que se pueda tener con este sistema al momento de estar sometida a las cargas que produce un sismo, será por la conexión entre las paredes con la cimentación y con los sistemas de piso y techo.

Al igual que los tipos de paredes anteriores, las paredes de madera también presentan fallas al estar sometidas a cargas que sobrepasan su resistencia. En la siguiente sección se aborda este tema.

Por el hecho de no ser un material tradicional para la construcción de edificaciones en nuestro país y en varios países de América Latina, la madera no es muy investigada en nuestro medio, pero se pueden distinguir los siguientes tipos de fallas:

1. **Fallas por flexión** a través de la presencia de fisuras en los elementos y desplazamiento de las uniones entre los diversos elementos.
2. **Fallas por cortante** a través de la aparición de grietas en los elementos, rompimiento de los elementos, desplazamiento y desprendimiento de elementos del sistema estructural.

### 2.3.3. Sistema dual.

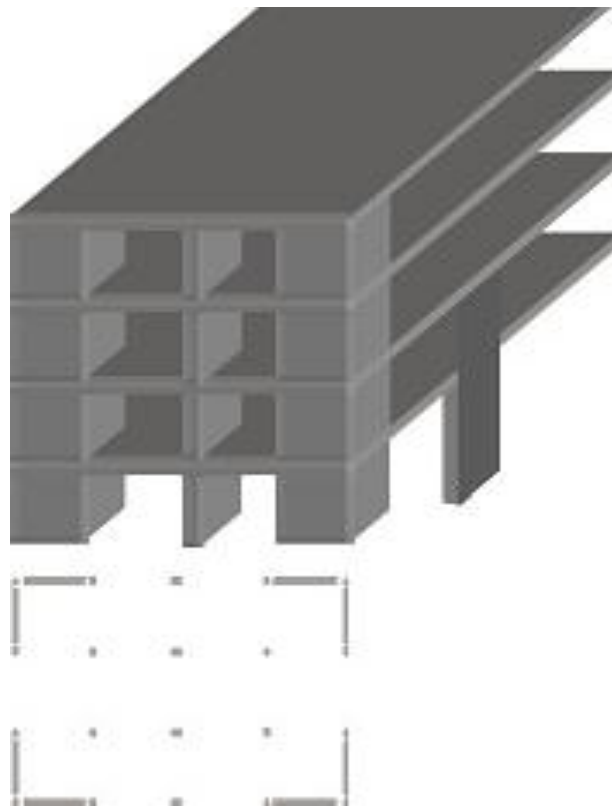
En ocasiones la solución más eficiente, para resistir fuerzas sísmicas en un edificio es la elección de un sistema dual o combinado formado por marcos y paredes estructurales, este sistema es conocido también como sistema de marcos rigidizados con paredes. La idea es hacer un diseño en el cual las paredes resistan la mayor parte de las cargas laterales y una pequeña parte de las verticales y que los marcos resistan la mayor parte de las cargas verticales y que absorban una pequeña parte de las cargas laterales, según la rigidez de cada elemento.

Este sistema se caracteriza por el hecho que al crecer la relación altura-longitud de la pared su rigidez se reduce muy rápidamente y se presenta una interacción bastante

compleja entre marco y la pared, ya que en los pisos inferiores la rigidez de la pared es muy alta y restringe la deformación de los marcos por completo, en cambio en los pisos superiores, la pared tiende a presentar grandes deformaciones.

Si se establece una buena distribución de los elementos rigidizantes (paredes), se podrá mantener la ventaja de espacio y la ductilidad que ofrece el sistema de marcos al mismo tiempo que se obtiene una estructura con una mayor rigidez y resistencia ante cargas laterales.

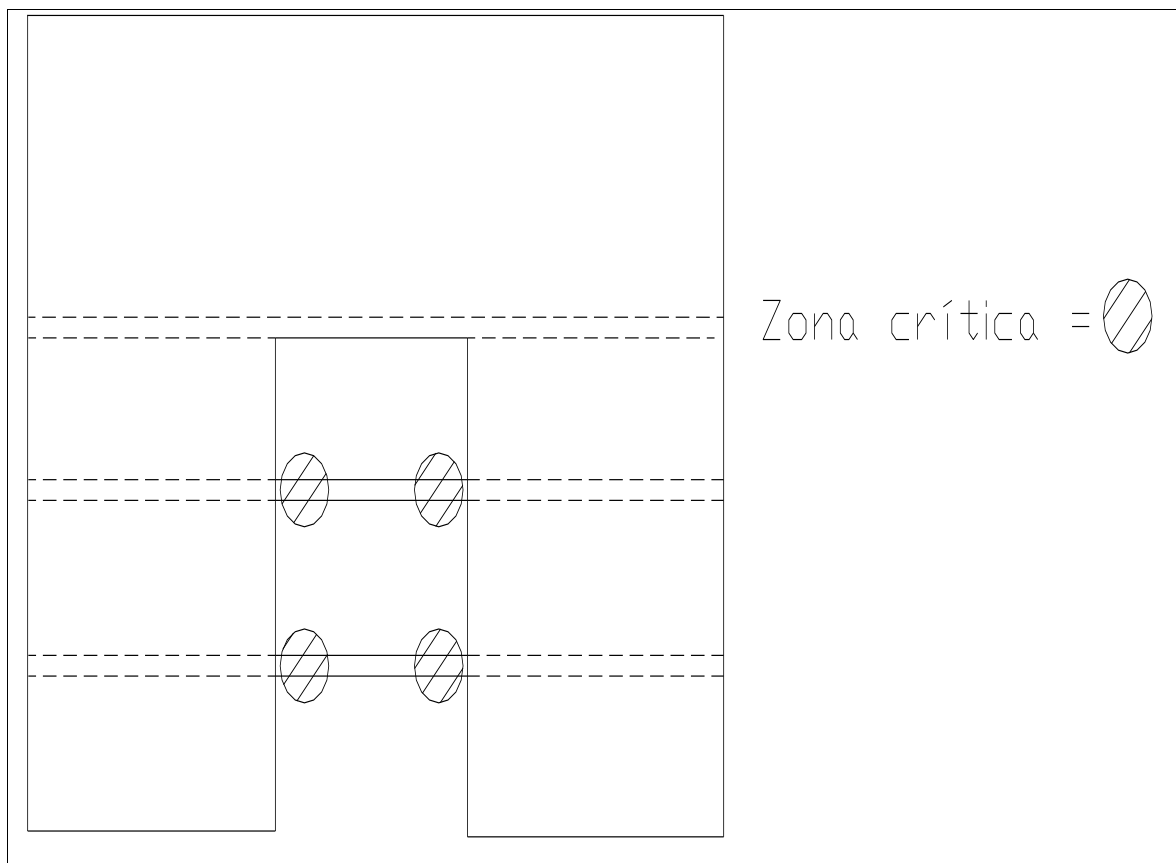
El cuidado que se debe tener al utilizar este sistema es, que la diferencia de rigidez que exista entre la zona rigidizada (donde se encuentran las paredes) y el resto de la estructura, no sea tan grande ya que las fuerzas laterales se concentrarán en esta zona y así se transmiten a áreas concentradas de la cimentación o pueden generarse solicitaciones excesivas en los elementos que conectan el resto de la estructura con las zonas rigidizadas, en la Fig. 2. 41 se muestra un esquema de este sistema.



**Fig. 2. 41 Modelo en tres dimensiones y planta de una edificación con sistema dual.**



Como se había mencionado anteriormente, si la diferencia de rigidez que exista entre la zona rigidizada (donde se encuentran las paredes) y el resto de la estructura, es grande, las fuerzas laterales producidas por el sismo se concentrarán en esta zona, generando fuerzas de corte y momentos flexionantes altos, generando por ende zonas críticas en estos puntos de unión entre las paredes estructurales y las vigas del marco tal como se muestra en la Fig. 2. 42.



**Fig. 2. 42 Zona crítica en las vigas de unión del sistema dual.**

### **2.3.3.1. Comportamiento de los elementos estructurales del sistema dual.**

Debido a que el sistema dual es una combinación de los sistemas de marco y de paredes estructurales, estará formado por:

1. Columnas.
2. Vigas.
3. Paredes estructurales.

El comportamiento de todos estos elementos es igual al comportamiento que ya fue descrito con anterioridad en la sección 2.3.1.1 de este trabajo de investigación (comportamiento de los elementos estructurales del sistema de marcos) y en la sección 2.3.2.1 (comportamiento de los elementos estructurales del sistema de paredes) y por ello no se considera necesario repetirlo.

En cuanto al modo de falla en los elementos del sistema dual, también es similar a lo modos de fallas descritos en las secciones antes mencionadas.

El único dato interesante es que el modo de falla que predomina en las vigas de unión debida a los sismos es por la tensión diagonal producida por el cortante.

## **2.4. SISTEMAS DE ENTREPISO.**

Indistintamente del sistema estructural que se tenga en una edificación, los entrepisos son los elementos estructurales que soportan, directamente, las cargas muertas y las cargas vivas a las que estará sometida, durante su vida útil, la edificación y transmitir las al sistema de fundación a través de las vigas y columnas o las paredes estructurales (dependiendo del tipo de sistema estructural de la edificación).

Además de lo anterior, la distribución del cortante en los diversos elementos del sistema vertical resistente a fuerzas laterales, en proporción a sus rigideces, se hace considerando la rigidez del diafragma (losa).

En nuestro país los entrepisos más utilizados son hechos de concreto reforzado (losa densa o prefabricada), recientemente se ha comenzado a utilizar el sistema de metal deck, el cual es una placa metálica que se utiliza como encofrado, con la particularidad que esta placa queda adherida permanentemente en la losa, formando parte integral del sistema de entrepiso como se muestra en Fig. 2. 43.



**Fig. 2. 43 Empleo de placa metálica para la construcción del sistema de entrepiso.**

Dependiendo de la manera en la que transmiten las cargas las losas se pueden clasificar como:

- a) Losa en una dirección:** es la que se apoya únicamente en dos lados opuestos o que su acción estructural es fundamentalmente en una dirección, ya que transmite las cargas en la dirección perpendicular a la de las vigas de apoyo.

Las losas unidireccionales dependiendo de su proceso constructivo pueden ser:

- 1. Losa densa** (cuando su relación lado largo / lado corto es mayor de 2).

En nuestro país este tipo de losa se construye utilizando un armado de acero y un sistema de encofrado (el cual es retirado posteriormente), luego se vierte (colado) el

concreto teniendo cuidado de guardar el nivel en toda la superficie de la losa para darle el peralte requerido (por lo general varia de 10 a 15 cm.).

Estas losas se apoyan sobre vigas en los ejes de columnas a lo largo de cada panel o tablero de la losa.

Las vigas perimetrales son por lo general de concreto colado monolíticamente con la losa, en la Fig. 2. 44 se muestra un ejemplo de este tipo de entrepiso.

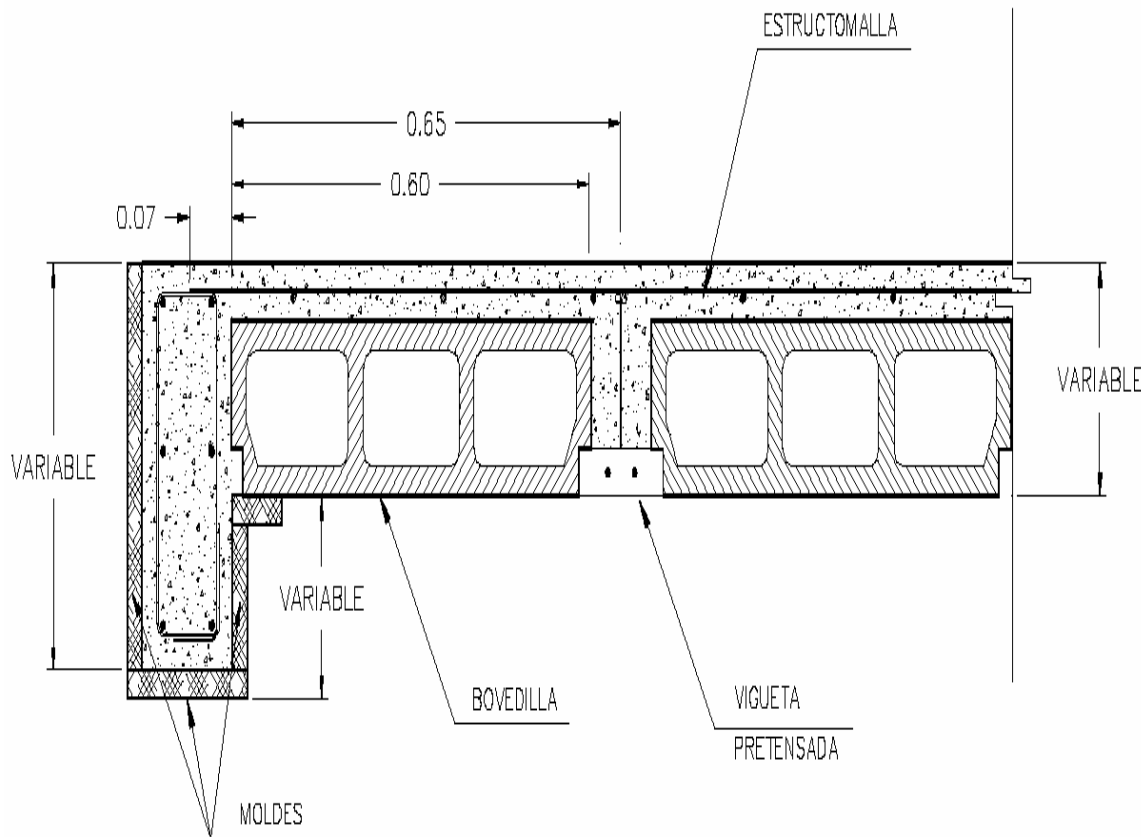


**Fig. 2. 44 Sistema de entrepiso de losa densa.**

## **2. Losa prefabricada.**

En nuestro país existen varias empresas que fabrican y distribuyen una gran variedad de este tipo de entrepiso y son conocidas también como nervaduras o viguetas. Este tipo de entrepiso consta de una serie de pequeñas vigas en forma de T de concreto reforzado con poco espaciamiento entre sí, que se apoyan en vigas principales de

concreto coladas monolíticamente. En la se muestra un ejemplo de losa prefabricada (nervada).



**Fig. 2. 45 Sistema de entrepiso a base de viguetas prefabricadas.**

**b) Losa en dos direcciones:** es la que se apoya en los cuatro lados o que su acción estructural es fundamentalmente en las dos direcciones, ya que transmite las cargas en la dirección perpendicular a la de las vigas de apoyo en cada uno de los lados.

Las losas bidireccionales dependiendo de su proceso constructivo pueden ser:

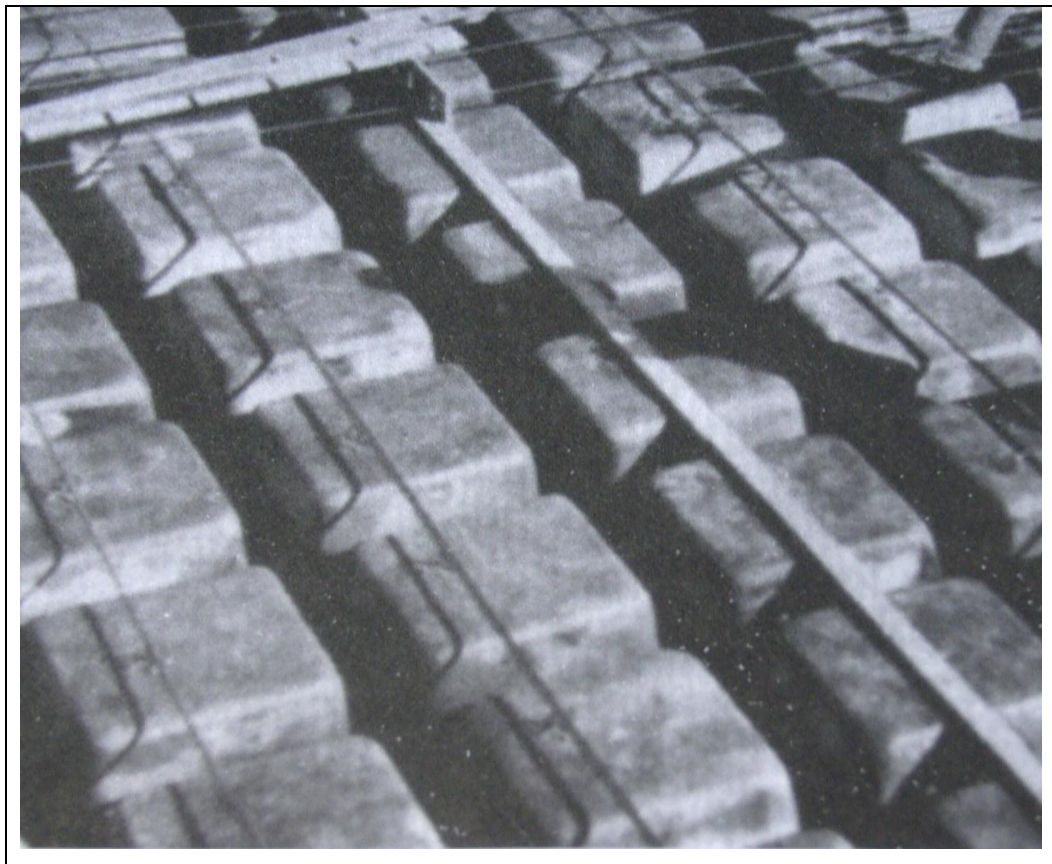
**1. Losa densa o maciza** (cuando su relación lado largo / lado corto es menor de 2).

Esta es similar a la descrita para el caso de las losas en una dirección, con la variante que su relación lado largo / lado corto es menor de 2 y es por ello que carga en dos direcciones.

## 2. Losa prefabricada o nervada (reticular).

Al igual que en el sistema prefabricado (vigueta) descrito en el caso de las losas en una dirección, el peso muerto de las losas en dos direcciones puede reducirse en forma considerable creando espacios vacíos. En la mayor parte, el concreto eliminado está en tensión y es por tanto inefectivo (ya que el concreto no trabaja a tensión), de modo que el entrepiso más liviano tiene prácticamente las mismas características estructurales que la losa densa.

Los vacíos se crean utilizando formaletas en forma de domos como los mostrados en la Fig. 2. 46, que se retiran cuando el concreto de la losa ha endurecido para su reutilización, en la Fig. 2. 47 se muestra un esquema de una sección de este tipo de entrepiso.



**Fig. 2. 46 Formaletas en forma de domos utilizadas en el sistema de losa reticular.**

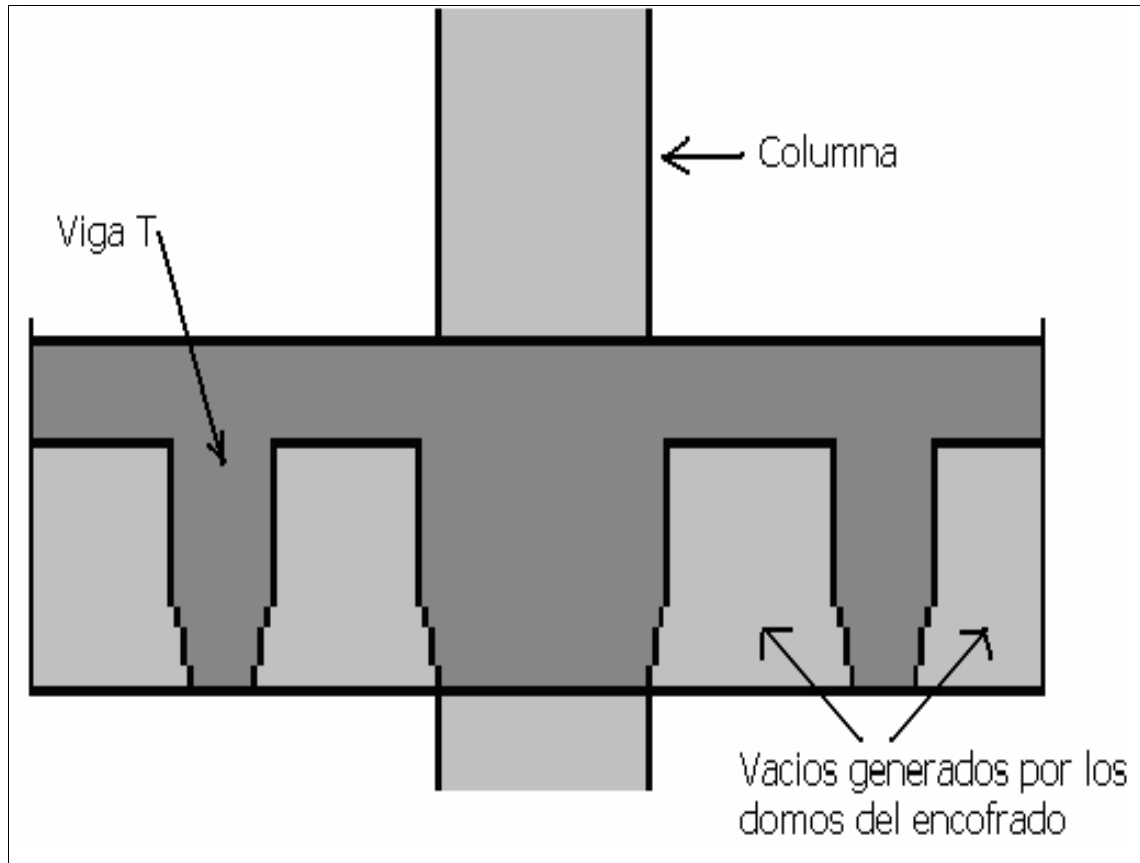


Fig. 2. 47 Esquema de una sección de una losa reticular.

### c) Losas planas.

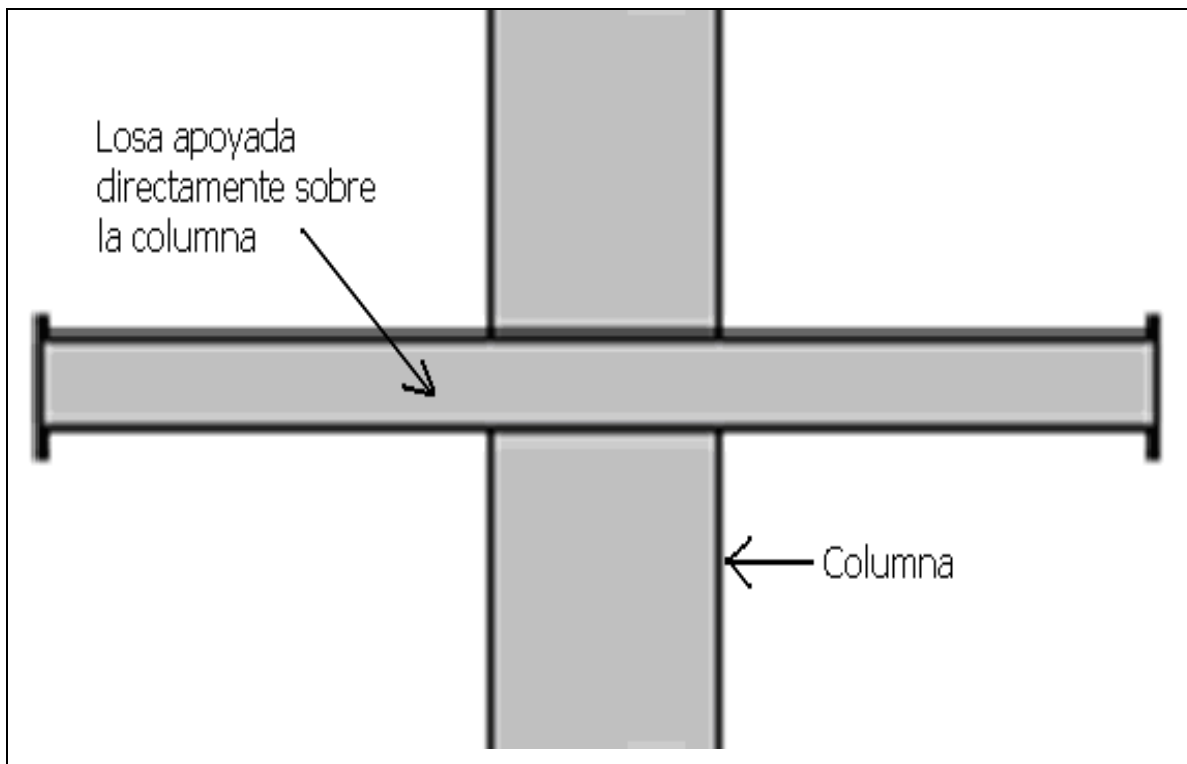
Este tipo de losa se apoya directamente sobre las columnas sin utilizar vigas primarias o secundarias, puede incorporar o no una región con un sobre espesor en las cercanías de las columnas y utiliza columnas con forma acampanada en la parte superior, para reducir los esfuerzos generados por cortante y flexión negativa alrededor de las columnas.

El sobre espesor de la losa se conoce como **ábaco** y la forma acampanada de la columna se llama un **capitel de columna**, ambos tienen un doble propósito; por un lado aumentan la resistencia a cortante del sistema de entrepiso en la región crítica alrededor de la columna y por otro lado proporcionan una altura efectiva mayor para el acero de flexión en la región de alto momento flector negativo sobre el apoyo.

Dependiendo del proceso de construcción las losas planas pueden ser:

1. **Losa densa o maciza.**
2. **Losa prefabricada o nervada.**

En la Fig. 2. 48 se muestra el esquema de una sección de una losa plana.



**Fig. 2. 48** esquema de la sección de una losa plana.

Además de conocer los diferentes tipos de losa que según el capítulo 11 de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto (Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos, 1996) se pueden construir en nuestro país, es importante conocer el comportamiento de los sistemas de entrepiso. A continuación se desarrolla este importante tema.

#### **2.4.1. Comportamiento de los sistemas de entrepiso.**

Para comprender el comportamiento de los sistemas de entrepiso, primero hay que tener claro el concepto de un **diafragma rígido** y uno **flexible**. De acuerdo con la



sección 4.4.2 de la Norma Técnica para Diseño por Sismo de nuestro país se establece que un diafragma puede considerarse **flexible** cuando la máxima deformación lateral del diafragma sea mayor que dos veces la deriva promedio de entrepiso. A pesar que no se da la definición de diafragma **rígido** se deduce que es aquel en el que la máxima deformación lateral del diafragma sea menor o igual que dos veces la deriva promedio de entrepiso.

Un comportamiento flexible de un diafragma implica que existirán deformaciones laterales no uniformes, las cuales son perjudiciales en primer lugar para los elementos no estructurales adosados al diafragma y finalmente la distribución de fuerzas laterales no se hará de acuerdo a la rigidez de los elementos verticales.

En los métodos de análisis sísmico se asume que los sistemas de entrepiso (incluso los de techo) constituyen diafragmas horizontales infinitamente rígidos y capaces de realizar la distribución de fuerzas a los elemento estructurales verticales sin deformarse. Esta hipótesis es generalmente válida, ya que los sistemas de entrepiso de concreto descritos anteriormente poseen alta rigidez para fuerzas en su plano.

Cuando las fuerzas producidas por un sismo sobrepasan la capacidad de resistencia del sistema de entrepiso pueden ocasionar daños permanentes en la losa, los cuales se evidencian por la aparición de grietas, la caída del recubrimiento e incluso la visualización del acero de refuerzo.

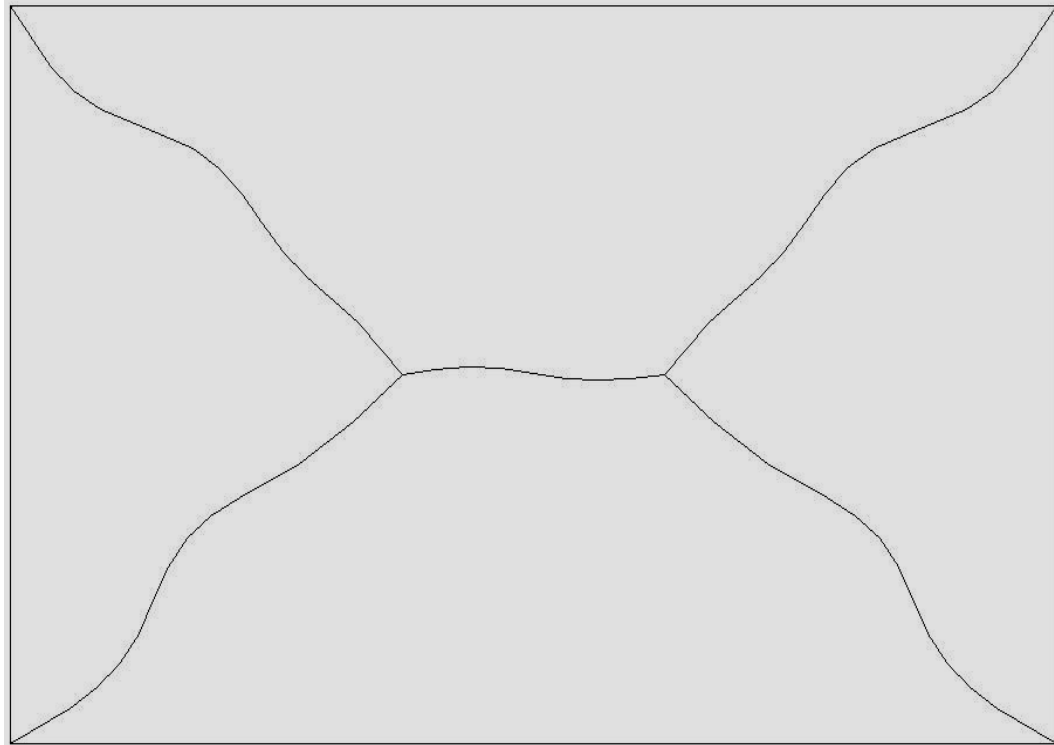
Las edificaciones ubicadas cerca de la costa están más propensas a sufrir daños en los sistemas de entrepiso debido a la reacción del concreto con la sal, que transporta el viento, del agua de los mares. Independientemente del sistema estructural y del proceso constructivo el sistema de entrepiso, estará sometido a cargas por:

1. Flexión.
2. Cortante.

### **1. Flexión.**

La flexión produce grietas en las losas que están apoyadas en su perímetro a través de vigas (sistema de marcos o dual) o por paredes estructurales (sistema de

paredes o dual), que se originan y se alargan hacia las esquinas. Como se muestra en la Fig. 2. 49.



**Fig. 2. 49 Patrón de grietas en una losa debido a la flexión.**

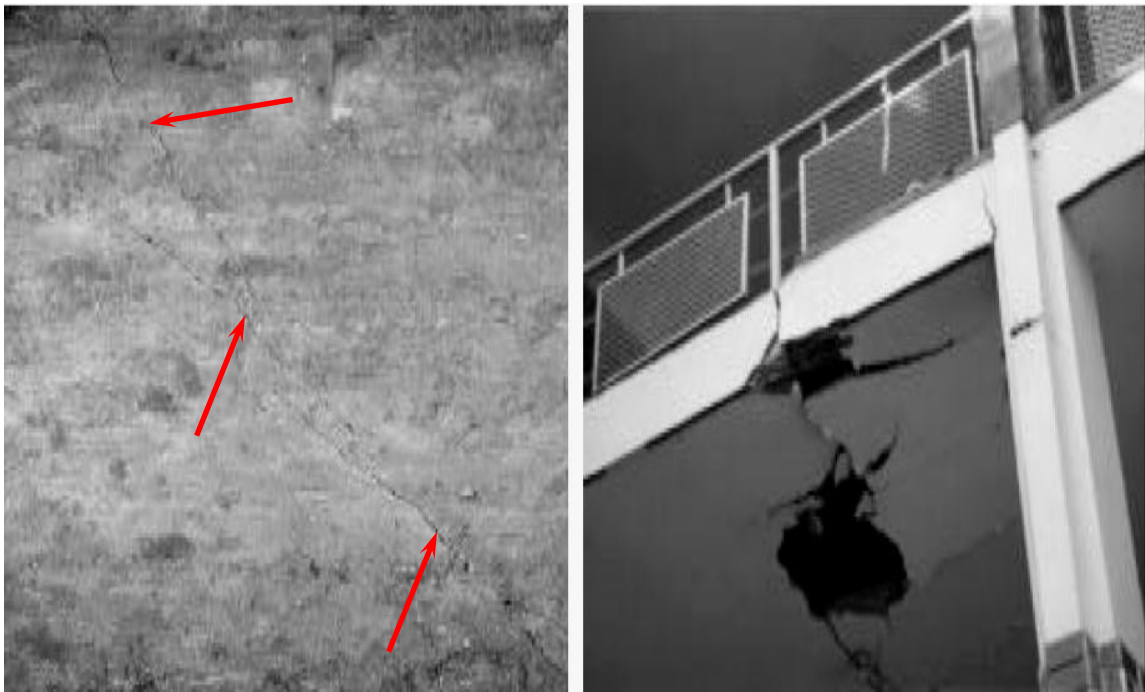
## **2. Cortante.**

En el caso de los sistemas estructurales estudiados en este trabajo de graduación, la falla por cortante es poco probable, ya que esta se presenta en las losas planas (densas), las cuales se apoyan directamente sobre las columnas y carecen de vigas de apoyo como se muestra en la Fig. 2. 50. En este tipo de losas, el cortante es crítico ya que puede producir el efecto de punzonamiento en la losa (similar al que se produce en las zapatas) debido a la distribución de cargas que se da en la zona en la que la losa se apoya en la columna.

En la Fig. 2. 51 y en la Fig. 2. 52 se muestran más ejemplos de fallas por flexión y la combinación del cortante y la flexión.



**Fig. 2. 50** Grietas alrededor de una de las columnas en la que se apoya una losa plana ([http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/murillo\\_j\\_cg/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo5.pdf)).



**Fig. 2. 51** Grietas por flexión (izquierda) y falla combinada por flexión y cortante (derecha) en losas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).



**Fig. 2. 52 Grietas en el sistema de entrepiso producidas por flexión**  
([http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/murillo\\_j\\_cg/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo5.pdf)).

## **2.5. CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN DE EDIFICACIONES.**

Además de conocer el comportamiento y los tipos de fallas de los diferentes elementos estructurales, es necesario que los profesionales encargados de evaluar las edificaciones dañadas por sismos tengan conocimiento acerca de los factores pre-existentes que pueden influir en el comportamiento de la edificación al estar sometido a cargas generadas por un sismo independientemente del sistema estructural que tenga.

Dentro de estos factores pre-existentes se encuentran:

- ✓ La configuración arquitectónica.
- ✓ La configuración estructural.

La configuración no es únicamente la forma espacial de la construcción, si no también el tipo, disposición, resistencia y geometría de la estructura de la edificación, de

todos estos aspectos y de su relación se derivan ciertos problemas de la respuesta estructural de la edificación antes un sismo.

Configuraciones complejas, es decir que se alejan mucho de formas simples, son castigadas fuertemente por los sismos, a esto se le agrega, según un estudio hecho por la OPS (Organización Panamericana de la Salud, 2004), el hecho que los métodos de análisis sísmico actuales no logran cuantificar adecuadamente la mayoría de estos problemas de configuraciones complejas.

En la sección 4.5.2 de nuestra Norma Técnica para Diseño por Sismo la configuración arquitectónica y la estructural es considerada en los efectos ortogonales y en el diseño de las columnas, ya que éstas deben tener la resistencia adecuada para absorber la fuerza axial resultante de la acción sísmica.

Todas éstas consideraciones de irregularidad no están abordadas de una manera detallada, si no que únicamente se dan a manera de algunos lineamientos y disposiciones para diseñar edificios más complejos que presenten un comportamiento sísmico adecuado.

En los comentarios de la sección 3.5.1 de la Norma Técnica para Diseño por Sismo se menciona que “al establecer requisitos sobre irregularidades se reconoce que el uso de un modelo elástico en el análisis dinámico puede detectar y corregir los efectos de respuesta de algunos tipos de irregularidades solamente. Se considera que otros efectos de las irregularidades se resuelven a través de detalles de diseño y otras consideraciones analíticas tales como limitaciones en el desplazamiento horizontal del piso y efectos torsionales.”

El comentario anterior es una clara evidencia que en nuestra norma las irregularidades (arquitectónicas y estructurales) no están consideradas de una manera profunda en el diseño de las edificaciones y que los efectos que éstas producen en las estructuras al momento del sismo se deben tratar de resolver a través del refinamiento de los detalles del acero de refuerzo y en las limitaciones de la deriva de entrepiso y los efectos ortogonales.

### **2.5.1. Configuración Arquitectónica.**

La configuración arquitectónica es el arreglo espacial en planta y elevación de los diferentes elementos estructurales y no estructurales que conforman la edificación, así como la forma geométrica y la dimensión de los mismos. La configuración arquitectónica la podemos dividir en configuración geométrica en planta y configuración geométrica en elevación. A continuación se describen cada una de ellas.

#### **1. Configuración geométrica en planta.**

Estos problemas se refieren a la disposición de la estructura en el plano horizontal, relacionado con la forma y distribución del espacio arquitectónico. Muchos de los problemas que tienen que ver con la configuración en planta, se presentan cuando las plantas son continuas, es decir cuando no se les dejan las juntas de dilatación necesarias para separar los diferentes cuerpos de la edificación. Los elementos que conforman la configuración geométrica en planta son:

**a) La longitud de la planta.**

**b) Distribución o forma de la planta.**

**a) Longitud de la planta.**

Este factor influye mucho en el comportamiento y respuesta de la edificación ante la excitación que experimenta por el sismo. Ya se había mencionado que un sismo libera energía a través de ondas sísmicas, las cuales se propagan desde el interior de la tierra a diferentes velocidades según las características de masa y rigidez del suelo en el que está cimentada la edificación, la excitación que se tiene en un punto determinado de apoyo de la estructura (la cual genera esfuerzos torsionales) en un momento dado, difiere de la que se pueda generar en otro, esta diferencia aumenta a medida que aumenta la longitud en planta de la edificación en la dirección de propagación de las ondas.

En base a lo antes expuesto podemos concluir que un edificio que tenga una longitud mayor en una de sus direcciones, será castigado con una mayor severidad que el

lado corto, esto se debe a que será más sensible a las componentes torsionales de los movimientos del terreno, ya que esta rotación depende de la diferencia entre el movimiento transversal y el movimiento longitudinal del terreno de apoyo, diferencia que será mayor en cuanto mayor sea la longitud del edificio. Este problema puede minimizarse con el uso de juntas de dilatación, para separar en diferentes cuerpos la edificación y obtener así edificios cortos los cuales se acomodan con mayor facilidad a las ondas.

Ya que en nuestra Norma Técnica para Diseño por Sismo no hay ningún parámetro para identificar o poder cuantificar cuándo un edificio es largo, podemos utilizar las definiciones dadas por E. Bazan y R. Meli en su libro “Diseño Sísmico de Edificios”, en el que establecen que debe evitarse tener una relación largo/ancho de la planta del edificio **mayor de 4** (ver Fig. 2. 53). También la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica en uno de sus estudios (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003), establece que una planta se considera larga cuando su relación largo/ancho es **mayor de 3**; será este último criterio con el que nos quedaremos por ser más conservador.

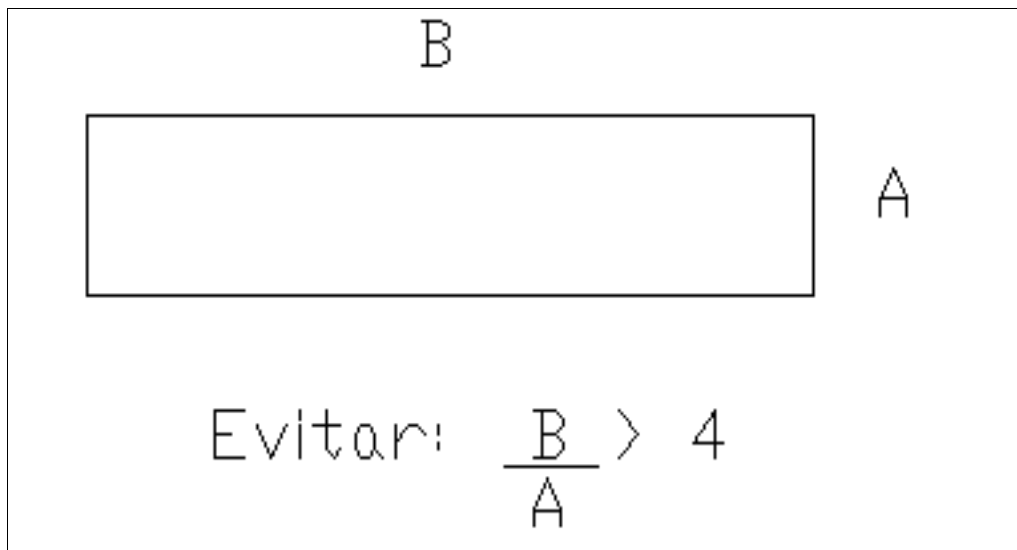


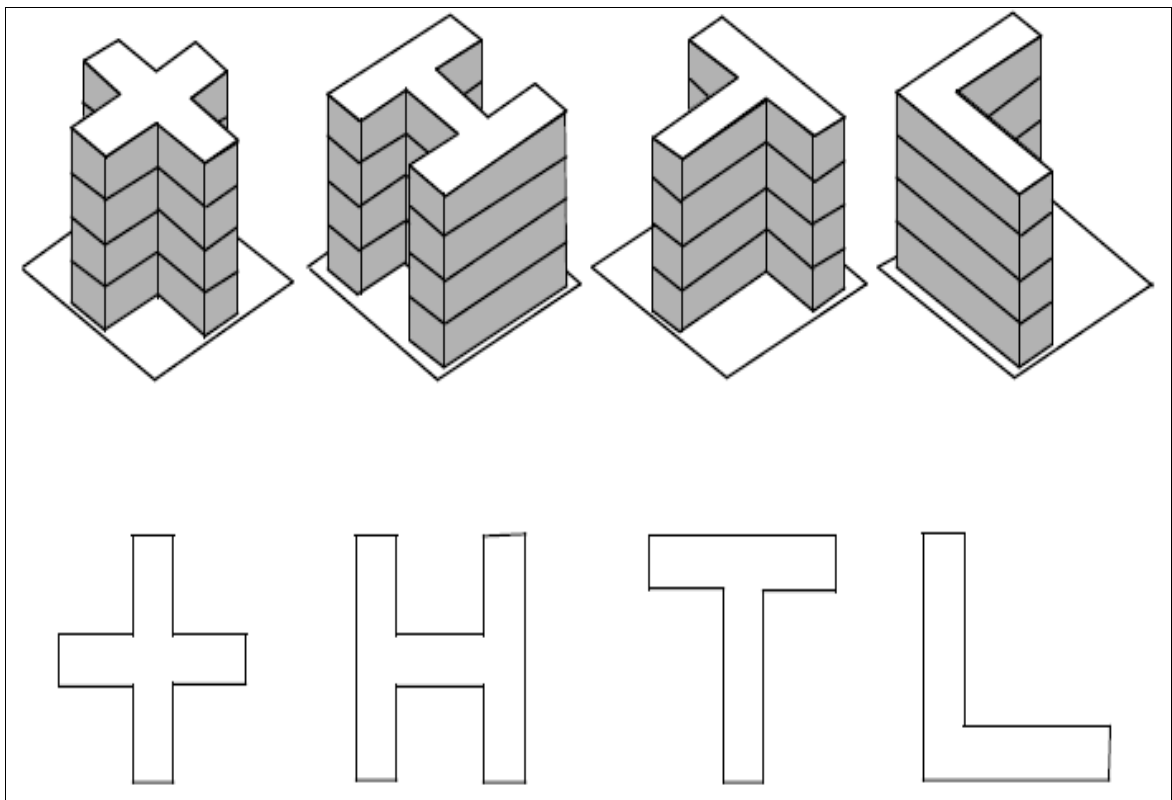
Fig. 2. 53 Relaciones recomendadas para lo lados de la planta de un edificio (Bazan y Meli, 2004).

**b) Distribución o forma de la planta.**

Es importante que los evaluadores reconozcan cuando estén ante el caso de una edificación que tenga una planta irregular.

Un criterio muy sencillo para saber si una edificación tiene una planta irregular es que si trazamos una línea imaginaria para unir dos puntos de esquinas, que estén lo suficientemente alejados en la planta del edificio y esta línea pasa fuera de la planta en una buena parte del recorrido, podremos decir que estamos ante un caso de un edificio con planta compleja.

Este caso lo tenemos con plantas compuestas por alas o salientes de tamaño significativo las cuales estarán orientadas en diferentes direcciones generando diversas formas (H, U, I, T, L, etc.) como se muestran en la Fig. 2. 54.



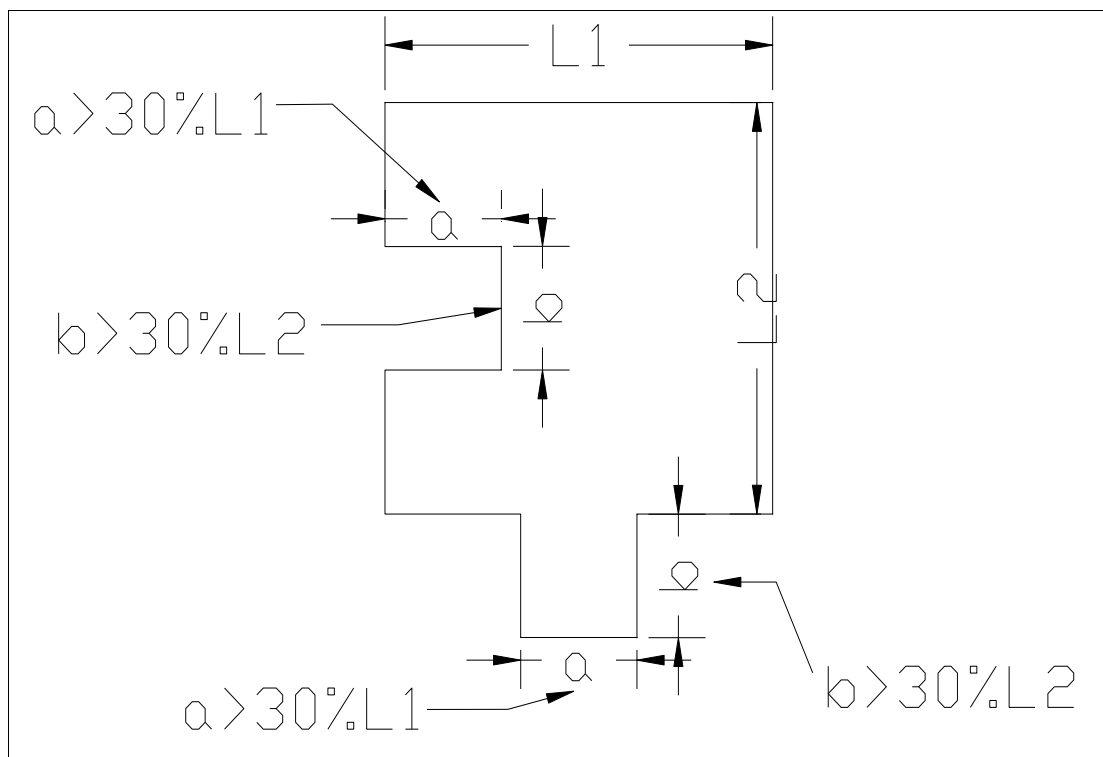
**Fig. 2. 54 Formas de plantas complejas o irregulares (Organización Panamericana de la Salud, 2004).**



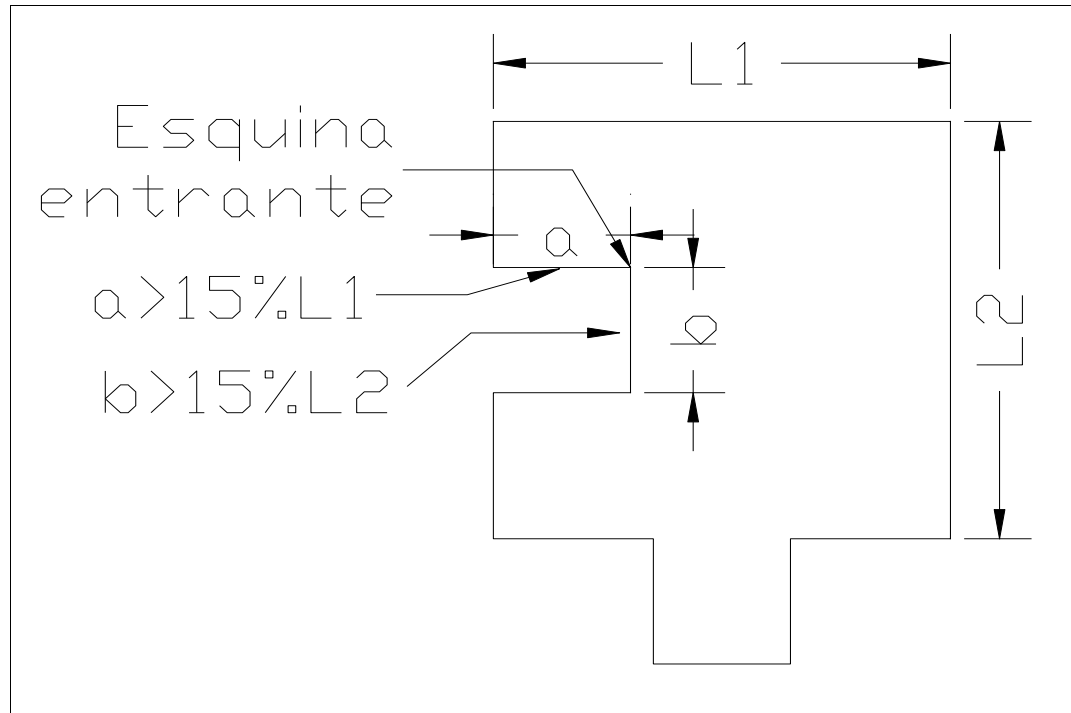
Otra manera más formal para identificar una planta irregular es la que establece la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica en uno de sus estudios (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003), el cual establece que cuando existan entrantes o salientes en la planta, se consideraran perjudiciales cuando estos excedan en un 30% la dimensión de la planta, medida paralelamente a la dirección en la que está la saliente o entrante (ver Fig. 2. 55).

En relación con este tema, en la tabla 6 de La Norma Técnica para Diseño por Sismo de nuestro país, se define la existencia de la irregularidad de tipo esquina entrante cuando ambas proyecciones de la estructura más allá de una esquina entrante sean mayores que el 15 % de la dimensión en planta de la estructura en la dirección considerada (ver Fig. 2. 56).

En la presente investigación utilizaremos (en la propuesta metodológica) el criterio establecido por la Norma Técnica para Diseño por Sismo de nuestro país por ser más conservadora.



**Fig. 2. 55 Criterio del 30% para entrantes y salientes en la planta de una edificación.**



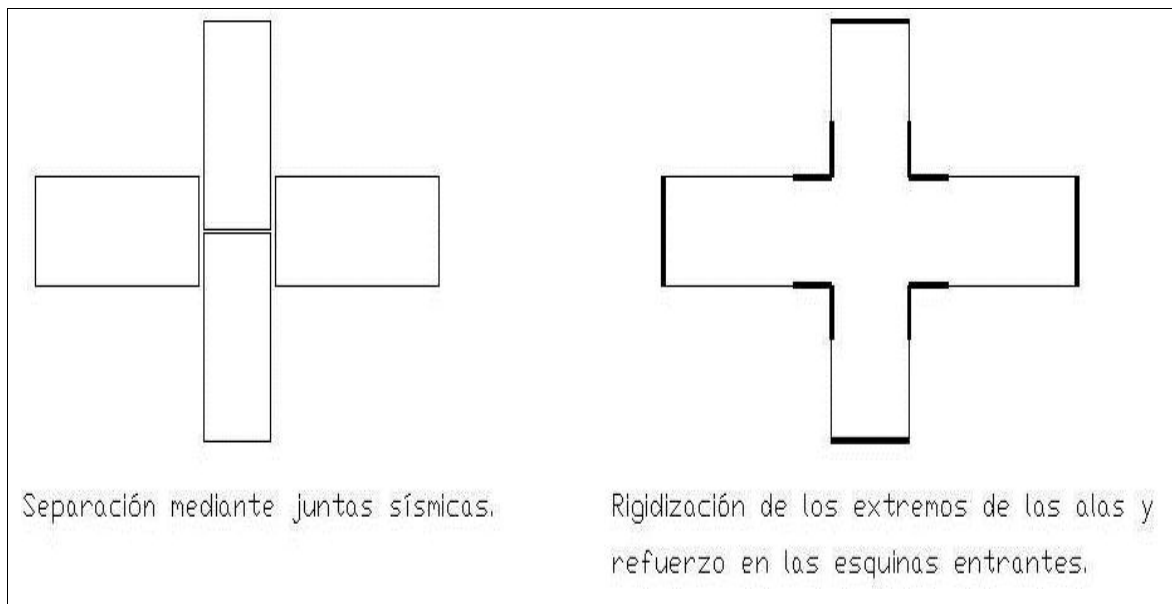
**Fig. 2. 56 Criterio del 15% para entrantes y salientes en la planta de una edificación.**

Los salientes o alas de las plantas de la Fig. 2. 54, las podemos idealizar como voladizos empotrados en el resto del cuerpo del edificio, en este lugar (en que se empotran o unen) tendrán menos libertad para deformarse que en el resto del ala. Por esta razón se producirán grandes esfuerzos en la zona de transición (unión), los cuales producen con frecuencia daños en los elementos no estructurales, en la estructura vertical y aún en el diafragma de la planta. La manera en la cual podemos disminuir este problema, sería con la implementación de juntas de dilatación o con elementos que den mayor rigidez en la unión del ala con el resto del cuerpo como se muestra en la Fig. 2. 57).

Además de los salientes y entrantes, una irregularidad en planta también la constituyen aberturas en las losas. En la tabla 6 de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de estructuras de Concreto de nuestro país, se establece que un diafragma (losa) tiene una discontinuidad cuando existen cambios abruptos o variaciones en la rigidez, tales como recortes o aberturas mayores del 50% del área bruta de la planta del edificio.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003) establece que existe una irregularidad en planta cuando el área de la abertura es mayor del 30% del área de la planta.

El criterio que utilizaremos en este trabajo de graduación será el del 30% por ser más conservador.



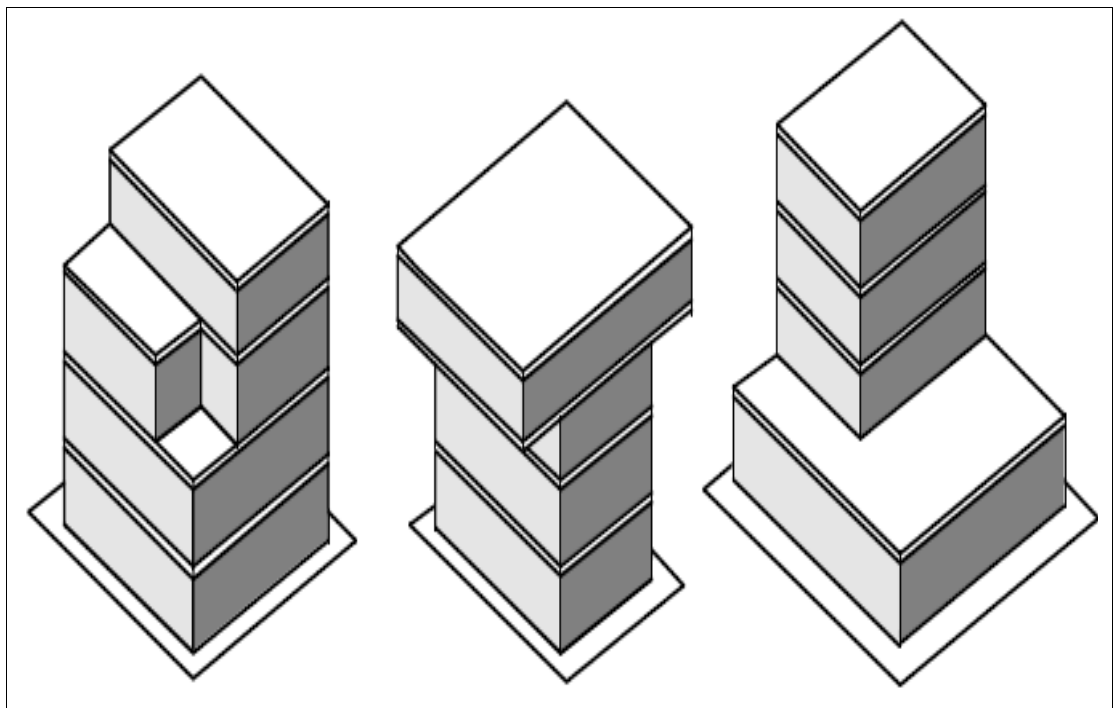
**Fig. 2. 57 Opciones para solucionar edificaciones con alas muy largas.**

## **2. Configuración geométrica en altura.**

Otra de las irregularidades geométricas que las personas que realicen la evaluación de las edificaciones dañadas por los un sismo, deberán ser capaces de identificar la irregularidad en altura. La altura afecta el período fundamental del edificio, la relación de esbeltez, la altura de cada entrepiso, el tipo de material a utilizar para construir el edificio y el sistema estructural, así como la cantidad y distribución de la masa. Todos estos aspectos afectan en la magnitud del cortante basal del edificio, es por ello que debe procurarse una distribución en altura simétrica, para que la distribución del cortante uniforme y proporcional a la rigidez de cada elementos estructural que forme el sistema resistente a cargas. La irregularidad en altura se conoce con el nombre de escalonamiento, el cual se describe a continuación.

**a) Escalonamientos.**

Este problema de configuración en altura se refieren a cambios en el volumen o forma en la distribución en altura del edificio, estos cambios brusco en la elevación son causa de cambios abruptos de rigidez y de masa desde el punto de vista sísmico, esto trae consigo la concentración de fuerzas que producen daño en los pisos aledaños a la zona en la que se dan estos cambios bruscos ver Fig. 2. 58.



**Fig. 2. 58 Formas irregulares en altura (Organización Panamericana de la Salud, 2004).**

Los escalonamientos invertidos se deben evitar, ya que presentan problemas graves de inestabilidad por el posible volteo que se puede generar al momento de producirse el sismo debido a la desuniforme distribución de masa. Si es necesario realizar un escalonamiento por motivos de exigencias urbanísticas de iluminación, proporción, etc. Debe tratarse que el cambio sea lo más suave posible y que se de una reducción de volumen de abajo hacia arriba, es decir que debemos ubicar las áreas más grandes en los niveles inferiores para minimizar la concentración de fuerza en las zonas de transición.

En la tabla 6 de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de estructuras de Concreto de nuestro país se establece que existe una irregularidad en altura cuando la dimensión horizontal del sistema resistente a cargas laterales en cualquier entrepiso es mayor que el 130 % de la de un entrepiso consecutivo.

Otro criterio es, el que establece la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998) el cual está basado en la determinación del índice de esbeltez (relación entre la altura de la edificación y la menor dimensión de la base); si el índice es menor de 2.5 la edificación tiene regularidad en altura, pero si es mayor de 4 la edificación se considera irregular en altura.

Utilizaremos este último criterio por ser más fácil de obtener y visualizar en campo al momento de estar realizando la evaluación de una edificación.

### **2.5.2. Configuración estructural.**

La configuración estructural es la concepción del sistema estructural de una edificación, es decir, la distribución y el arreglo de los elementos estructurales que conforman el sistema resistente de fuerzas (gravitacionales y laterales) de la edificación, para garantizar que estos tengan la dimensión y ubicación adecuada para soportar, sin colapsar, las fuerzas que se generen al momento del sismo. Dentro de la distribución de los elementos estructurales se deben evaluar aspectos como la rigidez, la resistencia y ductilidad que se le debe proporcionar a la edificación para que resista las fuerzas generadas por el sismo y no únicamente ver aspectos de espacio con fines arquitectónicos (por motivos funcionales, para entrada de luz o estéticos).

La configuración estructural depende del diseño arquitectónico de la edificación, es decir, de la configuración arquitectónica, es por ello que se debe de llegar a un entendimiento entre el proyectista y los profesionales encargados del diseño estructural de la edificación, para garantizar que la edificación cumpla con la funcionalidad para la que fue pensada y se garantice la seguridad de las personas que la utilicen.

Dentro de la configuración estructural podemos incluir los siguientes elementos, los cuales deben ser evitados por las personas que evalúen los daños de una edificación:

- 1. Pisos suaves.**
- 2. Excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez.**
- 3. Efecto de columna corta.**

- 1. Pisos suaves.**

Este problema de configuración estructural se origina por el diseño arquitectónico de la edificación y afecta a todos los sistemas estructurales usados en nuestro país (de marcos, paredes estructurales y dual) y es necesario que las personas que evalúen los daños en una edificación estén familiarizadas con este tema, para evaluar correctamente las condiciones pre-existentes en la edificación. Los pisos suaves son aquellos que tienen una menor resistencia, menor rigidez o ambas, que el resto de entrepisos. En la tabla 6 de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de estructuras de Concreto de nuestro país se establece que un piso débil es aquel que su resistencia es menor que el 80% de la del entrepiso superior.

La manera en la que las personal que evalúen las edificaciones dañadas por un sismo podrán identificar la existencia de un piso suave o débil es por la existencia de los dos tipos de esquemas arquitectónicos siguientes:

- a) Diferencia de alturas entre pisos.**
- b) Interrupción de elementos estructurales verticales en el piso.**

- a) Diferencia de altura de entrepisos.**

Se da cuando un piso tiene una altura mayor que el resto, esto conduce a un debilitamiento de la rigidez, debido a la mayor altura de los elementos verticales.

En ocasiones buscar un mayor espacio, por razones técnicas (existencia de equipo) o estéticas (imagen del edificio en los niveles de acceso) en los primeros niveles conduce a que se produzca un piso suave ya que los elementos verticales con mayor altura se vuelven inestables al momento del sismo y terminan pandeándose por su mayor esbeltez haciendo que el piso se deslice como se muestra en la Fig. 2. 59.

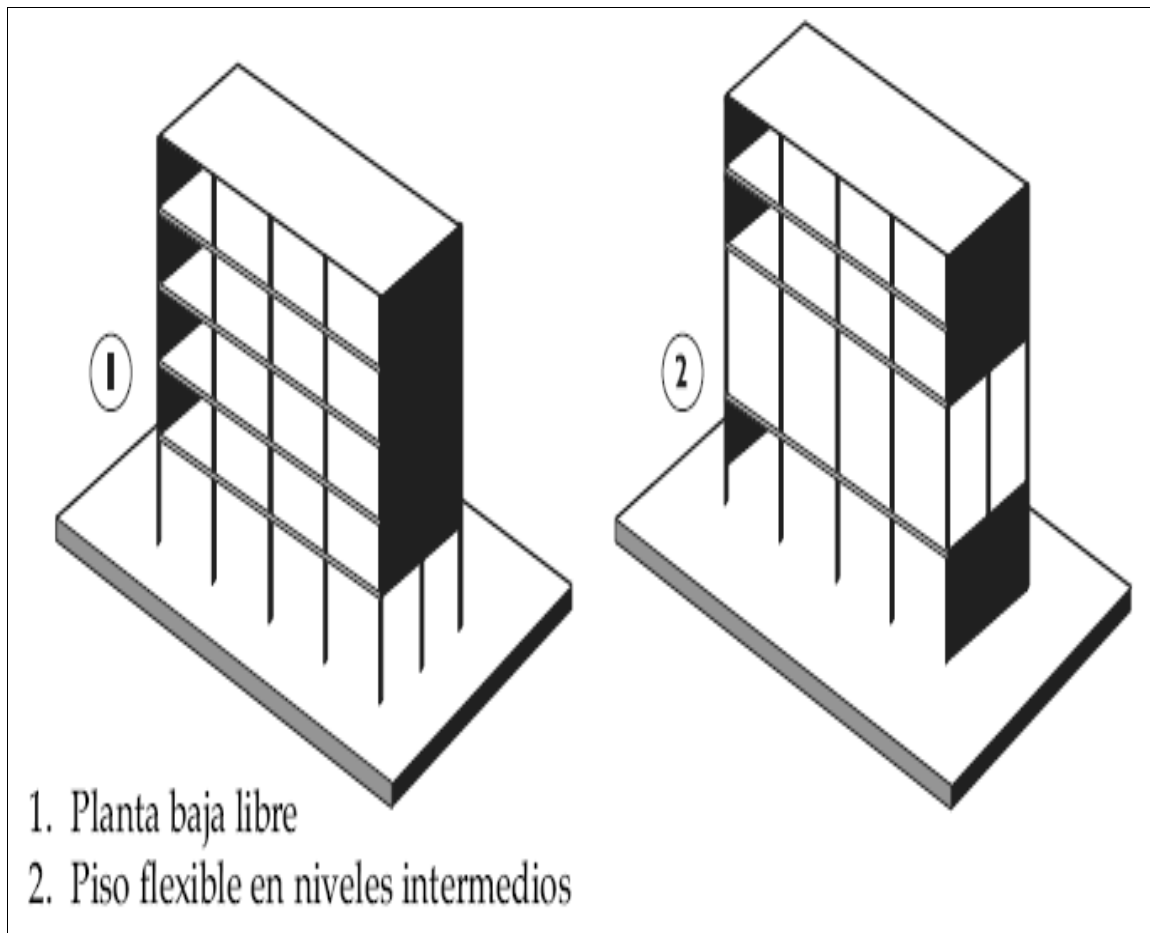


Fig. 2. 59 Edificios con irregularidades de piso flexible (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

#### b) Interrupción de elementos estructurales verticales en el piso.

Esto provoca el deslizamiento del piso, debido a que en el nivel en el que se interrumpen los elementos es más flexible que el resto de pisos, con lo que se aumenta el problema de estabilidad y además porque se origina un cambio brusco de rigidez que ocasiona una acumulación mayor de energía en el piso más débil.

Este problema ha probado ser la causa de múltiples colapsos parciales o totales en edificaciones sometidas a sismo y se agrava cuando la interrupción de elementos verticales resistentes se da en los niveles inferiores.

En la Fig. 2. 60 se muestra un ejemplo de falla por piso débil.



Fig. 2. 60 Efecto de piso débil (<http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartin>)

## 2. Excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez.

La excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez produce un efecto de torsión en la edificación como se muestra en la Fig. 2. 61.

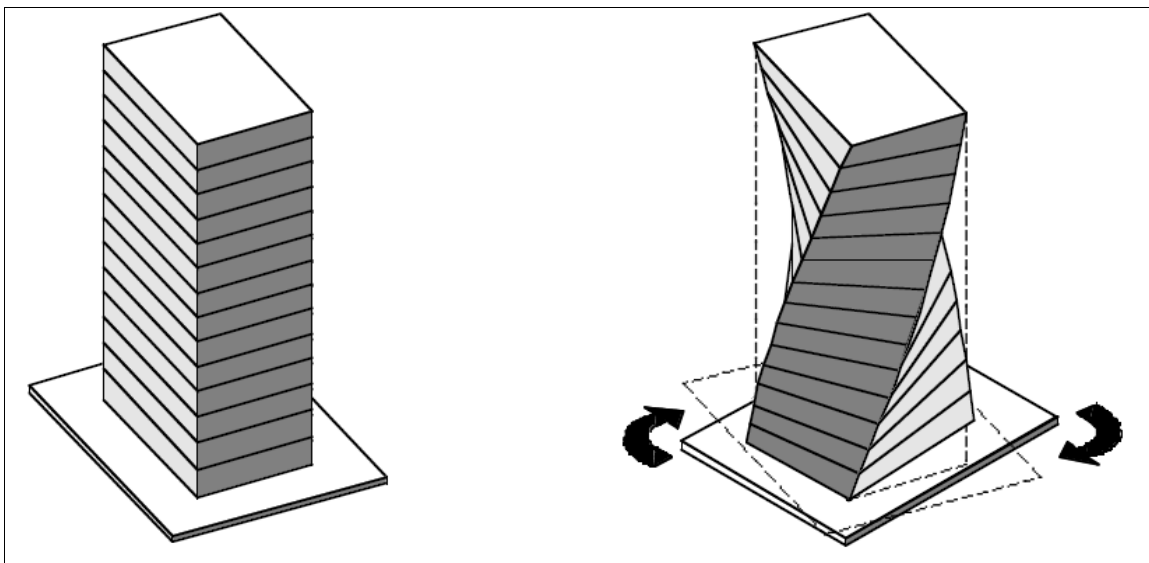


Fig. 2. 61 Problemas de torsión (Organización Panamericana de la Salud, 2004).



La torsión ha sido causa de importantes daños en edificios sometidos a sismos muy intensos, los daños pueden ir desde la distorsión visible, es decir su pérdida de imagen y por ende de confiabilidad, hasta el colapso estructural; es por ello que las personas que evalúen las edificaciones deben tener la capacidad de reconocer los casos en los que se pueda producir este fenómeno.

Los casos más potenciales que pueden dar paso a esta situación son:

- a) **Distribución asimétrica de los elementos que proporcionan rigidez a la edificación.**
- b) **Concentración de grandes masas de manera asimétrica respecto a la rigidez.**
- c) **Por la combinación de las dos anteriores.**

- a) **Distribución asimétrica de los elementos que proporcionan rigidez a la edificación.**

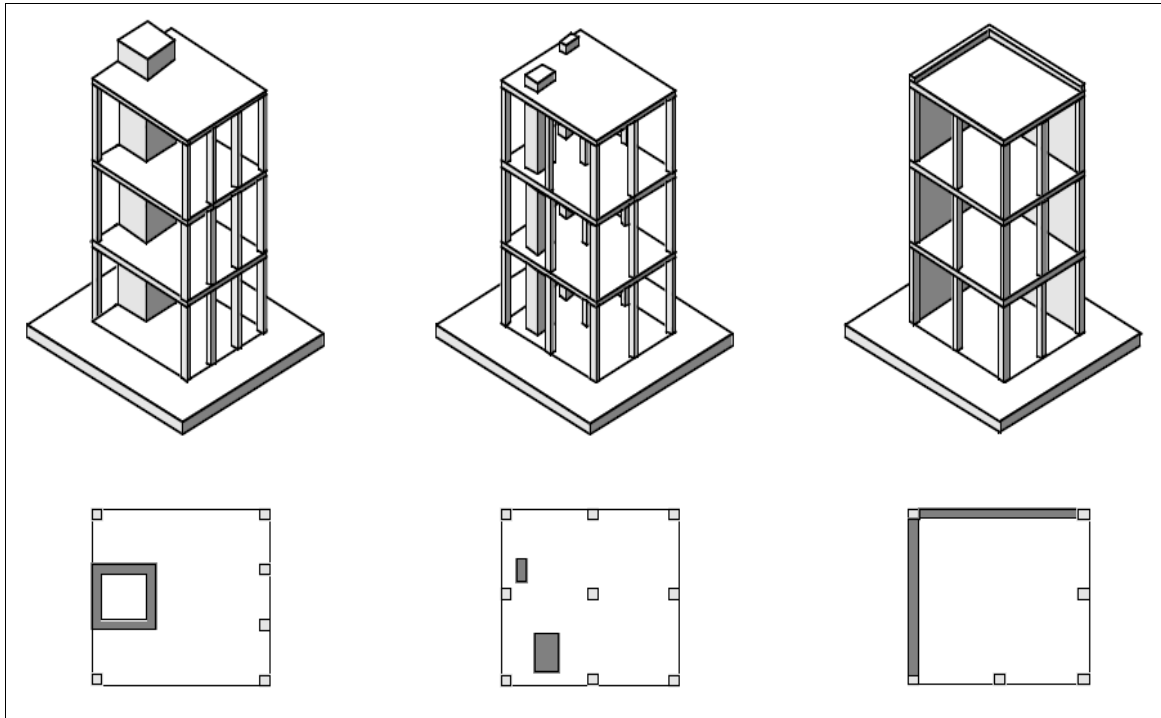
La ubicación de los elementos rígidos de una manera asimétrica respecto al centro de gravedad del piso en cuestión, posiblemente por motivos arquitectónicos de espacio, produce que el centro de rigidez no coincida geométricamente con el centro de masa del entrepiso en cuestión.

- b) **Concentración de grandes masas de manera asimétrica respecto a la rigidez.**

Cuando se tiene una concentración de la masa en algún nivel determinado de la edificación, la cual se puede deber a la existencia en él de equipos pesados, tanques de almacenamiento de agua, bodegas con equipos y herramientas pesadas, archiveros, etc., se tendrá un problema de concentración de masa.

El problema es mayor cuando el nivel con las altas concentraciones de masa se ubica a mayor altura, debido a que las aceleraciones sísmicas son mayores en los niveles más altos de la edificación, esto genera una mayor fuerza sísmica de respuesta en la parte alta del edificio y por ende una mayor posibilidad que el equipo vuelque, se desprenda o colisione con otro equipo o personas.

En la Fig. 2. 62 y en la Fig. 2. 63 se muestran ejemplos de problemas de excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez.



**Fig. 2. 62 Edificaciones con distribuciones asimétricas de rigidez (Organización Panamericana de la Salud, 2004).**



**Fig. 2. 63 Distribución asimétrica de los elementos estructurales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).**

Si existen irregularidades en altura como es el caso de los escalonamientos, la torsión se complica aún más ya que la parte superior del edificio transmite a la inferior un cortante excéntrico, lo cual provoca torsión del nivel de transición hacia abajo, indistintamente de la simetría o asimetría estructural de los pisos superiores e inferiores.

### **3. Efecto de columna corta.**

Las personas que realicen la evaluación deben tener presente que este fenómeno recibe este nombre porque fue en el sistema de marcos en el que se inicio a detectar, pero este efecto no es exclusivo de este sistema, ya que también se puede presentar en el sistema de paredes estructurales y por ende en el sistema dual.

El efecto de columna corta se presenta (en el caso de los marcos y el sistema dual) cuando por razones, por lo general arquitectónicas, el confinamiento lateral de la columna por la pared de relleno no se realiza en toda la altura de la columna, produciendo que la columna quede dividida en una parte (que es la de mayor altura) confinada y en otra parte (la de menor altura) sin confinar.

Al momento de ocurrir el sismo, la columnas no puede disipar la energía ya que tiene restringido su movimiento en la parte baja que está confinada; esta parte confinada trabaja como una sola pared rígida mientras que la porción de la columna que está sin libre para colocar ventanas por lo general, trabaja como una pequeña columna, la cual recibe ella sola la carga lateral para la que fue diseñada la columna completa, provocando de esta manera la falla por cortante en la columna tal como se muestra en la Fig. 2. 64.

En el caso del sistema de paredes estructurales, este efecto se produce cuando por efectos también arquitectónicos (ventanas), las aberturas en las paredes estructurales llegan a dimensiones muy grandes (mayor o igual al 60% de la longitud horizontal de la pared) provocando que la franja de la pared en la que se han hecho las aberturas presente una rigidez menor que la parte sólida. Esta diferencia de rigidez generará que las pilastras (la parte sólida entre cada abertura) que se forman por las aberturas reciban una sollicitación mayor de la que podrían soportar, produciendo la falla por cortante en la pared como se muestra en la Fig. 2. 65.



**Fig. 2. 64 Efecto de columna corta en un sistema de marco de un edificio luego del sismo del 10 de octubre 1986 en nuestro país (Avalos, J. y otros, 1986).**



**Fig. 2. 65 Efecto de columna corta en un sistema de marco de un edificio luego del sismo del 10 de octubre 1986 en nuestro país (Avalos, J. y otros, 1986).**

## **2.6. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.**

En las secciones anteriores se estudiaron, el comportamiento de los elementos estructurales de un edificio, los cuales eran los que le proporcionaban la resistencia a cargas laterales (provocadas generalmente por un sismo) y las cargas por gravedad, así como la estructuración de los mismos y se mencionó que si estos fallaban el edificio podría colapsar parcial o totalmente. Pero un edificio puede quedar en pie e incluso no sufrir daños considerables en su sistema estructural, pero quedar inhabilitado debido a daño en elementos no estructurales.

Entenderemos por **elementos no estructurales** aquellos que no tienen una función directa en el sistema resistente a cargas laterales y gravitatorias del edificio. Los elementos no estructurales pueden verse afectados por sismos moderados pero de mayor frecuencia, mientras los elementos estructurales se verán afectados por sismos muy severos pero poco frecuentes. El costo de los elementos no estructurales en algunos edificios es en ocasiones considerablemente mayor que la de los elementos estructurales (en el caso de hospitales). Un sismo de menor intensidad puede causar daños en los elementos no estructurales de una edificación sin afectar de una manera importante a los estructurales, pero puede llegar a provocar la pérdida de la funcionalidad para la que había sido diseñado o causar daños estéticos que provocan inseguridad en los ocupantes.

### **2.6.1. Clasificación de los elementos no estructurales.**

Los elementos no estructurales se pueden clasificar en las siguientes tres categorías: elementos arquitectónicos, equipos y mobiliarios, e instalaciones básicas.

- ✓ Los elementos arquitectónicos incluyen componentes como paredes exteriores no portantes, paredes divisorias, ventanas, cielos falsos, sistema de alumbrados, etc.
- ✓ Los equipos y mobiliarios incluyen elementos como equipo médico, equipo industrial mecánico, muebles de oficina, recipientes de medicamentos, etc.
- ✓ Las instalaciones básicas incluyen los sistemas de abastecimiento de servicio tales como electricidad, agua, gases médicos, vapor, vacío, comunicaciones internas y externas, etc.

De todos los elementos no estructurales mencionados anteriormente, hay unos que necesitan una mayor atención de parte de las personas que realicen la evaluación y hay otros que por su complejidad deben ser evaluados por personas especializadas en esos elementos (tales como el equipo eléctrico, el equipo médico, el equipo industrial mecánico).

### **2.6.2. Elementos no estructurales necesarios de evaluar.**

Es un error creer que los daños no estructurales son menos importantes que los daños estructurales, ya que aunque no lo parezca, una falla no estructural puede ser tan crítica que inclusive deje fuera de uso (temporalmente) una edificación, debido al peligro que represente para la seguridad de las personas que habitan en la edificación.

Por lo general los daños no estructurales se producen por la unión inadecuada entre las paredes de relleno o divisorios y el sistema estructural, o a la falta de rigidez en el mismo (lo que se traduce en excesivas deformaciones que no logran ser absorbidas por el sistema estructural).

La inspección de los elementos no estructurales debe de incluir todos aquellos que pueden representar un riesgo para la seguridad humana durante el momento en que se produce el sismo. Entre los elementos no estructurales que requieren una mayor atención, se encuentran:

- a) Paredes de fachada.**
- b) Paredes divisorias.**
- c) Cielos falsos y luminarias.**
- d) Techos.**
- e) Escaleras.**
- f) Tanques elevados.**
- g) Sustancias químicas peligrosas (derrame).**
- h) Instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas.**

A continuación desarrollaremos cada uno de ellos.

### a) Paredes de fachada o parapetos.

Hay que tener clara la diferencia entre una pared estructural y una pared de fachada, la primero de estas es aquella que forma parte del sistema estructural resistente a cargas (verticales y horizontales), es decir que transmite cargas de una manera directa a las fundaciones y en caso de colapso, es posible, que la estabilidad de toda la edificación quede en riesgo: En el caso de las paredes de fachada, la función de estos es decorativa y no transmiten de manera directa, cargas al sistema de fundaciones de la edificación.

En la siguiente sección se presentan los tipos de daños que se presentan en las paredes de fachada o parapetos.

Los daños que pueden presentarse en las paredes de fachada o parapetos son:

1. Agrietamientos.
2. Desprendimiento y caída del acabado.
3. Desprendimiento y aplastamiento de las piezas de mampostería.
4. Caída o inclinación apreciable de la pared.

De la Fig. 2. 66 hasta la Fig. 2. 68 se muestran ejemplos de estos tipos de daños.



**Fig. 2. 66 Desprendimiento y agrietamiento de una pared de fachada (izq.) y agrietamiento diagonal en paredes de fachada (dcha.) (Avalos C., J., 1987).**



**Fig. 2. 67** Caída de una pared de fachada (y parapeto en la parte superior)  
(<http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartin>).



**Fig. 2. 68** Desprendimiento de las piezas e inclinación apreciable del parapeto (izq.) y caída del parapeto (dcha.).



## **b) Paredes divisorias o de relleno.**

Por lo general se comete el error de pensar que las paredes de relleno de mampostería en los marcos de acero estructural o concreto reforzado, solamente aumentan la capacidad total a las cargas laterales y que, por ello, siempre serán benéficos para el comportamiento sísmico. Las paredes de relleno traen consigo una reducción en el período fundamental, y un aumento en los cortantes sísmicos, generando con frecuencia una falla de cortante de las columnas del marco. La falla frágil de una pared de relleno de mampostería ha tenido como consecuencia el desprendimiento de las piezas de mampostería sobre la calle, o sobre las escaleras atentando a las vidas de las personas.

El comportamiento de las paredes de relleno cuando existe contacto continuo en todos los bordes entre el marco y el tablero que forma la pared, se puede entender aún bajo la teoría de viga en voladizo, pudiendo predecir con una adecuada certeza la respuesta; el comportamiento de estas paredes se vuelve más complejo cuando aumentan las deformaciones y ocurre la separación entre el marco y la pared debido a las deformaciones por flexión del marco y las de cortantes de la pared ya que son diferentes.

Esta separación puede incurrir entre un 50-70 % de la capacidad última al cortante lateral del relleno, para marcos de concreto reforzado y para cargas mucho menores en marcos de acero estructural. Cuando ya ha ocurrido la separación, la pared actúa como un puntal diagonal con un ancho efectivo menor que el del total de la pared (Dowrick, D., 1978).

Los daños que pueden presentarse en las paredes divisorias o de relleno son:

1. Agrietamientos.
2. Desprendimiento y caída del acabado.
3. Desprendimiento y aplastamiento de las piezas de mampostería.
4. Caída o inclinación apreciable la pared.

En la Fig. 2. 69 y en la Fig. 2. 70 se muestran ejemplos de estos tipos de daños.



**Fig. 2. 69** Agrietamiento y desprendimiento del recubrimiento en pared de relleno (Avalos C., Juan J., 1987).



**Fig. 2. 70** Agrietamiento y desprendimiento del recubrimiento en paredes divisorias (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).

**c) Cielos falsos y luminarias.**

El comportamiento de los cielos falsos ante las cargas generadas por los sismos depende primordialmente de la respuesta sísmica de su soporte, ya que ellos por si solos son sensibles a la deformación y a la aceleración producida por sismos, la deformación de las losas puede causar distorsión horizontal, y la deformación de la estructura principal puede provocar que el cielo falso pierda su soporte y caiga, es recomendable que los paneles livianos de cielo falso no sean frágiles, es decir, deben ser capaces de soportar deformaciones sin quebrarse o agrietarse.

Si el rango de las deformaciones que sufra el diafragma de aluminio es grande puede provocar la caída masiva de los paneles (Ver Fig. 2. 71) lo que constituye una amenaza de posibles lesiones a los ocupantes y puede provocar daños en equipos y bloquear rutas de circulación.



**Fig. 2. 71 Daños en cielos falsos (Organización Panamericana de la Salud, 2004).**

Asimismo, se debe tener cuidado de que las luminarias, que forman parte de los cielos falsos, cuenten con un sistema de soporte independiente, de manera que si se

produce la caída masiva de los paneles, el sistema de iluminación pueda seguir funcionando.

Los tipos de daños que se presentan en este tipo de elementos no estructurales son por lo general:

1. La caída de algunas o todas las piezas que conforman el cielo falso (Ver Fig. 2. 71).
2. Pérdida del anclaje en el que se sujeta el cielo falso (Ver Fig. 2. 71).
3. La caída de algunas o todas las luminarias (Ver Fig. 2. 71).
4. Pérdida del anclaje en el que se sujetan las luminarias (Ver Fig. 2. 71).

#### **d) Techos.**

Cuando un sismo ha dañado una edificación los sistemas de techos de las mismas siempre deben de tomarse en cuenta en la evaluación de los elementos no estructurales, ya que una falla en éste al momento de una réplica o por su peso propio luego de transcurrido un período de tiempo puede ocasionar la muerte de las personas que se encuentren utilizando la edificación.

Es muy común en nuestro país que el techo se construya como elementos independientes (cada viga o armadura que conforma la estructura del techo) ligados a las paredes, en lugar de hacer un sistema monolítico, el cual, se acople, a través de conectores, a las paredes, vigas o columnas (dependiendo del tipo de sistema estructural que se utilice).

El problema de no construir el techo como un sistema monolítico, que por lo general en el análisis si se considera, es que cada elemento tendrá una aceleración diferente al resto de elementos restantes, tanto en dirección como en magnitud, es decir, que cada uno de ellos se comportará de manera diferente.

Esto con lleva a que se incremente la probabilidad que el techo colapse o sufra daños graves debido a que se tendrán reacciones mayores en ciertos elementos (que posiblemente tengan menos resistencia) y en otros reacciones de menor magnitud, es decir que el cortante inducido no se distribuirá uniformemente si no que en proporción

de la rigidez que cada elemento, que conforma el techo, posea. Cuando el sistema de techo posee diferentes rigideces, en lugar de tener una sola rigidez, para que se comporte como un sistema integrado, estamos ante el problema que, cuando se produzca el sismo, las fuerzas que éste induce sobre una edificación (dependiendo de la magnitud) producirán planos de fragilidad en el techo, a través de los cuales se darán daños que pueden ocasionar el colapso del techo. En la Fig. 2. 72 se muestran dos ejemplos de diferentes tipos de techo, uno con mala y otro con una buena configuración (la manera en la que está conectado a los elementos que lo soportan, el peso de la cubierta, etc.).



**Fig. 2. 72 Ejemplo de una configuración del techo mala (superior) y una regular (inferior).**

Los tipos de daños que se presentan en este tipo de elementos no estructurales (como se muestran en la Fig. 2. 73) son por lo general:

1. La caída de algunas o todas las piezas que conforman el techo.
2. Rompimiento de algunas o todas las piezas que conforman el techo.
3. Desnivel del techo en general.
4. Problemas de apoyo en las vigas o armaduras de la estructura del techo.



**Fig. 2. 73** Caída de algunas piezas de teja (izquierda), problemas de apoyo y caída de las piezas (centro) y colapso del techo de estructura metálica y cubierta de lámina (derecha) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).

#### e) Escaleras.

Las escaleras forman parte de los elementos no estructurales muy importantes, ya que son las que permiten el acceso de personas a los diferentes pisos de la edificación, pueden estar hechas de concreto reforzado de mampostería e incluso de madera. El problema que se presenta con las escaleras, es que se construyen ligadas al resto de la edificación, esto conlleva a, que la distribución de rigidez del entrepiso se modifique,

produciendo un cambio considerable en la ubicación del centro de rigidez y por ende una distribución no uniforme del cortante generado por el sismo.

Lo anterior se traduce, al igual que el caso del techo, en la generación de planos o zonas de fragilidad, en los que se producen los daños. La solución más práctica que actualmente se utiliza para minimizar este problema, es aislar las escaleras del cuerpo de la edificación.

Los tipos de daños que se presentan en este tipo de elementos no estructurales son por lo general:

1. Agrietamiento del material del que está hecha la escalera.
2. Desgarramientos de la escalera en sus apoyos.
3. Asentamiento o inclinación con respecto a los pisos que vincula.

En la Fig. 2. 74 y en la Fig. 2. 75 se muestran ejemplos de estos daños en escaleras.



**Fig. 2. 74 Grietas (izq.) y colapso (dcha.) en escaleras (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).**



**Fig. 2. 75 Colapso de gradas de una edificación durante el sismo de 1986 en nuestro país (Avalos C., Juan J., 1987).**

#### **f) Tanques elevados.**

Cuando la topografía, la escasez de fuentes de agua cercanas o el agotamiento de la misma en un lugar no permiten que el servicio de agua potable se instale en la edificación se hace necesario recurrir a tanques de almacenamiento, los cuales pueden estar integrados en la edificación (no recomendable) o fuera de ella (recomendable). En el caso de estar integrados en la edificación, nos encontramos con un problema de distribución no uniforme de rigideces, similar al caso de las gradas que están integradas a la edificación. La solución más practica para eliminar este problema es la de aislar el o los tanques de la edificación. En la siguiente sección se muestran los tipos de daños que se pueden presentar en los tanques elevados.

Los tipos de daños que se presentan en este tipo de elementos no estructurales son por lo general:

1. Agrietamientos generalizados y en los apoyos.
2. Asentamiento, desplazamiento o inclinación con respecto a la posición original.



En la Fig. 2. 76 se muestra el ejemplo de un tanque que fue desplazado de su posición original al grado de llegar al colapso.



**Fig. 2. 76 Tanque elevado colapsado (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).**

**g) Derrame de químicos y sustancias peligrosas.**

Aunque las personas que estén encargadas de realizar la evaluación de daños en las edificaciones no sean profesionales en el área química para evaluar este tipo de daño, ya que escapa a sus obligaciones y no es su área de especialización, si es necesario que conozcan aspectos generales de los derrames de sustancias químicas, para que tengan una idea del peligro que éste representa para la seguridad de las personas que se utilicen la edificación afectada o en los alrededores y para su seguridad misma. Es importante que una persona especializada en el manejo de sustancias tóxicas acompañe o indique a las personas evaluadores si es o no seguro que entre a la edificación a realizar la evaluación.

El derrame de químicos y otras sustancias tóxicas no pone en peligro la estabilidad de una edificación, pero puede poner en riesgo la vida e integridad física de las personas que utilicen la edificación. Por lo tanto cuando se tenga una edificación con este tipo de materiales, se deberá notificar la existencia de estas sustancias. En ocasiones

una sustancia por si sola no representa un peligro, pero si se mezcla con otra pueden generar reacciones peligrosas e incluso incendios. Los tipos de daños que se presentan por el derrame de sustancias toxicas de manera general son:

3. Derrame y dispersión de sustancias líquidas.
4. Dispersión de malos olores.
5. Dispersión de humo.
6. Reacciones químicas que producen una gran concentración de calor en el ambiente, que puede llegar a producir inclusive fuego.

En la Fig. 2. 77 se muestra el ejemplo de daños causados por el derrame de sustancias peligrosas.



**Fig. 2. 77 Daño por el derrame de químicos o sustancias peligrosas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).**

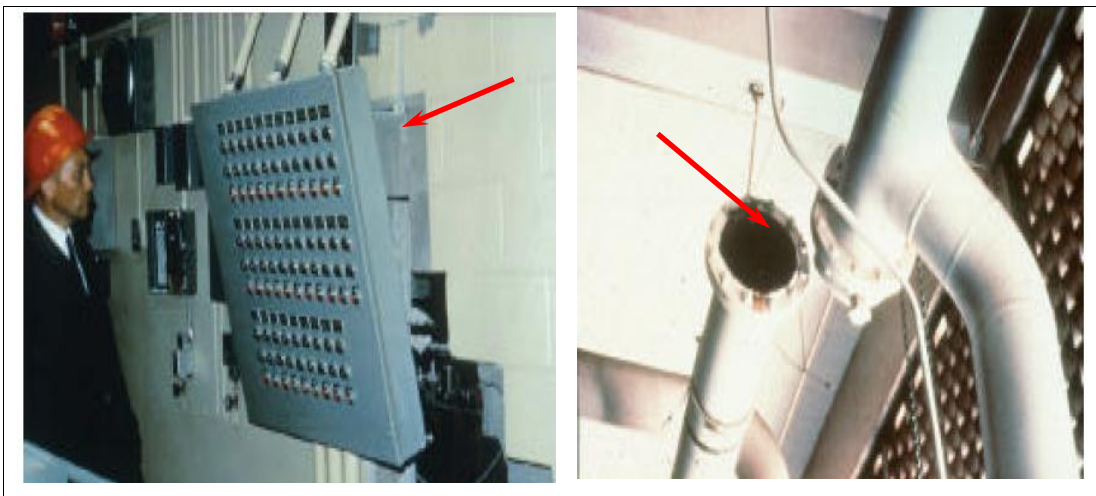
#### **h) Instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas.**

Existen edificaciones que por el tipo de uso y el objetivo por el que fueron diseñados incluyen el equipamiento o instalación de equipos de gas, subestaciones eléctricas e instalaciones hidráulicas (sistemas de acueducto y alcantarillado). Es

importante evaluar este tipo de instalaciones debido a lo fundamental que éstas son para el funcionamiento eficiente y adecuado para el que fueron pensadas las edificaciones.

Algunos de los daños que pueden presentarse en este tipo de instalaciones (ver Fig. 2. 78) son:

1. Volcamiento del generador de electricidad debido a la corrosión y a la poca resistencia del anclaje con la fundación, causando interrupción del sistema de energía.
2. Volcamiento total o parcial de transformadores de alto voltaje y derramamiento de aceite, causando también interrupción del sistema de energía de emergencias.
3. Desplazamiento de la consola de control de comunicaciones telefónicas, causando una interrupción temporal de las comunicaciones.
4. Volcamiento de cilindros de oxígeno y de gases inflamables, con pérdida de su contenido, creando una situación de alta peligrosidad.
5. Caída de equipos de laboratorio y rompimiento de sistemas de instrumentación.
6. Rotura de tuberías, de sistemas de abastecimiento de agua, gases clínicos y/o vapor. Esto generalmente se presenta en zonas donde dichas tuberías se cruzan con juntas de dilatación, o cuando se encuentran embebidas dentro de paredes de mampostería que son dañadas por el sismo.



**Fig. 2. 78 Desprendimiento de tablero (dcha.) y rompimiento de junta de unión de tubería (izq.)**(Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).

## 2.7. INESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN.

Otro de los temas que las personas encargadas de evaluar las edificaciones dañadas por sismos, deben conocer es el de la **inestabilidad global de una edificación**, la cual es un indicador de que la estructura o algunos elementos del sistema estructural han alcanzado su estado límite último, según la AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003). La inestabilidad global de la edificación se presenta por diferentes causas según Jesús Arango (Arango, Jesús H., 2003), estas son:

1. Pérdida de equilibrio de una parte o toda la estructura, cuando es considerada como un cuerpo rígido: Tal tipo de falla generalmente involucra el deslizamiento de toda la estructura y ocurre cuando las reacciones necesarias para el equilibrio no pueden desarrollarse.
2. Rotura de partes críticas de la estructura generando un colapso parcial o total de la estructura.
3. Colapso progresivo: En algunos casos, una falla leve localizada, de manera aislada, en un elemento estructural puede causar que miembros adyacentes sean sobrecargados y fallen, generando a su vez sobrecargas en otros miembros hasta que toda la estructura colapse.
4. Formación de un mecanismo plástico: Esto ocurre cuando se forman rótulas plásticas en varias secciones de elementos las cuales hacen que la estructura se vuelva inestable.
5. Inestabilidad debida a deformaciones de la estructura: Este tipo de falla incluye pandeo local debido a efecto de las cargas de gravedad.
6. Fatiga: La fractura de miembros debido a ciclos repetidos de esfuerzos puede causar colapso de una parte o de toda de la estructura. Se considera que éste es un estado límite último dado que lleva a un colapso estructural a pesar de que las fallas por fatiga resultan de la aplicación de cargas repetidas de servicio.

La manera en la que las personas encargadas de evaluar los daños en las edificaciones, a causa de sismo, podrán notar o evaluar de manera visual la inestabilidad

de una edificación será a través de la existencia o no de **colapso** y la existencia o no de **inclinación** de la edificación o de algún nivel en particular.

### 2.7.1. Colapso.

La resistencia, ductilidad y redundancia, son aspectos que influyen en la capacidad de una edificación de soportar daños considerables y permanecer estable. Cuando una estructura colapsa o presenta daños considerables, es por lo general, consecuencia directa de la falla de un elemento o una serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente. La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica en su “Manual de Campo para La Inspección de Edificaciones Después de un Sismo” para el municipio de Manizales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003), describe el colapso total o parcial como la existencia de: pisos inclinados de forma escalonada (es decir en alguno de los entrepisos); edificios enteros completamente destruidos o áreas de la edificación con los elementos estructurales verticales y horizontales destruidos, severamente agrietados o aplastados. De la Fig. 2. 79 a la Fig. 2. 83 se muestran edificaciones colapsadas total y parcialmente.



Fig. 2. 79 Colapso total de edificaciones (<http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm>).



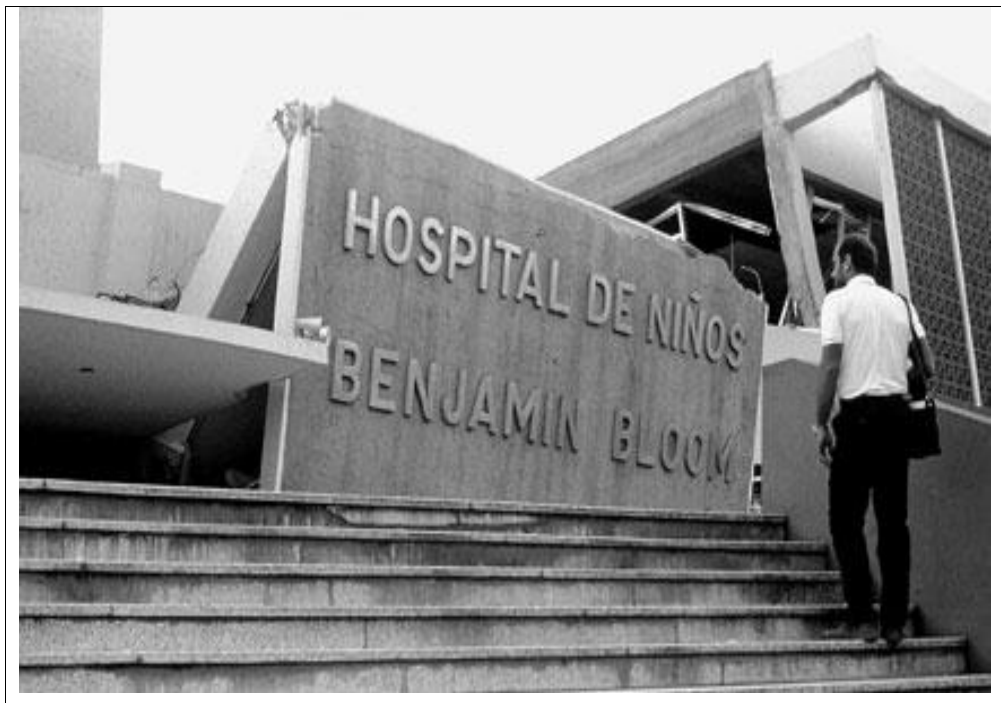
**Fig. 2. 80 Colapso total de un edificio (<http://www.ugr.es/~iag/inv/cns.html>),**



**Fig. 2. 81 Colapso total de un edificio  
(<http://www.clarin.com/diario/2005/10/08/um/sismoap>).**



**Fig. 2. 82 Colapso total del edificio Rubén Darío (Avalos C., Juan J., 1987).**



**Fig. 2. 83 Colapso parcial del hospital de niños Benjamín Bloom (Organización Panamericana de la Salud, 2004).**

## 2.7.2. Inclinación.

Cuando una edificación presenta inclinación, ésta puede ser el producto de la falla de algunos elementos estructurales como vigas, columnas y paredes (en el caso de la inclinación de algún nivel específico) o al hundimiento diferencial de una parte de la edificación provocada por la distribución no uniforme de las cargas gravitacionales o por fallos directos con la capacidad de carga de una parte del suelo.

Las personas que realicen la evaluación de la edificación deberán ser capaces de detectar este tipo de problema de inestabilidad. La manera de medir la inclinación de una edificación se presenta en la sección del capítulo 3 de este trabajo de graduación.

En la Fig. 2. 84 y en la Fig. 2. 85 se muestran ejemplos de inclinación en dos edificaciones.



**Fig. 2. 84 Inclinación de edificaciones**  
(<http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartinind.htm>).





Fig. 2. 85 Edificio inclinado (<http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm>).

## 2.8. DAÑOS EN CIMENTACIONES.

Los daños en cimentaciones o problemas geotécnicos ponen en riesgo la estabilidad de la edificación al momento de producirse un sismo, para detectar la presencia de problemas geotécnicos, se deberá observar el estado físico de las estructuras superficiales como pavimentos, andenes, cunetas y principalmente (si es posible) el piso de la edificación. Además se deberá revisar si el sismo provocó un asentamiento brusco en la edificación o en sus colindancias, algún asentamiento diferencial o incluso emersiones.

Los principales problemas geotécnicos, que más afectan a las edificaciones cuando se genera un sismo son:

- ✓ sentamientos en la edificación.
- ✓ Fallas en taludes o movimientos de masa.

### **2.8.1. Asentamientos en la edificación.**

Este fenómeno se da cuando una edificación presenta hundimiento general respecto a la superficie del suelo, los motivos de este fenómeno se deben por lo general a fallas en el suelo. Cuando el suelo en el que se ha cimentado la edificación presenta una morfología dividida o está compuesto por diferentes materiales es posible que se produzcan asentamientos diferenciales (también se pueden producir por una mala compactación del suelo) debido al comportamiento heterogéneo del suelo. Los dos fenómenos más comunes que generan asentamientos del suelo son:

**a) La subsidencia.**

**b) La licuefacción.**

**a) La subsidencia.**

El fenómeno de subsidencia es aquel en el cual el terreno presenta hundimientos diferenciales (no uniformes) sin evidencia clara o importante de una componente de movimiento horizontal. “La subsidencia se puede presentar o acelerarse por actividades antrópicas, relacionadas con excavaciones, carga, o cambios en el régimen del agua” según Allen, A.S.

Los procesos de hundimiento lento y los colapsos súbitos en la superficie del suelo, indistintamente de las dimensiones del área afectada, el desplazamiento, o el mecanismo de origen se incluyen dentro del fenómeno de subsidencia. La subsidencia se puede originar por tuberías perforadas o con fugas en las que el agua que se fuga puede minar los cimientos; la vegetación es otro factor, ya que los árboles almacenan agua en la época seca, la cual puede minar los cimientos de las edificaciones. Las ondas sísmicas pueden acelerar o ser el detonante de asentamientos, al combinarse con los factores mencionados anteriormente.

En su informe sobre el sismo del 3 de mayo de 1965, Rosenblueth y Prince (Rosenblueth y Prince 1965, como se referencia en Bommer, J. y otros, 1998) relatan el caso de un edificio de cuatro pisos de concreto reforzado (sin indicar su nombre o

ubicación) que sufrió daños estructurales importantes debidos al asentamiento diferencial en sus zapatas, que se apoyaban en un relleno artificial no compactado.

En el sismo del 10 de octubre de 1986 hubieron daños severos en el Colegio Guadalupano debido a asentamientos de rellenos (Bommer y Ledbetter, 1987, como se referencia en Bommer, J. y otros, 1998) así como extensivos asentamientos en los rellenos (en una barranca) en el Externado de San José (Chieruzzi, 1987, como se referencia en Bommer, J. y otros, 1998). También se produjo un asentamiento en un talud modificado situado en las proximidades de la cancha de fútbol de la Universidad de El Salvador.

En el caso de los sismos de enero y febrero del 2001, según el reporte de la investigación de campo realizada por varios profesionales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador (López Menjivar, M. y otros, 2001), no se reportaron asentamientos en las edificaciones inspeccionadas, en los departamentos de San Vicente, San Salvador, La Libertad, Sonsonate, Cuscatlán y La Paz (que son los que contienen los municipios que resultaron con las edificaciones más dañadas, en el caso de San salvador y Santa tecla no tuvieron mucha colaboración de parte de los propietarios , para evaluar con mayor detalle los daños).

Los únicos reportes de asentamientos que se mencionan en esta investigación, son los ocurridos en la carretera panamericana, entre los kilómetros 51 y 53. Se investigo si existía mayor información acerca de asentamiento en edificaciones producidos por sismos, pero lamentablemente no se encontró.

Una causa por la que se carece de esta información puede ser debido a que si se desea realizar una buena medición, se necesita contar con equipo de medición muy preciso (precisión milimétrica) y además se necesitan tener bancos de marcas preestablecidos antes de la ocurrencia del sismo, para que el dato que se obtenga del asentamiento sea real, de lo contrario no serviría este valor del asentamiento, ya que se estaría especulando en cuanto al valor real de asentamientos producidos en edificaciones por el sismo.

Es por ello que las personas que realicen las evaluaciones de daños en edificaciones post-sismo, se limitaran a verificar si existe un asentamiento evidente o no en las edificaciones, ya que a criterio de los expertos en el área geotécnica, no es prudente dar valores de asentamientos en edificaciones, producto de una evaluación que dure de 20 a 40 minutos, en la que se utilice una plomada, un nivel de mano y una cinta métrica para medirlo y, peor aún, que no se tenga un banco de marca de referencia, del que se esté seguro que no ha tenido ningún asentamiento (debido al sismo), para garantizar que la medida será lo suficientemente precisa.

#### **b) La licuefacción.**

En cuanto al fenómeno de licuefacción, éste se produce en suelos blandos (como los que tienen arena) saturados de agua y poco consolidados, durante sacudidas sísmicas fuertes y largas. El suelo pierde su capacidad de soporte y se pueden presentarse asentamientos en la edificación debido a que el suelo se comporta y fluye como líquido ya que las vibraciones sísmicas aplican fuerzas al suelo que hacen que los huecos entre los granos de arena se rellenen, provocando la salida de agua y fango a la superficie durante la sacudida.

Esto compacta finalmente los granos de arena (como se muestra en la Fig. 2. 86) y ocasiona asentamientos del terreno o deslizamiento, estos efectos pueden producir daños considerables en las edificaciones y ocurren generalmente en suelos en los que el nivel freático del agua subterránea es muy somero, en zonas en la que la orografía presenta depresiones que pueden hacer que el agua se estanque y en rellenos artificiales.

Las vibraciones del sismo también pueden producir asentamientos en rellenos y suelos granulares flojos. En el caso de las cenizas volcánicas de nuestro país, éstas son propensas a la licuefacción y durante el sismo del 3 de mayo de 1965 hubo varias observaciones de licuefacción en las orillas del Lago de Ilopango (Rosenblueth y Prince, 1965). La licuefacción causó daños importantes la pista del aeropuerto de Ilopango (Bommer, Salazar y Samayoa, 1998).

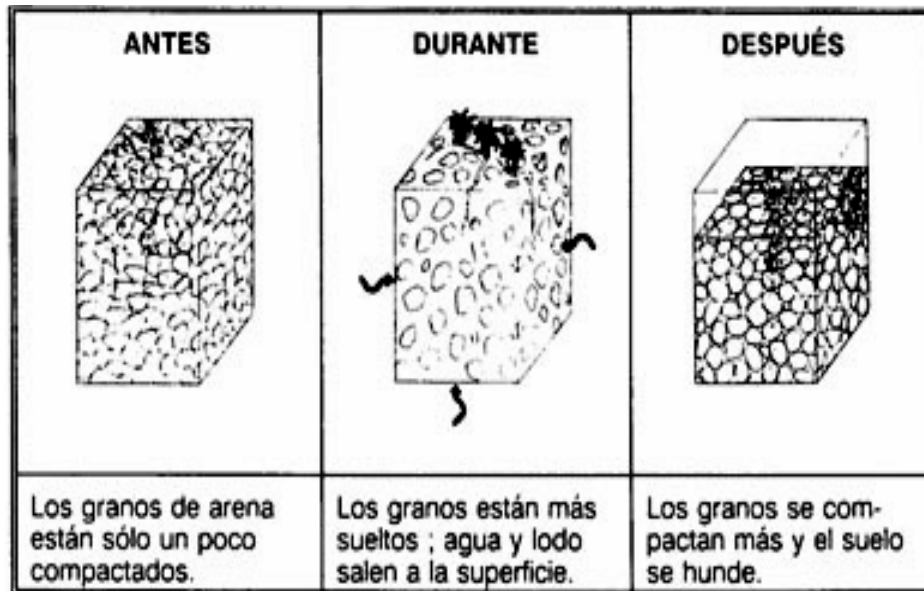


Fig. 2. 86 Fenómeno de licuefacción (<http://www.proteccioncivil.org>).

Un caso de licuefacción aislada fue observado en la Colonia Santa Marta en el sismo de 1986, posiblemente asociado con la fuga de agua del sistema de distribución (Bommer y Ledbetter, 1987).

En el caso de los sismos de enero y febrero del 2001, según el reporte de la investigación de campo realizada por varios profesionales de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador (López Menjivar, M. y otros, 2001), tampoco se reportaron problemas de licuefacción en las edificaciones inspeccionadas.

El único reporte de problemas de licuefacción que se menciona en esta investigación, fue el ocurrido en el puente ferroviario en San Nicolás Lempa, en el que se produjo un colapso parcial de una de las secciones del puente, la ruptura completa de dos pilastras y efectos de “lateral spreading” en el terreno debido a la licuefacción.

La susceptibilidad de una arena a la licuefacción durante un sismo depende de la intensidad y la duración del movimiento sísmico, la saturación y la densidad del suelo.

En las siguientes figuras (de la Fig. 2. 87 a la Fig. 2. 91) se muestran ejemplos de edificaciones afectadas por asentamientos debidos a la licuefacción y a la subsidencia producida por sismos. En la mayoría de casos las edificaciones han colapso.



**Fig. 2. 87 Edificio colapsado por el efecto de licuefacción producida por un sismo**  
(<http://www.cco.gov.co/tsunami2.htm>).



**Fig. 2. 88 Efectos de licuefacción (derecha) y asentamientos diferenciales (izquierda)**  
(<http://www.ujaen.es/investiga/rnm217/efectos.htm>).



**Fig. 2. 89** Asentamiento del edificio Dueñas ubicado en la capital de nuestro país (izquierda) y Piso deteriorado por emersión (derecha) (Avalos C., Juan J., 1987).



**Fig. 2. 90** Daño por asentamientos (evidenciado por las grietas del piso) en una edificación ubicada en jardines del Boulevard (Melara, E, 2008).



Fig. 2. 91 Asentamiento de una edificación

(<http://www.proteccioncivil.org/pefn/gmartin/gmartinind.htm>).

### 2.8.2. Fallas en taludes o movimientos de masa producidos por sismos.

Antes de entrar en detalle en la inspección visual que deberán realizar las personas evaluadoras de las brigadas de inspección, para determinar de manera aproximada si un talud representa o no un peligro para una edificación cercana, definiremos primero que es un talud.

Existen varias definiciones de talud, la que utilizaremos en el presente trabajo de graduación será:

**Un talud** es una masa de tierra con pendiente o cambios abruptos en su altura, los que generan cambios de pendientes. Cuando la formación de un talud, ha tenido como origen un proceso natural, se le conoce como talud natural o ladera. Cuando la conformación de un talud ha sido artificialmente, a través de la intervención humana, se conoce como talud artificial o corte. Los taludes (artificiales o laderas naturales), están constituidos por los siguientes 5 elementos (ver Fig. 2. 92):



### 1. Altura.

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza; esta se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas, debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

### 2. Pie.

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

### 3. Cabeza o escarpe.

Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

### 4. Altura de nivel freático.

Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medido debajo de la cabeza.

### 5. Pendiente.

Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación  $m/1$ , en la cual  $m$  es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical  $1$ . Ejemplo: Pendiente:  $60^\circ$ ,  $100\%$ , o  $1H: 1V$ .

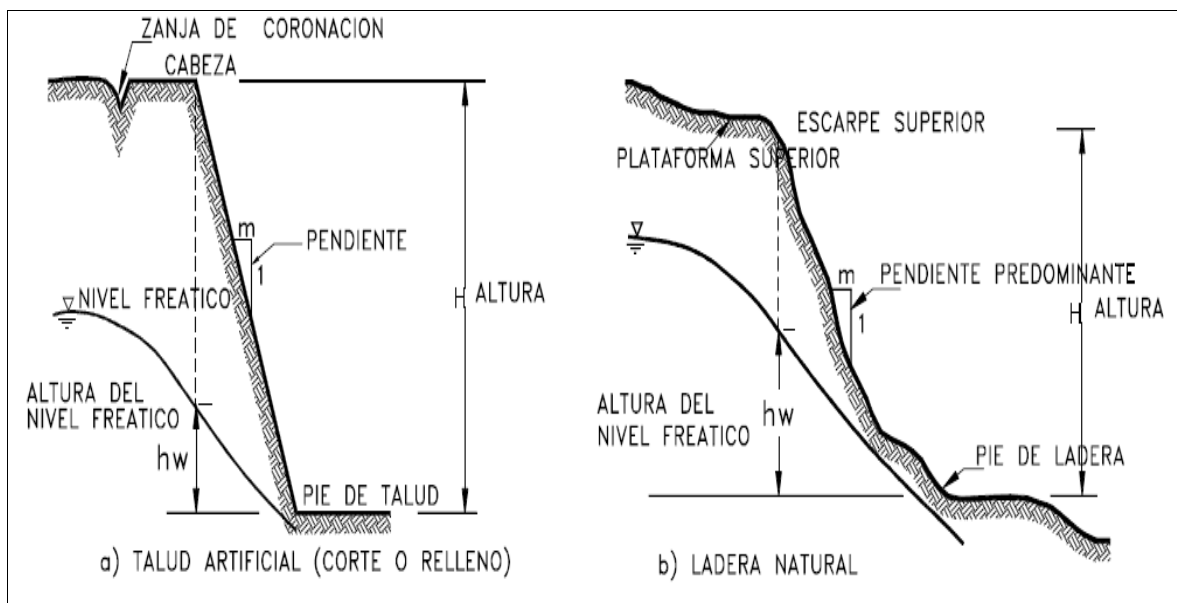


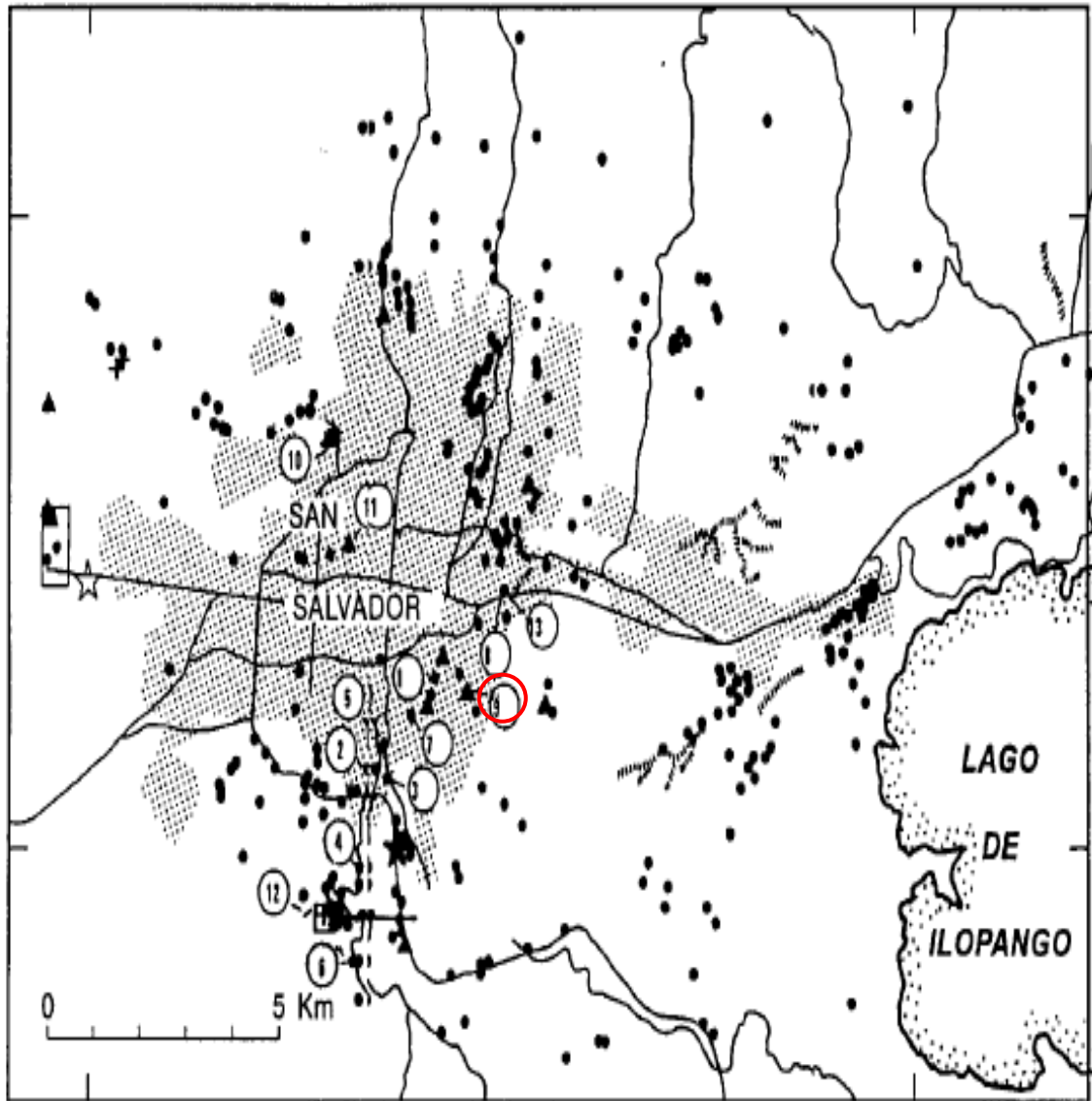
Fig. 2. 92 Nomenclatura de taludes y laderas (Suárez, J., 1998).

Las ondas sísmicas pueden producir desplazamientos del suelo o desprendimiento de rocas en los taludes. Debido a esto es necesario revisar si en los alrededores de las edificaciones no se tiene la presencia de algún talud que pueda poner en riesgo la seguridad de la edificación y de las personas que las habitan. En nuestro país los sismos siempre han provocado gran número de deslizamientos de tierra (Rymer, 1987; Rymer y White, 1989), ver Fig. 2. 93.



**Fig. 2. 93 Deslizamientos producidos por el sismo de 1986 (Avalos C., Juan J., 1987).**

En general no han sido muy grandes los deslizamientos, pero en algunos casos han ocasionado daños muy importantes, como el caso del derrumbe en la orilla de una barranca en Santa Marta en 1986 que arrastró 100 casas a su paso causando la muerte de 200 personas (localidad 9, en círculo rojo en la Fig. 2. 94). El número de derrumbes provocados por los sismos en El Salvador es mucho más grande que el número promedio desencadenado por sismos en otras partes del mundo (Keefer, 1984).



**Fig. 2. 94 Derrumbes inducidos por el sismo del 10 de octubre de 1986 en San Salvador (Bommer, Salazar y Samayoa, 1998).**

La cercanía de la edificación con algún movimiento de una masa de suelo puede, también, poner en peligro la seguridad de la misma, la determinación de la distancia, para considerar si la edificación está cerca o alejada con el movimiento, debe ser realizada por un experto a través de estudios de suelos y con su criterio, así lo establece también el reglamento de la OPAMSS.

No se puede preestablecer una distancia máxima o mínima, de la ubicación de la edificación con respecto al talud, ya que su determinación dependerá de las condiciones locales de cada zona (tipo de suelo, morfología, etc.) e importancia del talud y de las condiciones del lugar.

En la Norma Técnica para Diseño de Cimentaciones y Estabilidad de Taludes (Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos, Ministerio de Obras Públicas, 1996), no se establece esta distancia, pero la sección 6.2 indica que la extensión de la zona a ser considerada en el estudio geotécnico para determinar las superficies probables de falla así como la localización del nivel freático para analizar la estabilidad del talud (y por ende la distancia en la que se puede extender los materiales del talud), será definida por el especialista de suelos de acuerdo a la importancia del talud y las condiciones del lugar.

Donde si se encontró una referencia en cuanto a la distancia que debe existir entre un talud (de la cabeza o del pié) y un Centro hospitalario, fue en el literal “d” de la sección 4.1.6 de la Norma para Diseño y Construcción de Hospitales y Establecimientos de Salud, en la que se establece literalmente que:

“En taludes superiores al edificio, la edificación debe separarse del pie del talud una distancia igual o superior a 1.5 la altura del talud. Si el talud es inferior a la edificación la separación del edificio de la corona (cabeza) del talud será igual o mayor a la altura del talud. Este parámetro será útil para que las personas evaluadoras tengan una idea de cuando una edificación está cerca de un talud”.

En la Fig. 2. 95 se muestran varios edificios construidos a simple vista muy cerca de taludes, éstos están ubicados en la colonia Santísima Trinidad, en el municipio de Ayutuxtepeque.

Debido a la complejidad que lleva determinar la estabilidad de un talud, sería irresponsable querer abarcar este aspecto en la evaluación que las personas que integran las brigadas de inspección realizarán; lo que si se puede hacer son estimaciones basadas en la observación de los siguientes aspectos visuales.



**Fig. 2. 95 Edificaciones construidas, a simple vista, cerca de taludes en la Colonia Santísima Trinidad de Ayutuxtepeque (Bommer, J. y otros 2001).**

### **1. Grietas en la cabeza del talud.**

Cuando se tiene la presencia de agrietamientos en el suelo (ver Fig. 2. 96), principalmente en la cabeza de un talud o ladera, puede ser un indicio de que se produzca un deslizamiento que ponga en riesgo la seguridad de la edificación que está próxima al deslizamiento como sucedió en la colonia las Colinas en el sismo del 13 de enero del 2001 (ver Fig. 2. 97).



**Fig. 2. 96** Agrietamiento del suelo producido por los sismos del 2001 cerca del río Lempa, en la zona de San Nicolás Lempa (Bommer, J. y otros 2001).



**Fig. 2. 97** Falla de talud y movimiento de la masa de suelo sobre la colonia Las Colinas en Santa Tecla, producido por el sismo del 13 de enero del 2001 en nuestro país (Bommer, J. y otros 2001).

Los eventos sísmicos pueden producir agrietamientos especialmente en los materiales rígidos y frágiles, debido a los esfuerzos de compresión y de tensión. Los agrietamientos producidos por sismos debilitan la masa de talud y generan superficies preferenciales de falla. Además los materiales al estar sometidos a esfuerzos de compresión o tensión sufren deformaciones, las cuales aumentan con el tiempo en una especie de fatiga de los materiales de suelo o roca.

La mayoría de los suelos poseen muy baja resistencia a la tensión y la generación de esfuerzos relativamente pequeños, (especialmente arriba de la cabeza de los taludes y laderas, ver Fig. 2. 98), puede producir grietas de tensión, las cuales facilitan la infiltración de agua y debilitan la estructura de la masa de suelo permitiendo la formación de superficies de falla.



**Fig. 2. 98 Formación de grietas en la cabeza del talud de la colonia las Colinas.**

## **2. Presencia de cicatrices o huellas de deslizamientos antiguos.**

Este aspecto es importante, ya que es un indicativo que el talud investigado ha sufrido anteriormente deslizamientos y por ende está propenso a sufrir otro. Además con este aspecto podremos corroborar el historial de deslizamientos que existan en la zona en la que se encuentra la edificación.

Una manera de distinguir este aspecto es, observando el tipo de vegetación que se tiene, ya que ésta por lo general es menos densa o presenta un color más brillante que el resto de vegetación (por su edad más joven).

Estas cicatrices se observa al oeste del talud que causo la tragedia en la Colonia Las Colinas. Esa huella es muy anterior al 2001, como se puede observar por su vegetación.

## **3. Formación de surcos o cárcavas.**

Los surcos de erosión se forman por la concentración del flujo del agua en caminos preferenciales, arrastrando las partículas y dejando canales de poca profundidad generalmente, paralelos. El agua de escorrentía fluye sobre la superficie de un talud y a su paso va levantando y arrastrando partículas de suelo, formando surcos.

Los surcos forman una compleja microred de drenaje donde un surco al profundizarse va capturando los vecinos, formando surcos de mayor tamaño, los cuales a su vez se profundizan o amplían formando cárcavas en forma de V que pueden transformarse a forma de U.

Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava.

## **4. Erosión por afloramiento de agua.**

Un caso de erosión puede ocurrir en los sitios de afloramiento de agua, formando pequeñas cavernas, los cuales a su vez pueden producir desprendimientos de masas de suelo.



## 5. Inclinación y orientación de los árboles debido al deslizamiento rotacional.

En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento.

El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento.

En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de “cuchara”, la que provoca que la masa de tierra más profunda gire en la dirección hacia el pie del talud y la masa de tierra más superficial gire en sentido contrario.

Esto lo podemos evidencia con la inclinación de los árboles, como se muestra en la Fig. 2. 99.

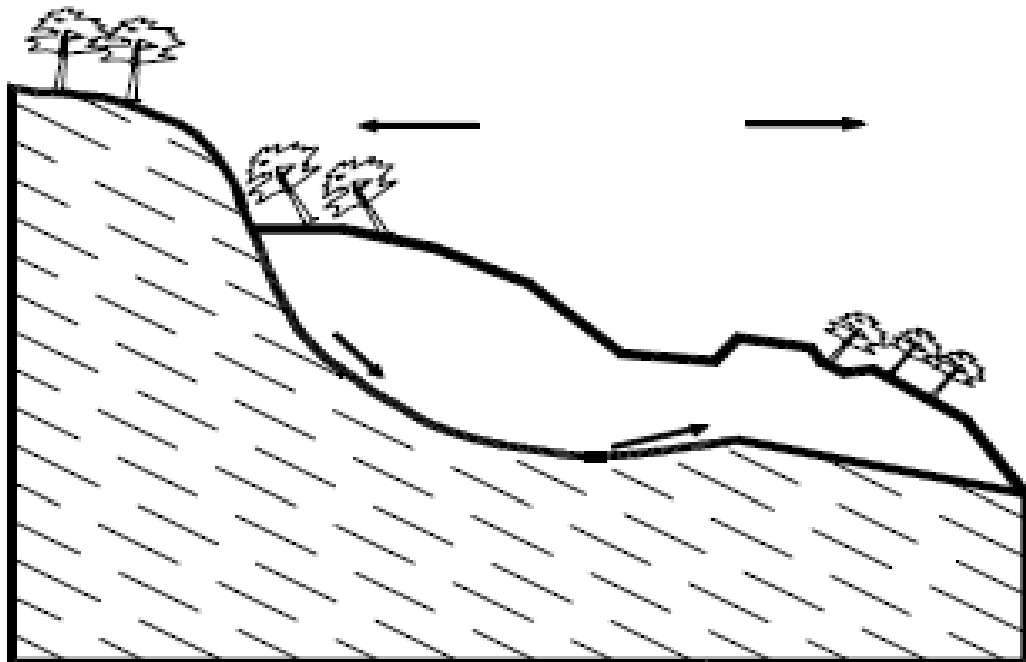


Fig. 2. 99 Orientación o Inclinación (opuesta) de los árboles debido al desplazamiento rotacional de un talud (Suárez, J, 1998).

## 6. Inclinación de los árboles debido a la reptación.

La reptación consiste en movimientos superficiales muy lentos del suelo sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año.

La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos.

La manera en la que se puede detectar este fenómeno de manera visual es, a través de la deformación de los árboles que se inclinan en su base y su tronco se deformó en curva buscando la luz (cenital) del sol, como se muestra en la Fig. 2. 100.

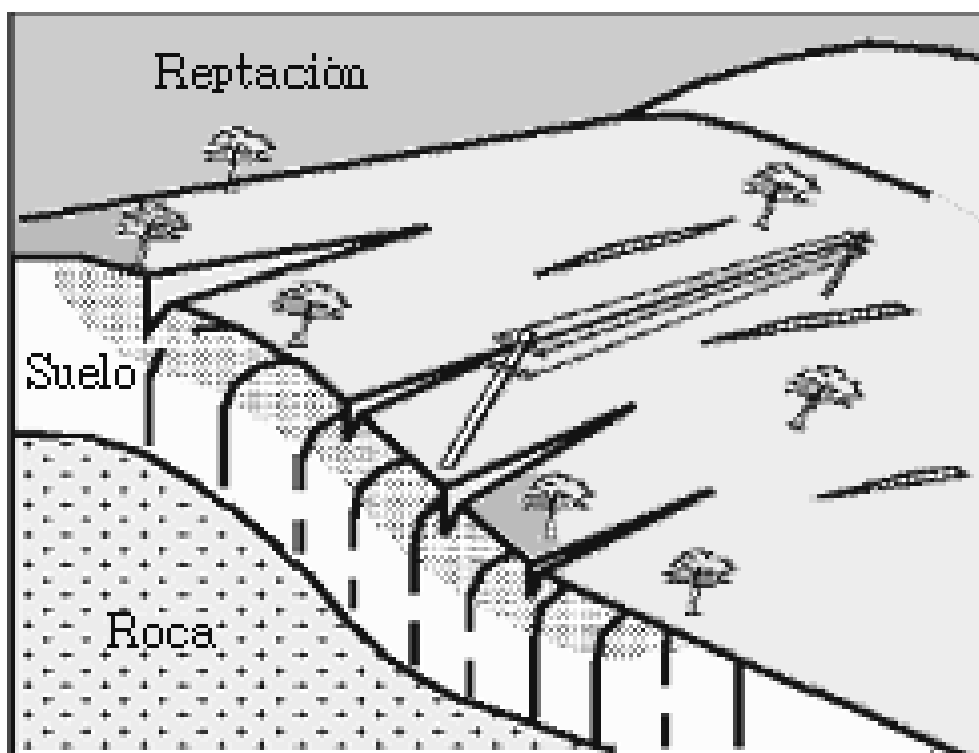


Fig. 2. 100 Deformación curva de árboles (buscando la luz del sol) debido a la reptación (Alberti, J. y otros, 2006).

## 7. Caída o desprendimiento de rocas, bloques o masas de suelo.

La caída o desprendimiento de rocas, bloques o masas de suelo al pie del talud, son muestras, también, de inestabilidad en el talud, tal como se muestra en la Fig. 2. 101.

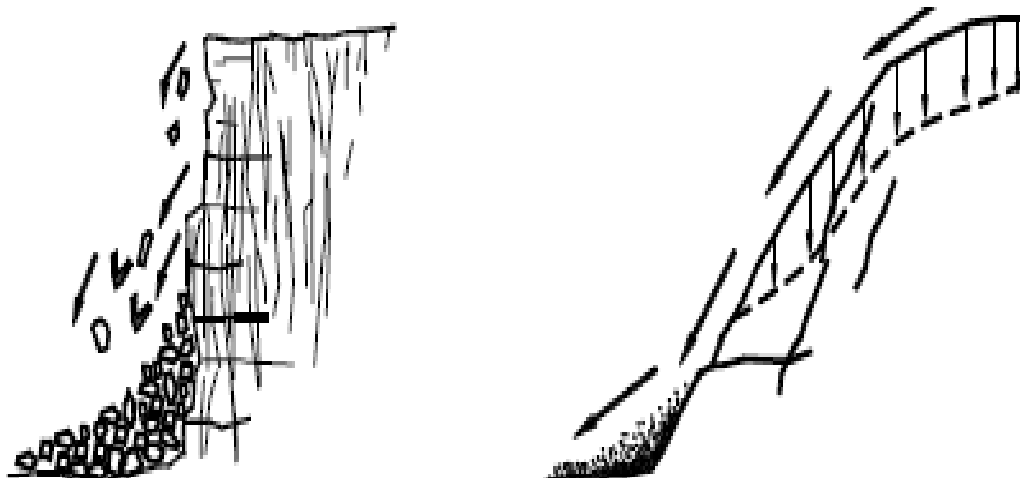


Fig. 2. 101 Caída o desprendimiento de rocas o masas de suelo en taludes (Suárez, J, 1998).

Además de las nociones que las personas evaluadoras deben tener para estimar si un talud puede considerarse inestable, es importante que conozcan de manera general acerca del potencial **de reactivación el fenómeno** (deslizamiento) y la morfología de la zona en la que se encuentra ubicada la edificación.

La posible **reactivación del movimiento** de suelo o la falla del talud, está valorada a través de la probabilidad de ocurrencia de la reactivación (según Schoeneberger, 1998; como se referencia en Campos, A., Guzmán, J; 2002) en:

1. Menor: Cuando se observa que el fenómeno está alcanzando su estabilidad y no presenta un deterioro que continúa avanzando (en la masa desplazada o sobre la edificación).
2. Probable: Cuando el fenómeno presente muestras de estar alcanzando su estabilidad y no muestra signos que manifiesten un deterioro o avance ya sea sobre la masa desplazada o la edificación, pero su entorno muestra evidencias claras que difícilmente se alcanzará la estabilidad.
3. Muy probable: cuando en el suelo se tiene la presencia de grietas, desniveles, escalonamientos o se distinguen masas o bloques moderadamente inestables al colapso o deslizamiento y aporte considerable de agua hacia la masa inestable.

4. Inminente: cuando se presentan grietas, desniveles con un avance muy grande y escalonamientos evidentes, se distinguen masas o bloques inestables al colapso o deslizamiento y aporte abundante de agua hacia la masa inestable.

En cuanto a la morfología del lugar en el que está ubicada la edificación se sabe que los efectos aparentes de amplificación morfológica fueron observados por Celebi (1987) en el sismo de Chile de 1985 de magnitud 7.8, notándose amplificaciones espectrales hasta de 10 en taludes de 20 metros de altura. Boore (1972) realizó estudios numéricos de la respuesta sísmica de los taludes de gran altura, el resultado mostró que había una amplificación importante en la parte alta del talud y que a lo largo de los lados del talud podría ocurrir amplificación y atenuación dependiendo en la geometría del talud y la frecuencia del movimiento. La amplificación tenía un valor hasta del 100% y disminuía con el ángulo del talud y la longitud de onda.

Sitar y Clough (1983) encontraron que las aceleraciones tienden a amplificarse en la cercanía de la superficie del talud. Sitar (1997) menciona el caso en Santa Mónica donde las aceleraciones amplificadas llegaron a obtener valores de 0.93g. de aceleración horizontal y 0.25g. de aceleración vertical, los cuales produjeron deslizamientos importantes. Estas fallas ocurrieron en depósitos de edad Cuaternario de arena pobremente cementada. Las fallas más severas ocurrieron generalmente, hasta una distancia de 50 metros de la cresta de los taludes, cantidad aproximadamente igual a la altura de los mismos (es por ello que tomar una distancia mayor de 1.5 veces la altura del talud, como recomendada para considerar que una edificación esta alejada de un talud es aceptable). Este ejemplo de amplificación demuestra el gran efecto que tiene la morfología (en algunos casos llamada también topografía) sobre el comportamiento sísmico de los suelos.

Debido a lo anterior, los evaluadores deberán ser capaces de distinguir los diferentes tipos de morfología de la zona en la que están las edificaciones. En la Fig. 2. 102 se muestra el mapa morfológico de nuestro país, en el que se pueden distinguir la cadena costera, las planicies costeras, la cadena volcánica joven, la gran depresión central, la montaña fronteriza y los cuerpos de agua.



Fig. 2. 102 Mapa geomorfológico de El Salvador (<http://mapas.snet.gob.sv/geologia/sismicidad.phtml>).

Los diferentes tipos de morfología que se pueden presentar, basados en el mapa geomorfológico de nuestro país son:

1. Cresta o cabeza de talud o ladera (parte alta de una ladera o montaña, como las formadas por la cadena costera, la cadena de volcanes jóvenes, y las montañas fronterizas).
2. Talud o ladera (sobre una ladera o montaña, como las formadas por la cadena costera, la cadena de volcanes jóvenes, y las montañas fronterizas).
3. Pie de talud o ladera (en la parte baja, de las montañas y cadenas anteriores).
4. Planicie (por la planicie costera y la gran depresión central).
5. Zona urbana (cuando existe un desarrollo urbano).
6. Margen de río o quebrada (en las orillas de los cuerpos de agua).

## **2.9.MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES**

Estas medidas son usadas luego de evento sísmico ya que al evaluar una edificación, dependiendo del daño, siempre será necesario aplicar ciertas **medidas de seguridad temporales**, para garantizar la estabilidad de la edificación.

El objetivo de estas medidas es el de aliviar la carga vertical sobre los elementos estructurales dañados y contribuir en la resistencia de la estructura contra las fuerzas laterales debidas a posibles réplicas del sismo principal o a otro sismo (como los sismos del 13 de enero y del 13 de febrero del 2001), disponiendo de elementos de apoyo y de contraventeo provisionales.

El propósito de la rehabilitación temporal es proporcionar resistencia provisional a aquellos elementos y conexiones de los cuales depende la seguridad del sistema estructural total.

Además, la protección temporal deberá incluir medidas que garanticen la seguridad de las personas en las zonas adyacentes al edificio dañado y de los trabajadores que realicen las labores de rehabilitación.

Dentro de las medidas de seguridad temporales que se han considerado en este trabajo de graduación están:

**a) Para los elementos estructurales.**

1. Apuntalar.
2. Soporte lateral.
3. Reparar.

**b) Para los elementos no estructurales.**

4. Anclar.
5. Reubicar.
6. Reparar.
7. Remover (demoler) elementos no estructurales en peligro de caer.

**c) Para los problemas geotécnicos.**

8. Cubrir grietas con plásticos.
9. Rellenar grietas con suelo cemento.
10. Sistemas de drenaje menores.

A continuación se describe en que consiste cada uno de ellos.

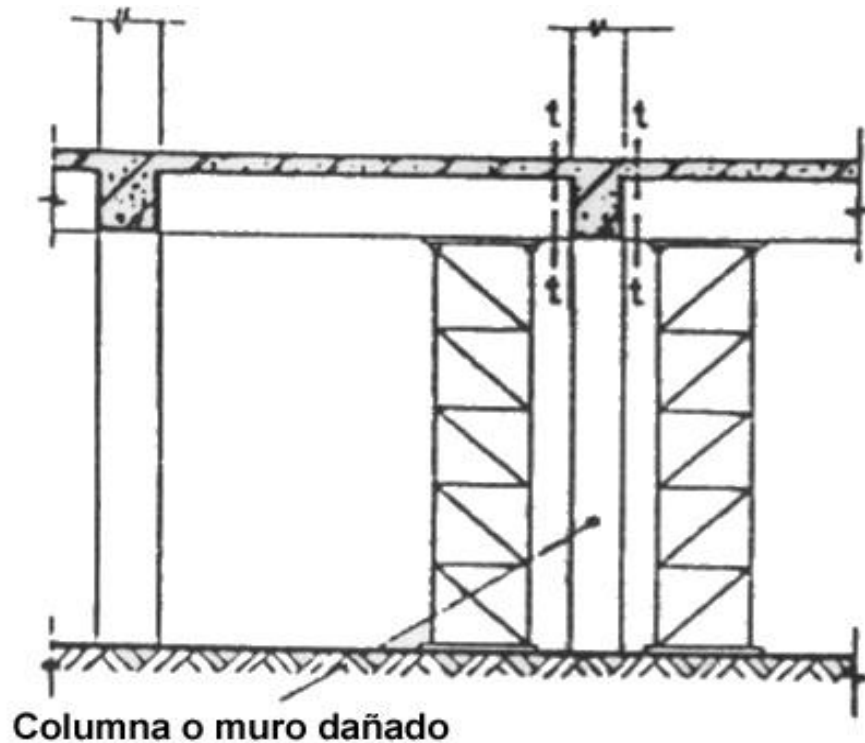
**a) Elementos estructurales.**

**1. Apuntalar (apuntalamiento vertical).**

El propósito de esta medida temporal es, el proporcionar apoyo vertical auxiliar a las columnas y paredes de carga seriamente dañados es la primera medida a tomar al instalar un sistema de protección temporal.

Evidentemente se requiere apoyo vertical en el piso correspondiente al elemento dañado. En algunas situaciones es posible limitar el apuntalamiento a un solo piso como se muestra en la Fig. 2. 103, pero en ocasiones es mejor hacerlo en el piso inferior y superior en el que se encuentra el elementos dañado.

La distancia entre los elementos de apoyo provisionales y el elemento dañado debe ser la mínima posible, aunque dejando espacio suficiente para los trabajos de reparación. El apuntalamiento se puede hacer con elementos de madera y acero (Fig. 2. 104).



**Fig. 2. 103 Apuntalamiento vertical de una columna o pared dañada.**

Para cargas muy ligeras pueden utilizarse soportes telescópicos independientes como el mostrado en la Fig. 2. 105 a. La capacidad de estos elementos es del orden de dos toneladas y su altura máxima es de aproximadamente tres metros. La altura puede ajustarse por medio de un dispositivo a base de rosca. Están provistos de placas de apoyo en los extremos, pero en caso de que los esfuerzos de penetración sean excesivos, deberán disponer tablonés de madera adicionales en ambos extremos para lograr una mejor distribución de la carga.

Para soportar sistemas de piso o techos ligeros que hayan sufrido daños, puede recurrirse a combinaciones de elementos tubulares como en el caso ilustrado en la Fig. 2. 105 b. La altura de estos elementos puede ajustarse por medio de dispositivos de rosca como el de la Fig. 2. 105 c. al igual que en el caso de los soportes telescópicos independientes deben cuidarse los detalles de apoyo en ambos extremos.



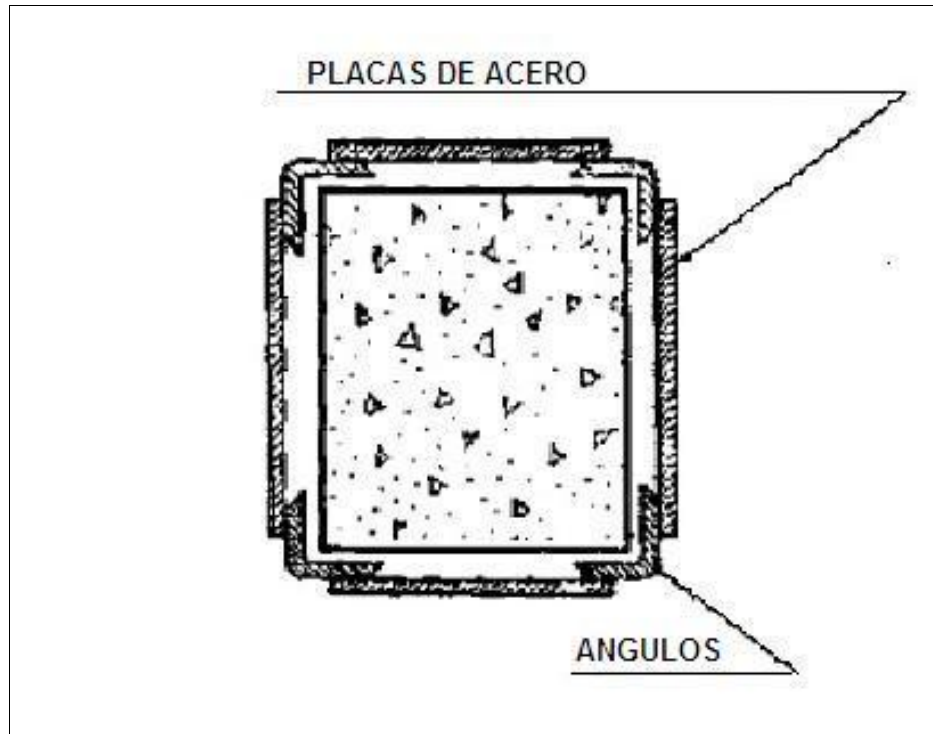


Fig. 2. 104 Puntal hecho con perfiles estructurales de acero (ángulos y placas) (Iglesias, J. y otros, 1985).

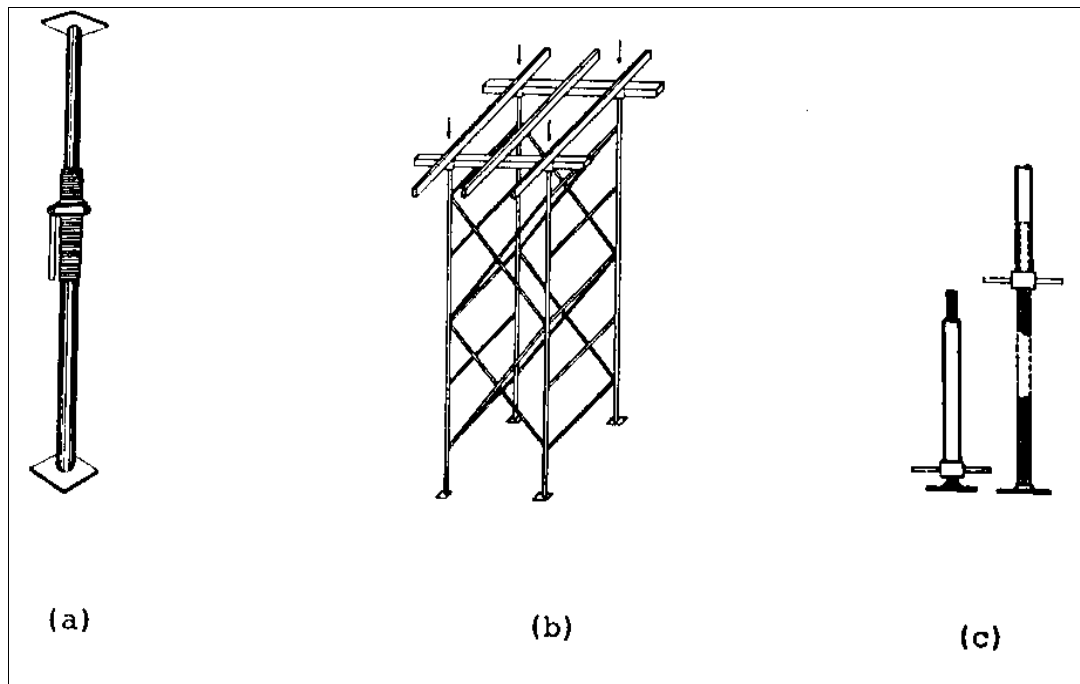


Fig. 2. 105 Puntales telescópicos y elementos tubulares diversos (Iglesias, J. y otros, 1985).

## 2. Soporte lateral.

El soporte lateral puede lograrse con puntales inclinados y con sistemas de contraventeo de diversos tipos. A continuación se describen dos tipos de soporte lateral.

### ✓ Soporte lateral de paredes.

Debe proporcionarse soporte lateral a las paredes de carga de mampostería o concreto a fin de que no caigan hacia afuera debido a posibles réplicas del sismo o a otras acciones horizontales, lo que ocasionaría el derrumbe de los pisos o techos que sostienen. Esto puede hacerse mediante apuntalamiento exterior semejante al ilustrado en la Fig. 2. 106.

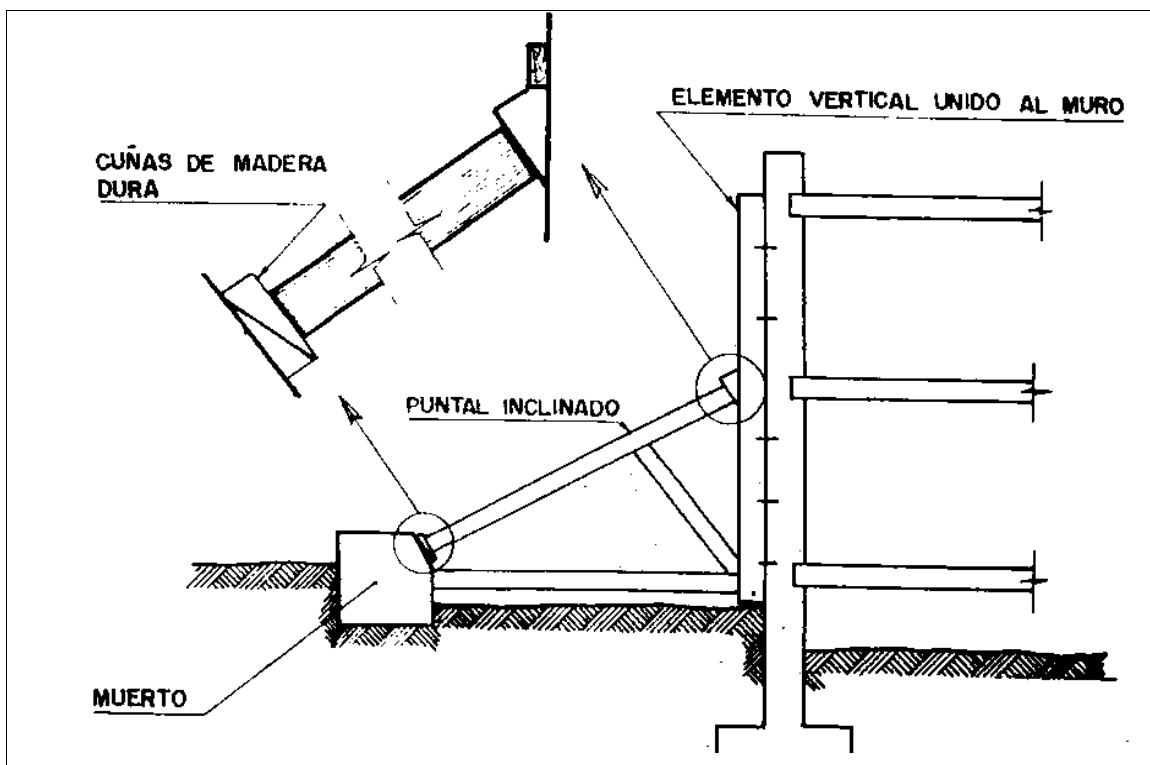


Fig. 2. 106 Apuntalamiento exterior (Iglesias, J. y otros, 1985).

Los puntales deben estar formados por dos vigas unidas por pernos o flejes, colocadas a distancias convenientes según las fuerzas que se estima que deben resistir. Deben apoyarse a la altura de los pisos sobre piezas verticales de madera, unidas a la pared por elementos de conexión adecuados para resistir la componente vertical del

puntal inclinado. El extremo inferior debe tener apoyo, empotrándolo o por algún otro procedimiento para que resista las fuerzas laterales. La inclinación de los puntales con respecto a la horizontal no debe ser superior a  $45^\circ$  y preferiblemente debe ser de aproximadamente  $25^\circ$ . El apoyo sobre el suelo debe ser adecuado. Para su ajuste suelen disponerse cuñas en el extremo inferior. El apuntalamiento puede hacerse también con perfiles laminados o con tubos de acero.

✓ **Contraventeo de marcos.**

Los edificios a base de marcos pueden rigidizarse por medio de contraventeos formados por miembros diagonales de madera o de acero que trabajen en compresión, dispuestos en la forma indicada en la Fig. 2. 107. Para que sean efectivos deben acunarse adecuadamente en ambos extremos. Debe también revisarse que la resistencia a cortante tanto de la viga como de la columna en los apoyos de los puntales inclinados sea suficiente para resistir las componentes debidas a dichos elementos rigidizantes. Si las columnas no son capaces de resistir las componentes verticales introducidas por el contraventeo, será necesario completarlo con elementos adicionales verticales. Una forma de lograr lo anterior se muestra en la alternativa de contraventeo de la Fig. 2. 108.

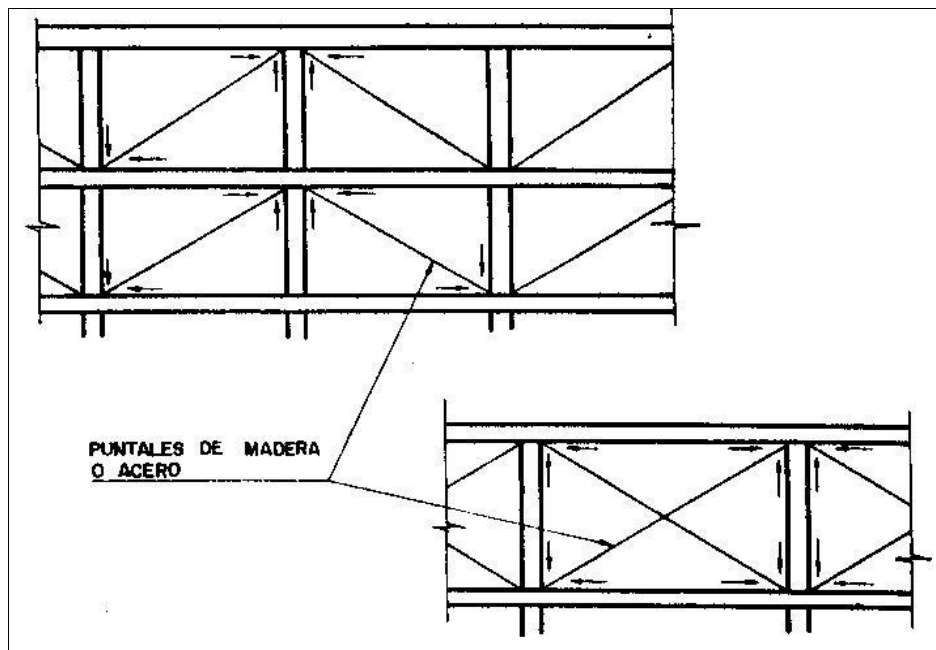


Fig. 2. 107 Contraventeo con puntales en compresión (Iglesias, J. y otros, 1985).

El contraventeo puede también realizarse con miembros sujetos a tensión como se indica esquemáticamente en la Fig. 2. 109. Los miembros pueden consistir en cables o en perfiles laminados de acero. La ventaja de este tipo de contraventeo es que los miembros no están expuestos a pandeo.

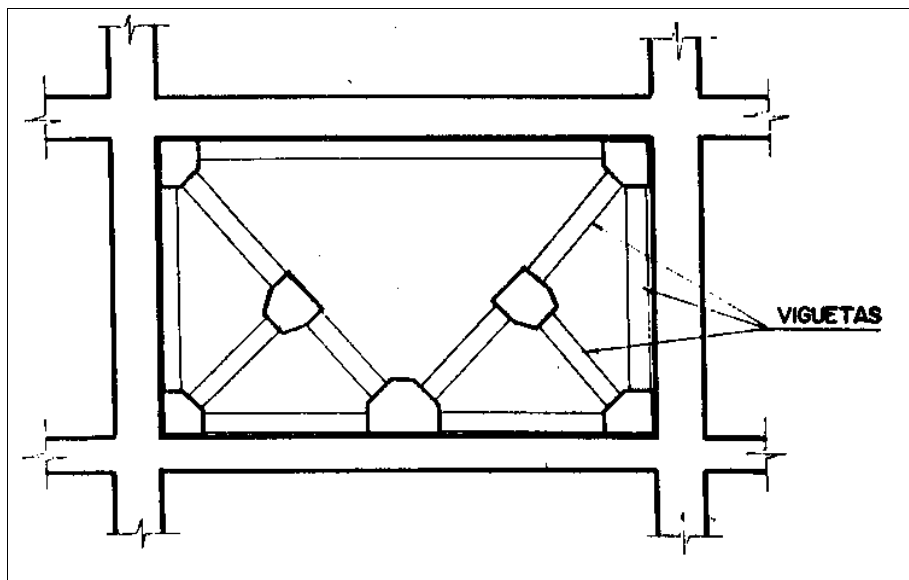


Fig. 2. 108 Contraventeo con elementos verticales adicionales (Iglesias, J. y otros, 1985).

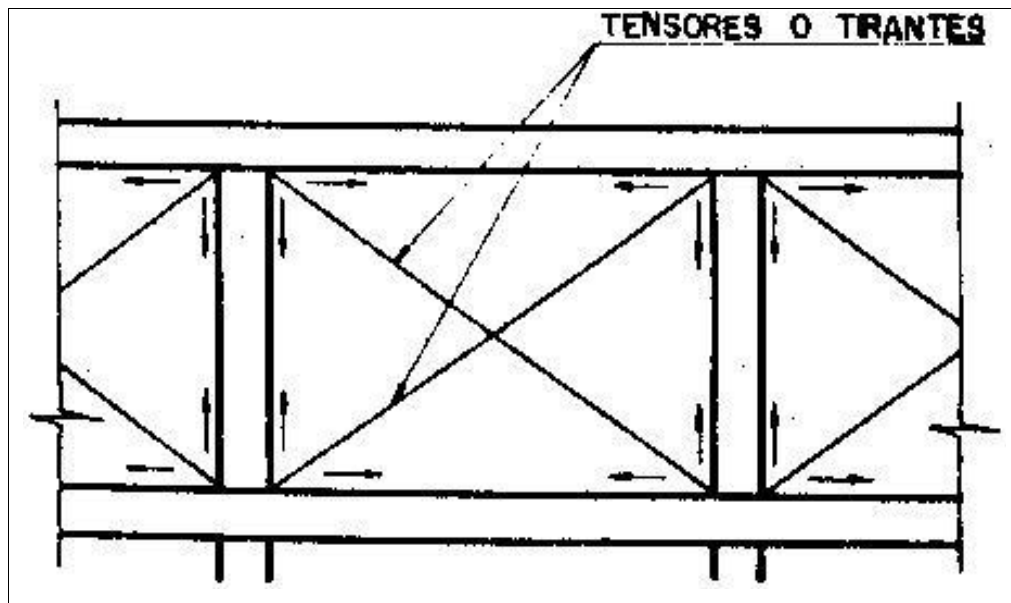


Fig. 2. 109 Contraventeo con tensores o tirantes (Iglesias, J. y otros, 1985).

### **3. Reparar.**

Esta medida de seguridad temporal se refiere a las reparaciones menores, conocidas como reparaciones cosméticas. Las reparaciones cosméticas son aquellas que mejoran la apariencia visual del daño y protegen a los elementos de la humedad, las reparaciones menores más comunes son:

- ✓ **Repellos.**
- ✓ **Reparaciones de juntas.**
- ✓ **Inyección de grietas muy pequeñas y superficiales con epóxicos.**

#### **b) Elementos no estructurales.**

### **4. Anclar.**

Esta medida es una de las más utilizadas y consiste en asegurar con pernos, amarrar, utilizar cables o puntales (en el caso de las paredes de relleno de los marcos estructurales) para evitar que las piezas caigan o se deslicen. Cuando más pesado sea el objeto, más probable será que se mueva debido a un sismo o a réplicas de éste.

### **5. Reubicar.**

Con esta medida lo que se busca es evitar que un elemento que pueda caer o moverse debido a un sismo, pueda lastimar a las personas debido a que está ubicado en un lugar en el que circulan o habitan muchas personas. Como medida para minimizar este riesgo, se mueve el elemento hacia otro lugar en el que no pueda lesionar a alguien, en caso que se caiga o mueva debido a posibles réplicas.

### **6. Reparar.**

Esta medidas de seguridad para elementos no estructurales, es similar a la explicada anteriormente, para elementos estructurales.

### **7. Remover (demoler) elementos no estructurales en peligro de caer.**

Esta medida consiste en remover de manera permanente el elemento no estructural (en el caso de las paredes de relleno de los marcos, la remoción equivale a demoler el elemento). No se debe confundir el remover con el reubicar, un ejemplo de remoción de un elemento no estructural, lo representa el revestimiento pesado en piedra o concreto de una pared exterior de un edificio, debido a su gran peso podría

desprenderse con facilidad durante u sismo. La solución sería colocar un mejor anclaje, pero una mejor solución sería removerlo permanentemente.

**c) Problemas geotécnicos.**

**8. Cubrir grietas con plásticos.**

Este método es el más sencillo y práctico de aplicar, ya que únicamente hay que colocar un plástico muy resistente sobre el talud que presenta grietas, para evitar o disminuir el agua que se filtra por las grietas y, por tanto, las presiones intersticiales que actúan como factor desestabilizador en las superficies de rotura y grietas de tracción.

En la Fig. 2. 110 se muestra la aplicación de esta medida de seguridad temporal.

**9. Rellenar grietas con suelo cemento.**

Esta medida consiste en rellenar las grietas con suelo cemento, con el objetivo de disminuir la cantidad de agua que se filtra y erosiona el talud (similar a la medida anterior).

En la Fig. 2. 111 se muestra un caso de aplicación.



**Fig. 2. 110 Colocación de plástico para disminuir la filtración de agua y erosión del talud (Melara, E., 2008).**



**Fig. 2. 111 Sellado de grietas con suelo-cemento (Melara, E., 2008).**

### **10. Sistemas de drenaje menores.**

Esta medida es aplicable cuando el sismo se produce en la época lluviosa o cuando se ha roto alguna cañería cercana al talud, la cual le aporta agua a éste. Las medidas de drenaje tienen por finalidad eliminar o disminuir el agua presente en el talud y, por tanto, las presiones intersticiales que actúan como factor desestabilizador en las superficies de rotura y grietas de tracción. Estas medidas son generalmente las más efectivas, ya que el agua es el principal agente desencadenante de los problemas de inestabilidad en taludes, aumentando el peso de la masa inestable, elevando el nivel freático y las presiones intersticiales, creando empujes hidrostáticos, reblandeciendo el terreno, erosionándolo, etc.

El principal elemento que se puede utilizar temporalmente, como sistema de drenaje son las cunetas y contracunetas (al pie del talud), las cuales pueden ir forjadas en el terreno sin ningún recubrimiento o con recubrimiento de un mortero pobre, mientras

se construye el sistema de drenaje permanente. También pueden utilizarse tuberías cortadas por la mitad en el sentido longitudinal como se muestra en la Fig. 2. 112.



**Fig. 2. 112 Cunetas elaboradas con tubos de concreto cortados por la mitad, en el sentido longitudinal (Alberti, J. y otros, 2006).**



---

***CAPITULO III***

---

***3. “PROPUESTA METODOLÓGICA DE  
EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES POST-  
SISMO”***

### 3.1. INTRODUCCIÓN.

En nuestro país no se cuenta con ninguna metodología a seguir para evaluar las edificaciones dañadas por sismos, el único esfuerzo que se hizo y que lamentablemente nunca se implementó es la metodología que se proponía en el trabajo de graduación **“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE DAÑOS EN EDIFICIOS”** de la Universidad de El Salvador del año 1988 (Salgado Castillo y otros, 1988), el cual era especializado para la evaluación de edificios de concreto reforzado.

A parte de este trabajo lo único que se ha realizado (por diferentes instituciones) fue la elaboración de formularios para el levantamiento de daños en campo, pero sin llegar a proponer una metodología e incluso esto (la existencia de varios formularios) generó descontrol al momento de evaluar las edificaciones, ya que cada formulario era diferente. Entre los diferentes formularios que existen están los elaborados en trabajos de graduación presentados en la Universidad de El Salvador, y los elaborados por ASIA y CASALCO para el sismo de 1986 y para los sismos del 2001 (ver anexo A).

Para elaborar la metodología que se presenta en este trabajo de graduación se consultaron metodologías y manuales como el de Manizales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003, la memoria del **“Proyecto de evaluación de edificaciones afectadas por sismo en Manizales y la Descripción y comparación de las principales metodologías existentes a nivel internacional y nacional sobre evaluación de daños después de un sismo”** de la Asociación Colombia de Ingeniería Sísmica (Asociación Colombia de Ingeniería Sísmica, 2003), se consultó también el manual de campo de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica y su formulario de inspección rápida y el de inspección detallada, ver en el anexo A. (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998), así como los formularios de evaluación rápida y detallada del ATC-20 (anexo A). La metodología que se propone en este trabajo de investigación, está dividida en dos etapas, una que llamaremos **evaluación de emergencia** y otra que se conocerá como **evaluación detallada**. La **evaluación de emergencia** del nivel de daño de la edificación, tiene como finalidad, identificar en el menor tiempo posible las edificaciones o las zonas de éstas, que de manera visual se muestran seguras

(habitables), las inseguras (no habitables y en peligro de colapsar) y de las que se tienen dudas (uso restringido), para determinar las edificaciones que requieren una evaluación más exhaustiva para evitar la pérdida de vidas humanas debido a réplicas. En el caso del sismo de 1986, éste destruyó total o parcialmente el 90 % de las construcciones dedicadas a los servicios de salud y educación (ASIA, 1988).

En el caso de la **evaluación detallada** de las edificaciones, ésta tendrá como finalidad evaluar de una manera subjetiva (ya que es visual) pero basada en criterios técnicos razonables, la seguridad de las edificaciones que en la evaluación de emergencia se determinó que debían evaluarse más detalladamente (uso restringido), para dar un dictamen sobre las medidas de protección a tomar posteriormente, las cuales pueden ir desde la reparación hasta considerar la posible demolición de la edificación.

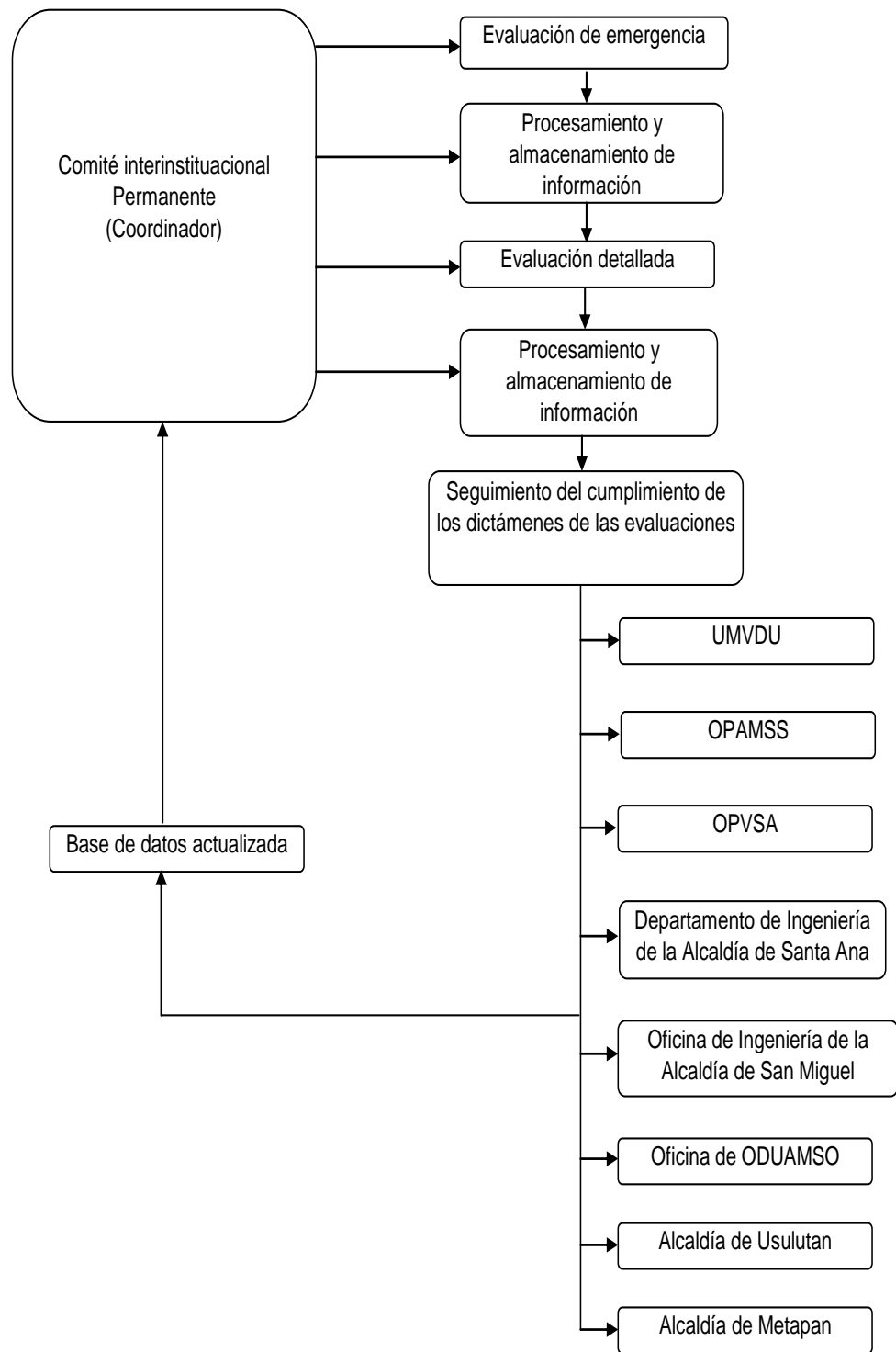
La metodología se desarrolla en 20 secciones (9 secciones para la etapa de emergencia y 11 para la detallada) tomando en cuenta criterios como la inestabilidad global de la estructura, los problemas geotécnicos, los daños en elementos estructurales y los no estructurales. Estos criterios se han valorado (a través de tablas) según el nivel de gravedad que los mismos representan para la edificación. Además se presenta una descripción detallada para evaluar y clasificar el nivel de daños en elementos estructurales, elementos no estructurales, etc. con el propósito de llegar a un dictamen, lo más objetivo posible. Finalmente se presenta un formulario (anexo C) con el que se recopilará toda la información de campo para dar el dictamen sobre el nivel de daño de la edificación, es de aclarar que a pesar que la metodología se ha dividido en dos partes, se deberá tener un solo formulario por cada edificación inspeccionada, esto con el fin de realizar la menor cantidad de visitas (ya que en ocasiones se extravían los formularios de la evaluación de emergencia de una edificación o se confunde con la de otra edificación) para no despertar en la población desconfianza a cerca de la capacidad de los equipos evaluadores y evitar además el desgaste de las personas que conformen estos equipos. También con la implementación de un solo formulario evitaremos la acumulación de documentos, que en ocasiones presentan datos repetidos, para poder crear una base de datos ordenada y que a las ves sea fácil de consultar.

### 3.2. COMPONENTES DE LA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POST-SISMO.

La metodología que se propone en esta investigación comprende desde la parte organizativa, el procedimiento de evaluación, la clasificación de la habitabilidad de la edificación y el procesamiento y almacenamiento de los datos obtenidos en campo. Para que la metodología pueda considerar y llevar a cabo todos los aspectos anteriores, de una manera adecuada y efectiva, se proponen tres fases:

- ✓ Organizativa: En esta fase se propone la formación del Comité Interinstitucional Permanente para la Evaluación de Edificaciones Dañadas por Sismos, el cual será la entidad encargada de toda la logística para organizar a los profesionales de la ingeniería civil y la arquitectura, administrar el material y equipo necesarios para realizar las evaluaciones.
- ✓ Obtención de datos en campo: En esta fase se obtendrá toda la información necesaria para identificar, evaluar y clasificar cada una de las edificaciones que se inspeccionen. La evaluación de los daños de las edificaciones se desarrollará en dos etapas, la **evaluación de emergencia** y la **evaluación detallada**. Para realizar las evaluaciones se proponen la conformación de brigadas de inspección de campo y el uso del formulario único de inspección.
- ✓ Procesamiento de datos: En esta fase se propone la creación de una base de datos, en la que se pueda almacenar y procesar los datos obtenidos en los levantamientos de campo, la información debe estar georeferenciada, para una mejor consulta. Esta tarea estará a cargo del Comité Interinstitucional Permanente para la Evaluación de Edificaciones Dañadas por Sismos.

Las la primera y la segunda fase estarán a cargo del Comité Interinstitucional Permanente, ya que esta es la entidad que se propone que a cargo la organización y la logística de la metodología. La fase de obtención de los datos estará a cargo de las brigadas de inspección de campo. En la Fig. 3. 1 se muestra un organigrama de la metodología para la evaluación de daños en edificaciones post-sismo que se está proponiendo en el presente trabajo de graduación.



**Fig. 3. 1 Esquema general de la metodología para la evaluación de daños en edificaciones post-sismo.**

### **3.3. FASE I: ORGANIZACIÓN.**

En nuestro país existen instituciones como las universidades que imparten las carreras de Ingeniería Civil y de Arquitectura, la Asociación salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA), el Colegio de Arquitectos de El Salvador (CADES), la Cámara Salvadoreña de la Construcción (CASALCO), el Ministerio de obras Públicas (MOP), las cuales han tomado como propia, la responsabilidad de evaluar las edificaciones dañadas por sismos, tal como sucedió en el sismo del 10 de octubre de 1986 y el los sismos del 13 de enero y febrero del 2001.

Cada una de ellas han evaluado por iniciativa propia, pero la responsabilidad que conlleva tener a cargo la evaluación de las edificaciones dañadas por los sismos es muy grande y además debe de ser permanente, es decir que no inicia cuando se produce el sismo y termina cuando se han evaluado las edificaciones, si no que incluye la capacitación de los profesionales, para que éstos estén preparados al momento que suceda el evento sísmico y el seguimiento del cumplimiento de los dictámenes a los que las personas, que realizaron las evaluaciones, llegaron a determinar para cada una de las edificaciones evaluadas.

Por todo lo anterior, es fundamental que en nuestro país exista un Comité Interinstitucional Permanente, el cual se encargue de organizar y capacitar a los profesionales de la ingeniería civil y la arquitectura y de garantizar el equipo necesario, para que éstos puedan evaluar de la mejor manera posible las edificaciones.

Antes de proponer la estructura organizativa y las funciones del comité, revisaremos los antecedentes que en materia de organización y evaluación de daños en edificaciones debido a sismos se han realizado en el país.

#### **3.3.1. Antecedentes de organización para evaluación de daños en edificaciones debido a sismos.**

Los registros que se han logrado encontrar, que dan evidencia de esfuerzos realizados en el país de actividades para ejecutar evaluaciones de edificaciones dañadas

por sismos de manera formal y con criterios técnicos, son los eventos de los siguientes años:

**a) Evaluación de daños producidos por el sismo de 1965.**

La evaluación de los daños en edificios causados por el sismo de 1965, fue realizada por la UNESCO a través de una comisión encabezada por Rosenblueth, E (Rosenblueth, E, 1965) a petición del Gobierno Salvadoreño, no se sabe sobre los criterios que utilizaron para cuantificar los daños. En ese tiempo existieron deficiencias tales como:

1. El país no contaba con profesionales capacitados para evaluar los daños causados en edificaciones debido a sismos.
2. No se contaba con ninguna institución encargada de capacitar a los profesionales ni de llevar un registro de las edificaciones dañadas y el seguimiento del cumplimiento de los dictámenes.
3. No se contaba con una metodología para evaluar las edificaciones dañadas, ni con manuales o formularios.

**b) Ley de la Defensa Civil de 1976.**

En el decreto legislativo N° 498 del 8 de abril de 1976, que contiene la Ley de Defensa civil, se establece que este decreto es el instrumento legal para poner en marcha las operaciones del Sistema Nacional de Emergencias, dicho sistema debe de llevar a cabo acciones en todas las fases y etapas del ciclo de los desastres, a fin de alcanzar el nivel de organización y coordinación en todos los niveles. En el artículo 9 de este decreto se establece la creación del Comité de Emergencia Nacional (COEN), el cual está integrado por los ministerios de gobierno involucrados en el manejo y mitigación de desastres y por Comités de Emergencia Departamentales y Municipales.

La deficiencia de esta ley es que no se decreta la creación de una comisión técnica especializada en la evaluación de daños en edificaciones causados por sismos.

**c) Evaluación de daños por el sismo de 1986.**

Según información consultada se formó la comisión MOP-ASIA-CASALCO, que se encargó de coordinar las evaluaciones y que tenía su sede en ASIA. Antes de

formar esta comisión existía una descoordinación completa ya que cada una de las instituciones realizaba sus propias evaluaciones con sus criterios y su formulario.

Dentro de las deficiencias que se encontraron en este proceso están:

1. No existió un entrenamiento continuo y previo al sismo. Se realizaron 4 cursos de entrenamiento de emergencia y de manera improvisada a los profesionales (aproximadamente 100 por cada curso) que se ofrecieron como voluntarios, en un periodo de 2 semanas.
2. No existían formularios para hacer el levantamiento de daños y la evaluación de las edificaciones (el Dr. Hernández elaboró uno basado en sus conocimientos y experiencia).
3. No existía una metodología para realizar la evaluación (todo se realizó de manera improvisada).
4. Las evaluaciones se realizaron hasta dentro de 2 semanas (periodo en el cual se capacitó a los voluntarios).
5. No se permitió el ingreso de los evaluadores a establecimientos de uso público de propiedad privada.
6. No existió un procesamiento adecuado de la información, la cual se terminó extraviando.

Las observaciones positivas que se tienen de esta evaluación es que hubo continuidad de los profesionales que realizaron las evaluaciones, es decir que únicamente los que recibieron el entrenamiento realizaron las evaluaciones y no se permitió que profesionales que no habían recibido el entrenamiento participaran.

#### **d) Creación de la Comisión Técnica de Seguridad Estructural en 1996.**

En el decreto N° 119, dado en Casa Presidencial el 28 de noviembre de 1996 se decreta la creación de la Comisión Técnica de Seguridad Estructural, la cual (según el artículo 1 de dicho decreto) tendrá como objetivo estudiar y proponer reformas al Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones y sus Normas Técnicas, a efecto de incorporar a los mismos los avances tecnológicos y científicos que fuese



menester; así como también **coordinar la evaluación de daños estructurales ocasionados por una catástrofe.**

En el artículo 2 de dicho decreto se establece que las instituciones que integraran la comisión son:

1. El Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.
2. La Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA).
3. El Colegio de Arquitectos de El Salvador (CADES).
4. La Cámara Salvadoreña de la Industria de la Construcción (CASALCO).
5. La Sociedad Salvadoreña de Ingeniería Sísmica.
6. Dos universidades legalmente establecidas en el país que incluyen dentro de las carreras que ofrecen, las de la Ingeniería y Arquitectura.

Al final esta comisión nunca tuvo a su cargo la coordinación de las evaluaciones estructurales de las edificaciones dañadas por los sismos o cualquier otro tipo de catástrofe.

**e) Evaluación de daños por los sismos del 2001.**

De acuerdo a la investigación realizada se formó la comisión MOP-ASIA-FESIARA que se encargó de coordinar las evaluaciones y que tenía su sede en ASIA.

Dentro de las deficiencias que se encontraron en este proceso están:

1. No existió un entrenamiento continuo y previo al sismo. Se realizaron 3 cursos de entrenamiento de emergencia y de manera improvisada a los profesionales que se ofrecieron como voluntarios, en el periodo de 1 semana.
2. El formulario que se utilizó fue uno utilizado en una ciudad del sur de México y el problema que se presentó fue que en la capacitación no se explicó a los profesionales como rellenar dicho formulario, creando muchas dudas al momento de realizar las evaluaciones.
3. No existía una metodología para realizar la evaluación (todo se realizó de manera improvisada).
4. Las evaluaciones se realizaron hasta dentro de 1 semana (periodo en el cual se capacitó a los voluntarios).

5. No se permitió el ingreso de los evaluadores a establecimientos de uso público de propiedad privada.
6. No existió una continuidad de parte de los profesionales que fueron capacitados y se cometió el error de permitir que cualquier profesional (sin estar debidamente capacitado) realizara de manera particular las evaluaciones de las edificaciones.

Lo positivo de esta evaluación fue que se elaboró una base de datos de todos los edificios evaluados, de la que tiene copia ASIA, el VMVDU y OPAMSS, pero actualmente no existe una coordinación para actualizar la lista de las edificaciones dañadas que han sido reparadas o del seguimiento que se les está dando.

**f) Creación de la LEY DE PROTECCION CIVIL, PREVENCION Y MITIGACION DE DESASTRES del 2005.**

En el DECRETO No. 777 la Asamblea Legislativa de la República de EL SALVADOR, (<http://www.csj.gob.sv/leyes.nsf/0/491cf0078f83abc50625708c007480b6?OpenDocument&Click=>) considerando:

1. Que la persona humana es el origen y fin de la actividad del Estado, el cual está organizado para la consecución entre otros fines, del bien común, por lo que es su obligación asegurar a los habitantes de la República una efectiva protección civil en casos de desastres.
2. Que por medio del Decreto Legislativo No. 498 de fecha 8 de abril de 1976, publicado en el Diario Oficial No. 74, Tomo 251, de fecha 23 del mismo mes y año se emitió la Ley de Defensa Civil; de igual forma mediante Decreto Legislativo No. 44, del 29 de julio de 1988, publicado en el Diario Oficial No. 145, Tomo No. 300, del 10 de agosto del mismo año se aprobó la Ley de Procedimiento para Declarar la Emergencia Nacional; no obstante su existencia jurídica, en la actualidad ambos cuerpos normativos no responden a las necesidades de prevenir los desastres, mitigar sus consecuencias y desplegar una protección civil efectiva en la eventualidad de los mismos.
3. Que en razón de lo anterior, es necesario constituir el Sistema Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, con el objeto de que la

planificación y coordinación cuenta con fundamento legal. Asimismo, es indispensable que dicho sistema actúe tomando en cuenta los adelantos y experiencias en esta materia, ya que el Estado salvadoreño se ha obligado internacionalmente a coordinar operativamente con el resto de países centroamericanos en casos de emergencia, a intercambiar información y a cumplir los Convenios Internacionales ratificados.

Se decreta la:

**LEY DE PROTECCIÓN CIVIL, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES.**

En el artículo 1 de esta ley se establece que el objeto de la misma es prevenir, mitigar y atender en forma efectiva los desastres naturales y antrópicos en el país y además desplegar en su eventualidad, el servicio público de protección civil, el cual debe caracterizarse por su generalidad, obligatoriedad, continuidad y regularidad, para garantizar la vida e integridad física de las personas, así como la seguridad de los bienes privados y públicos.

En el Artículo 7 se establece que el Sistema Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres estará integrado por:

1. La Comisión Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres.
2. Las Comisiones Departamentales de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres.
3. Las Comisiones Municipales y Comunales de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres.

El aporte principal de este decreto en lo referente al tema de evaluación de daños de edificaciones debido a sismos es que en el artículo 19 se establece que La Dirección General (que forma parte de la Comisión Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres) contará con el apoyo permanente del **Consejo Asesor**.

El Consejo Asesor será un órgano interinstitucional de carácter científico y técnico que emitirá informes, opiniones o dictámenes los cuales no tendrán carácter reservado y serán abiertos a la consulta pública o de las partes interesadas.

Este Consejo Asesor estará formado por representantes del Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Instituto Geográfico Nacional, Estado Mayor Conjunto de la Fuerza Armada, Dirección General de Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Unidad Técnica de Desastres del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma, Departamento de Calidad Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Cuerpo de Bomberos de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, Facultades de Ingeniería y Arquitectura de dos universidades privadas que designará la Asociación de Universidades Privadas de El Salvador o como lo establezca el reglamento de la asociación y un representante de cada uno de los organismos de socorro reconocidos por el sistema.

La función del Consejo Asesor será aconsejar a la Comisión Nacional sobre la construcción de obras de prevención y en la demolición de cualquier construcción, cuando amenazare derrumbarse o causar una tragedia en la vida o propiedad de las personas.

**g) Elaboración del sistema de consulta en línea de viviendas dañadas por el Vice-ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.**

Debido a los daños causados en viviendas por el enjambre sísmico ocurrido en los municipios de Atiquizaya, El refugio, Turín, San Lorenzo y Ahuachapan, todos del municipio de Ahuachapan, entre los días 17 de diciembre del 2006 y el 8 de enero del 2007, se iniciaron los trabajos de la construcción de un sistema de consulta a través de Internet, con el objetivo de crear una base de datos (la cual está georeferenciada) con toda la información socio-económica de las familias afectadas y la información técnica del nivel de daño en sus viviendas para agilizar la ayuda a nivel nacional e internacional.

El sistema puede ser consultado por los usuarios, que están autorizados, a través de Internet y éstos pueden actualizar la base de datos con la información más reciente obtenida en campo. Los datos de entrada del sistema lo constituyen los datos de las fichas socioeconómicas y técnicas elaboradas por el Vice Ministerio de Vivienda (aunque actualmente solo la información socioeconómica está disponible). El sistema visualiza la información de las familias en formato pdf y en un mapa georeferenciado de El Salvador y en otro más detallado del municipio afectado.

#### **h) Creación de la Comisión Evaluación de Riesgos (CER) en el 2008.**

A inicios del 2008 iniciaron pláticas entre diferentes instituciones y profesionales de la Ingeniería Civil, dando como resultado que en abril se creara la Comisión Evaluación de Riesgos (CER).

La CER tendrá como objetivo coordinar todas las actividades y recursos necesarios para llevar a cabo la evaluación de las edificaciones después de ocurrido un sismo así como la coordinación de las actividades posteriores a la ocurrencia del sismo.

La CER está integrada por las siguientes instituciones (Héctor Hernández, 2008):

1. La Dirección General de Protección Civil.
2. El Vice Ministerio de Vivienda y desarrollo Urbano (VMVDU).
3. La Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS).
4. El Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).
5. La Cámara Salvadoreña de la Construcción (CASALCO).

Dentro de las primeras actividades que ha realizado la CER, es la capacitación de los primeros 30 profesionales (de los 300 profesionales que quieren capacitar) en la evaluación de daños en edificaciones post-sismo. La capacitación consiste en impartirles a los profesionales los conocimientos y lineamientos necesarios para evaluar las edificaciones dañadas por sismos, así como explicarles la manera en la que deben de rellenar el Formulario Único de Inspección Rápida que la CER ha propuesto para utilizar de manera única en todo el país y que el Dr. Héctor Hernández ha elaborado.

Lo positivo de este esfuerzo es que se cuenta de manera anticipada al evento sísmico, con una estructura encargada de coordinar todas las tareas necesarias para

evaluar las edificaciones luego de ocurrido el sismo, así como el manejo, almacenamiento y divulgación de la información.

La deficiencia que se ha encontrado en la CER es, que no se han tomado en cuenta a todas las instituciones, que en este trabajo de graduación se proponen que integren el Comité Interinstitucional Permanente (el cual sería el equivalente de la CER, sección b). Con todos los antecedentes mencionados anteriormente se propondrán los aspectos que se deben tomar en cuenta para establecer la estructura, los objetivos y las funciones del Comité Interinstitucional Permanente para la Evaluación de daños en Edificaciones Post-Sismo).

Los aspectos que se deben tener en cuenta para la estructuración y funcionamiento del comité (que se desarrollaran en las siguientes secciones) son:

- a) Identificación de las disciplinas involucradas en el proceso de evaluación de daños de edificaciones post-sismo.**
  - b) Instituciones que conformaran el comité.**
  - c) Objetivos del comité.**
  - d) Alcances del comité.**
  - e) Reglamento interno del comité.**
  - f) Estrategias de financiamiento.**
  - g) Obtención de los materiales y el equipo necesario para su buen funcionamiento.**
  - h) Funcionamiento y Organigrama ejecutivo del Comité Interinstitucional Permanente y de Las Brigadas de Evaluación.**
  - i) Establecer el perfil de los profesionales que realizaran las evaluaciones.**
  - j) Capacitaciones y entrenamiento del personal.**
  - k) Almacenamiento, procesamiento y divulgación de la información.**
  - l) Plan de prioridades de las edificaciones a evaluar.**
- 
- a) Disciplinas involucradas.**

Las disciplinas que están involucradas en el proceso metodológico de evaluación de daños de edificaciones post-sismo son:

1. La Ingeniería Civil, a través de las especialidades en el área estructural, geotécnica, sísmica, hidráulica y de los procesos de construcción.
2. La Arquitectura, a través del diseño arquitectónico, el ordenamiento territorial y de los procesos de construcción.
3. La Geología, a través del área geotécnica y del ordenamiento territorial tomando en cuenta las propiedades, físicas y mecánicas, de los diferentes tipos de materiales que forman los diferentes tipos de suelos que se tienen en el país.
4. La Ingeniería Informática, a través de la creación, manejo y mantenimiento adecuado y eficiente de la base de datos que se genere de la recolección y procesamiento de los datos de campo.
5. La Administración de empresas, para llevar un proceso ordenado y sistemático de todas las tareas que se deben realizar para que el proceso metodológico sea exitoso y cumpla con sus objetivos.

#### **b) Instituciones que conformarán el comité.**

Debido a las disciplinas que intervienen en la metodología para la evaluación de daños de edificaciones post-sismo, las instituciones que integren el comité serán aquellas que trabajan o estén especializadas en esas disciplinas.

El comité interinstitucional permanente deberá estar formado por las Universidades, instituciones gubernamentales y privadas, asociaciones de profesionales, organizaciones y agencias de Cooperación Internacionales que estén relacionadas con el diseño y construcción de edificaciones o que trabajen en el tema de reducción de desastres que afecten al país.

Cada uno de estos sectores involucrados deberá de elegir a un representante para que integre el comité, de manera que cada sector esté representado en iguales condiciones.

Las instituciones que de manera obligatoria deberán integrar el comité, a través de un representante, son:

1. La Dirección General de Protección Civil, por ser la encargada de establecer planes de trabajo de prevención del manejo del riesgo de desastres y de mitigación de los impactos de éstos en todo el territorio nacional.
2. La facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador (UES), por impartir las carreras de Ingeniería Civil y la de Arquitectura.
3. Las universidades e Institutos de educación superior privados que impartan las carreras de ingeniería civil, arquitectura y que trabajen en áreas relacionadas a la mitigación de desastres.
4. El Ministerio de Obras Públicas, Transporte vivienda y Desarrollo Urbano (MOP) a través del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) quien es la institución que se encarga del ordenamiento territorial y de otorgar los permisos de construcción para los municipios que no cuentan con una oficina propia de planificación territorial.
5. El Servicio Nacional Estudios Territoriales (SNET), por ser la institución que monitorea todos los fenómenos naturales que pueden producir desastres.
6. La Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA), por ser una gremial de profesionales en las áreas de la ingeniería y la arquitectura.
7. El Colegio de Arquitectos de El Salvador (CADES), por ser una gremial de profesionales en el área de la arquitectura.
8. La Cámara Salvadoreña de la Industria de la Construcción (CASALCO), por estar relacionada con la construcción de edificaciones.
9. La Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), por ser la encargada de la planificación del área metropolitana de San Salvador.
10. El Departamento de Ingeniería de la Alcaldía Municipal de Santa Ana, por ser quien emite las resoluciones de los trámites de proyectos de parcelación, urbanización y edificación que se desarrollan en el Municipio de Santa Ana.
11. La Oficina de Planificación para el Valle de San Andrés, (OPVSA) por ser la autoridad competente para otorgar las autorizaciones relativas al desarrollo de urbanizaciones, parcelaciones y construcciones en los municipios de: Colón, San



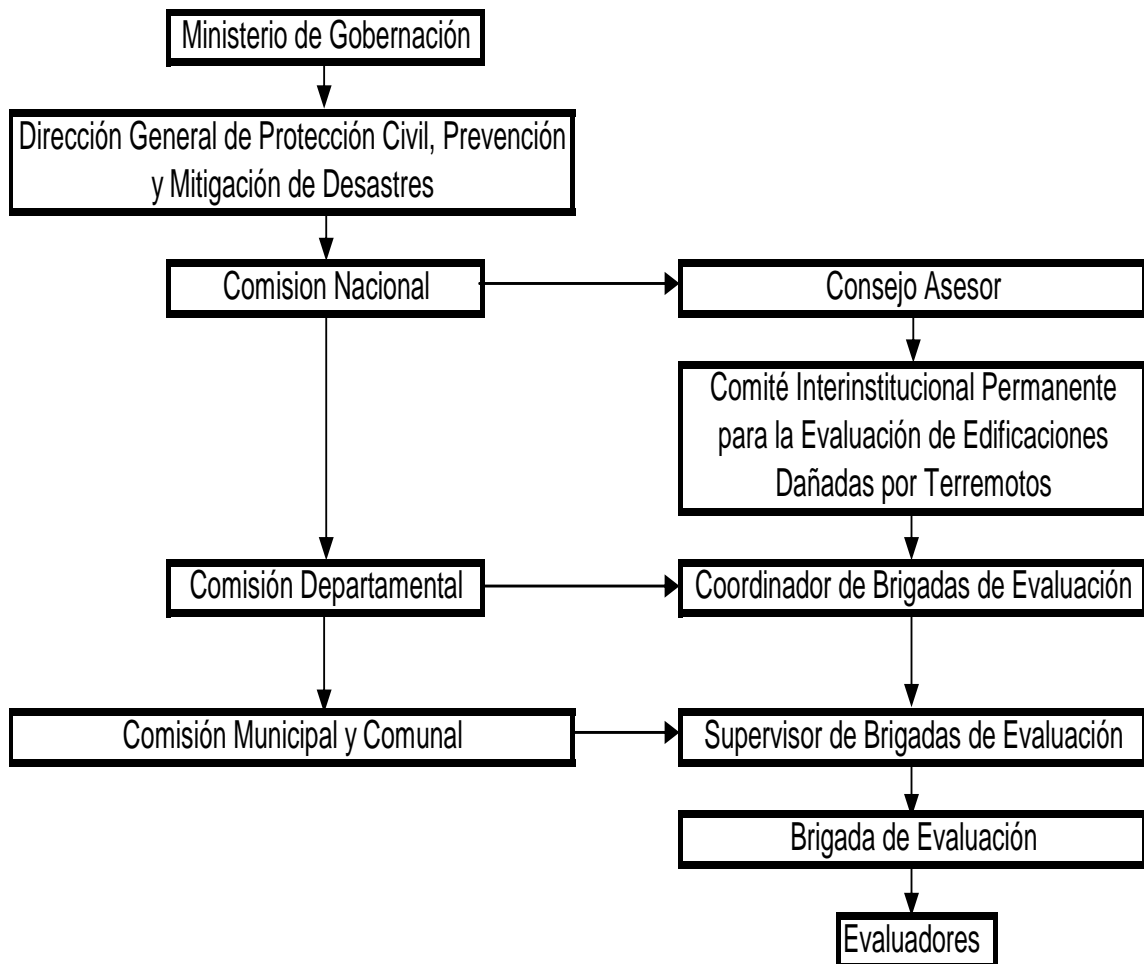
Juan Opico, Ciudad Arce, Sacacoyo y Quezaltepeque, que conforman la Asociación de municipios del Valle de San Andrés (AMUSAVAN). Así también a partir del mes de abril del dos mil siete, el municipio de Armenia se reconoce, por parte de este Vice Ministerio, como incorporado a la Oficina de Planificación del Valle de San Andrés.

12. La Oficina de Ingeniería de la Alcaldía Municipal de San Miguel, por ser quien emite las resoluciones de los trámites de proyectos de parcelación, urbanización y edificación que se desarrollan en dicha jurisdicción. Acorde al Convenio de Cooperación firmado entre el Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano y la Alcaldía de San Miguel, el 26 de septiembre de 1995.
13. La Oficina de ODUAMSO, por ser quien emite las resoluciones de trámites de proyectos de parcelación, urbanización y edificación que se desarrollan en los municipios de: Sonsonate, Sonzacate, San Antonio del Monte y Nahulingo.
14. La Alcaldía del municipio de Usulután, por ser quien emite las resoluciones de trámites de parcelación, urbanización y edificación que se desarrollan en el municipio de Usulután.
15. La Alcaldía del municipio de Metapán, por ser quien emite las resoluciones de trámites de parcelación, urbanización y edificación que se desarrollan en el municipio de Metapán.

### **c) Organigrama ejecutivo del Comité Interinstitucional Permanente.**

Como se mencionó en los antecedentes (sección 3.3.1) en la Ley de Protección Civil, Prevención Y Mitigación de Desastres del 2005, se indica que, el Ministerio de Gobernación tendrá dentro de su estructura a la Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, la cual a la vez tendrá dentro de su estructura a la Comisión nacional, la cual tendrá un Consejo Asesor quien le ayudará en los aspectos científicos y técnicos concernientes a la prevención y mitigación de desastres. El Comité Interinstitucional Permanente para la Evaluación de Edificaciones dañadas por sismos, que se propone en el presente trabajo de graduación estará dentro del Consejo asesor y tendrá a **coordinadores** de las Brigadas de Evaluación, los cuales serán nombrados

dentro de los miembros de las Comisiones departamentales de la Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres. Los coordinadores departamentales se apoyarán en los **supervisores** de las Brigadas de Evaluación, los cuales serán nombrados dentro de los miembros de la Comisión Municipal y Comunal de la Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres. Finalmente tendremos a los **evaluadores** que integraran las brigadas de evaluación, los que será los responsables directos de realizar las evaluaciones de las edificaciones dañadas por sismos. Todo lo anterior se resume en el organigrama ejecutivo del Comité Interinstitucional Permanente, que se muestra en la Fig. 3. 2.



**Fig. 3. 2 Organigrama ejecutivo del Comité Interinstitucional Permanente para la Evaluación de Edificaciones Dañadas por Sismos.**

#### **d) Objetivos del Comité Interinstitucional Permanente.**

##### **Objetivo general.**

Ser una entidad encargada de llevar a cabo todas las actividades y gestiones necesarias, para responder de manera adecuada y oportuna al momento de registrarse un evento sísmico en el país, en lo que respecta a la evaluación de las edificaciones dañadas por sismos, así como la organización y el entrenamiento de los profesionales en la evaluación de edificaciones dañadas por sismos.

##### **Objetivos específicos.**

1. Gestionar el financiamiento (a través del estado o con organismos de cooperación o financiadores), para la compra de materiales, equipo y pago por servicios profesionales que sean necesario para llevar a cabo el proceso de evaluación de los daños de las edificaciones, así como para mantener el funcionamiento diario del comité y sus instalaciones.
2. Organizar a los profesionales, en brigadas de inspección después de registrarse el sismo y asignarles las áreas de trabajo, así como capacitarles en la evaluación de daños en edificaciones debido a sismo, para garantizar un mejor intervención de los profesionales.
3. Coordinar la logística con las instituciones que conforman el comité, así como las entidades de socorro y seguridad pública, para tener un intercambio fluido de información.
4. Almacenamiento de los formularios de campo antes y después del sismo, así como su distribución y explicación a los profesionales de cómo llenarlos.
5. Mantener actualizada la base de datos que se genere del levantamiento de campo, así como su mantenimiento y divulgación a las diferentes instituciones que integran el comité.

#### **e) Alcances del Comité Interinstitucional Permanente.**

Ser una entidad competente para capacitar y organizar de manera rápida y eficiente a todos los profesionales que deben participar en la evaluación de edificaciones dañadas por sismos, así como coordinar actividades con todas las instituciones de

socorro y seguridad pública, para garantizarle a la población afectada la pronta y adecuada ayuda.

**f) Reglamento interno del Comité Interinstitucional Permanente.**

El Comité Interinstitucional Permanente deberá poseer un reglamento interno que norme su funcionamiento, deberes y sanciones.

Los componentes o capítulos que se deben incluir en el reglamento deberán de ser:

1. Sobre las instituciones que integran el comité y su representación igualitaria dentro del mismo.
2. Sobre la elección de la junta directiva del comité interinstitucional permanente.
3. Sobre las reuniones ordinarias (que deberán de ser al menos cada 15 días) y extraordinarias (en el momento que se de una emergencia o algún suceso eventual).
4. Sobre el financiamiento del comité para el pago por servicios al personal que labore en el comité, para la compra del material y equipo para realizar la evaluación.
5. Sobre la convocatoria de los profesionales, para la evaluación de las edificaciones dañadas por sismos.
6. Sobre las capacitaciones en la evaluación de daños de edificaciones post-sismo a los profesionales.

**g) Funcionamiento del Comité Interinstitucional Permanente.**

Basados en la ley de protección civil, prevención y mitigación de desastres. El Comité Interinstitucional Permanente dependerá o estará coordinado por el Consejo Asesor de la Comisión Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres como se muestra en la Fig. 3. 3.

Internamente estará integrado por todas las instituciones que se detallaron en la sección b) y para su funcionamiento interno se apoyará de los coordinadores de brigadas de evaluación departamentales (que será un representante de la Comisión Departamental de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres). Los coordinadores se

apoyaran de los supervisores de brigadas de evaluación municipales (que será un representante de la Comisión Municipal y Comunal de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres), luego se tendrán las brigadas de evaluación y finalmente los evaluadores que integran las brigadas (dentro de los cuales se elegirá al responsable de la brigada).

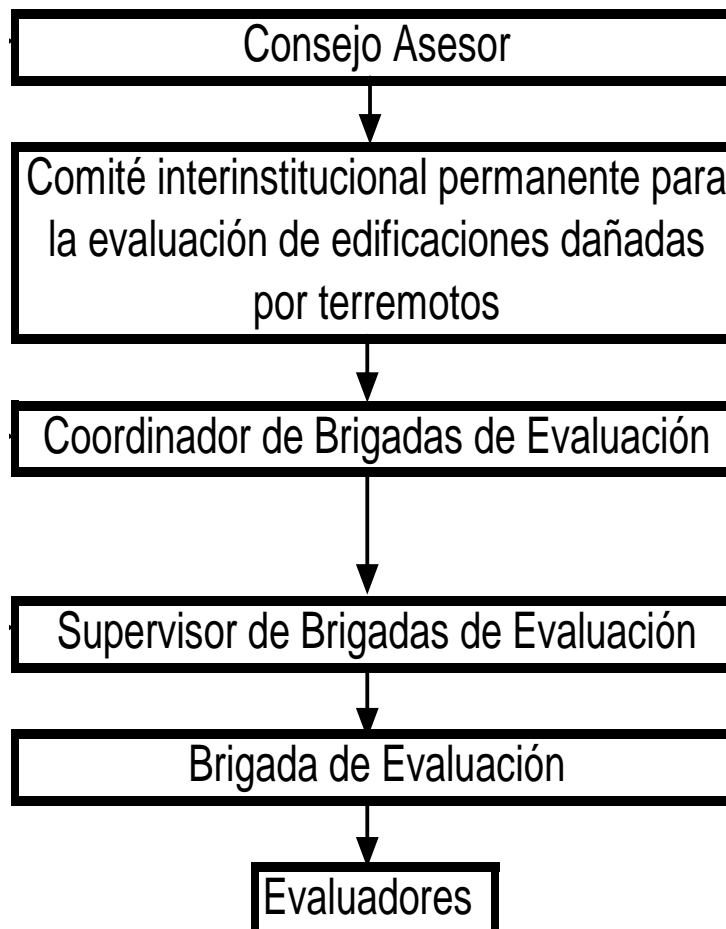


Fig. 3. 3 Estructura del funcionamiento del Comité Interinstitucional Permanente.

A continuación describiremos cada una de las funciones de los coordinadores, supervisores y evaluadores de las brigadas.

**a) Coordinadores de las brigadas de evaluación.**

Las funciones del coordinador serán:

1. Entregar los paquetes de formularios a los supervisores de cada municipio en el que se necesita la presencia de brigadas de evaluación y recibirlos una vez que hayan sido llenados, revisados y clasificados (según los dictámenes de habitabilidad de cada edificación evaluada) por los supervisores.
2. Realizar un informe total del departamento asignado, el cual deberá dar al Comité Interinstitucional Permanente para que éste lo de a conocer al Consejo Asesor y éste a la Comisión Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres y esta a las máximas autoridades.

El número de coordinadores será de uno por departamento, es decir que se tendrán 14 coordinadores y será una persona representante de la Comisión Departamental de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres.

**b) Supervisores.**

Son los que se encargarán de:

1. Distribuir al personal, de las brigadas de evaluación, disponible en cada zona y preparar las rutas de trabajo.
2. Entregarles y verificar que el material y equipo esté completo.
3. Preparar el informe de los resultados que se obtengan cada día, a la semana y el reporte final de todas las edificaciones inspeccionadas en el municipio y posteriormente entregar estos informes a los coordinadores departamentales.
4. Garantizar el transporte, alimentación y hospedaje para las brigadas, además de informar a las autoridades locales sobre las acciones que las brigadas realizarán en una zona o municipio tales como el cierre de calles, la remoción de escombros, el rescate de víctimas, la evacuación de edificaciones, convocar a los cuerpos de socorro, etc.

El número de supervisores será de uno por municipio, es decir que se tendrán 262 supervisores y será un representante de la Comisión Municipal y Comunal de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres.

### c) Evaluadores.

Estos serán los responsables directos de realizar las inspecciones de campo, es decir inspeccionar las edificaciones, recopilar la información de campo, evaluar los daños, llenar el formulario de evaluación y colocar los avisos de habitabilidad a la que se llegue según la evaluación de emergencia y posteriormente dar el dictamen de la habitabilidad de la evaluación detallada (en el caso de las edificaciones en las que se realizo).

El número de evaluadores que integrarán las brigadas será de 3 personas, una de ellas deberá ser un ingeniero estructural o un profesional con amplia experiencia en la evaluación de daños (esta persona será la que dirija el grupo), esta persona deberá ser la encargada directa de garantizar que el formulario se llene de manera correcta y será la que tome la decisión final sobre la clasificación de la edificación, la otra persona deberá ser un profesional en el área geotécnica y la otra persona podrá ser un profesional que no tenga tanta experiencia o inclusive que sea un estudiante de último año de las carreras de ingeniería civil o arquitectura.

La persona de la brigada que tenga **mayor experiencia en el área estructural** será la **responsable de la brigada** y tendrá a cargo las siguientes funciones:

1. Ser responsable de las labores de inspección y de la seguridad e integridad de la brigada.
2. Verificar que el formulario de inspección de campo esté correctamente lleno.
3. Tomar la decisión final de la clasificación de habitabilidad de la edificación previa consulta con las otras dos personas evaluadoras de la brigada.
4. Preparar los informes diarios, semanales y finales y entregarlos al supervisor de brigada municipal.

Las otras dos personas de la brigada tendrán las siguientes funciones:

1. Rellenar el formulario de inspección de campo.
2. Tomar las fotografías de la edificación y la de los daños más representativos y severos.
3. Intervenir en la decisión de clasificación de la habitabilidad de la edificación.

4. Colocar los avisos de habitabilidad y los de señalización para prohibir el paso o ingreso de personas a la edificación.
5. Colaborar en la elaboración de los informes.

Todas las personas que integren la brigada, independientemente de su especialización o experiencia, deberán cumplir con el perfil del avalador que establezca el Comité Interinstitucional permanente (como se muestra en la sección j) de este trabajo de graduación).

#### **h) Estrategias de financiamiento.**

De acuerdo al decreto 777, mencionado en los antecedentes, se establece en la Ley de Protección Civil, Prevención Y Mitigación de Desastres, que para la sustentabilidad del Sistema Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de desastres se creará un fondo para la protección civil, prevención y mitigación de desastres. El Ministro de Gobernación solicitará al organismo administrador de este fondo el financiamiento para la atención de la emergencia ocasionada por desastres.

La dirección General de Protección Civil, Prevención Y Mitigación de Desastres podrá buscar, además, el financiamiento a través de convenios de cooperación con otros países. El dinero signado al comité no se utilizará para el pago de las personas que lo integran, ya que cada uno de ellos es trabajador o voluntario de cada una de las instituciones que integran el comité.

#### **i) Obtención de los materiales y el equipo.**

La obtención de los materiales y el equipo, tanto para la evaluación como para el funcionamiento del comité, se hará por medio de licitaciones públicas para garantizar la transparencia y la selección de la mejor oferta.

El dinero con el que se efectuará el pago de los materiales y del equipo será con el que Protección Civil le asigne al comité, también podrán obtenerse de donaciones, monetarias o del material y equipo mismo, de la empresa privada o de gobiernos extranjeros.



## **1. Equipo y material necesario para la evaluación de daños.**

El equipo y material con el que las brigadas y cada uno de los evaluadores deberán contar para la evaluación de las edificaciones es:

- a) Protección personal.
  1. Casco protector.
  2. Botas de trabajo con cubo.
  3. Mascarilla para nariz y boca.
- b) Documentos personales.
  1. Nombre y números telefónicos de los coordinadores de evaluación y de las entidades de atención y prevención de desastres.
  2. Documento Único de Identidad (DUI).
  3. Credencial de evaluador.
- c) Material y equipo por cada brigada de evaluación.
  1. Mapa de la zona en la que se realiza la inspección (preferiblemente).
  2. Navegador de sistema de posicionamiento global portátil (G.P.S.).
  3. Formulario de inspección.
  4. Avisos de la habitabilidad de las edificaciones, cinta adhesiva o pegamento.
  5. Grietómetro (comparador de grietas).
  6. Cinta amarilla para restringir el paso en áreas inseguras de las edificaciones.
  7. Libreta para anotar y lapicero.
  8. Cinta métrica.
  9. Tabla de apoyo.
  10. Linterna y baterías extras.
  11. Cámara fotográfica digital y todos sus accesorios.
  12. Nivel de mano, plomada y transportador.
  13. Radio o teléfono celular.
  14. Cincel, guantes y martillo.
  15. Agua.
  16. Binoculares.

17. Brújula.

**j) Perfil del personal requerido para la evaluación de edificaciones post-sismo.**

La evaluación de una edificación dañada por un sismo es de gran importancia ya que a través de ella podemos evitar o disminuir el número de muertes al prohibir el ingreso de personas a las edificaciones que representan un peligro para la seguridad de sus habitantes. Es por ello que las personas que realicen la evaluación de los daños de una edificación deben de cumplir con el siguiente perfil:

1. Formación profesional en el área de la ingeniería civil y la arquitectura.
2. Contar con experiencia en evaluación de daños en edificaciones post-sismo (preferiblemente).
3. Tener experiencia comprobada en el diseño estructural (en el caso del representante de la brigada).
4. Haber aprobado el entrenamiento de la metodología de evaluación de daños en edificaciones post-sismo.
5. Tener su credencial de evaluador vigente.
6. Tener ética profesional.
7. Ser paciente y cortés con las personas que habitan las edificaciones que se evaluarán y con sus compañeros de las brigadas.
8. Ser responsable, cuidadoso y con facilidad de habla y escritura legible.
9. Tener vigente su vacuna antitetánica, ante un posible accidente.

**k) Entrenamiento y capacitación.**

El Comité Interinstitucional Permanente será el responsable directo de organizar las capacitaciones y el entrenamiento de las personas que realicen la evaluación y del que maneje el sistema para procesar los datos.

En cuanto a las capacitaciones y entrenamiento de los profesionales de la ingeniería civil y la arquitectura encargados de realizar las evaluaciones, el comité tendrá que programar cursos en los que se explique desde el uso del material y equipo

hasta los criterios de cómo evaluar los daños en una edificación y de cómo rellenar el formulario de inspección de campo.

Además de capacitar a los profesionales encargados de realizar las evaluaciones, se deberá capacitar al personal administrativo que manejará el sistema para procesar los datos (que serán de cada una de las instituciones que integran el comité).

### **l) Plan de prioridades de las edificaciones a evaluar.**

La selección de las edificaciones que tendrán prioridad sobre otras se ha realizado en base a la importancia que establece la Tabla 3 de la Norma para Diseño por Sismo de nuestro país le asigna a las edificaciones según su ocupación de la manera siguiente:

1. Hospitales y centros de salud.
2. Instalaciones escolares, estaciones de bomberos y militares, estaciones de telecomunicaciones y cualquier otra instalación de servicio público que se necesita para superar la emergencia.
3. Edificios gubernamentales, universidades, guarderías, mercados y terminales de transporte.
4. Centros comerciales con un área mayor de 3000 metros cuadrados, almacenes comerciales de mas de 10 metros de altura, salones que agrupan a más de 200 personas, estadios con graderías al aire libre para 2000 personas o más, museos, instalaciones que alberguen equipo costoso.
5. Instalaciones que tengan niveles bajos de ocupación tales como viviendas, hoteles, oficinas, locales comerciales pequeños o individuales, edificaciones industriales y todas aquellas que no están incluidas en los numerales anteriores.

### **3.4. FASE II: OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO.**

La obtención de datos se hará a través de las evaluaciones que las brigadas de inspección realicen a cada una de las edificaciones que hallan resultado dañadas por el sismo con la ayude del **formulario de inspección de campo**. La evaluación de las edificaciones que se propone en esta investigación está dividida en dos etapas.

La primera es la **etapa de evaluación de emergencia** y la segunda es la **etapa de evaluación detallada**. En esta sección se desarrollará la **propuesta metodológica** para la **etapa de evaluación de emergencia** y para la **etapa de evaluación detallada**, así como la manera en la que se deberá **rellenar el formulario de inspección de campo**.

### **3.4.1. Etapa de evaluación de emergencia.**

#### **Objetivo General.**

Determinar en el menor tiempo posible las edificaciones que por simple inspección se observan seguras para ser habitadas, las edificaciones de las cuales se tiene duda si son o no habitables y aquellas que son obviamente inseguras o que están en peligro de colapsar.

#### **Objetivos específicos.**

1. Cubrir la mayor cantidad posible del territorio que ha sido afectado por el sismo.
2. Evaluar la mayor cantidad posible de edificaciones en un tiempo relativamente corto.
3. Determinar las edificaciones que a simple vista son seguras de habitar y, además, no representan peligro para los peatones.
4. Determinar las edificaciones que necesitan de la evaluación detallada, debido a las dudas que puedan surgir por parte de los evaluadores.
5. Determinar las edificaciones o las áreas de éstas, que representan un peligro para sus habitantes y que por lo tanto no pueden ser habitadas, hasta que una evaluación detallada, indique las recomendaciones que se deben seguir.
6. Determinar las edificaciones que están en peligro de colapsar, por efecto de su peso propio o por los efectos de replicas del sismo que puedan producirse.

En la Fig. 3. 4 se muestra el esquema de la metodología para la etapa de evaluación de emergencia.



Fig. 3. 4 Esquema de la metodología para la evaluación de emergencia.

### **3.4.2. Propuesta del contenido para la etapa de evaluación de emergencia.**

Para realizar la propuesta del contenido de la etapa de evaluación de emergencia , se consultó el manual de **campo de Manizales** (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003), la memoria del “**Proyecto de evaluación de edificaciones afectadas por sismo en Manizales y la descripción y comparación de las principales metodologías existentes a nivel internacional y nacional sobre evaluación de daños después de un sismo**” de la **Asociación Colombia de Ingeniería Sísmica** (Asociación Colombia de Ingeniería Sísmica, 2003), se consultó también el **manual de campo de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica** y su formulario de inspección rápida y el de inspección detallada, ver en el anexo A.(Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998), así como los formularios de evaluación rápida y detallada del Applied Technology Council (ATC-20) y el formulario elaborado por la comisión MOP-ASIA-FESIARA para los sismos del 13 de enero y febrero del 2001 (anexo A).

La propuesta metodológica para la etapa de evaluación de emergencia consiste en proponer las siguientes 9 secciones, para evaluar de una manera rápida la seguridad de una edificación:

- ✓ Sección 1: INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN.
- ✓ Sección 2: IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.
- ✓ Sección 3: DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.
- ✓ Sección 4: ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN.
- ✓ Sección 5: CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD.
- ✓ Sección 6: TIPO DE INSPECCIÓN Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.
- ✓ Sección 7: COMENTARIOS.
- ✓ Sección 8: PERSONA PARA CONTACTO.
- ✓ Sección 9: PERSONA QUE RECIBE EL FORMULARIO.

A continuación se describirá cada una de las 9 secciones correspondientes a la etapa de evaluación de emergencia de la metodología para la evaluación de daños de

edificaciones post-sismo, las cuales se tomaron en cuenta para el diseño de las primeras 4 hojas del formulario de inspección de campo (que se muestra el anexo C).

#### **3.4.2.1. Encabezado.**

Aunque el encabezado no forme parte de las secciones propuestas en la metodología de evaluación de daños de edificaciones post-sismo, cada formulario de inspección de campo correspondiente a una edificación tendrá un número correlativo previamente asignado, el cual se colocará dentro del encabezado. Además tendrá un código de inspección basado en el departamento y en el municipio en el que se encuentre ubicada la edificación, así como en el número de la brigada de inspección y el número de inspección que la brigada realice en la edificación. El código de inspección que se debe utilizar para asignar el número a cada formulario de inspección será:

1. La primera cifra corresponden al departamento en el que se encuentra la edificación, según el catastro nacional y en formato de dos dígitos (Tabla 3.1) (ver anexo B).
2. La segunda cifra corresponde al municipio en el que se encuentra la edificación, según el catastro nacional y en formato de dos dígitos (Tabla 3.1) (ver anexo B).
3. Luego separado por un guión, la tercera cifra corresponde al número correlativo de la brigada de inspección que realizará la evaluación de la edificación (en formato de 4 dígitos). A las brigadas de inspección de la zona occidental de nuestro país les corresponderá los números del 0001 al 1000. A las brigadas de la zona central les corresponderá del 1001 al 2000 y a las brigadas de la zona oriental les corresponderá del 2001 al 3000. En caso que estos números no sean suficientes para las brigadas que se tengan, se repetirá el mismo rango de valores iniciando con el 3001 para la zona occidental. La distribución de los números de las brigadas por zona se muestra en la Tabla 3.2 (ver anexo B).
4. Finalmente, separado un guión, la cuarta cifra corresponde al número correlativo de la inspección que está realizando la brigada, correspondiente a la edificación en cuestión. En la tabla 3.1 (ver anexo B) se muestran los códigos propuestos

para cada departamento y municipio, los cuales están basados en el catastro nacional.

También se tendrá un espacio para colocar la fecha en la que ocurrió el sismo, que ha dado origen a la evaluación de daños, colocando el día (dos dígitos), mes (dos dígitos) y año (cuatro dígitos).

#### **3.4.2.2. Sección 1: “Inspectores y fecha de la inspección.”**

En esta sección los evaluadores deberán indicar el nombre completo antepuesto con su profesión, de cada uno de los miembros de la brigada de inspección de campo, así como registrar la fecha en la que se realizó la evaluación colocando el año, con cuatro dígitos; el mes, con dos dígitos; el día, con dos dígitos y la hora local en formato de 24:00, para evitar confusiones por escritura poco legible, respecto al formato am. ó pm.

Es importante saber la hora en la que se realizó la evaluación, ya que de presentarse réplicas fuertes que aumenten los daños en la edificación, deberá conocerse si fue antes o después de la evaluación o de alguna intervención de los daños en la edificación.

#### **3.4.2.3. Sección 2: “Identificación de la edificación.”**

Esta sección tiene como finalidad identificar la ubicación física de la edificación, así como otras características particulares de cada edificación. La sección contiene los siguientes apartados:

- a) Departamento, municipio y coordenadas de la edificación.
- b) Dirección y nombre de la edificación.
- c) Año de construcción.

##### **a) Departamento, municipio y coordenadas de la edificación.**

En esta sección los evaluadores deberán indicar el nombre del departamento y el municipio al que pertenece la edificación, según la división político administrativa de nuestro país. Además deberán de tomar las coordenadas (x, y, z) de la edificación que están evaluando con la ayuda de un navegador con sistema de posicionamiento global (GPS), así como la dirección, el nombre y el año de construcción de la edificación que se está evaluando.



**b) Dirección y nombre de la edificación.**

En cuanto a la dirección, se debe indicar el número o los nombres de la calle y avenida o la diagonal, el nombre de la autopista, colonia, residencial, complejo, apartamentos, etc. Si existen cambios en la nomenclatura, se debe anotar la actualizada y colocar en la sección de los comentarios que existe otra nomenclatura.

En el caso del nombre, si la edificación cuenta con un nombre o numeración propia se deberá colocar ésta, en caso contrario se deberá hacer referencia a la institución o empresa que alberga la edificación. Si se trata de viviendas familiares, se deberá colocar como nombre, el o los apellidos de la familia y el número de casa. Por ejemplo: Edificio Rubén Darío, Edificio A del INFRAMEN ó casa # 3 familia Flores Pérez.

**c) Año de construcción.**

En este apartado se indicará el año de construcción de la edificación, no se pretende que este dato sea exacto, ya que determinar a simple vista o por la información que las personas que habitan la edificación o viven cerca de ella, la edad exacta de la edificación es una tarea difícil a menos que la edificación cuente con una placa de construcción en la que se indique la fecha de su construcción. Siempre debe procurarse buscar inicialmente la placa de construcción, para contar con el dato exacto, en caso contrario se deberá preguntar a las personas que habitan la edificación para tener una fecha aproximada.

Los períodos que se han utilizado para clasificar las edificaciones, se establecieron en base a la fecha en la que entraron en vigencia: El primer Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones de 1966, el Reglamento de Emergencia del Diseño Sísmico de la República de El Salvador de 1989 y finalmente el Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones del 23 de octubre de 1996. El propósito de utilizar estas fechas es, para que en futuras investigaciones se pueda observar si las edificaciones que han sido diseñadas con el Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones, que entró en vigencia a finales de 1996,

muestran un mejor comportamiento ante cargas sísmicas, es decir si las modificaciones que se le hicieran, en su momento al reglamento de 1989, realmente fueron acertadas.

#### **3.4.2.4. Sección 3: “Descripción de la edificación.”**

Este apartado contiene la información que ayudará a investigar (en proyectos futuros) el comportamiento y desempeño que presentaron las edificaciones que estuvieron sometidas a las cargas generadas por el sismo. Por ello, la información que contiene esta sección es la relacionada con:

- a) Número y altura de los pisos.
- b) Uso de la edificación.
- c) Dimensiones aproximadas en planta.
- d) El tipo de sistema estructural.
- e) El tipo de sistema de entrepiso.

A continuación se explican cada una de ellas.

##### **a) Número y altura de los pisos.**

Se debe indicar el número de pisos y sótanos que tiene la edificación. Por pisos se entenderán los niveles que se encuentran sobre el nivel del terreno, es decir, que será igual al número de losas (las aéreas y la que esté sobre el terreno), sin contar la cubierta y la terraza (o azotea) y se debe evaluar desde la entrada principal de la edificación, en el caso que la edificación esté localizada en un terreno de ladera, el nivel del terreno que se deberá tomar es el que tenga mayor cota (elevación que el resto).

Por sótano entenderemos aquellos niveles que están por debajo del nivel del terreno, en ocasiones es necesario preguntar a las personas que habitan la edificación, si ésta tiene sótano o ingresar a la edificación (si es seguro hacerlo) ya que en ocasiones es difícil identificar si tiene o no sótano.

##### **b) Uso predominante de la edificación y de la planta baja.**

En este apartado se colocará el uso o usos actuales de la edificación y del o los sótano según el código que tiene asignado en el formulario de campo. Los códigos que se proponen en el formulario de inspección de campo se presentan en la Tabla 3.3 (ver anexo B).

Es importante aclarar que por “servicios de emergencia” no se debe confundir a los hospitales, los cuales se consideran de “salud”. Una edificación que se utilice para prestar servicios de emergencia, es por ejemplo una delegación de la PNC, una estación del cuerpo de bomberos, una sucursal de la cruz roja, verde, comandos de salvamento, etc.

**c) Dimensiones aproximadas de la edificación.**

Se deberá medir lo más aproximado posible las dimensiones de la edificación, indicando el valor del frente y el fondo del edificio y luego indicar el área de la edificación, tomando en cuenta el número de niveles de ésta. En caso que la edificación sea de forma irregular en su planta o con voladizos se deberá medir el largo de todos los lados de los diferentes módulos o voladizos en una misma dicción para determinar el frente y el fondo.

**d) Sistema estructural.**

En este apartado se colocará el código del sistema estructural principal de la edificación, si existe una combinación de sistemas se deberá colocar el predominante y en las casillas que corresponden a la parte de “combinación de” colocar el número de los sistemas que están combinados. En la sección de comentarios de la evaluación de emergencia se podrá indicar el nivel o sección de la edificación en la que se encuentra esta combinación de sistemas.

Esta información es importante para poder analizar posteriormente la estabilidad de la edificación y tener un registro de la vulnerabilidad de los diferentes sistemas constructivos utilizados en nuestro país. La tabla 3.4 muestra los códigos (ver anexo B), que se utilizarán en el formulario de inspección para identificar cada sistema estructural dependiendo del tipo de material.

**e) Sistema de entrepiso.**

El entrepiso tiene una influencia en el comportamiento sísmico de la edificación, debido a su peso, es por ello que este apartado es necesario incluirlo en la evaluación de emergencia, en caso que existan varios sistemas de entrepiso, se deberá colocar el que predomina asignándole su código según la tabla 3. 5 (ver anexo B).

En el formulario de inspección de campo que se propone en este trabajo de graduación, se han incluido los diferentes sistemas de entrepiso según el tipo de material, cada sistema tiene su código, el cual está representado por una numeración asignada a cada sistema, según la tabla 3.5 (ver anexo B).

#### **3.4.2.5. Sección 4: “Estado del daño de la edificación.”**

Se evaluará el daño en la edificación, tomando en cuenta los aspectos siguientes:

- a) La inestabilidad global de la edificación.
- b) Problemas geotécnicos.
- c) Determinación del nivel del riesgo por inestabilidad global y por problemas geotécnicos.
- d) Recomendaciones (para reducir el riesgo por inestabilidad global y por problemas geotécnicos).

El objetivo es clasificar el riesgo que estos daños representan para la estabilidad de la edificación y la seguridad de sus ocupantes, a continuación se explica en que consiste la evaluación de cada uno de estos aspectos.

##### **a) Inestabilidad global de la edificación.**

La evaluación de la inestabilidad global de la edificación, sección 4 del formulario de inspección de campo (**estado del daño de la edificación**) de la etapa de evaluación de emergencia de la metodología para la evaluación de daños en edificaciones post-sismo, tendrá los siguientes apartados:

1. La evaluación de la condición de colapso de la edificación.
2. El nivel de inclinación de la edificación o de algún entrepiso.
3. Daños severos en elementos estructurales.
4. Daños severos en elementos no estructurales.

A continuación se describen cada uno de ellos.

##### **1. Condición de colapso total de la edificación.**

En esta sección de la metodología que se propone, se evaluará el nivel de colapso que presente la edificación, clasificándolo como total, en elementos estructurales puntuales y ninguno. Independientemente si el colapso es de toda la edificación o parte

de ella, se considerará un colapso total, ya que aunque el colapso este presente por ejemplo, sólo en el primer nivel de una edificación de 10 niveles; ésta debe considerarse como colapsada totalmente, debido a que ya no podrá utilizarse por el peligro que representa el colapso del primer nivel para las personas que utilizan la edificación. Lo mismo ocurre cuando un elemento del sistema estructural ha fallado, a pesar de ser sólo un elemento, éste vuelve inestable a la edificación ante posibles replicas u otro evento sísmico y por lo tanto representa un peligro para las personas que habitan la edificación.

### **2. Inclinación de la edificación o de algún nivel.**

En algunos casos la inclinación de la edificación o de algún nivel se puede observar a simple vista, pero en los casos en que la inclinación no sea evidente, se deberá medir, si es posible, con una plomada o con un nivel de mano, según sea el caso, para comprobar si la edificación está o no inclinada.

### **3. Daños severos en elementos estructurales.**

Para identificar si una edificación presenta daños severos en elementos estructurales, se utilizarán de la Tabla 3.9 a la Tabla 3.15 (ver anexo B), dependiendo del material del que estén hechos los elementos (concreto, acero, mampostería o madera).

### **4. Daños severos en elementos no estructurales.**

Para identificar si una edificación presenta daños severos en elementos no estructurales, se utilizarán de la Tabla 3.16 a la Tabla 3.23 (ver anexo B), dependiendo del elemento que se evalúe (paredes de relleno, escaleras, cielo falso y luminarias etc.).

## **b) Evaluación de los problemas geotécnicos.**

Es recomendable que se realice primero una inspección visual desde una distancia que permita tener una buena visión de toda la edificación, de ser posible desde el lado opuesto, para detectar el desplome.

Además de lo anterior se deberá revisar si existen agrietamientos en paredes exteriores y marcos de ventanas, ya que esto puede indicar desplazamientos excesivos del piso (incluso de entrepisos). Los apartados que se incluyen en esta sección son:

1. Asentamientos en la edificación producidos por el sismo.
2. Fallas en taludes o movimiento masivo del suelo.

### **1. Asentamientos en la edificación producidos por un sismo.**

Este fenómeno se da cuando una edificación presenta hundimiento general respecto a la superficie del suelo, dándose también la posibilidad de que se produzcan asentamientos diferenciales. Los indicadores que el personal evaluador deberá observar en una edificación para saber si existen problemas de asentamiento son:

- ✓ La presencia de grietas en el suelo.
- ✓ El levantamiento del piso al interior y exterior de la edificación.
- ✓ La presencia de fugas de agua en el interior o exterior de la edificación.

El personal evaluador deberá indicar si existe presencia de estos indicadores o si por el contrario no hay ninguna evidencia. En caso que la existencia de estos indicadores no este muy clara el personal evaluador deberá indicar que existen dudas.

### **2. Fallas en taludes o movimientos de masa provocados por sismos.**

Las ondas sísmicas pueden producir desplazamientos del suelo o desprendimiento de rocas. Debido a esto es necesario revisar si en los alrededores de las edificaciones no se tiene la presencia de algún talud que haya fallado o que pueda poner en riesgo la seguridad de la edificación y de las personas que lo habitan.

En el formulario de inspección de campo se incluye la información necesaria para determinar si existe la falla de algún talud y si el origen del movimiento del suelo se debe a un proceso de inestabilidad antiguo o si es producto directo del sismo. En el caso que no se haya producido la falla del talud, pero se tiene la existencia de un talud cerca de la edificación (a menos de una distancia de 1.5 veces la altura “H” del talud), se dan los indicadores para evaluar si el talud en cuestión no representa un peligro. Los indicadores que los evaluadores deberán revisar para saber, de manera aproximada, si el talud es inestable son:

- ✓ La presencia de grietas en la cresta o cabeza del talud.
- ✓ La presencia de grietas a lo largo de la pendiente del talud.
- ✓ Erosión del talud.
- ✓ Afloramiento de agua.
- ✓ Árboles en peligro de desprenderse del talud.

### **c) Determinación del nivel de riesgo.**

Una vez contestadas todas las interrogantes de la sección 4 del formulario de inspección de campo, correspondientes a la inestabilidad global y a las condiciones geotécnicas, el personal de la brigada de inspección definirá (de acuerdo a las condiciones geotécnicas de la edificación) el nivel del:

1. Riesgo por la inestabilidad global.
2. Riesgo por las condiciones geotécnicas.

#### **1. Riesgo por inestabilidad global.**

En este apartado se deberá clasificar el nivel de seguridad, en cuanto a la estabilidad global de la edificación. Si al evaluarla se ha determinado que la edificación presenta daños considerables, ha colapsado total o parcialmente (algún elemento estructural), está inclinada, se considera insegura o que representa un peligro potencial. El peso que genera la zona dañada puede generar momentos adicionales sobre la edificación, propiciando el vuelco de la misma e incluso el colapso total en caso de réplicas. Para clasificar el nivel del riesgo por inestabilidad global se utilizará la tabla 3.6 (ver anexo B). La descripción de los niveles de riesgo por inestabilidad que se encuentran en la Tabla 3.6, son los mismos que se han incluido en el formulario, con unas pocas modificaciones para adaptarlos con el formato utilizado en el formulario (ya que este debe contener de una manera breve y concisa toda la información necesaria para clasificar el nivel de riesgo por inestabilidad global de la edificación). Los niveles utilizados son 4:

- ✓ Bajo.
- ✓ Medio.
- ✓ Alto.
- ✓ Muy alto.

#### **2. Riesgo geotécnico.**

El riesgo geotécnico se refiere al peligro potencial que represente una masa de suelo que pueda deslizarse o que forme parte de un talud que pueda fallar. En este apartado (correspondiente a la sección 4, problemas geotécnicos, del formulario de

inspección de campo) se darán los criterios que ayudarán a los evaluadores a clasificar el riesgo geotécnico de las edificaciones. Los criterios o preguntas que los evaluadores deberán responder en el formulario de inspección de campo, son aspectos visuales que sirven para determinar de manera aproximada si un talud o masa de tierra, representa un peligro para una edificación. Es importante que para determinar con buena certeza el avance y potencial de reactivación del fenómeno, así como la localización relativa de la edificación con respecto al fenómeno y otros aspectos geotécnicos y geológicos, éstos deben ser elegidos para cada caso particular de la edificación que se está evaluando y bajo el criterio de un experto en estas áreas, es decir que los criterios establecidos en la evaluación de las condiciones geotécnica del formulario de inspección de campo, no sustituirán en ningún momento las pruebas de suelos y el criterio de un experto en el área, que son necesarios para establecer de manera definitiva si un talud o masa de suelo es o no inestable. Las opciones que se tienen para clasificar los diferentes niveles del riesgo son:

- ✓ Bajo.
- ✓ Medio.
- ✓ Alto.
- ✓ Muy alto.

Al igual que con la clasificación de los niveles de inestabilidad global, en la clasificación del riesgo por problemas geotécnicos, se empleará la Tabla 3.7 (ver anexo B).

#### **d) Recomendaciones para reducir la inestabilidad global y los problemas geotécnicos.**

Este apartado de la metodología se refiere a las medidas provisionales, que se deben tomar para disminuir el riesgo que los daños en la edificación han producido en la estabilidad de ésta y para minimizar los problemas geotécnicos que se pudieran presentar debido al sismo. Las recomendaciones que se proponen para la etapa de evaluación de emergencia en la presente metodología, se incluyen en la sección 4 del formulario y están divididas en:



1. Recomendaciones para reducir la inestabilidad global.
2. Recomendaciones para reducir los problemas geotécnicos.

### **1. Recomendaciones para reducir la inestabilidad global.**

Las recomendaciones temporales que se sugieren son:

- ✓ Restringir el paso en áreas.
- ✓ Apuntalar.
- ✓ Soporte lateral.
- ✓ No entrar.
- ✓ Demoler elementos NO estructurales en peligro de caer.
- ✓ Evaluación detallada de elementos estructurales.
- ✓ Evaluación detallada de elementos no estructurales.
- ✓ Evaluación de ingeniería.
- ✓ Evacuar edificación.

Es importante resaltar que, los únicos elementos que se recomiendan demoler son los no estructurales que están a punto de caer y por ende ponen en peligro a las personas que habitan o transitan cerca de la edificación. En ningún momento se deberá recomendar demoler algún elemento estructural ya que esta acción aumentaría la inestabilidad de la edificación. Ya se mencionó que el personal (de la brigada) que tomará la decisión final sobre la clasificación de la habitabilidad de la edificación, deben ser especialistas en diseño estructural o profesionales con amplia experiencia en la evaluación de edificaciones dañadas por sismos.

### **2. Recomendaciones para los problemas geotécnicos.**

En este apartado se consideraron 7 categorías de recomendaciones de emergencia, para minimizar el riesgo y tratar de disminuir el avance del fenómeno (deslizamiento de masas de suelo o la falla de algún talud) estos son:

- ✓ Restringir el paso en áreas (de la edificación o en los alrededores de un talud).
- ✓ Cubrir con plástico las grietas en el suelo o en los taludes.
- ✓ Rellenar grietas con suelo cemento.
- ✓ No entrar en la edificación.

- ✓ Evacuar el agua con sistemas de drenaje.
- ✓ Evaluación de ingeniería.
- ✓ Evacuar edificación.

#### **3.4.2.6. Sección 5: “Clasificación de la habitabilidad.”**

La habitabilidad de la edificación se indicará después de haberse llevado a cabo la inspección de emergencia a través de las cinco secciones descritas anteriormente, es de aclarar que la única sección que influye de manera directa en la clasificación de la habitabilidad de la edificación es la sección 4 del formulario de inspección (estado del daño de la edificación), el resto contiene información necesaria para recolectar de una manera correcta y funcional la información levantada en campo.

Por **habitabilidad de una edificación** se entenderá como los requisitos mínimos que una edificación debe brindar a sus ocupantes en cuanto a la seguridad (estructural, no estructural y en los cimientos) y la comodidad, de manera que permitan considerar a la edificación como funcional (es decir que tiene la capacidad de cumplir con las funciones y objetivos para los que fue diseñada) después de haber estado bajo las solicitaciones de las cargas que produce un sismo. Dependiendo de la clasificación del riesgo por inestabilidad global y la clasificación del riesgo por problemas geotécnicos, se deberá dictaminar la clasificación de habitabilidad de la edificación.

Para visualizar de una mejor manera la clasificación de la habitabilidad de la edificación, se utilizará la Tabla 3.8 (ver anexo B), en la que se deberá buscar el riesgo que seleccionamos en las categorías de inestabilidad global de la edificación y en la correspondiente a los problemas geotécnicos y buscar la clasificación de la habitabilidad que le corresponde (como resultado de la intersección de dos líneas imaginarias, trazadas en la fila de los problemas geotécnicos que contiene el nivel de riesgo de la edificación evaluada contra la línea trazada en la columna de la estabilidad global, que contiene el nivel del riesgo de la edificación evaluada). Las opciones que se tienen son:

- a) Habitable** (rótulo verde): Indica que la edificación ha sido inspeccionada y no se evidencian ningún tipo de daño o éstos son muy leves y puntuales, de manera que no representan una condición de inseguridad para que la edificación sea habitada. No

ofrece peligro para la integridad de las personas que la ocupan y pueden ser utilizadas de inmediato. Es posible que necesiten algunas reparaciones en acabado y elementos no estructurales.

- b) Uso restringido** (rótulo amarillo): Indica que la edificación ha sido inspeccionada y el sistema resistente a cargas verticales o laterales no presenta una reducción en su capacidad. Cuando los daños son de leves a moderados puntuales en los elementos estructurales que no generan inestabilidad en la edificación. No se evidencia, además, daños en las cimentaciones o asentamientos del suelo. No existen condiciones evidentes que hagan la ocupación de la edificación insegura, pero el daño observado (como caída de objetos) impide que se tenga una ocupación total y normal y por ello debe ser restringido el acceso en algunas áreas. Las réplicas pueden incrementar los daños.
- c) No habitable** (rótulo naranja): Indica que la edificación ha sido inspeccionada y que se encuentra seriamente dañada, lo que significa una disminución en la capacidad para resistir cargas verticales o laterales. Existe un riesgo asociado a la entrada, uso u ocupación de la edificación, debido al alto riesgo que existe en su estabilidad y seguridad por la extensión de los daños o por elementos en peligro de caer. El ingreso a la edificación es prohibido y no puede usarse hasta que un estudio de ingeniería demuestre que con reparaciones y reforzamiento puede ser usada. Las réplicas pueden aumentar el daño e incluso causar el desplome de toda o parte de la edificación.
- d) Insegura** (rótulo rojo): Indica que la edificación ha sido inspeccionada, que no es segura y presenta peligro de colapso. Debe ser evacuada totalmente de inmediato, el acceso está prohibido y es necesario restringir el acceso a la calle y edificios aledaños, así como apuntalar e incluso demoler la edificación. La orden de demolición será ordenado por el Comité Interinstitucional Permanente, luego de discutir el dictamen del estudio de ingeniería, que el propietario deberá realizar, para determinar si la edificación puede ser reparada, reforzada o demolida.

Después de determinar la habitabilidad (de emergencia) la brigada de evaluación deberá colocar cintas (por lo general de color amarillo) de PROHIBIDO EL PASO, en las edificaciones que tengan una habitabilidad clasificada como NO HABITABLE o de INSEGURA, lo mismo se hará en las zonas de la edificación que también tengan la misma clasificación.

### **3.4.2.7. Sección 6: “Tipo de inspección, nivel más dañado y ocupación de la edificación.”**

Esta sexta sección (del formulario de inspección de campo) es la que contiene la información referente al tipo de inspección que se realizó, el número del entrepiso que contiene los elementos verticales más dañados y si la edificación estaba o no habitada (en el momento que se realizó la inspección) y forma parte de la etapa de la evaluación de emergencia que se propone en la presente metodología. A continuación describiremos cada uno de los apartados de esta sección, los cuales son:

- a) Tipo de inspección de la edificación.
- b) Entrepiso con los elementos estructurales verticales más dañados.
- c) Ocupación de la edificación.

#### **a) Tipo de inspección de la edificación.**

Aquí se indicará si la evaluación de emergencia se realizó llevando a cabo una inspección:

1. Exterior parcial.
2. Exterior completa.
3. Interior parcial.
4. Interior completa.

En el caso que no se haya logrado realizar la inspección, se tiene un espacio para explicar el motivo por el cual no se llevó a cabo.

#### **b) Entrepiso con los elementos estructurales verticales más dañados.**

Este apartado tiene el objetivo de indicar el entrepiso que contiene los elementos estructurales verticales más dañados. Esta información es importante, ya que en caso que la edificación requiera de una evaluación detallada, las personas de la brigada que la

realice, ya sabrán a que nivel deben evaluar con más detalle en cuanto a los elementos estructurales. Es importante que las personas evaluadoras distingan los elementos que pertenecen a un nivel. Por ejemplo si el nivel de la edificación que presenta los elementos verticales más dañados es el tercero, se deberán evaluar todas las columnas de ese nivel y las vigas y la losa del segundo entresuelo, es decir, las vigas y losa sobre la que están ubicadas las personas evaluadoras (que son visibles desde el segundo nivel de la edificación).

**c) Ocupación de la edificación.**

En este apartado se deberá indicar si la edificación o parte de ella estaba habitada al momento que la brigada de inspección realizó la evaluación, con el propósito de establecer el impacto que el evento sísmico generó en las personas y la apreciación que las personas tuvieron de los daños que se presentaron en la edificación. Cuando se tiene un sismo muy fuerte, generalmente, las personas tardan días en habitar las edificaciones y si esta presenta daños que las personas creen que son muy severos, también tendrán temor de habitar nuevamente en la edificación. Este dato también será de importancia para las autoridades municipales y para el Sistema Nacional de Protección Civil, para que se hagan un aproximado de las personas que tendrán que evacuar o del número de personas que está sin hogar y que deberá proporcionar albergue.

**3.4.2.8. Sección 7: “Comentarios.”**

En esta sección de la metodología propuesta, para la etapa de evaluación de emergencia, se pueden hacer más observaciones o comentarios, que ayuden a comprender el dictamen al que se ha llegado. En esta sección podrán hacer énfasis en elementos estructurales, no estructurales, que generan un mayor riesgo para la estabilidad de la edificación y para la seguridad de la misma y de las personas que la habitan; así como también, de los problemas geotécnicos. Se podrá hacer énfasis en medidas de urgencias, adicionales a las que tiene el formulario de inspección de campo, que sean necesarias implementar de inmediato para garantizar la seguridad de las personas y la estabilidad de la edificación.

El personal evaluador de daños podrá, además, hacer hincapié en alguna edificación que debe ser evaluada con mayor detalle por la complejidad de los daños o por su importancia o uso vital luego del sismo, etc. También podrán incluir las dudas que existan por parte de la brigada en la evaluación de la edificación o indicar la intervención de algún profesional especializado en diseño y construcción de estructuras (de concreto, acero o mampostería), geotecnia, geología, etc.

#### **3.4.2.9. Sección 8: “Persona para contacto.”**

En este apartado (correspondiente a la sección 8 del formulario de inspección para la etapa de evaluación de emergencia de la metodología) se deberán anotar los datos personales tales como nombre completo y apellidos, número de documento único de identidad (DUI), número telefónico del propietario de la edificación para localizarlo, en caso que no se logre contactar con él se deberá tomar los datos personales del administrador o de alguna persona que resida en la edificación.

La información recolectada en esta sección es útil para tener una persona de contacto, con la que se pueda hablar para realizar futuras inspecciones o cualquier otra diligencia o incluso comunicarle que hay que evacuar total o parcialmente la edificación para que lo informe al resto de los habitantes.

#### **3.4.2.10. Sección 9: “Personal que recibe el formulario en la sede del Comité Interinstitucional permanente.”**

Esta información es importante para hacer constar que el formulario de inspección ha sido entregado por parte de las personas de la brigada de inspección y recibido por una persona designada por el Comité Interinstitucional Permanente en la sede del comité, esta persona será un trabajador o voluntario de cualquiera de las instituciones que integren el Comité. En esta sección la persona que recibe el formulario deberá de escribir su nombre y el código del expediente en el que se guardará cada uno de los formularios correspondientes a las edificaciones evaluadas por un grupo en particular. El código del archivo será el mismo del formulario, con la única variante que se le agregará al inicio el número correlativo del formulario (que es único para cada edificación).

### **3.4.3. Procedimiento para rellenar el formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación de emergencia.**

Después de ocurrido el sismo se debe de llevar a cabo un reconocimiento general de emergencia en las zonas afectadas de la ciudad, durante las primeras horas, el objetivo de este reconocimiento es proporcionar información rápida sobre la gravedad y extensión de los daños, la identificación de las zonas mayormente afectadas, la identificación y estimación del número de edificaciones colapsadas, de las que a simple vista son inseguras e incluso peligros de carácter social tales como vandalismo, hacinamiento, hambruna, incluso trauma psicológico post-sismo, etc.

El reconocimiento de la etapa de evaluación de emergencia se debe llevar a cabo con todo el personal disponible, para generar la mayor cantidad posible de información, en el período más corto de tiempo y posteriormente canalizar toda la información en el lugar que se destine para albergar al comité interinstitucional permanente. De ser necesario el comité interinstitucional permanente se puede apoyar con las instituciones de seguridad pública para realizar vuelos por las zonas afectadas, recolectar la información que puedan obtener el cuerpo de bomberos, la Policía Nacional Civil y los cuerpos de socorro en las zonas en las que se van desplazando según las necesidades que la población reporta e inclusive tomar datos de los reportes de los medios de comunicación.

Las diferentes brigadas asignadas a una zona se deberán reunir, con el supervisor del municipio en el que se encuentran las zonas que han evaluado, al finalizar el levantamiento de campo para hacer un solo consolidado de los informes, para generar un mapa de edificaciones dañadas para determinar la extensión de las edificaciones dañadas en la zona o municipio, este mapa reflejará el nivel de daños a través de códigos de colores tales como verde (habitables), amarillo (uso restringido), anaranjado (no habitables) y rojo (peligro de colapso), según la magnitud del daño en las edificaciones tal como se explicará más adelante. Con este mapa y el consolidado de la información el comité interinstitucional permanente podrá ofrecer a las autoridades municipales y centrales la información necesaria para que éstas puedan atender de una mejor manera

las emergencias que se presentan o las que puedan presentarse, también con el reconocimiento de la evaluación de emergencia, se podrá planificar las futuras inspecciones para la evaluación detallada, iniciando por las zonas en las que el sismo causara más daños o aquellas en las que se encuentren edificaciones esenciales como hospitales, escuelas, unidades de salud, etc. El procedimiento de inspección de emergencia se iniciará con un reconocimiento del área asignada luego deberán inspeccionar cada una de las edificaciones dañadas.

Antes de iniciar la explicación de como rellenar las cuatro hoja de la etapa de evaluación de emergencia, es necesario que los evaluadores sepan que de las 9 secciones que componen esta hoja, solamente la sección 4 (estado del daño de la edificación) es la que tiene un carácter evaluador sobre la edificación que se está inspeccionando, el resto de secciones recoge información descriptiva o explicativa, tales como la ubicación de la edificación, su sistema estructural, la configuración arquitectónica, el nombre de los evaluadores, etc. la cual no influye en el dictamen del nivel de daño, pero resulta importante al momento de investigar la manera en la que se comportó la edificación al momento del sismo y para llevar un registro ordenado de la información obtenida en campo. El **formulario de inspección de campo** tiene tres siguientes mecanismos básicos para rellenarlo:

- ✓ Complementar la información que se solicita en el apartado.

---

#### SECCIÓN 1. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación de emergencia)

Responsable de la brigada:

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa): \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_ Hora (24 Hrs.): \_\_\_:\_\_\_

---



✓ Indicar en la casilla el número que corresponde a la opción adecuada.

USO PRINCIPAL DE LA EDIFICACIÓN Y LA PLANTA BAJA:

1. Residencial 2. Salud 3. Educacional 4. Comercial 5. Hotelero 6. Oficinas 7. Industria  
8. Gubernamental 9. Bodegas 10. Estacionamientos 11. Histórico 12. Gimnasio  
13. Servicios de emergencia 14. Otros

Uso de la edificación     Observaciones: \_\_\_\_\_

Uso de la planta baja     Observaciones: \_\_\_\_\_

✓ Marcar con una X la casilla que contiene la opción adecuada a un caso en particular.

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD GLOBAL (basado en los 4 aspectos anteriores):

Bajo  Medio  Alto  Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas  Apuntalar  Soporte lateral  No entrar  Evacuar edificación  
 Evaluación detallada de elementos estructurales  Evaluación detallada de elementos no estructurales  
 Demoler elementos NO estructurales en peligro de caer  Evaluación de ingeniería

El rellenado de las primeras 9 secciones, de la primera hoja del formulario de campo, se deberán realizar de la manera que a continuación se indica.

**3.4.3.1. Encabezado.**

COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMAMANTE	FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POST-SISMO	COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMAMANTE
Fecha del evento: ___/___/___	CÓDIGO DE INSPECCIÓN: _____-_____-____	Nº Correlativo: 00001

En esta parte del formulario se deberá indicar el código de inspección del formulario indicando primero la cifra en formato 00 (de dos dígitos) del código del departamento, luego indicar la segunda cifra en formato 00 (de dos dígitos) el código del municipio, ambos según la Tabla 3. 1 (anexo B), después colocar adelante del guión la tercera cifra en formato 0000 (de cuatro dígitos) del numero correlativo de la brigada según la Tabla 3. 2 (anexo B) y finalmente colocar la cifra del número correlativo de la inspección que el grupo está realizando a la edificación.

### **3.4.3.2. Sección 1 “Inspectores y fecha de la inspección.”**

SECCIÓN 1. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación de emergencia)

Responsable de la brigada:

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa) : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_ Hora (24 Hrs.): \_\_\_:\_\_\_

En esta sección deberán indicar el nombre y profesión (abreviada) del responsable de la brigada y el de los otros inspectores, también escribirán sus firmas y colocaran la fecha y la hora en la que se realizó la inspección en formato día, mes y años (dd/mm/aaaa) y de 24:00 Hrs. respectivamente.

### **3.4.3.3. Sección 2 “Identificación de la edificación.”**

En esta sección del formulario de inspección se escribirá el departamento, la dirección completa (sin incluir el municipio y departamento), el nombre, así como el año de construcción (colocando en número que tiene el rango de años en el que se encuentra el año aproximado de construcción de la edificación que se ha colocado), tomando en cuenta las consideraciones hechas en la sección 3.4.2.3 de este trabajo de graduación.

## SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Departamento: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

Coordenadas (GPS) de la edificación: X= \_\_\_\_\_ Y= \_\_\_\_\_ Z= \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

### AÑO DE CONSTRUCCIÓN

1. Antes de 1966    2. De 1966 a 1988    3. De 1989 a 1996    4. A partir de 1997

Año aproximado de construcción: \_\_\_\_\_

### 3.4.3.4. Sección 3 “Descripción de la edificación.”

Esta sección está dividida en 4 apartados:

- a) Dimensiones y número de pisos.
- b) Uso principal de la edificación y de la planta baja.
- c) Sistema estructural principal.
- d) Sistema de entrepiso.

#### a) Dimensiones y número de pisos.

El personal evaluador deberá escribir la información referente a las dimensiones aproximadas de la edificación, indicando el valor del frente y del fondo de la edificación. En el caso que la edificación tenga salientes, se sumaran todos los valores de una misma dirección (correspondiente al frente o fondo) y será este valor el que se coloque como fondo o frente, según sea el caso. Además de esta información, se indicará el número de pisos sobre el terreno y el de sótanos que tenga la edificación; así como la altura del primer y segundo nivel; del primer y segundo sótano y la altura total sobre el terreno de la edificación.

---

### SECCIÓN 3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Dimensiones aproximadas:

Número de pisos: Sobre el nivel del terreno

Sótanos

Frente (m): \_\_\_\_\_

Altura del 1<sup>er</sup> nivel (m): \_\_\_\_\_

Altura del 1<sup>er</sup> sótano: \_\_\_\_\_

Fondo (m): \_\_\_\_\_

Altura del 2<sup>do</sup> nivel (m): \_\_\_\_\_

Altura del 2<sup>do</sup> sótano: \_\_\_\_\_

Área (m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_

Altura total (m): \_\_\_\_\_

---

#### **b) Uso principal de la edificación y de la planta baja.**

---

##### USO PRINCIPAL DE LA EDIFICACIÓN Y LA PLANTA BAJA:

1. Residencial   2. Salud   3. Educacional   4. Comercial   5. Hotelero   6. Oficinas   7. Industria  
8. Gubernamental   9. Bodegas   10. Estacionamientos   11. Histórico   12. Gimnasio  
13. Servicios de emergencia   14. Otros

Uso de la edificación

Observaciones: \_\_\_\_\_

Uso de la planta baja

Observaciones: \_\_\_\_\_

---

En este apartado se deberá indicar el uso principal de la edificación y de la planta baja, marcando sobre la casilla correspondiente, el número que contiene el uso que la brigada determine que le corresponde a la edificación y a la planta baja respectivamente.

En caso que la edificación tenga más de un uso, el formulario de inspección tiene 4 casillas para colocar desde el uso predominante hasta el menos predominante, tanto de la edificación como de la planta baja. Si el uso de la edificación no está entre las opciones que se tienen en el formulario de inspección, se deberá indicar haciendo una observación al respecto.

**c) Sistema estructural principal.**

SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL

1. SISTEMA DE MARCOS:

1.1 Concreto 1.2 Acero 1.3 Madera

2. SISTEMA DE PAREDES:

2.1 Concreto 2.2 Mampostería confinada 2.3 Mampostería reforzada 2.4 Mampostería sin refuerzo 2.5 Adobe  
2.6 Bahareque 2.7 Madera

3. SISTEMA COMBINADO DE PAREDES Y MARCOS:

3.1 Marcos de concreto y paredes de concreto 3.2 Marcos de concreto y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.3 Marcos de concreto y paredes de mampostería reforzada 3.4 Marcos de concreto y paredes de mampostería confinada  
3.5 Marcos de acero y paredes de concreto 3.6 Marcos de acero y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.7 Marcos de acero y paredes de mampostería reforzada 3.8 Marcos de acero y paredes de mampostería confinada

4. OTROS

Sistema estructural en la dirección longitudinal  Sistema estructural en la dirección transversal

Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA DE ENTREPISO

1. CONCRETO:

1.1 Losa densa 1.2 Losa pre-fabricada 1.3 Losa reticular

2. ACERO:

2.1 Viga de alma llena con conectores 2.2 Viga de alma llena sin conectores 2.3 Metal deck

4. MADERA

5. OTROS

Sistema de entrepiso  Observaciones: \_\_\_\_\_

En este apartado se indicará en la casilla correspondiente el número que contiene el sistema estructural principal, en la dirección longitudinal y en la dirección transversal de la edificación, que le corresponde a la edificación que se está evaluando.

En el caso de ser otro sistema estructural diferente al de las opciones que se tienen en el formulario de inspección de campo, se deberá indicar haciendo una observación al respecto.

**d) Sistema de entrepiso.**

En este apartado se indicará el sistema de entrepiso de la edificación, indicando sobre la casilla, el número que contenga la opción deseada. En el caso de ser otro se deberá describir cómo es, en el espacio de observaciones.

---

**SISTEMA DE ENTREPISO**

**1. CONCRETO:**

1.1 Losa densa      1.2 Losa pre-fabricada      1.3 Losa reticular

**2. ACERO:**

2.1 Viga de alma llena con conectores      2.2 Viga de alma llena sin conectores      2.3 Metal deck

**4. MADERA**

**5. OTROS**

Sistema de entrepiso  Observaciones: \_\_\_\_\_

---

**3.4.3.5. Sección 4 “Estado del daño de la edificación.”**

Como se mencionó anteriormente, esta es la única sección que tiene un carácter evaluador de los daños en la edificación y tiene dos apartados principales:

- a) Inestabilidad global de la edificación.
- b) Problemas geotécnicos.

**a) Inestabilidad global de la edificación.**

Dentro de la estabilidad global de la edificación se encuentra una parte que evalúa la condición de colapso y la inclinación de la edificación. Los evaluadores deberán indicar la condición de colapso y el de inclinación de la edificación. Además indicarán si existe o no daños en elementos estructurales y en elementos no estructurales, sin determinar el nivel de estos daños únicamente su presencia. La otra parte de la sección de estabilidad global de la edificación, contiene la clasificación del riesgo por estabilidad global y las recomendaciones que sean necesarias de aplicar para garantizar la seguridad de las personas y mantener la estabilidad de la edificación.

#### SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

##### 4.1 INESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN

Condiciones de colapso: 1. Total 2. En elementos estructurales puntuales 3. No existe

Inclinación de la edificación o de algún nivel: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Daños severos en elementos estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

Daños severos en elementos no estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD GLOBAL (basado en los 4 aspectos anteriores):

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

##### RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas

Apuntalar

Soporte lateral

No entrar

Evacuar edificación

Evaluación detallada de elementos estructurales

Evaluación detallada de elementos no estructurales

Demoler elementos NO estructurales en peligro de caer

Evaluación de ingeniería

El componente evaluador de este apartado lo constituye la determinación del **riesgo por inestabilidad global** de la edificación. Para determinar el riesgo por inestabilidad global se utilizarán la Tabla 3. 6 (anexo B).

#### **b) Problemas geotécnicos.**

En cuanto al apartado de problemas geotécnicos; este al igual que el apartado anterior se ha dividido en dos partes. La primera parte contiene la información referente a la existencia o no de asentamientos en la edificación (marcando con una X en la casilla que contenga la opción adecuada, la presencia de grietas en el suelo, el levantamiento del piso al interior y exterior de la edificación, la presencia de fugas de agua en el interior o exterior de la edificación.

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

4.2 CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Asentamiento de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Presencia de grietas en el suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Levantamiento del piso al interior y exterior de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Presencia de fugas de agua en el interior o exterior de la edificación: Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

También se ha incluido la existencia o no de fallas en taludes o movimientos de masas de tierra y el origen de este. (que se indicará escribiendo en la casilla en número que corresponde a la opción adecuada). En caso que no se hubiera producido el movimiento de la masa de suelo, pero se tenga la existencia de un talud o ladera que represente un peligro para la edificación, se deberá evaluar, de manera visual y aproximada, la inestabilidad de este a través de verificar algunos indicios, que pueden indicar, si el talud tiene o no problemas de inestabilidad.

Falla en talud o movimiento masivo del suelo: 1. General 2. Puntual 3. No existe

Origen: 1. Producido por el sismo 2. Agravado por el sismo 3. Pre-existente 4. Existen dudas

Presencia de grietas en la cresta o cabeza del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Presencia de surcos a lo largo de la pendiente del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Cicatrices o huellas de deslizamientos anteriores: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Afloramiento o aporte de agua en el talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Inclinación de árboles que evidencien movimiento de masa de suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Caída de rocas, bloques o masas de suelo del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe



Estos indicadores están incluidos en el formulario de inspección y se deberá indicar, en la casilla correspondiente a cada uno, si es evidente su existencia, si hay dudas o si no hay presencia de estos indicadores, colocando el número que tenga la opción más adecuada a cada caso en la casilla correspondiente a cada indicador.

---

#### 4.3 FACTORES EXTERNOS

Peligro por inestabilidad (colapso) de edificaciones vecinas: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Se ha incluido también en este apartado, el peligro que representa una edificación aledaña, a la edificación que se está evaluando, que esté en peligro de colapsar o que presente serios problemas de inestabilidad. A pesar que este tipo de problema no tiene que ver con la estabilidad de un talud, tiene el mismo efecto de peligro (que el de un talud inestable) en la edificación que se está evaluando, ya que representa un riesgo para la seguridad de las personas que habitan la edificación, ya que la edificación inestable puede caer sobre la otra (al igual que lo haría el movimiento de la masa de suelo de un talud).

---

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR PROBLEMAS GEOTÉCNICOS (basado en los asentamientos, las fallas en taludes y el peligro por inestabilidad del talud o de edificaciones vecinas (aledañas))

 Bajo Medio Alto Muy alto

---

#### RECOMENDACIONES

 Restringir el paso en áreas Cubrir con plástico las grietas en el suelo o en los taludes Rellenar grietas con suelo cemento No entrar  Evacuar el agua con sistemas de drenaje Evaluación de ingeniería Evacuar edificación

La segunda parte es la correspondiente a las recomendaciones que se deberán tomar para intervenir los problemas geogénicos (marcando con una X en la casilla que contenga la opción adecuada) y a la determinación del riesgo por problemas geotécnicos.

Al igual que la determinación del riesgo por estabilidad global, la determinación del riesgo por problemas geotécnicos, constituye la parte evaluadora de este apartado de la sección 4 del formulario de inspección de campo. Para determinar el nivel de riesgo geotécnico utilizará la Tabla 3. 7 (anexo B).

Con el nivel de riesgo por inestabilidad global y con el nivel de riesgo geotécnicos establecidos, se determinará la clasificación de habitabilidad de la edificación (es decir si es o no segura habitarla nuevamente después de ocurrido el sismo). La clasificación de la habitabilidad la harán en la sección 5 del formulario de inspección.

#### **3.4.3.6. Sección 5 “Clasificación de la habitabilidad.”**

---

### SECCIÓN 5. CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD

- HABITABLE “rótulo VERDE” (Cuando ambos riegos fueron determinados bajos)
  - USO RESTRINGIDO “rótulo AMARILLO” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo medio)
  - NO HABITABLE “rótulo NARANJA” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo alto)
  - INSEGURA “rótulo ROJO” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo muy alto)
- 

Se clasificará la habitabilidad de la edificación con la ayuda de la Tabla 3. 8 (anexo B) se marcará con una X sobre la casilla que tenga la opción, de habitabilidad, a la que se llega con la interpretación hecha de la Tabla 3. 8. Cada una de las opciones de

habitabilidad lleva asociado un color, para representar de manera visual la clasificación de la habitabilidad, que se presenta como un sombreado en la casilla correspondiente.

### 3.4.3.7. Sección 6 “Tipo de inspección y ocupación de la habitabilidad.”

---

#### SECCIÓN 6. TIPO DE INSPECCIÓN, NIVEL MÁS DAÑADO Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Exterior parcial    Exterior completa    Interior parcial    Interior completa

Nivel con los elementos estructurales verticales más dañados (letra y número en paréntesis): \_\_\_\_\_

Al momento de la inspección la edificación o parte de ella estaba habitada:  SI    NO

Observaciones: \_\_\_\_\_

---

Se indicará, marcando una “X”, en la casilla que tenga la opción que corresponda al tipo de inspección que se realizó. En caso que el personal evaluador no hayan podido realizar la inspección, deberán explicar de manera breve la causa.

Deberán indicar, también, el nivel (en letra y número) que presenta los elementos verticales más dañados y si la edificación o parte de ella, estaba habitada o no al momento de la inspección.

### 3.4.3.8. Sección 7 “Comentarios.”

Se deberá indicar el número de la sección de la que se hará el comentario u observación en la columna izquierda (sección) y en la misma fila de la siguiente columna (comentarios) se escribirá de manera breve y concisa el detalle del comentario u observación.



### 3.4.3.10. Sección 9 “Personal del Comité Interinstitucional Permanente que recibe el formulario.”

En ella, la persona designada por el Comité interinstitucional Permanente, escribirá su nombre completo y el del código del archivo en el que se guardara el formulario de cada una de las edificaciones inspeccionadas por las brigadas, según la clasificación de habitabilidad de ellas.

---

#### SECCIÓN 9. PERSONA DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE QUE RECIBE EL FORMULARIO

Nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Archivo en el que se guarda el formulario y las fotos: \_\_\_\_\_

---

La metodología para asignar el código del archivo en el que se guardará el formulario y las fotos será la siguiente:

1. Los primeros 5 dígitos corresponden al número correlativo de cada formulario.
2. Los siguientes dígitos corresponden al código de inspección. Es decir que, los siguientes 4 dígitos (antecedidos por un guión), corresponden al departamento y municipio en el que se encuentra la edificación, los otros 4 dígitos corresponden al número correlativo de la brigada y finalmente el último dígito corresponde al número de inspección que la brigada está realizando.

Las edificaciones que en la evaluación de emergencia resulten con un dictamen, en su clasificación de habitabilidad, de **uso restringido** (rótulo amarillo) deberán ser evaluadas en la **etapa detallada** de la metodología de evaluación de daños en edificaciones post-sismo (la cual se describe en la siguiente sección de este trabajo de graduación).

### **3.4.4. Propuesta metodológica para la etapa de evaluación detallada.**

#### **Objetivo General.**

Evaluar las edificaciones, que en la etapa de evaluación de emergencia hayan obtenido una clasificación de habitabilidad restringida, posteriormente, determinar el nivel de los daños en los elementos estructurales y no estructurales para establecer la nueva habitabilidad de la edificación y determinar las edificaciones que necesitan una evaluación de ingeniería especializada más detallada.

#### **Objetivos Específicos.**

1. Determinar el nivel de daño en los elementos estructurales y no estructurales de la edificación.
2. Determinar luego de una evaluación detallada si la edificación es habitable o no habitable.
3. Evaluar las condiciones pre-existentes de la edificación.
4. Determinar las recomendaciones y medidas de seguridad apropiadas para cada edificación en particular.
5. Determinar las edificaciones que necesitan ser evaluadas por un especialista en estructuras, geotecnia, hidráulica o electricidad, para establecer si pueden o no ser habitadas nuevamente.

En la Fig. 3. 5 se muestra el esquema de la metodología de la evaluación detallada.

Al igual que en la etapa de evaluación de emergencia, para recolectar la información se ha diseñado un formulario de inspección de campo (que es una continuación del formulario para la etapa de evaluación de emergencia), para que sirva como una herramienta de la metodología, para recolectar toda la información que las brigadas levantarán en campo, la cual servirá para **clasificar la habitabilidad** de la edificación.



Fig. 3. 5 Esquema de la metodología para la etapa de evaluación detallada.

### **3.4.5. Propuesta del contenido para la etapa de evaluación detallada.**

La etapa correspondiente a la evaluación detallada contendrá las siguientes 11 secciones, estas secciones se encuentran en el formulario de inspección de campo a continuación de la evaluación de emergencia; por lo cual la evaluación detallada comienza en la sección 10 (ya que es un solo formulario para las dos etapas de evaluación, ver anexo C):

- ✓ Sección 10: INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN.
- ✓ Sección 11: ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN.
- ✓ Sección 12: CLASIFICCIÓN DE LA HABITABILIDAD.
- ✓ Sección 13: RECOMENDACIONES.
- ✓ Sección 14: CONDICIONES PRE-EXISTENTES.
- ✓ Sección 15: TIPO DE INSPECCIÓN Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.
- ✓ Sección 16: COMENTARIOS.
- ✓ Sección 17: PERSONA PARA CONTACTO.
- ✓ Sección 18: ESQUEMA.
- ✓ Sección 19: FOTOGRAFÍAS.
- ✓ Sección 20: PERSONAL QUE RECIBE EL FORMULARIO.

A continuación se desarrolla cada una de las secciones correspondientes a la etapa de evaluación detallada de la metodología para la evaluación de daños de edificaciones post-sismo, las cuales se tomaron en cuenta para el diseño de las hojas 5 a la 9 del formulario de inspección de campo (ver anexo C).

#### **3.4.5.1. Encabezado.**

El encabezado de las hojas del formulario de inspección, correspondientes a la etapa de evaluación detallada (de la hoja 5 a la 9), es similar al descrito anteriormente para la etapa de evaluación de emergencia, es decir que el encabezado de cada formulario de inspección de campo correspondiente a una edificación tendrá un número correlativo previamente asignado. Además tendrá un código de inspección usando una numeración secuencial de acuerdo con los sectores en los que se halla dividido la ciudad.



El código de inspección que se debe utilizar para asignar el número a cada formulario de inspección será:

1. La primera cifra corresponden al departamento en el que se encuentra la edificación, según el catastro nacional y en formato de dos dígitos (Tabla 3.1) (ver anexo B).
2. La segunda cifra corresponde al municipio en el que se encuentra la edificación, según el catastro nacional y en formato de dos dígitos (Tabla 3.1) (ver anexo B).
3. Luego separado por un guión, la tercera cifra corresponde al número correlativo de la brigada de inspección que realizará la evaluación de la edificación (en formato de 4 dígitos). A las brigadas de inspección de la zona occidental de nuestro país les corresponderá los números del 0001 al 1000. A las brigadas de la zona central les corresponderá del 1001 al 2000 y a las brigadas de la zona oriental les corresponderá del 2001 al 3000. En caso que estos números no sean suficientes para las brigadas que se tengan, se repetirá el mismo rango de valores iniciando con el 3001 para la zona occidental. La distribución de los números de las brigadas por zona se muestra en la Tabla 3.2 (ver anexo B).
4. Finalmente, separado un guión, la cuarta cifra corresponde al número correlativo de la inspección que está realizando la brigada, correspondiente a la edificación en cuestión. En la tabla 3.1 (ver anexo B) se muestran los códigos propuestos para cada departamento y municipio, los cuales están basados en el catastro nacional.

También se tendrá un espacio para colocar la fecha en la que ocurrió el sismo, que ha dado origen a la evaluación de daños, colocando el día (dos dígitos), mes (dos dígitos) y año (cuatro dígitos).

En caso que haya ocurrido una réplica con una magnitud muy similar a la del evento principal, de manera que se consideré a este evento como un nuevo evento principal, se deberá colocar esta fecha, en caso contrario se colocará la misma fecha que tiene la etapa de emergencia.

### **3.4.5.2. Sección 10 “Inspectores y fecha de la inspección.”**

En esta sección, al igual que en la etapa de evaluación de emergencia, los evaluadores deberán indicar el nombre completo, antepuesto con su profesión, de cada uno de los miembros de la brigada de inspección de campo, así como registrar la fecha en la que se realizó la evaluación colocando el año, con cuatro dígitos; el mes, con dos dígitos; el día, con dos dígitos y la hora en formato de 24:00 horas, para evitar confusiones por escritura poco legible, respecto al formato am. ó pm. Es importante saber la hora en la que se realizó la evaluación, en caso que se presenten réplicas fuertes que aumenten los daños en la edificación, sabremos si fue antes o después de la evaluación o viceversa o de alguna intervención de los daños en la edificación.

### **3.4.5.3. Sección 11 “Evaluación del estado del daño de la edificación.”**

En esta sección se evaluará el daño en la edificación, desarrollando los siguientes aspectos:

- a) Evaluación de los daños en elementos estructurales.
- b) Evaluación de los daños en elementos no estructurales.
- c) Determinación de nivel de riesgo de los elementos estructurales y no estructurales.

El objetivo es clasificar el riesgo, que estos daños, representan para la estabilidad de la edificación y la seguridad de sus ocupantes. En caso de réplicas que pudieran aumentar la magnitud de los daños o de un nuevo evento sísmico, se deberán revisar el nivel de riesgo por inestabilidad global y el nivel de riesgo por problemas geotécnicos obtenidos en la etapa de evaluación de emergencia, para comprobar si se mantiene el mismo nivel o si hay que asignar un nuevo nivel. Para evaluar el nivel del riesgo por inestabilidad global se utilizará la Tabla 3.6 (ver anexo B) y para evaluar el riesgo por problemas geotécnicos se utilizará la Tabla 3.7 (anexo B).

#### **a) Evaluación de los daños en elementos estructurales.**

Dependiendo del sistema estructural con que cuente la edificación así serán los elementos estructurales que se evaluarán. A cada elemento estructural de un mismo nivel se le asignará un porcentaje, equivalente en cantidad o extensión del daño, según lo

observado por los evaluadores. La gravedad del daño, en un nivel, será cuantificada según la información que se obtenga de la evaluación del daño que se presenta en cada tipo de elemento.

Cuando existan elementos arquitectónicos que imposibiliten una buena visión del elemento a evaluar, si es posible y no representan ningún peligro se deberán remover, en caso contrario, en los comentarios del formulario de inspección de campo, que no se pudo evaluar de manera adecuada debido a la obstrucción que se tenía.

Cuando se tengan edificaciones de varios pisos, la inspección de los elementos verticales (columnas, paredes portantes) se deberá hacer en el piso que en la etapa de evaluación reemergencia se determinó que presentaba los elementos verticales más dañados, además se deberá hacer uso de un solo formulario por cada edificación.

En el caso de las vigas y los entrepisos, se deberán evaluar las vigas y el entrepiso correspondientes al piso (nivel) en el que se encontraron los elementos verticales que presentaban mayor daño. Si existe otro nivel, que evidencie que los daños en estos dos elementos (vigas y entrepisos) es más severo, que el daño que se presentan en el entrepiso de los elementos verticales más dañados, se deberá evaluar necesariamente si el piso es inferior al piso de los elementos verticales más dañados.

Por ejemplo si el piso (nivel) que presenta los elementos verticales más dañados es el tercero, se deberán evaluar todos los elementos estructurales verticales de ese nivel y las vigas y la losa que corresponden a ese piso (que son las del segundo entrepiso), es decir, las que son visibles desde el segundo nivel).

Finalmente el porcentaje de daños se determina como la relación entre el número, área o longitud de elementos afectados y el número, área o longitud total de elementos de ese tipo en el nivel.

En el presente trabajo de graduación se utilizará la relación entre el número de elementos, como se muestra en la Ecuación 1.

$$D_{abi} = \frac{\sum Ed_{abi}}{Et_{ai}} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$D_{abi}$ : es el porcentaje de los elementos del tipo “a”, que tienen el nivel de daño del tipo “b” en el piso “i”. Siendo “a” los elementos estructurales de un mismo tipo (vigas, columnas, etc.), “b” es el nivel de daño (leve, moderado, severo, etc.) e “i” es el número de piso (o nivel) que se está evaluando.

$\sum E_{d_{abi}}$ : es la sumatoria de todos los elementos del tipo a, que tienen el daño del tipo b, en el entrecapiso i.

$E_{t_{ai}}$ : es el número total de elementos del tipo a, en el entrecapiso i.

Es importante resaltar que si en el entrecapiso en el que se encuentran los elementos verticales más dañados, existe una diferencia notable entre la magnitud del daño en la dirección longitudinal del edificio, respecto a la magnitud del daño en la dirección transversal, se deberá seleccionar la dirección más dañada para evaluar vigas y paredes que se encuentren en esa dirección, por ser más desfavorable y estar de esa manera del lado de la seguridad.

El objetivo de este procedimiento es para ser más conservador y estar del lado de la seguridad, para garantizar la integridad de las personas y la de la edificación misma.

Dependiendo del material del que estén hechos los elementos estructurales, así serán los criterios que se utilizarán para evaluarlos. A continuación se describirá la evaluación de los elementos estructurales según el material del que estén hechos en:

1. Elementos de concreto reforzado.
2. Elementos de acero estructural.
3. Elementos de mampostería.
4. Elementos de madera.

#### **1. Evaluación de elementos de concreto reforzado.**

Para evaluar las estructuras de concreto reforzado, es necesario conocer los diferentes tipos de fallas que éstas pueden presentar al verse sometidas a las solicitaciones de un sismo (que se vieron en la sección 2.3.1.1 de este trabajo de graduación), ya que es normal que cualquier agrietamiento que la edificación presente se

asocie como un efecto directo del sismo, cuando es posible, que este agrietamiento se halla originado por las cargas gravitacionales, contracción del concreto, asentamientos diferenciales, intemperismo, etc.

Todos los agrietamientos y fisuras (en las vigas, columnas, uniones y paredes) son aceptables bajo ciertas condiciones de carga de servicio, siempre y cuando los anchos de las grietas o fisuras no excedan los límites recomendados. El personal evaluador de la brigada de inspección se auxiliara de la Tabla 3. 9 (anexo B), para determinar el nivel del daño que presenta una viga, columna, pared o nudo de concreto reforzado.

Para el caso de los entrepisos, estos se evaluarán con la ayuda de la Tabla 3.10 (anexo B), en la cual se dan las descripciones de los daños, para que los evaluadores puedan determinar el nivel de daño en los entrepisos.

Ambas tablas clasifican los niveles de daño (ver descripción de cada una en el anexo B) en:

- ✓ Ninguno o muy leve.
- ✓ Leve.
- ✓ Moderado.
- ✓ Fuerte.
- ✓ Severo.

Es importante aclarar que estas tablas son una ayuda para las personas evaluadoras y no significa que todo lo que está descrito en ella, serán los únicos efectos que se puedan encontrar en las edificaciones. Por lo tanto, es importante el criterio y experiencia de las personas evaluadoras.

## **2. Evaluación de elementos de acero estructural.**

A pesar que en nuestro país se construyen edificaciones utilizando mayormente la mampostería (en el caso de viviendas) y el concreto reforzado en lugar del acero estructural, las experiencias de sismos que han sufrido otros países que utilizan mucho el acero estructural para la construcción de edificaciones, han demostrado que la principal causa de daños y fallas en estructuras de acero estructural lo representan las conexiones

de los elementos estructurales, indistintamente sean éstas soldadas, remachadas o empernadas.

Por esta razón se aconseja a la brigada de inspección iniciar la evaluación de daños en estructuras de acero estructural por las conexiones.

Los profesionales encargados de realizar la evaluación de estas conexiones se podrán encontrar con el caso en el que las conexiones estén ocultas por elementos no estructurales (los cuales se deberán remover para garantizar una completa visibilidad de la conexión).

Además de las conexiones, las personas evaluadoras deberán prestar atención al panel de unión. Detectar los daños en esta zona es muy difícil ya que en algunos casos, además de las vigas conectadas a los patines de la columna, existen vigas conectadas al alma, lo que dificulta la visibilidad.

Para que los evaluadores de las brigadas de inspección de campo, pueden establecer el nivel de daño que presenten los elementos de acero estructural, se apoyaran en los criterios establecidos en la Tabla 3.11 (anexo B); la cual clasifica los niveles de daño (ver descripción de cada una en el anexo B) en:

- ✓ Ninguno o muy leve.
- ✓ Leve.
- ✓ Moderado.
- ✓ Fuerte.
- ✓ Severo.

### **3. Evaluación de estructuras de mampostería.**

El mal prestigio del que se han hecho crédito las estructuras de mampostería debido a su deficiente comportamiento ante sismos. Este comportamiento ha sido malo por la falta de diseños ingenieriles y el desconocimiento de los conceptos de sismo resistencia, ya que en muchas ocasiones estas estructuras se construyen sin realizar análisis estructurales (o en el caso de contar con los análisis estructurales, al momento de ser construidas no se respeta), sin colocar el refuerzo de acero necesario o utilizar materiales de mala calidad (tanto en la elaboración de las piezas de mampostería como

en la elaboración del mortero) así como una incorrecta colocación de las piezas de mampostería.

Dependiendo del material del que están hechas las piezas de mampostería, pueden ser de varios tipos, en la presente metodología nos enfocaremos en las siguientes:

- ✓ Mampostería de bloque de concreto.
- ✓ Mampostería de ladrillo de arcilla.

A continuación se darán las nociones generales para evaluar cada uno de los tipos de mampostería mencionados anteriormente.

- ✓ **Mampostería de bloque de concreto y de ladrillo de barro cocido.**

Es importante que las personas evaluadoras conozcan que, cuando la mampostería se encuentra en la etapa inicial del agrietamiento se presentan las primeras grietas diagonales en la parte media de la pared, las cuales aparecen sobre el recubrimiento y son poco perceptibles. Para clasificar el nivel de daños que estos agrietamientos representan, los evaluadores utilizaran Tabla 3.12 (anexo B). Al igual que las tablas anteriores, la Tabla 3.12 clasifica los niveles de daños (ver descripción de cada una en el anexo B) en:

- ✓ Ninguno o muy leve.
- ✓ Leve.
- ✓ Moderado.
- ✓ Fuerte.
- ✓ Severo.

#### **4. Evaluación de estructuras de adobe.**

Para que el personal evaluador de las brigadas de inspección de campo pueda evaluar los daños en elementos construidos de adobe se adjunta (en el anexo B) la Tabla 3.13 en la cual se describen los niveles de daños (ver descripción de cada una en el anexo B) en edificaciones de adobe como:

- ✓ Ninguno o muy leve.
- ✓ Leve.

- ✓ Moderado.
- ✓ Fuerte.
- ✓ Severo.

#### **5. Evaluación de estructuras de bahareque.**

Para que el personal evaluador de las brigadas de inspección de campo pueda evaluar los daños en elementos contruidos de bahareque se adjunta (en el anexo B) la Tabla 3.14 en la cual se describen los niveles de daños (ver descripción de cada una en el anexo B) en edificaciones de bahareque como:

- ✓ Ninguno o muy leve.
- ✓ Leve.
- ✓ Moderado.
- ✓ Fuerte.
- ✓ Severo.

#### **6. Evaluación de estructuras de madera.**

Actualmente en nuestro país el uso de las edificaciones contruidas de madera ha disminuido de una manera considerable, pero debido a las que aún han sobrevivido a las inclemencias del tiempo y de las diferentes amenazas naturales, que por lo general las podemos observar en los pueblos y ciudades más antiguas de nuestro país, por lo que se han incluido en la evaluación de edificaciones de la presente metodología.

A pesar que las edificaciones de madera presentan poca resistencia a las acciones sísmicas y por ello es difícil asociarles un patrón de fallas definido, como lo indica el reporte de los eventos sísmicos ocurrido el primer trimestre del 2001, realizado por varios docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador (M. A. López Menjivar y otros, 2001); es posible asignar niveles de daños con la ayuda de la Tabla 3. 15 (anexo B), la que será de gran ayuda para los evaluadores de las brigadas de inspección.

#### **b) Evaluación de los daños en elementos no estructurales.**

Es necesario que los evaluadores de las brigadas, evalúen también los daños en los elementos no estructurales. Los daños no estructurales que normalmente se presentan



son el aplastamiento de las uniones entre estructuras y los elementos no estructurales, el agrietamiento de elementos divisorios de mampostería, el desprendimiento de acabados y la rotura de vidrios y las instalaciones de diferente tipo.

Los elementos no estructurales en una edificación son muchos, pero el criterio que se utiliza en esta metodología para seleccionar los elementos no estructurales que se deberán evaluar, es el de considerar aquellos elementos que aunque no ponen en peligro la estabilidad de la edificación si representan un riesgo para la vida y la seguridad de las personas que la habitan.

Es por ello que la evaluación de elementos no estructurales para la etapa de evaluación detallada de la metodología para la evaluación de daños en edificaciones post-sismo, considerará la evaluación de los siguientes elementos no estructurales:

1. Paredes de fachada.
2. Paredes divisorias.
3. Cielos falsos y luminarias.
4. Techos.
5. Escaleras.
6. Tanques elevados.
7. Sustancias químicas peligrosas (derrame).
8. Instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas.

A diferencia de la evaluación del daño en los elementos estructurales, la evaluación de los elementos no estructurales, no requieren que se calcule el porcentaje de un tipo de daño respecto al total de elementos evaluados. Para el caso de los elementos no estructurales, la clasificación del nivel de daño se hará de una manera global, considerando el daño de cada uno de los elementos no estructural, que se tengan, en relación con la totalidad de la edificación. A continuación se explicará la manera en la que se evaluarán cada uno de estos elementos.

### **1. Paredes de fachada o parapetos.**

Dependiendo del tipo de material del que están hechas y la manera en la que estén ancladas este tipo de paredes, así serán los daños que pueden presentar, es por ello

que una adecuada y correcta clasificación del nivel de daño es muy importante para la seguridad de las personas que habitan o transitan cerca de la edificación.

Esto requiere que el personal evaluador de la brigada de inspección de campo deberá tener mucho criterio, es por ello que se hace hincapié en la necesidad de que un profesional con amplia experiencia en diseño estructural, diseño sismo-resistente y en la evaluación de daños en edificaciones afectadas por sismos integre obligadamente la brigada.

Se debe tener presente el hecho que después de ocurrido el sismo pueden haber elementos que no cayeran durante el evento principal, pero que puede hacerlo debido a su propio peso o por posibles réplicas.

Las personas evaluadoras deberán inspeccionar todos los lugares de la edificación que contengan paredes de fachada y determinar el nivel del daño, que estas presentan en función de toda la edificación. Para clasificar el nivel del daño en las paredes de fachada o parapetos, las personas de las brigadas de inspección, utilizaran la Tabla.16 (anexo B), en la que se describen los diferentes niveles de daños que pueden presentarse en paredes de fachada.

## **2. Paredes divisorias.**

El personal evaluador de la brigada de inspección, deberá prestar mucho interés cuando se inspeccionen edificaciones hechas de mampostería, ya que algunas de las paredes que se evalúen serán divisorias, pero si forman parte de las paredes portantes del sistema resistente a cargas se evaluaran como paredes estructurales y no como paredes no estructurales divisorias.

Para evaluar y clasificar el nivel de daño que presentan las paredes divisorias, los evaluadores deberán inspeccionar todos los lugares de la edificación, en el que se encuentren paredes divisorias y auxiliarse de la Tabla 3.17 (anexo B), que describe los diferentes niveles de daños que se pueden presentar en paredes no estructurales divisorias (que van desde muy leve, leve, moderado, fuerte y severo).

La Tabla 3.17 ayudará a que los evaluadores puedan indicar de una mejor manera, el nivel de daño, que ha sufrido la edificación que se está evaluando.

### **3. Cielos falsos y luminarias.**

Los tipos de daños que presentan este tipo de elementos no estructurales, con los que los evaluadores se encontraran, son por lo general la caída de algunas o todas las piezas que conforman el cielo falso, así como la pérdida del anclaje en el que se sujeta el cielo falso y las luminarias. Debido a que en la evaluación de este tipo de elementos no se tienen parámetros de comparación, tales como aparición y anchos de grietas, desprendimiento de recubrimiento o dislocación de piezas, es necesario que el personal evaluador tenga mucho criterio y experiencia en la evaluación de dichos elementos.

Al igual que en los elementos no estructurales anteriores, el personal evaluador deberá inspeccionar el cielo falso y las luminarias de toda la edificación y estimar de una manera general el nivel del daño de éstos, considerando la extensión y gravedad del daño en estos elementos no estructurales.

En la Tabla 3.18 (anexo B) se describen los diferentes niveles de daño (muy leve, leve, moderado, fuerte y severo) en cielos falsos y luminarias.

### **4. Techos.**

Para determinar el nivel de daño que la acción sísmica produjo en el techo de una edificación, se utilizará la Tabla 3.19 (anexo B) ya que esta contiene una descripción de los diferentes niveles de daño (muy leve, leve, moderado, fuerte y severo) en techos. En caso que el sistema de techo no pueda visualizarse debido al cielo falso, se deberán buscar lugares en los que se pueda visualizar o intentar, si es posible y no representa un riesgo, retirar algunas piezas del cielo falso para poder inspeccionar el techo.

### **5. Escaleras.**

Los evaluadores deberán inspeccionar todas las escaleras, que tenga la edificación y concentrarse en las que presenten a simple vista, los daños más graves. Para determinar el nivel de daño se utilizará la Tabla 3.20 (anexo B), ya que en ella se describen los diferentes niveles de daños que pueden presentarse en escaleras de concreto armado; en el caso que las escaleras sena metálicas, se deberá utilizar la Tabla 3.11 (anexo B), que es la que describe los niveles de daño para elementos de acero.

## **6. Tanques elevados.**

El personal evaluador de las brigadas de inspección deberá inspeccionar el estado de los soportes del tanque, así como su posible movimiento con respecto a su posición original. Para que el personal evaluador pueda determinar el nivel del daño que el sismo ocasionó en un tanque, se podrán auxiliar de la Tabla 3.20 ya que en ella se describen los diferentes niveles de daños, que puede ser:

- ✓ Ninguno o muy leve.
- ✓ Leve.
- ✓ Moderado.
- ✓ Fuerte.
- ✓ Severo.

En el caso que el tanque este conformado como una estructura de acero, se deberá recurrir a la Tabla 3.11 para clasificar el nivel de daño (ver anexo B).

## **7. Derrame de químicos y sustancias peligrosas.**

Es bueno aclarar que en este apartado se darán ideas generales sobre el peligro que representa el derrame de químicos y sustancias peligrosas. En ningún momento se pretende que las nociones que se presentan en esta metodología, sustituyan la evaluación, que sólo expertos en química están capacitados para hacer. El propósito de incluir la evaluación del nivel de daño que representa un derramen de químicos o cualquier sustancia peligrosa, es únicamente para que las personas que evalúen una edificación y se encuentren con este problema, tengan una idea del peligro que este problema representa para su seguridad y para la de las personas que habitan la edificación.

Para evaluar el daño por derrame de químicos se utilizará la Tabla 3.22 (anexo B). En la Tabla 3.22 se presentan los diversos niveles de daño y una breve descripción de los mismos.

## **8. Instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas.**

Existen edificaciones en las cuales, las instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas (externas e internas) son muy complejas y además son parte fundamental en

el funcionamiento de las edificaciones. Debido a lo anterior, se ha incluido en la presente metodología de evaluación de daños, la evaluación de estas instalaciones.

Al igual que en el caso de los derrames de químicos, lo que se busca es que las personas que realicen las evaluaciones, tengan una noción acerca de los problemas en las instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas con los que se pueden encontrar. En ningún momento se pretende que los criterios que se establezcan en este apartado, sustituyan la experiencia y los criterios de los profesionales en este tipo de instalaciones.

Los criterios para establecer el nivel de daño en las instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas, están dados en la Tabla 3.23 (anexo B) y será de mucha utilidad para los evaluadores de las brigadas de inspección.

### **c) Determinación de nivel de riesgo.**

Luego de evaluar los elementos estructurales y no estructurales de una manera detallada, con la ayuda de todas las tablas que se presentan en el anexo B, posteriormente se determinará el nivel de riesgo que los daños en estos elementos representan para la seguridad de la edificación y por ende para el de las personas que la habitan.

#### **1. Determinación del riesgo estructural.**

El riesgo estructural de una edificación tiene que ver con el daño de aquellos elementos estructurales que se consideran como fundamentales para la estabilidad de la edificación, ya que si éstos han sufrido daños muy graves, aunque el resto de elementos que conforman la edificación no presenten daños considerables, ésta corre el riesgo de perder su estabilidad por efecto de posibles réplicas o por efecto de su propio peso. Cuando dichos elementos fundamentales para la estabilidad de la edificación presentan daños graves el riesgo estructural es grande y se debe de evacuar de inmediato la edificación.

Dependiendo del sistema estructural principal que posea la edificación, así serán los tipos de elementos que se evaluarán, tal como se muestra en la Tabla 3.24 del anexo B. Si se presentan varios elementos de los descritos en la Tabla 3.24 con clasificación de daño severo, aunque el resto de elementos que conforman la edificación no presenten daños considerables, la edificación corre el riesgo de perder su estabilidad.

El riesgo estructural se ha clasificado en varias categorías, al igual que se hizo con el riesgo por inestabilidad global y el riesgo por problemas geotécnicos, entre estas categorías se encuentran:

- ✓ Bajo.
- ✓ Medio.
- ✓ Alto.
- ✓ Muy alto.

Para facilitar y ayudar a los evaluadores de las brigadas a tener una mejor idea sobre los parámetros o características que se deben verificar para clasificar el nivel de riesgo en los elementos estructurales de acuerdo a la severidad y la extensión de los mismos se presenta la Tabla 3.25 (anexo B), que está basada y modificada de la clasificación hecha en el manual de campo de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003), en el manual de campo de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998) y en el manual de Campo de Japón (como se referencia en Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003a) en la cual, se describe cada uno de los diferentes niveles que pueden presentarse.

## **2. Determinación del riesgo no estructural.**

Para evaluar el nivel de riesgo en los elementos no estructurales, se deberá verificar si éstos están desprendidos, si existe la posibilidad de que caigan o que vuelquen o si tienen la presencia de daños que pongan en peligro la vida de los ocupantes de las edificaciones o que puedan obstaculizar el acceso a las entradas o pasillos de las edificaciones.

Para clasificar el nivel del riesgo que los daños en los elementos no estructurales representan para la seguridad de los ocupantes de una edificación, se proponen tres categorías: bajo, bajo después de medidas y alto.

En la Tabla 3.26 (anexo B) se describen los diferentes niveles para clasificar el riesgo por el daño en los elementos no estructurales.

#### **3.4.5.4. Sección 12: “Clasificación de la habitabilidad de la edificación.”**

Por **habitabilidad** de una edificación entenderemos como los requisitos mínimos que una edificación debe brindar a sus ocupantes en cuanto a la seguridad (estructural, no estructural y en los cimientos) y la comodidad, de manera que permitan considerar a la edificación como funcional (es decir que tiene la capacidad de cumplir con las funciones y objetivos para los que fue diseñada) después de haber estado bajo las solicitaciones de las cargas que produce un sismo.

No se debe perder de vista que el objetivo principal de la evaluación de una edificación que ha sido dañada por un sismo, es la de garantizar la seguridad de las personas que las habitan, es decir que con la clasificación de habitabilidad que se obtenga se debe garantizar que no se pondrá en riesgo la vida de las personas que habitan la edificación, considerando, también, que se pueden suscitar réplicas de menor, igual e incluso de mayor magnitud que el sismo inicial o principal.

Nuevamente se hace hincapié en la importancia que exista una persona con amplia experiencia en la evaluación de edificaciones dañadas por sismos, el diseño estructural o diseño sísmico, que integre la brigada de evaluación.

Los factores que se deberán considerar para dictaminar la habitabilidad final (que puede variar con la habitabilidad que se estableció en la evaluación de emergencia) son:

- ✓ Riesgo por inestabilidad global.
- ✓ Riesgo por problemas geotécnicos.
- ✓ Riesgo por daños estructurales.
- ✓ Riesgo por daños no estructurales.

Los primeros dos riesgos se consideraron en la evaluación de emergencia y los dos últimos en la evaluación detallada, con el nivel de clasificación de estos cuatro factores se deberá clasificar la habitabilidad de la edificación, teniendo las siguientes opciones:

1. Insegura.
2. No habitable.

3. Uso restringido (sólo se tiene acceso a ciertas áreas).
4. Habitable.

Con la ayuda de la Tabla 3.27 (anexo B) se puede establecer con mayor facilidad la habitabilidad de una edificación. Luego de determinar la habitabilidad de la edificación, el personal de la brigada de evaluación deberá colocar un cartel de aviso indicando la clasificación de habitabilidad que se obtuvo luego de realizar la evaluación.

En los carteles se deberá indicar:

1. Con letras más grandes que el resto que contenga el cartel, la clasificación de habitabilidad de la edificación (del color correspondiente al nivel de habitabilidad).
2. La fecha y la hora en la que se realizó la última evaluación (es decir en la que se dictaminó el nivel de habitabilidad).
3. El nombre del inmueble, si lo tiene, o el de la familia, la dirección completa, es decir incluyendo el municipio y departamento.
4. Una breve narración que indique que la edificación ha sido evaluada y el nivel de daño en que se encuentra.
5. Indicar si la evaluación fue externa o si también se ingreso a la misma.
6. Indicar el código o número de la brigada que realizó la última evaluación.
7. Informar que los habitantes deben notificar a las autoridades locales sobre cualquier daño que pueda dar lugar a situaciones peligrosas (debido a réplicas), para que luego éstas informen al comité interinstitucional permanente de una manera ordenada (por sectores) y sistemática la información recibida y evitar así la saturación de la información de las denuncias de la población.
8. Finalmente en la parte inferior del cartel se indicará que no se deberá retirar dicho cartel hasta que las autoridades del gobierno, previamente notificados por el Comité Interinstitucional Permanente, lo autoricen.

Existirán cuatro rótulos o carteles, uno por cada nivel de habitabilidad, a cada nivel de habitabilidad se le asignará un color tal como se muestra a continuación:

1. Habitable: color verde.



2. Uso restringido: color amarillo.
3. No habitable: color anaranjado.
4. Peligro de colapso: color rojo.

En el anexo C se muestran los rótulos con las cuatro diferentes tipos de clasificación de habitabilidad para una edificación, que la metodología para la evaluación de daños en edificaciones post-sismo de este trabajo de graduación propone.

### **3.4.5.5. Sección 13: “Recomendaciones generales para la edificación.”**

Dentro de las recomendaciones generales para la edificación tenemos dos tipos:

#### **1. Medidas de seguridad temporales.**

#### **2. Recomendaciones.**

##### **1. Medidas de seguridad temporales.**

Luego de clasificar la habitabilidad de la edificación, se deberá iniciar las medidas de seguridad temporales que sean necesarias implementar, para mantener o ayudar a que la edificación se mantenga estable y que el nivel de los daño no aumente, mientras se interviene con medidas definitivas. Las medidas de seguridad que se dan se dividen en:

- a) Medidas de seguridad para los daños en elementos estructurales.
- b) Medidas de seguridad para los daños en elementos estructurales.

##### **a) Medidas de seguridad para los daños en elementos estructurales.**

Luego de evaluar los diferentes elementos estructurales, es necesario indicar las medidas de seguridad temporales para cada tipo de elemento (columnas, vigas, paredes, etc.), es por ello que dentro del apartado de daños en elementos estructurales de la “sección 11: Estado del daño en la edificación” del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación detallada, se incluye un sub apartado en el que se indicarán las medidas de seguridad temporales a tomar, para prevenir o disminuir el peligro, que representen los daños en los elementos estructurales, para los habitantes de las edificaciones. Las medidas de seguridad temporales que se sugieren en este apartado, se

deben indicar particularmente para cada elemento estructural que halla resultado dañado, tales como columnas, vigas, uniones o conexiones o entrepisos. Entre las opciones que se tienen están:

1. Reparar.
2. Apuntalar.
3. Soporte lateral.

**b) Medidas de seguridad para los daños en elementos no estructurales.**

Dependiendo del tipo de daño en los elementos no estructurales y de la magnitud del mismo, así serán las medidas de seguridad temporales que se tomen para eliminar o reducir el riesgo que los elementos no estructurales representan para la seguridad de las personas que habitan en la edificación.

Cuando la edificación evaluada pertenece a la categoría de importancia I, según la Norma Técnica para Diseño por Sismo de nuestro país, los evaluadores podrán, inclusive, condicionar la habitabilidad de la edificación a la aplicación de las medidas de seguridad temporales que recomienden, indicándolo en los comentarios. Las medidas de seguridad temporales que se proponen son:

1. Reparar elemento no estructural dañado.
2. Anclarlo para garantizar su estabilidad.
3. Removerlo y si es imprescindible se deberá sustituir por otro nuevo.
4. Reubicarlo.

**2. Recomendaciones.**

Además de las medidas de seguridad, se incluye otro apartado para con las recomendaciones para toda la edificación en general, que a su juicio son necesarias seguir. Dentro de las recomendaciones que se sugieren en la metodología, las cuales se presentan en el formulario de inspección de campo, se encuentran divididas en tres:

- a) Recomendaciones por los daños en elementos estructurales.
- b) Recomendaciones por los daños en elementos no estructurales.
- c) Recomendaciones generales para la edificación.

**a) Recomendaciones por los daños en elementos estructurales.**

La finalidad de este apartado (que se incluye en la sección 11 del formulario de inspección de campo) es, el de proporcionar algunas acciones que se consideran apropiadas para evitar que las personas que habitan la edificación resulten lastimadas o peor aún, que pongan en riesgo su vida, debido al peligro que representen los elementos estructurales dañados. Las recomendaciones que se sugieren a tomar en cuenta son:

1. Restringir el paso en áreas.
2. No entrar.
3. Posible demolición de toda la edificación.
4. Evaluación de ingeniería.
5. Evacuar edificación.

Será menester del Comité Interinstitucional Permanente dictaminar si una edificación debe ser demolida y el de dar seguimiento al cumplimiento de estas recomendaciones, en las edificaciones que se hayan sugerido a través de:

1. Vice Ministerio de Vivienda y desarrollo Urbano: para todo el territorio nacional a excepción de los municipios que cuentan con sus propias oficinas de planificación y desarrollo territorial.
2. OPAMSS: para los municipios pertenecientes al área metropolitana del departamento de San Salvador.
3. OPVSA: para los municipios pertenecientes a la Asociación de Municipios del Valle de San Andrés.
4. ODUAMSO: para los municipios de Sonsonete, Sonzacate, San Antonio del Monte y Nahuilingo.
5. Las alcaldías municipales de los Municipios de Santa Ana, San Miguel, Usulután y Metapán, en cada uno de sus municipios respectivamente

**b) Recomendaciones por los daños en elementos no estructurales.**

Las recomendaciones que se sugieren a tomar en cuenta por los daños en los elementos estructurales son:

1. Restringir el paso en áreas.
2. No entrar.
3. Remover elementos.
4. Evacuar edificación.

El seguimiento al cumplimiento de estas recomendaciones, en las edificaciones que se hayan sugerido, lo realizará: el Vice Ministerio de Vivienda y desarrollo Urbano, la OPAMSS, la OPVSA, la ODUAMSO, etc., dependiendo del lugar en el que se encuentre la edificación.

**c) Recomendaciones generales para la edificación.**

Las recomendaciones generales para la edificación tienen como objetivo, darle énfasis a los dictámenes que se dan por los daños en los elementos estructurales y los no estructurales, así como acciones más específicas que involucran a otras instituciones para su realización.

Dentro de las recomendaciones que se proponen para la edificación en general están:

1. Evaluación de ingeniería por aspectos: estructurales, geotécnicos y de servicios públicos.
2. Intervención de: Compañía de electricidad, bomberos, cuerpos de socorro, Sistema Nacional de Protección Civil, ANDA y PNC.
3. Restringir el paso de peatones, restringir tráfico vehicular, evacuar edificación, evacuar edificaciones vecinas, demoler elementos no estructurales, y la posible demolición de la edificación.
4. Desconectar: Agua, electricidad, gas.

**3.4.5.6. Sección 14: “Condiciones preexistentes.”**

Esta sección de la metodología (sección 14 del formulario de inspección de campo), no tiene un carácter evaluador, como la sección que trata sobre el estado del daño en la edificación (sección 11 del formulario de inspección de campo). La evaluación de las condiciones pre-existentes tiene como objetivo evaluar todos los aspectos externos de la edificación y todos los relacionados con la configuración

estructural y la configuración arquitectónica, ya que como lo mencionamos en la sección 2.4 del capítulo 2, influyen en el comportamiento que la edificación presente al estar sometidas a las fuerzas generadas por el sismo.

La importancia de esta información, es la de proporcionar insumos para realizar investigaciones posteriores al sismo, para tratar de entender por qué unas edificaciones se comportaron mejor que otras e incluso poder mejorar nuestras normas de diseño.

Dependiendo de la gravedad de los daños que se evaluaron en la sección 11 del formulario de inspección de campo, esta sección podrá ser obviada por los evaluadores de la brigada, ya que si en el peor de los casos la edificación ha colapsado, ya no será necesaria la evaluación de las condiciones pre-existentes de la edificación. Dentro de las condiciones pre-existentes que evaluaremos están:

- a) La posición de la edificación en la manzana respectiva.
- b) La regularidad en planta.
- c) La regularidad en altura.
- d) La calidad de la construcción.
- e) La configuración estructural.
- f) Configuración del techo.
- g) Pendiente del terreno.
- h) Indicios de daños por sismos anteriores.
- i) Intervención de los daños por sismos anteriores.
- j) Morfología de la zona.

A continuación se describirá en que consiste la evaluación de cada una de las condiciones pre-existentes antes mencionadas.

**a) Posición de la edificación en su cuadra respectiva.**

Lo que se trata de investigar es determinar si la edificación que se está evaluando pudo ser dañada debido a una colisión momentánea (por el sismo) con las edificaciones circundantes o por la caída de elementos estructurales o no estructurales provenientes de otras edificaciones hacia ella. Las opciones que se dan para evaluar la posición de la edificación son:

1. Restringida por ambos costados.
2. Libre por un costado.
3. Libre por dos costados.

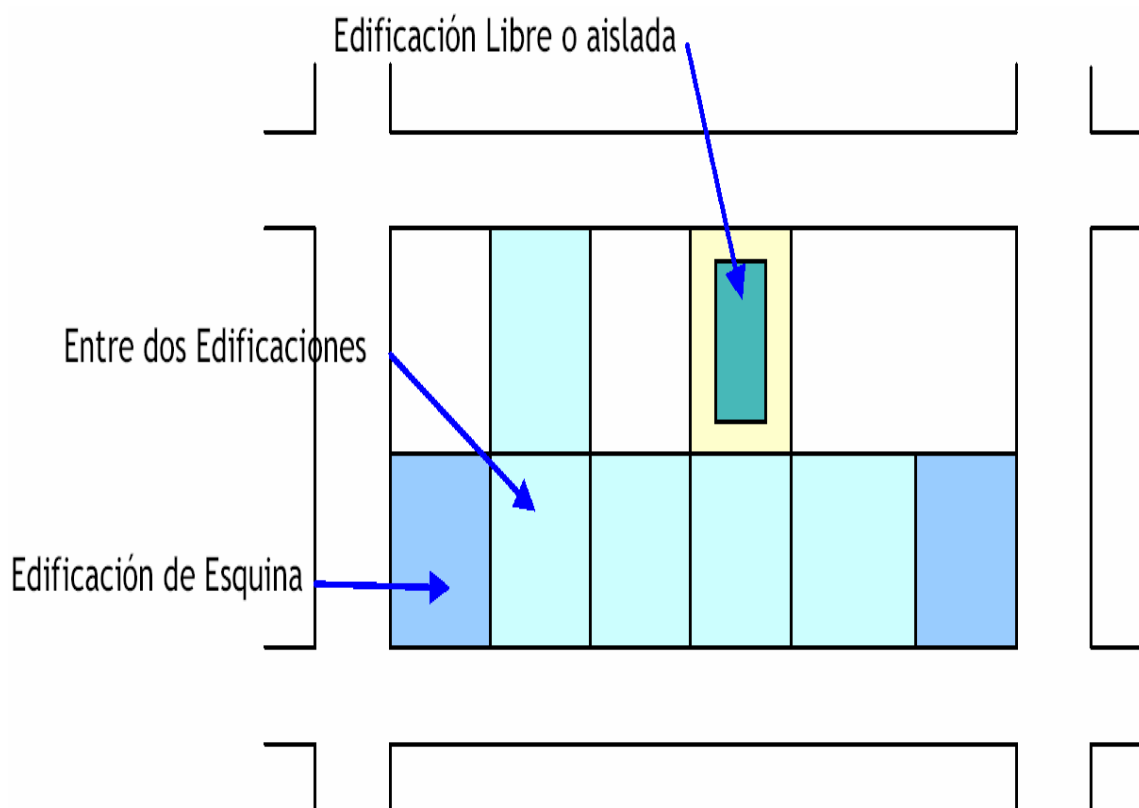


Fig. 3. 6 Esquema de ubicación de la edificación en su manzana.

#### b) La regularidad en planta.

En este apartado la brigada deberá evaluar todos los aspectos relacionados con la configuración en planta de las edificaciones. El objetivo de evaluar la configuración en planta es determinar si dicha configuración presentará problemas de torsión o si generará concentraciones de esfuerzos en la estructura, que pudieran ocasionar daños considerables. La configuración en planta define, prácticamente, la distribución de masas de la configuración estructural, es por ello que para evaluarlas lo haremos de una manera conjunta, con la ayuda de la Tabla 3.28 (anexo B)

**c) La regularidad en altura.**

Lo que buscamos con ésta evaluación es identificar en la edificación algún tipo de irregularidad en la distribución de algún elemento estructural en algún entrepiso en particular relacionado con el resto, ya que esto ocasiona también una irregularidad en la distribución de la rigidez y concentración de esfuerzos en las discontinuidades. Las irregularidades que los evaluadores deberán buscar son:

1. La existencia de algún piso débil.
2. Irregularidad en la forma geométrica.
3. Discontinuidad en la rigidez y resistencia (por la ausencia o presencia de algún elemento estructural en un entrepiso en particular en relación con los otros).

En la Tabla 3.29 (anexo B) se dan los criterios para clasificar la irregularidad de la edificación en altura.

El IE que se menciona en la Tabla 3.28 es el índice de esbeltez, el cual será calculado como la relación de la altura de la edificación, desde el nivel de piso más bajo visto, hasta el sistema de techo del último nivel, ya sea éste un sistema de techo o un sistema de piso a base de losas prefabricadas o coladas in situ, sin incluir la altura de antenas telefónicas o de otro tipo que se coloquen en la cima de la edificación entre la menor longitud de las dos dimensiones en planta, como lo muestra la Ecuación 2.

$$IE = \frac{H}{Lm} \quad \text{Ecuación 2}$$

Las opciones para evaluar la regularidad en altura de la edificación (ver cada una de las descripciones en la Tabla 3.28 del anexo B) son:

1. Buena.
2. Regular.
3. Mala.

**d) Calidad de la construcción.**

La calidad de la construcción influye en el comportamiento que la edificación puede tener al momento del sismo. Para identificar este aspecto se deberá observar la edificación buscando alguna muestra que evidencie que la calidad de la construcción fue

deficiente. Dependiendo del material del que esté construida la edificación, así serán las observaciones que deberán realizar. En la Tabla 3.30 (anexo B) se muestran algunos criterios que pueden utilizarse, para determinar si la calidad de la construcción es:

1. Buena.
2. Regular.
3. Mala.

La experiencia de las personas que realicen la evaluación podrá ayudar a identificar y definir mejor la calidad de la construcción.

Es importante no confundir problemas de mantenimiento de las edificaciones con problemas de mala calidad en la construcción. Los problemas de mantenimiento se refieren a una falta de limpieza de las edificaciones, las cuales originan la acumulación de tierra en lugares de difícil acceso de las edificaciones, esta acumulación favorece al crecimiento de plantas, musgo y arbustos, los que con sus raíces pueden producir daños en las paredes y demás elementos de la edificación y propiciar la infiltración de agua y por ende aumentar la humedad en las edificaciones.

#### **e) Configuración estructural.**

Se deberá identificar si existe una distribución asimétrica de los elementos estructurales, si hay columnas cortas, que pueden producir una falla frágil; si se puede presentar el fenómeno de torsión (por la excentricidad que exista entre el centro de rigidez y el centro de masa).

El objetivo de evaluar la configuración estructural es, porque todos los aspectos antes mencionados intervienen en el comportamiento de la edificación al momento del sismo; si la concepción que se ha tenido de cada uno de ellos es mala, entonces, se tendrá un mal comportamiento de la edificación, ya que la magnitud de los daños que el sismo le pueda causar a la edificación aumentaran.

En la Tabla 3.31 (anexo B) se describen los aspectos que pueden ayudar a clasificar como buena, regular y mala la calidad de la configuración estructural de una edificación.



**f) Configuración del techo.**

En la sección 3.4.5.3 se dieron los lineamiento para evaluar el nivel de daño en los techos, en la presente sección evaluaremos la configuración del mismo, la cual influye en el comportamiento del techo al momento del sismo. Si se tiene una buena concepción de la forma, la manera en la que esta conectada a la estructura que la soporta, un buen peso en relación con los elementos que la soportan, ya que si es muy pesado se moverá como un péndulo invertido causando esfuerzos y tensiones muy altas en los elementos que la soportan.

La Tabla 3.32 se utilizará para evaluar la configuración del techo, ya que en ella se presenta la descripción de una buena, regular y mala configuración del techo (ver cada una de las descripciones en la Tabla 3.32 del anexo B).

**g) Pendiente del terreno.**

Para evaluar la pendiente del terreno en el que se localiza la edificación es importante no confundirla con los problemas geotécnicos del suelo en el que está cimentada la edificación ni con la morfología de la zona. La pendiente se establecerá de manera cualitativa, es decir que será una apreciación que se hará. En la Tabla 3.33 (anexo B) se describen los criterios para evaluar la pendiente. Las opciones que los evaluadores tendrán para clasificar la pendiente del terreno de una edificación son:

1. Plana (pendiente con una inclinación menor de 20°).
2. Inclinada (pendiente con una inclinación entre 20° y 30°).
3. Muy inclinada (pendiente con una inclinación mayor de 30°).

**h) Daños y reparaciones por sismos anteriores.**

Esta sección permitirá determinar si la edificación estaba o no dañada, es decir, debilitada por sismos anteriores o incluso si se realizaron reparaciones, reconstrucciones o reforzamientos que ayudaron a la edificación, a que no sufriera daños más severos. En ocasiones estas intervenciones en lugar de ayudar a la edificación aumentan o generan problemas de rigidez y redundancia estructural.

Las alternativas que las personas de las brigadas tendrán para definir si hubieron daños por sismos anteriores, así como las intervenciones que se pudieran haber realizado, para ayudar a que la edificación tenga un buen comportamiento ante el sismo son:

1. Si habían.
2. No habían.
3. Existen dudas.

**i) Intervención de los daños por sismos anteriores.**

Para definir si hubo intervenciones para ayudar a que la edificación tenga un mejor comportamiento o para reparar daños causados por sismos anteriores, se tendrán las siguientes opciones.

1. Total, en el caso que hubiera hecho una intervención completa de los daños.
2. Parcial, cuando la intervención del daño fue parcial o cuando no se realizó una intervención en todos los daños, si no que sólo en una parte.
3. No se reparó.
4. Daños por sismos anteriores.

**j) Morfología de la zona.**

La sección 14 del formulario de inspección de campo, correspondiente a la evaluación de las condiciones pre-existentes, es el referente a la morfología de la zona en la que se encuentra la edificación. Basados en el mapa geomorfológico de nuestro país (<http://mapas.snet.gob.sv/geologia/sismicidad.phtml>) presentado en la Fig. 2. 102 de la sección 2.8.2 de este trabajo de graduación, se proponen y se definen las siguientes opciones, para que el personal evaluador de las brigadas de inspección clasifiquen la geomorfología de la zona en la que se encuentran las edificaciones:

1. Cesta del talud.
2. Talud.
3. Pie del talud.
4. Planicie.
5. Zona urbana.

6. Margen de río o quebrada.

### **3.4.5.7. Sección 15: “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.”**

Esta décimo quinta sección (del formulario de inspección de campo) es, la que contiene la información referente al tipo de inspección que se realizó y si la edificación estaba o no habitada, en el momento que se realizó la inspección, y forma parte de la etapa de la evaluación detallada que se propone en la presente metodología. A continuación describiremos cada uno de los apartados de esta sección, los cuales son:

a) Tipo de inspección de la edificación.

b) Ocupación de la edificación.

#### **a) Tipo de inspección de la edificación.**

Aquí se indicará si la evaluación de emergencia se realizó llevando a cabo una inspección:

1. Exterior parcial.
2. Exterior completa.
3. Interior parcial.
4. Interior completa.

En el caso que no se haya logrado realizar la inspección, se deberá hacer la observación al respecto.

#### **b) Ocupación de la edificación.**

En este apartado se deberá indicar si la edificación o parte de ella estaba habitada al momento que la brigada de inspección realizó la evaluación, con el propósito de establecer el impacto que el evento sísmico generó en las persona y la apreciación que las personas tuvieron de los daños que se presentaron en la edificación. Cuando se tiene un sismo muy fuerte, generalmente, las personas tardan días en regresar a las edificaciones y si esta presenta daños que las personas creen que son muy severos, también tendrán temor de habitar nuevamente en la edificación.

Este dato también será de importancia para las autoridades municipales y para el Sistema Nacional de Protección Civil, para que se hagan un aproximado de las personas

que tendrán que evacuar o del número de personas que está sin hogar y que deberá proporcionar albergue.

#### **3.4.5.8. Sección 16: “Comentarios.”**

En esta sección podrán hacer énfasis en elementos estructurales, no estructurales, que generan un mayor riesgo para la estabilidad de la edificación y para la seguridad de la misma y de las personas que la habitan. Se podrá hacer énfasis en medidas de urgencias, adicionales a las que tiene el formulario de inspección de campo, que sean necesarias implementar de inmediato para garantizar la seguridad de las personas y la estabilidad de la edificación.

Además, se deberá hacer hincapié en alguna edificación que debe ser intervenida inmediatamente por la complejidad de los daños o por su importancia o uso vital luego del sismo, etc.

#### **3.4.5.9. Sección 17: “Persona para contacto.”**

Se deberá anotar los datos personales tales como nombre completo y apellidos, número de documento único de identidad (DUI), número telefónico del propietario de la edificación para localizarlo, en caso que no se logre contactar con el propietario se deberá tomar los datos personales del administrador o de alguna persona que resida en la edificación.

La información recolectada en esta sección es útil para tener una persona de contacto, con la que se pueda hablar para realizar futuras inspecciones o cualquier otra diligencia o incluso comunicarle que hay que evacuar total o parcialmente la edificación para que lo informe al resto de los habitantes.

#### **3.4.5.10. Sección 18: “Esquema.”**

En esta sección se deberá hacer un dibujo en el que se muestre la ubicación de la edificación, su distribución en planta y altura o aquellos detalles sobre los daños que se consideren importantes.

#### **3.4.5.11. Sección 19: “Fotografías.”**

Se deberá indicar si se tomaron o no fotografías, la cantidad y la referencia de la numeración de las fotos que corresponden a la edificación que está siendo evaluada, así

como el archivo en el que están guardadas (el cual deberá tener el mismo código de inspección del formulario de inspección de campo), en el caso de ser cámara digital, o el número de rollo en el caso de ser cámara convencional.

Es importante que se coloque la fecha y hora en la que se realizaron las fotografías, en el caso de las cámaras digitales se deberá colocar la opción en la que se incluye la fecha en la fotografía. Las fotografías que son importantes incluir, son la de la fachada de la edificación y la de los daños que se consideren más relevantes.

Es importante que las personas evaluadoras hagan un uso eficiente de las fotografías y se limiten a tomar únicamente las fotos que son importantes para no generar una cantidad enorme de fotografías. El rango de 7 a 5 fotografías por edificación es aceptable.

#### **3.4.5.12. Sección 20 “Persona que recibe el formulario en la sede del Comité Interinstitucional Permanente.”**

Esta información es importante para hacer constar que el formulario de inspección ha sido entregado por parte de las personas de la brigada de inspección y recibido por una persona designada por el Comité interinstitucional permanente en la sede del comité.

En esta sección la persona que recibe el formulario deberá de escribir su nombre y el código del expediente en el que se guardará cada uno de los formularios correspondientes a las edificaciones evaluadas por un grupo en particular.

El código del archivo será el mismo del formulario, con la única variante que se le agregará al inicio el número correlativo del formulario (que es único para cada edificación).

#### **3.4.6. Procedimiento para rellenar el formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación detallada.**

Luego de tener clasificadas y enumeradas las edificaciones con habitabilidad de uso restringido, los coordinadores departamentales de la brigadas de inspección, indicarán a los supervisores municipales de las brigadas de inspección, los lugares y las

respectivas edificaciones a las que se les realizará la evaluación detallada, para que éste (supervisor) asigne a las brigadas de inspección de campo, las nuevas edificaciones que evaluarán.

El procedimiento de la **evaluación detallada** se iniciará en las edificaciones que su habitabilidad, en la evaluación de emergencia, halla sido clasificada como **uso restringido**, (como ya se menciona anteriormente) y en aquellas en las que en los comentarios, los evaluadores indiquen la existencia de algunas dudas que hayan surgido en la evaluación de emergencia o que en las recomendaciones se indique que deben ser evaluadas detalladamente.

La zona en la que se deberá iniciar con la evaluación detallada deberá ser aquella en la que se encuentren las edificaciones de uso esencial tales como hospitales, escuelas, ya que estas por lo general son utilizadas para atender y albergar a las personas que resultan damnificadas por el sismo.

Al igual que la etapa de evaluación de emergencia, de las 11 secciones que conforman la etapa de evaluación detallada (de la sección 10 a la 20), únicamente las secciones 11 y 12, tienen un carácter evaluador sobre la edificación; el resto de secciones recoge información descriptiva o explicativa, tales como las condiciones preexistentes, las recomendaciones y medidas de seguridad que se deberán tomar en la edificación, etc. las cuales no influye en el dictamen del nivel de daño, pero que resulta importante al momento de investigar la manera en la que se comportó la edificación al momento del sismo y para llevar un registro ordenado de la información obtenida en campo. A continuación se explicará la manera de llenar cada una de estas secciones.

### 3.4.6.1. Encabezado.

COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMAMANTE	FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POST-SISMO	COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMAMANTE
Fecha del evento: ___/___/_____    CÓDIGO DE INSPECCIÓN: _____-_____-____    N° Correlativo: 00001		

Luego de verificar que la edificación que se evaluará de manera detallada, es la que corresponde al código de inspección del formulario de campo de la evaluación de emergencia asignado a la brigada (la verificación se hará a través de la dirección, las coordenadas tomadas con GPS, la descripción de la edificación, etc.), el personal evaluador escribirá el código de inspección de la evaluación detallada, que le corresponde a la edificación, siguiendo el mismo procedimiento que se indicó para la evaluación de emergencia.

### **3.4.6.2. Sección 10 “Inspectores y fecha de la inspección.”**

---

#### SECCIÓN 10. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación detallada)

Responsable de la brigada:

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa): \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_ Hora (24 Hrs.): \_\_\_:\_\_\_

---

Se deberá indicar el nombre y profesión (abreviada) del responsable de la brigada y el de los otros inspectores, también escribirán sus firmas y colocarán la fecha y la hora en la que se realizó la inspección en formato dd/mm/aaaa y de 24:00 Hrs. respectivamente.

### **3.4.6.3. Sección 11 “Estado del daño de la edificación.”**

Esta es una de las dos secciones que tiene un carácter evaluador sobre la edificación y está dividida en dos apartados principales.

- a) Los daños en elementos estructurales.
- b) Los daños en elementos no estructurales.

**a) Los daños en elementos estructurales.**

SECCIÓN 11 ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN  
DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Entrepiso más dañado (según evaluación de emergencia): \_\_\_\_\_

ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO												NIN- GUNO (%)	Σ= 100%
	SEVERO (%)			FUERTE (%)			MODERADO (%)			LEVE (%)				
	<5	5-10	>10	<10	10-30	>30	<30	30-60	>60	<30	30-60	>60		
COLUMNAS														
PAREDES														
NUDOS														
ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO												NIN- GUNO (%)	Σ= 100%
	SEVERO (%)			FUERTE (%)			MODERADO (%)			LEVE (%)				
	<10	10-20	>20	<20	20-40	>40	<30	30-60	>60	<30	30-60	>60		
VIGAS														
LOSA														

El apartado de daños en elementos estructurales se divide en cuatro partes:

1. La determinación y el cálculo del porcentaje de cada uno de los niveles de daño en cada uno de los diferentes tipos de elementos estructurales.



2. La determinación del riesgo que representan estos elementos dañados en la edificación
3. Las recomendaciones que los evaluadores indicaran para la edificación
4. Las medidas de seguridad temporales que a juicio de los evaluadores, se deberán tomar de manera inmediata

**1. La determinación y el cálculo del porcentaje de cada uno de los niveles de daño en cada uno de los diferentes tipos de elementos estructurales.**

Las personas evaluadoras deberán determinar los diferentes niveles de daños que existan en cada uno de los elementos estructurales (de un mismo tipo) que tienen el mismo nivel específico de daño respecto al resto de elementos y colocar el porcentaje en la casilla correspondiente.

Toda la evaluación detallada de los daños en los elementos estructurales se hará en el nivel que tenga los elementos estructurales verticales más dañados y en la dirección que presente mayor daño (para analizar la situación más desfavorable). En el caso que la magnitud del daño sea muy similar en las dos direcciones, se evaluarán ambas.

Para determinar cada uno de los niveles de daños, el personal evaluador de la brigada utilizará la Tabla 3.9 para determinar el nivel de daño en elementos estructurales de concreto reforzado, la Tabla 3.10 para determinar el nivel de daño en entresijos, la Tabla 3.11 para determinar el nivel de daño en elementos estructurales de acero, la Tabla 3.12 para determinar el nivel de daño en elementos estructurales de mampostería de bloque de concreto y de ladrillo de arcilla, la Tabla 3.13 para determinar el nivel de daño en elementos estructurales de mampostería de adobe, la Tabla 3.14 para determinar el nivel de daño en elementos estructurales de bahareque y finalmente utilizarán la Tabla 3.15 para evaluar el daño en elementos estructurales de madera.

Las opciones que darán las tablas antes mencionadas para describir el nivel de daño son: severo, fuerte, moderado, leve y ninguno.

Luego el porcentaje de un nivel de daño en los elementos lo determinarán dividiendo los elementos con ese nivel de daño entre el número total, de ese tipo de elemento, en el nivel que presente mayor daño. Como lo indica la Ecuación 1.

**2. La determinación del riesgo que representan estos elementos dañados en la edificación.**

Para determinar el riesgo estructural que los elementos dañados representan para la estabilidad y seguridad de la edificación, se utilizara la Tabla 3.25.

---

DETERMINACIÓN DEL RIESGO ESTRUCTURAL:

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

---

**3. Las recomendaciones que los evaluadores indicaran para la edificación.**

En esta parte del apartado de daños en elementos estructurales, las personas evaluadoras deberán marcar con una “X”, las recomendaciones que a su juicio deben realizarse para garantizar la seguridad de las personas que habitan la edificación.

---

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas

No entrar

Posible demolición de toda la edificación

Evaluación de ingeniería

Evacuar edificación

---

**4. Las medidas de seguridad temporales que a juicio de los evaluadores, se deberán tomar de manera inmediata.**

SECCIÓN 11 ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

ELEMENTO ESTRUCTURAL	MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES		
	REPARAR	APUNTALAR	SOPORTE LATERAL
COLUMNAS			
PAREDES			
NUDOS			
VIGAS			
ENTREPISOS			

La última parte de este apartado es la que contiene la información referente a las medidas de seguridad que se deberán tomar para disminuir el riesgo que los elementos estructurales dañados representen para las personas que habitan la edificación y para la estabilidad de la misma.

**b) Los daños en elementos no estructurales.**

El segundo apartado de la sección 11 del formulario de inspección de campo, es el correspondiente a la evaluación de daños en elementos no estructurales y al igual que el apartado anterior está dividido en cuatro partes.

**1. Evaluación del daño.**

En esta parte se evaluará el nivel de daño en los diferentes elementos no estructurales de la edificación. A diferencia de la evaluación del daño en elementos estructurales, la determinación del nivel de daño en los elementos no estructurales se hace de una manera general en todo el nivel, que contiene los daños en elementos no estructurales más graves y no se calcula un porcentaje de los elementos con el mismo nivel de daño, únicamente se marca la existencia de los niveles de daños más predominantes.

## DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO				
	SEVERO	FUERTE	MODERADO	LEVE	NINGUNO
PAREDES DE FACHADA O PARAPETO					
PAREDES DIVISORIAS O DE RELLENO					
CIELOS FALSOS Y LUMINARIAS					
SISTEMA DE TECHO					
ESCALERAS					
TANQUES ELEVADOS					
DERRAME DE QUÍMICOS					
INSTALACIONES DE GAS					
INSTALACIONES ELÉCTRICAS					
INSTALACIONES HIDRAÚLICAS					

El nivel de daño en elementos no estructurales (dependiendo del tipo de elemento no estructural), se terminará con la Tabla 3.18 para cielos falsos y luminarias, la Tabla 3.19 para techos, la Tabla 3.20 para escaleras, la Tabla 3.21 para tanques elevados, la Tabla 3.22 para el derrame de sustancias y químicos peligrosos y Tabla 3.23 para evaluar el nivel de daño en instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas.

Dependiendo de la descripción del nivel de daño que más se asemeje a la situación real, en la que se encuentren las personas de la brigada de inspección, así será la casilla que marcarán, para representar el nivel de daño del elemento no estructural de la edificación que estén evaluando.

### **2. Determinación del riesgo que representan estos elementos no estructurales dañados en la edificación.**

El segundo componente de este apartado de la sección 11 del formulario de inspección de campo, es la clasificación del riesgo de los daños en elementos no

estructurales, éste se determinará con la Tabla 3.26 y se marcará con una “X” la casilla que contenga la clasificación que más se adapte a las condiciones de la edificación que se esté evaluando.

DETERMINACIÓN DEL RIESGO NO ESTRUCTURAL:			
<input type="checkbox"/> Bajo	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Muy alto

**3. Recomendaciones que los evaluadores indicaran para la edificación.**

En esta parte del apartado de daños en elementos estructurales, las personas evaluadoras deberán marcar con una “X”, las recomendaciones que a su juicio deben realizarse para garantizar la seguridad de las personas que habitan la edificación.

---

RECOMENDACIONES

<input type="checkbox"/> Restringir el paso en áreas	<input type="checkbox"/> No entrar	<input type="checkbox"/> Remover elementos	<input type="checkbox"/> Evacuar edificación
--	------------------------------------	--	--

**4. Las medidas de seguridad temporales que a juicio de los evaluadores, se deberán tomar de manera inmediata.**

Las recomendaciones que son necesarias tomar para habilitar nuevamente la edificación o para disminuir el riesgo que los elementos no estructurales dañados representan para la seguridad de las personas que habitan la edificación, los evaluadores deberán marcar con una X, la opción o las opciones que a su juicio deben aplicarse.

### DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO					MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES			
	SEVERO	FUERTE	MODERADO	LEVE	NINGUNO	REPARAR	ANCLAR	REMOVER	REUBICAR
PAREDES DE FACHADA O PARAPETO									
PAREDES DIVISORIAS O DE RELLENO									
CIELOS FALSOS Y LUMINARIAS									
SISTEMA DE TECHO									
ESCALERAS									
TANQUES ELEVADOS									
DERRAME DE QUÍMICOS									
INSTALACIONES DE GAS									
INSTALACIONES ELÉCTRICAS									
INSTALACIONES HIDRÁULICAS									

#### 3.4.6.4. Sección 12 “Clasificación de la habitabilidad de la edificación.”

Esta es la sección en la que se concluye la evaluación hecha a la edificación, en ella se determina la clasificación de habitabilidad de la edificación, dependiendo de los resultados obtenidos en los cuatro niveles de riesgo:

1. Riesgo por inestabilidad global (evaluación de emergencia).
2. Riesgo por problemas geotécnicos (evaluación de emergencia).
3. Riesgo por daños en elementos estructurales.
4. Riesgo por daños en elementos no estructurales.

En caso que el riesgo por inestabilidad global y el riesgo por problemas geotécnicos, se vieran incrementados por las replicas del sismo principal, se determinarán nuevamente ambos riesgos (utilizando los mismos criterios de la evaluación de emergencia) y se marcará con una X la casilla que contenga la opción del nuevo nivel de riesgos, para cada caso respectivamente. Luego de verificar el riesgo por inestabilidad

global y el riesgo por problemas geotécnicos, las personas evaluadoras marcaran las casillas que contienen los niveles, que se determinaron, para cada uno de los riesgos.

---

SECCIÓN 12. CLASIFICCIÓN DE LA HABITABILIDAD (Basada en los riegos por inestabilidad global, por problemas geotécnicos, estructural y no estructural. En caso de replicas revisar el riesgo por inestabilidad y por problemas geotécnicos)

EVALUACIÓN DE EMERGENCIA

Riesgo por inestabilidad global:  Bajo  Medio  Alto  Muy alto  
 Riesgo por problemas geotécnicos:  Bajo  Medio  Alto  Muy alto

EVALUACIÓN DETALADA

Riesgo estructural:  Bajo  Medio  Alto  Muy alto  
 Riesgo no estructural:  Bajo  Medio  Alto  Muy alto

---

Con las casillas marcadas en cada una de las opciones correspondientes a los niveles de riesgo y con la ayuda de la Tabla 3.27 se clasificará la habitabilidad de la edificación, marcando con una X sobre la casilla que contenga la clasificación que se determine.

---

SECCIÓN 12. CLASIFICCIÓN DE LA HABITABILIDAD

- HABITABLE “rótulo VERDE” (Si las 4 clasificaciones de riesgo fueron bajas)
  - USO RESTRINGIDO “rótulo AMARILLO” (Si fue asignada por lo menos 1 clasificación de RIESGO MEDIO)
  - NO HABITABLE “rótulo NARANJA” (Si fue asignada 1 o 2 clasificaciones de RIESGO ALTO)
  - INSEGURA “rótulo ROJO” (Si fue asignada por lo menos 1 clasificación de RIESGO MUY ALTO o 3 de RIESGO ALTO)
- 

Además de la Tabla 3.27, a la par de cada casilla (del formulario de inspección de campo) se describe brevemente las condiciones que se deben cumplir para cada uno de las clasificaciones de habitabilidad, también se asigna un color a cada una de las clasificaciones (igual que en la evaluación de emergencia) de la manera siguiente:

1. Verde, para la clasificación habitable.
2. Amarillo, para la clasificación de uso restringido.
3. Naranja, para la clasificación no habitable.
4. Rojo, para la clasificación insegura.

### 3.4.6.5. Sección 13 “Recomendaciones y medidas de seguridad generales para la edificación.”

#### SECCIÓN 13. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA EDIFICACIÓN

Se necesita evaluación de ingeniería por aspectos:  Estructurales  Geotécnicos  Servicios públicos

Se recomienda la intervención de:  Compañía de electricidad  Bomberos  Cuerpos de socorro  
 Sistema Nacional de Protección Civil  ANDA  PNC

Se recomienda:  Restringir el paso de peatones  Restringir tráfico vehicular  
 Evacuar edificación  Evacuar edificaciones vecinas  
 Desconectar:  Agua  Electricidad  Gas  
 Posible demolición de la edificación  Retirar elementos no estructurales en peligro de caer

En esta sección se marcará con una “X” la o las casillas que contengan las medidas y recomendaciones necesarias, para garantizar la seguridad de las personas que habitan la edificación; así como la intervención de instituciones especializadas o competentes en algún problema en particular que afecte la edificación.

### 3.4.6.6. Sección 14 “Condiciones pre-existentes.”

En esta sección se indicará en la tercera columna, el número que tenga la opción que mejor se adapte a la situación real de la edificación, en cada una de las 10 condiciones pre-existentes que tiene la sección.



SECCIÓN 14. CONDICIONES PRE-EXISTENTES

CONDICIÓN	EVALUACIÓN	Nº
POSICIÓN DE LA EDIFICACIÓN EN SU MANZANA	1. RESTRINGIDA POR AMBOS COSTADOS 2. LIBRE POR UN COSTADO 3. LIBRE POR DOS COSTADOS	
REGULARIDAD EN PLANTA	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
REGULARIDAD EN ALTURA	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
CONFIGURACIÓN DEL TECHO	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
PENDIENTE DEL TERRENO	1. PLANA 2. INCLINADA 3. MUY INCLINADA	
HAY INDICIOS DE DAÑOS POR SISMOS ANTERIORES	1. SI 2. NO 3. EXISTEN DUDAS	
HUBO INTERVENCIÓN DE LOS DAÑOS POR SISMOS ANTERIORES	1. TOTAL 2. PARCIAL 3. NO SE REPARÓ 4. EXISTEN DUDAS	
MORFOLOGÍA DE LA ZONA	1. CRESTA DEL TALUD 2. TALUD 3. PIE DEL TALUD 4. PLANICIE 5. ZONA URBANA 6. MARGEN DE RÍO O QUEBRADA	

**3.4.6.7. Sección 15 “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.”**

SECCIÓN 15. TIPO DE INSPECCIÓN Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Exterior parcial  
 Exterior completa  
 Interior parcial  
 Interior completa

Al momento de la inspección la edificación o parte de ella estaba habitada:  SI    NO

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

En esta sección se marcará con una “X” la casilla que tenga la opción ú opciones correspondiente al tipo de inspección que se realizó, en caso que la inspección fuese completa, se marcaran la casilla de exterior completa e interior completa.





En esta sección el personal evaluador dibujará a groso modo la planta (para reflejar el sistema estructural) y la sección en elevación (para indicar el número de niveles) de la edificación, así como un esquema de ubicación de la edificación, indicando el norte y colocando algunos puntos de referencia como carreteras principales, parques, terminales de buses, etc. también será importante que coloquen el norte en la planta de la edificación.

### 3.4.6.11. Sección 19 “Fotografías.”

---

SECCIÓN 19. FOTOGRAFIAS

Existen Fotografías: SI

NO

Cantidad de fotografías: \_\_\_\_\_ Números correlativos: de la \_\_\_\_\_ a la \_\_\_\_\_

Número del rollo o nombre del archivo (en caso de ser digitales) \_\_\_\_\_

---

En esta sección se indicará en la casilla correspondiente, con una X si existen o no fotografías de la edificación, se escribirá, también, la cantidad y el rollo, archivo o los números correlativos del rango de fotografías dentro del archivo, que corresponden a la edificación evaluada.

### 3.4.6.12. Sección 20 “Persona del Comité Interinstitucional

#### Permanente que recibe el formulario.”

---

SECCIÓN 20. PERSONA DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE QUE RECIBE EL FORMULARIO

Nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Archivo en el que se guarda el formulario y las fotografías: \_\_\_\_\_

---

Esta es la última sección que forma parte de la etapa de evaluación detallada de la metodología para la evaluación de daños en edificaciones post- sismo. En ella, la persona designada por el Comité interinstitucional Permanente, escribirá su nombre completo y el del código del archivo en el que se guardará el formulario de cada una de las edificaciones inspeccionadas por las brigadas, según la clasificación de habitabilidad que las edificaciones tengan y de acuerdo al departamento, municipio y brigada que la evaluó (el código del archivo en el que se guarde será igual al código de inspección del formulario, pero sin el último número, correspondiente al número de inspección correlativa que llevaba la brigada al momento de evaluar la edificación).

### **3.5. FASE III: PROCESAMIENTO DE DATOS**

Como se explico en las limitaciones de este trabajo de investigación, no se desarrollará una base de datos ni se diseñara el sistema informático de consulta (por es competencia de la especialidad de sistemas informáticos), pero si se hará la propuesta de los aspectos que deben de considerar el procesamiento de datos.

El almacenamiento, procesamiento y divulgación de la información que se propone en este trabajo de graduación, es a través de la creación de un sistema de base de datos en el cual, la información obtenida para cada una de las edificaciones evaluadas pueda georeferenciarse.

El objetivo de georeferenciar la información obtenida en el levantamiento de campo realizado por las brigadas de inspección es para aplicar en su procesamiento y divulgación sistemas de información geográfica, conocidos como SIG.

La ventaja de los SIG es que podemos tener la información referenciada con el mapa de nuestro país y tener de esta manera una idea global de la distribución y extensión de las edificaciones que resultaron dañadas e incluso de su futuro seguimiento.

En el sistema se introducirá toda la información obtenida del formulario de inspección de campo. Lo que se busca con esto es que se tenga una base de datos que se pueda consultar por cada municipio y departamento de interés. Además se podrá hacer consulta por municipio, sistemas estructural, por nivel de daño de alguna edificación en

particular así como por la clasificación de habitabilidad. Se podrá también verificar las medidas de seguridad y las recomendaciones hechas a una edificación en particular.

Esta base de datos, generada del levantamiento de campo a través del formulario único de inspección, estará georeferenciada (SIG) para poder consultar la información en un mapa y tener una mejor visión de las edificaciones que sufrieron daños en todo el país. La georeferencia se hará con la ayuda de un navegador del sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) y la manipulación de los datos con un programa asistido por computadora, con el cual se podrá trabajar en el mapa de nuestro país.

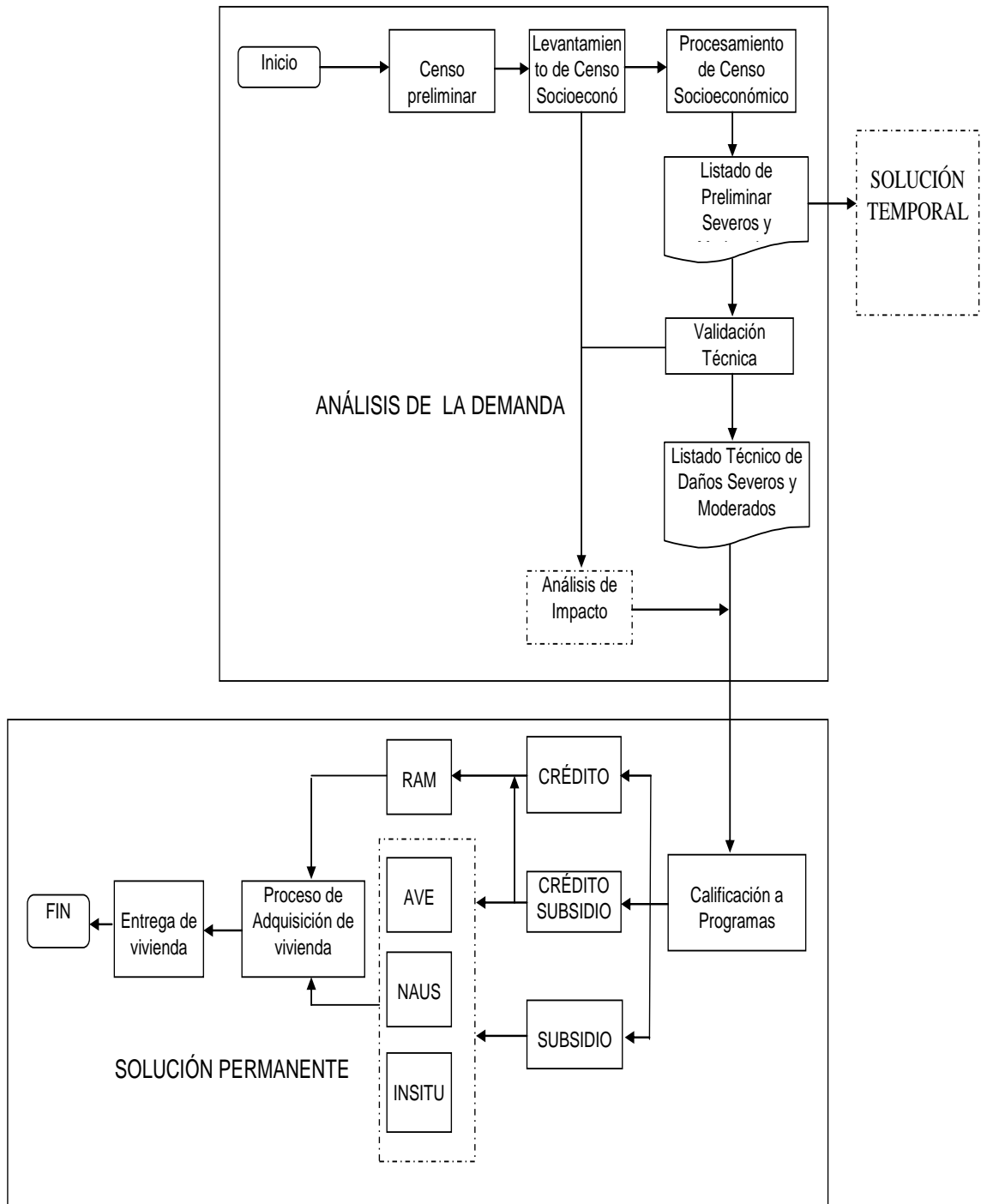
Un sistema que podría tomarse de base o aplicarle algunas modificaciones para poderlo utilizar en el procesamiento de la información obtenida por las brigadas al evaluar cada una de las edificaciones dañadas por un sismo es el sistema que actualmente utiliza el Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano para manejar su base de datos de viviendas dañadas.

Al sistema actual del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano se le tendrá que anexar los datos del formulario de inspección de campo que se propone en el presente trabajo de graduación, ya que la ficha técnica que el Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano utiliza está diseñada únicamente para viviendas y no es aplicable para evaluar otro tipo de edificación.

En la Fig. 3. 7 se muestra el diagrama del protocolo del sistema de emergencia del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).

La propuesta de incorporación, de los datos recolectados con el formulario de inspección de campo al sistema del VMVDU, que se propone en este trabajo de graduación es, en la etapa de validación técnica del diagrama anterior.

En la Fig. 3. 8 se muestra de manera visual el ambiente del sistema e-vivienda del VMVDU. El cual tiene la ventaja que puede accederse y consultarse a él a través de Internet.



**Fig. 3. 7 Diagrama del protocolo de emergencia del sistema del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (fuente: VMVDU).**

**Sistema de Ahorro y Financiamiento Habitacional**

- Registro Único de Inscritos (RUI)
- Ingreso de Análisis Técnico
- Criterios de Priorización
- Registro de Beneficiados (RUB)
- Postulación

**Sistema de Vivienda**

- Ventanilla Única
- Registro de Profesionales
- Bienes Raíces
- Banco de Proyectos de Solución Habitacional
- Programas de Vivienda
- Sistema de Información Territorial (SIT)
- Enlaces

# e-Vivienda

VICEMINISTERIO DE VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO

¿Olvidaste tu contraseña? [Nuevo Usuario](#)

**¿Que es e-Vivienda?**

Es el portal de servicios del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano que se ha puesto a disposición de las municipalidades, ONGs, empresas lotificadoras, profesionales y ciudadanos en general con el objetivo de descentralizar información y servicios para que estos sean accesados de manera fácil y eficiente.

**Compra-Venta. Clasificados habitacionales**

Descripción	Ubicación	Precio
<a href="#">Alquiler de Apartamento en Colonia Maquilishuat</a>	SAN JACINTO SAN SALVADOR	\$1,200.00
<a href="#">Vendo Terreno en San Jacinto, ideal para negocio</a>	San Jacinto San Salvador	\$35,000.00

**INICIO DE SESIÓN**

**:: Servicios en línea ::**

- Compra - Venta**
- Sistema de Lotificaciones**
- Registro Unico de Inscritos**
- Mapa de Beneficiarios Programa de Vivienda**

Fig. 3. 8 Pantalla principal del sistema de consulta (<http://www.evivienda.gob.sv/e-vivienda/>).



---

*CAPITULO IV*

---

***4. “APLICACIÓN DE LA PROPUESTA  
METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN DE  
EDIFICACIONES POST-SISMO”***

## 4.1. INTRODUCCIÓN

Para calibrar el modelo de evaluación de daños en edificaciones, propuesto en la metodología, se eligió el edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial, ya que en el sismo de 1986 sufrió daños considerables y en el trabajo de graduación “METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE DAÑOS EN EDIFICIOS” presentado en la Universidad de El Salvador el año 1988 (Salgado Castillo, Herbert Israel y otros, 1988) se realizó un levantamiento de los daños muy detallado. (ver anexo D) y además en el año 2002 fue rehabilitado.

La información anterior es muy útil ya que al aplicar las dos etapas (emergencia y detallada) de la metodología propuesta al edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial se fue verificando si el dictamen obtenido con la metodología era consistente con la situación real del edificio. A medida se fue mejorando el modelo (calibrando) se fueron obteniendo dictámenes más cercanos a la situación real del edificio. Cuando hablamos de situación real nos referimos por ejemplo, que si al edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial en la evaluación que le realizaron en 1988 lo declararon No habitable, a menos que existieran errores en esa evaluación, en la metodología propuesta se tendría que llegar al mismo dictamen, aunque esta tenga criterios y procedimientos diferentes a los utilizados en la evaluación hecha al edificio en 1988.

Con el modelo mejorado (calibrado) se procedió a evaluar el edificio de Correos de El Salvador. Este edificio fue dañado por el sismo de 1986 y por los sismo del 13 de enero y febrero del 2001 y desde esta última fecha está fuera de uso.

Se inicio con la etapa de evaluación de emergencia, como lo indica la metodología y se aplicaron cada una de las secciones propuestas en la metodología. La inspección se realizó con la ayuda del formulario de inspección de campo que se ha propuesto en la metodología y se dictaminó que el edificio de Correos de El Salvador **No es habitable**. La importancia de este último ejemplo es que le da más solidez al trabajo de graduación, ya que es un una evaluación de campo realizada para demostrar la efectividad y validar la metodología de evaluación de daños en edificaciones post-sismo propuesta.

## **4.2. EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIA.-UES.**

El procedimiento utilizado para desarrollar el presente ejemplo, es el de trabajar cada una de las 9 secciones del formulario de inspección de campo, correspondientes a la etapa de evaluación de emergencia. Para cada sección se coloca la figura del formulario de inspección de campo correspondiente, con el objetivo de dejar lo más claro posible el uso del formulario.

A continuación y antes de comenzar con el llenado del formulario se da la descripción del edificio que vamos a evaluar (edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador), para una mejor comprensión del ejemplo. Esta descripción está basada y ampliada de la que hicieron en 1988 Herbet Salgado, Alma Valladares, Héctor Garay y Jorge Ayala (Salgado Castillo, Herbert Israel y otros, 1988).

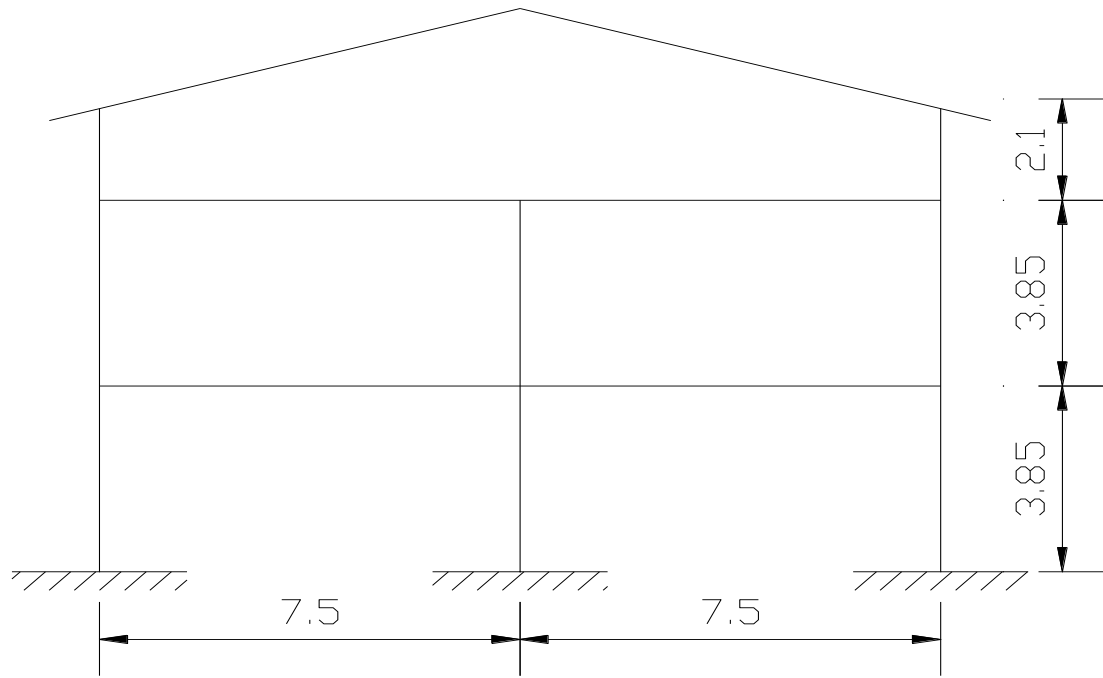
### **4.2.1. Descripción general del edificio de la escuela de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador.**

El edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial, está ubicado en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador (como se muestra en el recuadro rojo de la Fig. 4. 1). Su ocupación es de aulas y oficinas, su sistema estructural es a base de marcos de concreto reforzado de tres niveles (ver Fig. 4. 2), con paredes perimetrales de mampostería de ladrillo de barro conectado a las columnas a través de juntas flexibles y a las vigas por medio de pines conectores que no transmiten fuerza cortante.

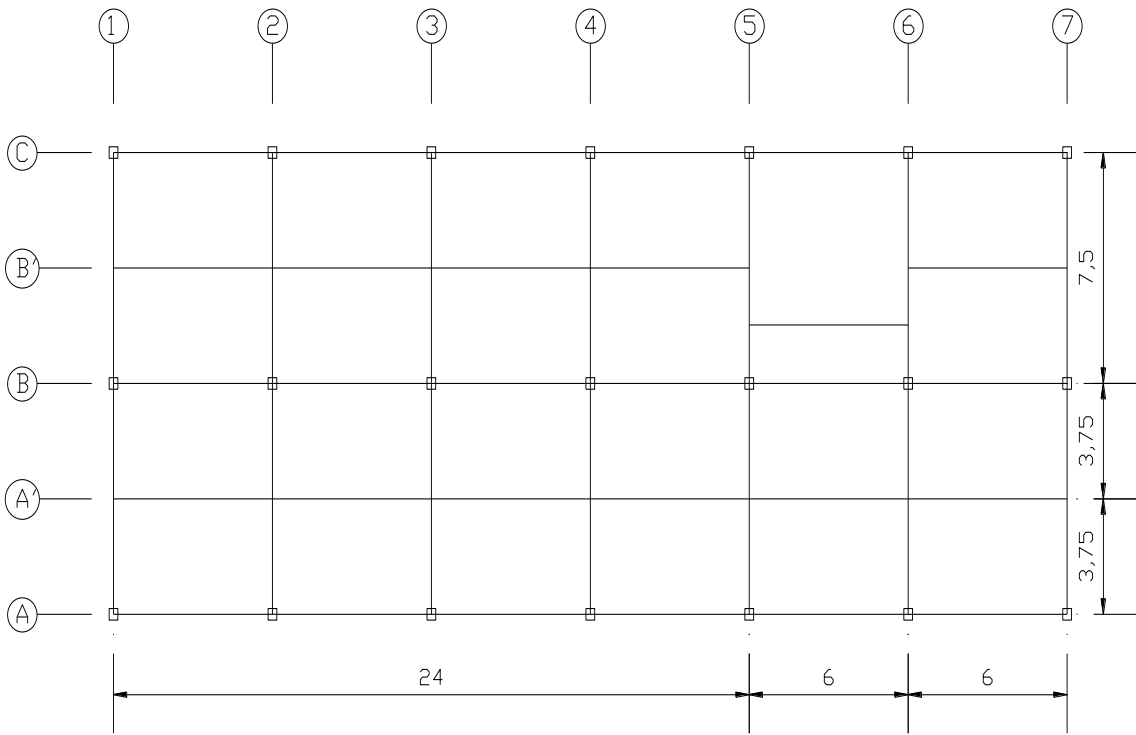
El sistema de entrepiso lo constituye una losa aligerada copresa con relleno de bloque de concreto, la estructura del techo es metálica y apoyada en las columnas, la cubierta está hecha de asbesto cemento. Los marcos en el lado largo tienen 6 claros de 6 metros, en el lado corto tienen 2 claros de 7.5 metros (ver Fig. 4. 3). Los marcos perimetrales (del lado corto) suben hasta el techo; las paredes divisorias interiores son de madera, excepto las que corresponden a los servicios sanitarios.



Fig. 4. 1 Imagen de satélite de la ubicación del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial en la Ciudad Universitaria (recuadro rojo) ([www.earth.google.com](http://www.earth.google.com)).



**Fig. 4. 2 Esquema en elevación de la sección (las cotas están en metros).**



**Fig. 4. 3 Esquema de la planta del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA.- UES (cotas en metros).**

El edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial fue dañado por el sismo ocurrido el 10 de octubre de 1986. Inicialmente fue dictaminado levemente dañado y marcado con bandera verde; cuando fue desalojado e intentaron rehabilitarlo a través de la demolición y restitución de las paredes de relleno, descubrieron daños mayores, tales como grietas en vigas del eje A/1-2, los que por su magnitud detuvieron el trabajo de rehabilitación.

En la evaluación que se realizó determinó que el entrepiso que presentaba los mayores daños era el primero, especialmente en las columnas. Los daños iban de moderados a fuertes (según la clasificación que utilizaron para valorar los daños) debido, en su mayor parte, a deficiencias constructivas, tales como que el concreto presentaba una consistencia porosa, las separaciones del refuerzo transversal oscila entre los 8.5 a 10 centímetros.

Los daños en paredes los tipificaron en agrietamientos, la mayoría de paredes del primer entrepiso ya habían sido demolidas posteriormente al sismo; los daños oscilan entre fuertes y severos (según la clasificación que utilizaron ellos para valorar los daños) debido a fuerzas cortantes y tensión diagonal generada posiblemente por la interacción marco-pared. También se observaron agrietamientos y pérdida de material en las vigas de borde del costado sur-poniente, estos daños van de moderados a fuertes originados por flexión tanto en los marcos transversales como en los marcos longitudinales del edificio.

La losa presenta agrietamientos que cortan el bloque y la vigueta en la zona cercana a la viga en que se apoya y grietas paralelas a la vigueta. Los daños en el segundo nivel son menores, en las columnas sólo se observó el desprendimiento del repello, en las vigas se observó pequeñas fisuras; con respecto a la losa, se encontraron pequeñas fisuras paralelas a las viguetas; las paredes muestran daños que van de moderados a fuertes, lo que ocasionó la destrucción de la ventanería.

En el tercer entrepiso no se presentan daños estructurales, ni daños en las paredes de relleno, no así en el cielo falso, el cual presenta daños en ciertos sectores; la estructura del techo no presenta daños. El cuerpo de escaleras, que se encuentra

integrado a la estructura principal, presenta grietas y fisuras en la zona de gradas y descanso provocando vibraciones por el peso de las personas. A continuación se presenta el relleno del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación de emergencia (Hojas 1, 2, 3 y 4) según la metodología propuesta en este trabajo de graduación.

#### **4.2.2. Rellenado del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación de emergencia.**

En las siguientes secciones se mostrará la manera en la que se rellena el formulario de inspección (colocando la figura del formulario para cada sección que se va desarrollando) para el caso del edificio de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador y en el **anexo D** se muestra el formulario relleno para este ejemplo.

##### **4.2.2.1. Encabezado.**

La fecha del evento que dio origen a la inspección es el sismo del 10/10/1986. El número que le corresponde al formulario según la Tabla 1 y a la Tabla 2 del anexo B y asumiendo que es la primera inspección de la brigada, es el 0614-1001-1 (ver la hoja 1 del formulario del anexo D).

COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE	FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POST-SISMO	COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE
Fecha del evento: <u>10/10/1986</u>	CÓDIGO DE INSPECCIÓN: <u>0614-1001-1</u>	N° Correlativo: 00001

##### **4.2.2.2. Sección 1. “Inspectores y fecha de la inspección.”**

Se indica el nombre del personal que realizó la evaluación.

SECCIÓN 1. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación de emergencia)

Responsable de la brigada:

Profesión y nombre completo: Ing. Herbert Salgado F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:

Profesión y nombre completo: Inga. Alma Valladares F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: Ing. Jorge Ayala F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa): 1/1/ Hora (24 Hrs.):   :  

**4.2.2.3. Sección 2. "Identificación de la edificación."**

El nombre del edificio es Escuela de Ingeniería Industrial, está ubicado en la Final de la 25 avenida norte, en el Departamento y municipio de San Salvador y su año de construcción es de 1974.

SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Departamento: San Salvador

Municipio: San Salvador

Coordenadas (GPS) de la edificación: X= 0478338 Y= 0288826 Z= -

Dirección: Final 25ª Avenida norte, Ciudad Universitaria

Nombre Escuela de Ingeniería Industrial

AÑO DE CONSTRUCCIÓN

1. Antes de 1966    2. De 1966 a 1988    3. De 1989 a 1996    4. A partir de 1997

2

Año aproximado de construcción: 1974



#### 4.2.2.4. Sección 3. “Descripción de la edificación.”

El edificio tiene aproximadamente 36 metros de frente por 15 de fondo y su uso principal es de aulas y oficinas; tiene 3 niveles sobre el nivel del terreno. El primer y segundo nivel tienen una altura de 3.85 metros, el tercer nivel una altura de 2.10 m medido hasta la parte superior de la pared sin tomar en cuenta la altura que hay hasta la cumbre del techo y no tiene sótanos.

SECCIÓN 3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Dimensiones aproximadas:	Número de pisos: Sobre el nivel del terreno	<input type="text" value="3"/>	Sótanos	<input type="text" value="0"/>
Frente (m): <u>36.0</u>	Altura del 1 <sup>er</sup> nivel (m): <u>3.85</u>		Altura del 1 <sup>er</sup> sótano:	<u>-</u>
Fondo (m): <u>15.0</u>	Altura del 2 <sup>do</sup> nivel (m): <u>3.85</u>		Altura del 2 <sup>do</sup> sótano:	<u>-</u>
Área (m <sup>2</sup> ): <u>540.0</u>	Altura total (m): <u>9.80</u>			

---

USO PRINCIPAL DE LA EDIFICACIÓN Y LA PLANTA BAJA:

1. Residencial   2. Salud   3. Educacional   4. Comercial   5. Hotelero   6. Oficinas   7. Industria  
 8. Gubernamental   9. Bodegas   10. Estacionamientos   11. Histórico   12. Gimnasio  
 13. Servicios de emergencia   14. Otros

Uso de la edificación               Observaciones: \_\_\_\_\_

Uso de la planta baja               Observaciones: \_\_\_\_\_

El sistema estructural está hecho de marcos de concreto reforzado en ambos sentidos (longitudinal y transversal).y el entrepiso lo constituye una losa prefabricada.

SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL

1. SISTEMA DE MARCOS:

1.1 Concreto 1.2 Acero 1.3 Madera

2. SISTEMA DE PAREDES:

2.1 Concreto 2.2 Mampostería confinada 2.3 Mampostería reforzada 2.4 Mampostería sin refuerzo 2.5 Adobe  
2.6 Bahareque 2.7 Madera

3. SISTEMA COMBINADO DE PAREDES Y MARCOS:

3.1 Marcos de concreto y paredes de concreto 3.2 Marcos de concreto y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.3 Marcos de concreto y paredes de mampostería reforzada 3.4 Marcos de concreto y paredes de mampostería  
confinada 3.5 Marcos de acero y paredes de concreto 3.6 Marcos de acero y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.7 Marcos de acero y paredes de mampostería reforzada 3.8 Marcos de acero y paredes de mampostería confinada

4. OTROS

Sistema estructural en la dirección longitudinal  Sistema estructural en la dirección transversal

Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA DE ENTREPISO

1. CONCRETO:

1.1 Losa densa 1.2 Losa pre-fabricada 1.3 Losa reticular

2. ACERO:

2.1 Viga de alma llena con conectores 2.2 Viga de alma llena sin conectores 2.3 Metal deck

4. MADERA

5. OTROS

Sistema de entrepiso  Observaciones: \_\_\_\_\_

**4.2.2.5. Sección 4. “Estado del daño de la edificación.”**

Se inicia con la evaluación de la inestabilidad global que tenga la edificación. En la descripción general de la edificación no se mencionan la existencia del colapso en algunos elementos o zonas de la edificación así como la existencia de pisos inclinados o de inclinación general de toda la edificación. Lo que si se menciona es la existencia de daños en elementos estructurales y en elementos no estructurales.

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN  
4.1 INESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN

Condiciones de colapso: 1. Total 2. En elementos estructurales puntuales 3. No existe

3

Inclinación de la edificación o de algún nivel: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Daños severos en elementos estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

3

Daños severos en elementos no estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

3

Luego se pasa a evaluar el nivel de riesgo que los daños representan para la inestabilidad de la edificación con la ayuda de la Tabla 3.6 y a establecer las recomendaciones pertinentes.

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD GLOBAL (basado en los 4 aspectos anteriores):

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas

Apuntalar

Soporte lateral

No entrar

Evacuar edificación

Evaluación detallada de elementos estructurales

Evaluación detallada de elementos no estructurales

Demoler elementos NO estructurales en peligro de caer

Evaluación de ingeniería

El nivel de riesgo en el caso del edificio de Ingeniería Industrial es, el nivel **MEDIO**, ya que aunque no exista, ni siquiera, un colapso, se tiene la existencia de daños considerables en elementos estructurales y no estructurales y de acuerdo a los criterios de la Tabla 3.6 le corresponde ese nivel.

En cuanto al apartado de problemas geotécnicos; la edificación no presenta evidencias de asentamientos y en los alrededores de la edificación no se encuentran taludes, únicamente hay un pequeño terraplén enfrente del edificio a unos 3.5 metros de distancia, el cual no representan ningún peligro ya que apenas tiene 0.5 metros de altura.

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN	
4.2 CONDICIONES GEOTÉCNICAS	
Asentamiento de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Presencia de grietas en el suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Levantamiento del piso al interior y exterior de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Presencia de fugas de agua en el interior o exterior de la edificación: Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Falla en talud o movimiento masivo del suelo: 1. General 2. Puntual 3. No existe	3
Origen: 1. Producido por el sismo 2. Agravado por el sismo 3. Pre-existente 4. Existen dudas	-
Presencia de grietas en la cresta o cabeza del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Presencia de surcos a lo largo de la pendiente del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Cicatrices o huellas de deslizamientos anteriores: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Afloramiento o aporte de agua en el talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Inclinación de árboles que evidencien movimiento de masa de suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3
Caída de rocas, bloques o masas de suelo del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe	3

Ya que el edificio no tienen edificaciones cerca de sus alrededores (las únicas edificaciones que existen están a una distancia de más de 40 metros), el peligro por inestabilidad (peligro de colapso) de edificaciones vecinas **NO EXISTE**.

#### 4.3 FACTORES EXTERNOS

Peligro por inestabilidad (colapso) de edificaciones vecinas: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Al igual que se hizo para el caso de la inestabilidad global se determinará el riesgo por problemas geotécnicos con la Tabla 3.7 (anexo B). El nivel que le corresponde al edificio es el de **BAJO**, de acuerdo con la Tabla 3.7 (anexo B), como no se produjeron daños en la edificación por problemas geotécnicos no se indicará recomendación alguna.

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR PROBLEMAS GEOTÉCNICOS (basado en los asentamientos, las fallas en taludes y el peligro por inestabilidad del talud o de edificaciones vecinas (aledañas))

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

#### RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas

Cubrir con plástico las grietas en el suelo o en los taludes

Rellenar grietas con suelo cemento

No entrar  Evacuar el agua con sistemas de drenaje

Evaluación de ingeniería

Evacuar edificación

#### 4.2.2.6. Sección 5 “Clasificación de la habitabilidad.”

Con el nivel de riesgo por inestabilidad global y el nivel de riesgo por problemas geotécnicos establecidos anteriormente, se determinará la clasificación de habitabilidad de la edificación. Según la Tabla 3.8 (ver la descripción en el anexo B), la clasificación de habitabilidad que le corresponde al edificio, al presentar un nivel de riesgo por inestabilidad medio y un nivel de riesgo por problemas geotécnicos bajo, es el de una habitabilidad de **USO RESTRINGIDO**.

---

#### SECCIÓN 5. CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD

- HABITABLE “rótulo VERDE” (Cuando ambos riegos fueron determinados bajos)  
 USO RESTRINGIDO “rótulo AMARILLO” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo medio)  
 NO HABITABLE “rótulo NARANJA” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo alto)  
 INSEGURA “rótulo ROJO” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo muy alto)
- 

#### 4.2.2.7. Sección 6 “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.”

---

#### SECCIÓN 6. TIPO DE INSPECCIÓN, NIVEL MÁS DAÑADO Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

- Exterior parcial    Exterior completa    Interior parcial    Interior completa

Nivel con los elementos estructurales verticales más dañados (letra y número en paréntesis):

*Primero (1°)*

Al momento de la inspección la edificación o parte de ella estaba habitada:  SI    NO

Observaciones: \_\_\_\_\_

---

La inspección, fue completa, es decir que fue una combinación de la exterior completa y la interior completa. Se determinó que el piso con los elementos estructurales verticales más dañado es el primero. Al momento de la inspección, la edificación no estaba habitada.

#### 4.2.2.8. Sección 7 “Comentarios.”

En la columna izquierda (sección) se ha colocado el número 4 para indicar que, los comentarios que se hacen corresponden a la sección 4 “Estado del daño de la edificación” del formulario de inspección de campo.

SECCIÓN 7. COMENTARIOS	
Sección	Comentarios
4	Se aprecia un daño considerable en paredes de relleno perimetrales, del 1º nivel y 2º nivel, así como la caída del cielo falso, principalmente en el 3º nivel. El sistema hidráulico (interno) ya se había desinstalado al momento de la evaluación. No existen taludes (de consideración) en los alrededores, únicamente un pequeño terraplén de unos 0.50 m de altura, el cual no representa un peligro para la edificación. Es necesaria la evaluación detallada, principalmente por daños en elementos estructurales (columnas y vigas) ya que no es posible definir en la evaluación de emergencia si es o no habitable.

#### 4.2.2.9. Sección 8 “Persona para contacto.”

Debido que no hay una persona que sea el propietario de la edificación, si no que el edificio pertenece a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, se colocará a la Facultad como propietario.

SECCIÓN 8. PERSONA PARA CONTACTO (preferiblemente el propietario)  
Nombre completo: Admon. de la Facultad de Ingeniería y Arq. DUI: \_\_\_\_\_  
Teléfono fijo: 7735-2035 Tel. Móvil \_\_\_\_\_ Propietario o inquilino: Propietario

#### 4.2.2.10. Sección 9 “Persona del Comité Interinstitucional

##### Permanente que recibe el formulario.”

Como persona que recibe el formulario se ha colocado al autor de este trabajo de graduación. El código del archivo en el que se guarda el formulario y las fotos, correspondiente al edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial según la metodología es: 00001-0614-10001-1

1. 00001: el número correlativo del formulario.
2. 0614: el código correspondiente al Departamento y al Municipio en el que se encuentra la edificación, según el catastro nacional.
3. 1001: es el número de la brigada de inspección que inspeccionó la edificación.
4. 1: corresponde al número de inspección correlativa de la brigada.

SECCIÓN 9. PERSONA DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE QUE RECIBE EL FORMULARIO  
Nombre completo: Carlos Vladimiro Nayano Galvez F. \_\_\_\_\_  
Archivo en el que se guarda el formulario y las fotos: 00001-0614-1001-1  
Número de Fotos: 07 Fotos de la 01 a la 07



De acuerdo a la metodología propuesta, al edificio de Ingeniería Industrial, se le debe colocar el rótulo de habitabilidad de uso restringido (color amarillo) y **someterlo a la EVALUACIÓN DETALLADA**. A continuación se muestra el rotulo de habitabilidad de **USO RESTRINGIDO**, el cual se encuentra en el anexo D también.

COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE.	COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE.
<b>USO RESTRINGIDO</b>	
Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:	Nombre de la edificación o dirección:
<i>La Edificación presenta daños estructurales (vigas y columnas) Principalmente en el 1º y 2º nivel, así como también en las paredes de relleno perimetrales</i>	<i>Edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA - UES Final 25ª av. Nte. Ciudad Universitaria</i>
Tipo de evaluación:	Recomendaciones:
<i>De Emergencia</i>	<i>Se recomienda la evaluación detallada principalmente por aspectos estructurales. Se considera que, las paredes perimetrales que están en peligro de caer deben demolerse</i>
La evaluación fue:	
<input type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input checked="" type="checkbox"/> Completa	Código de inspección:
La entrada a la edificación es:	<i>06H-1001-1</i>
<input type="checkbox"/> Permitida	Fecha (D, M, A):
<input checked="" type="checkbox"/> Restringida	<i>1988</i>
<input type="checkbox"/> No permitida	Hora (24:00):
Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto	No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.

Es importante observar que, en este rótulo no aparecen los nombres y firmas de las personas que realizaron la evaluación, ya que se considera que este tipo de información es confidencial y únicamente debe ser manejada por el Comité Interinstitucional Permanente.

Luego de colocar el rótulo de habitabilidad, las personas evaluadoras deberán clasificar, de acuerdo a su habitabilidad (habitabile, uso restringido, no habitabile e insegura (peligro de colapso)), los formularios de inspección de campo de cada una de las edificaciones evaluadas, para facilitar el trabajo de selección de las edificaciones que deben ser sometidas a la etapa de evaluación detallada.

#### **4.2.3. Rellenado del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación detallada.**

De las 11 secciones que conforman la etapa de evaluación detallada (de la sección 10 a la 20), únicamente las secciones 11 y 12 tienen un carácter evaluador sobre la edificación; el resto de secciones recoge información descriptiva o explicativa, tales como las condiciones preexistentes, las recomendaciones y medidas de seguridad que se deberán tomar en la edificación, etc. las cuales no influyen en el dictamen del nivel de daño, pero que resulta importante al momento de investigar la manera en la que se comportó la edificación al momento del sismo y para llevar un registro ordenado de la información obtenida en campo.

Las hojas del formulario de inspección, correspondientes a la etapa de emergencia, se unirán a las hojas que corresponden a la evaluación detallada, para tener un solo formulario por cada edificación que se evaluó detalladamente. A continuación se desarrolla cada una de las secciones del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación detallada (hojas de la 5 a la 9).

Para una mejor comprensión se colocará la imagen del formulario de inspección correspondiente a cada una de las secciones y en el anexo D se encuentra el formulario relleno para la etapa de evaluación detallada del edificio de la escuela de Ingeniería Industrial (de la hoja 5 a la 9).

#### 4.2.3.1. Encabezado.

Antes de colocar el código de inspección del formulario se verificará que la edificación que se evaluará detalladamente, es efectivamente la que corresponde a las hojas del formulario de inspección, para la etapa de emergencia, que han sido entregadas a la brigada.

La metodología para asignar el código de inspección al formulario de inspección, para la etapa de evaluación detallada, es el mismo que se utilizó para la etapa de emergencia con la única diferencia que el número de inspección es 2 por ser la etapa de evaluación detallada. Por tanto, con la ayuda de la Tabla 3.1 y la Tabla 3.2 (ver anexo B) y teniendo en cuenta que es la segunda etapa la que se está realizando, el código que le corresponde es: 0614-1001-2. La fecha del evento principal se mantiene, ya que no se produjeron réplicas considerables ni otro evento principal.

COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE	FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POST-SISMO	COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE
Fecha del evento: <u>10/10/1986</u>	CÓDIGO DE INSPECCIÓN: <u>0614-1001-2</u>	N° Correlativo: 00001

#### 4.2.3.2. Sección 10 “Inspectores y fecha de la inspección.”

Los evaluadores serán los mismos que realizaron la evaluación de emergencia.

SECCIÓN 10. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación detallada)	
Responsable de la brigada: Profesión y nombre completo: <u>Ing. Herbert Salgado</u>	F. _____
Otros inspectores: Profesión y nombre completo: <u>Inya. Alma Valladares</u>	F. _____
Profesión y nombre completo: <u>Ing. Héctor Garay</u>	F. _____
Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa): <u>  /  /  </u>	Hora (24 Hrs.): <u>  :  </u>

#### **4.2.3.3. Sección 11 “Estado del daño de la edificación.”**

El primer apartado que se llenará es el correspondiente a la evaluación de los elementos estructurales. El entrepiso en el que se evaluarán detalladamente estos elementos será el primero, ya que es el que contiene los elementos más dañados y la dirección que presenta mayor daño es la Este-Oeste. De acuerdo al levantamiento de daños que realizó el personal evaluador.

En la evaluación de emergencia se determinó que el sistema estructural del edificio de Ingeniería Industrial era de marcos de concreto reforzado, por lo tanto los elementos estructurales que se evaluarán serán columnas, vigas, nudos (o uniones) y por supuesto el sistema de entrepiso (losa).

##### **a) Evaluación de las columnas.**

El nivel en el que se realizará la evaluación detallada de los elementos estructurales será el primero, por ser el que tienen los elementos más dañados. **El primer nivel del edificio tiene 21 columnas**, las cuales presentan los siguientes daños:

1. Hay 4 columnas que presentan grietas perceptibles a simple vista con anchos aproximadamente entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del concreto. Según la Tabla 3.9 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Leve con un porcentaje de 4/21 (19.1%).
2. Hay 2 columnas con grietas que tienen un ancho entre más de 1.0 mm y 2.0 mm sobre la superficie del concreto y presentan pérdida insipiente del recubrimiento. De acuerdo a la Tabla 3.9 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Moderado con un porcentaje de 2/21 (9.5%).
3. Hay 5 columnas que tienen un agrietamiento notable, con pérdida del recubrimiento y exposición de las varillas de refuerzo longitudinal. De acuerdo a la Tabla 3.9 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Fuerte con un porcentaje de 5/21 (23.8%).
4. Las 10 columnas restantes no presentan ningún nivel de daño y les corresponde un porcentaje de 10/21 (47.6%).

**b) Evaluación de los nudos.**

El edificio tiene 21 nudos o uniones del tipo viga-columna, las cuales presentan los siguientes daños:

1. Hay 3 nudos que presentan fisuras perceptibles a simple vista con anchos aproximadamente entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del concreto. Según la Tabla 3.9 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Leve con un porcentaje de 3/21 (14.3%).
2. Hay 3 nudos con grietas que tienen un ancho entre más de 1.0 mm y 2.0 mm sobre la superficie del concreto y presentan pérdida insipiente del recubrimiento. De acuerdo a la Tabla 3.9 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Moderado con un porcentaje de 3/21 (14.3%).
3. Hay 1 nudo que tienen un agrietamiento notable, con pérdida del recubrimiento y exposición de las varillas de refuerzo longitudinal. De acuerdo a la Tabla 3.9 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Fuerte con un porcentaje de 1/21 (4.7%).
4. Los 14 nudos restantes no presentan ningún nivel de daño y les corresponde un porcentaje de 14/21 (66.7%).

**c) Evaluación de las vigas.**

Debido a que el primer nivel no tiene vigas, se evaluarán las vigas correspondientes al segundo nivel, ya que son las que presentan mayor daño y están arriba del nivel más dañado.

El segundo nivel del edificio (primer entreseno) tiene 28 vigas en la dirección Norte a Sur y 30 en la dirección Este-Oeste, de éstas (vigas) las que presentan mayor daño son las orientadas de Este-Oeste y serán en las que se centrará la evaluación. Los daños que presentan son los siguientes:

1. Hay 3 vigas que presentan fisuras perceptibles a simple vista con anchos aproximadamente entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del concreto. Según la Tabla 3.9 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Leve con un porcentaje de 3/30 (10.0%).

2. Hay 2 vigas con grietas que tienen un ancho entre más de 1.0 mm y 2.0 mm sobre la superficie del concreto y presentan pérdida insipiente del recubrimiento. De acuerdo a la Tabla 3.9 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Moderado con un porcentaje de 2/30 (6.7%).
3. Las 25 vigas restantes no presentan ningún nivel de daño y les corresponde un porcentaje de 25/30 (83.3%).

**d) Evaluación del sistema de piso (losa).**

El sistema de piso lo constituye una losa prefabricada, para determinar el porcentaje de cada daño, se dividió la losa en el número de tableros que se forman por los ejes de las vigas en que se apoya (por ser más práctico).

El número de tableros de la losa del nivel uno son 24 y el daño que se encontró es el siguiente:

1. Hay 2 tableros que presentan fisuras perceptibles a simple vista con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie. De acuerdo a la Tabla 3.10 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Leve con un porcentaje de 2/24 (8.3%).
2. Hay 2 tableros que presentan grietas con anchos entre 1.0 y 2.0 mm en la superficie y hay pérdida incipiente del recubrimiento. De acuerdo a la Tabla 3.10 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Moderado con un porcentaje de 2/24 (8.3%).
3. Hay un tablero que presenta agrietamientos apreciables (como se muestra en las fotografías de la sección 20 del formulario de inspección de campo) con pérdida del recubrimiento en la superficie. De acuerdo a la Tabla 3.10 (anexo B) le corresponde un nivel de daño Fuerte con un porcentaje de 1/24 (4.2%).
4. Los 19 tableros restantes no presentan ningún nivel de daño y les corresponde un porcentaje de 19/24 (79.2%).

Con la evaluación anterior se tienen los siguientes porcentajes de niveles de daño para cada uno de los elementos estructurales evaluados, los cuales de acuerdo con la metodología de evaluación de daños propuesta, nos servirán posteriormente para determinar el nivel de riesgo por los daños en los elementos estructurales.

SECCIÓN 11 ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN  
DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Entrepiso más dañado (según evaluación de emergencia): Primero (1<sup>o</sup>)

ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO												NIN- GUNO (%)	Σ= 100%
	SEVERO (%)			FUERTE (%)			MODERADO (%)			LEVE (%)				
	<5	5-10	>10	<10	10-30	>30	<30	30-60	>60	<30	30-60	>60		
COLUMNAS					23.8		9.5			19.1			47.6	100
PAREDES														
NUDOS				4.7			14.3			14.3			66.7	100
ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO												NIN- GUNO (%)	Σ= 100%
	SEVERO (%)			FUERTE (%)			MODERADO (%)			LEVE (%)				
	<10	10-20	>20	<20	20-40	>40	<30	30-60	>60	<30	30-60	>60		
VIGAS							6.7			10.0			83.3	100
LOSA				4.2			8.3			8.3			79.2	100

Luego de determinar los diferentes porcentajes para cada tipo de daños, se determinará el nivel del riesgo estructural que estos daños representan en la edificación con la Tabla 3.25 (anexo B).

De acuerdo con la Tabla 3.25 (anexo B), el nivel de riesgo causado por los daños en elementos estructurales, que le corresponde al edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial es **ALTO**, ya que la edificación presenta daños fuertes en el 23.8% (entre 10 y 30%) de las columnas (del primer nivel) y el acceso al edificio debe ser controlado y no puede ponerse en uso hasta que sea reparado. Entre las recomendaciones que se proponen para los daños en elementos estructurales están: colocar barreras externas al edificio, prohibir el ingreso a éste (no entrar), evacuar el edificio y finalmente un estudio

especializado que determine si puede o no ser reparado el edificio y que tipo de reparación es el más adecuado (evaluación de ingeniería) ya que esto está fuera del alcance de la evaluación detallada que se le realizó al edificio.

**DETERMINACIÓN DEL RIESGO ESTRUCTURAL:**

Bajo
  Medio
  Alto
  Muy alto

---

**RECOMENDACIONES**

Restringir el paso en áreas
  No entrar
  Posible demolición de toda la edificación

Evaluación de ingeniería
  Evacuar edificación

Como medidas de seguridad para cada elemento, se proponen: reparar los elementos que tengan daños leves, como la caída del repello, apuntalar los elementos para ayudarles a que resistan las cargas gravitacionales y las provocadas por posibles replicas del sismo.

**SECCIÓN 11 ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN**

ELEMENTO ESTRUCTURAL	MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES		
	REPARAR	APUNTALAR	SOPORTE LATERAL
COLUMNAS	X	X	
PAREDES			
NUDOS	X		
VIGAS	X		
ENTREPISOS	X		



A continuación se describe la evaluación hecha, de una manera general en todo el edificio, a cada uno de los siguientes elementos no estructurales, detallando el nivel del daño encontrado en cada uno de ellos:

**a) Paredes divisoria o de relleno.**

Hay agrietamiento diagonal severo con anchos mayores a 3.0 mm., incluso existe dislocación, aplastamiento y desprendimiento de algunas piezas de mampostería en las paredes que aún se encuentran en el primer entresquejo y en la mayor parte de las paredes perimetrales del 2º nivel. De acuerdo con la Tabla 3.17 (anexo B) el nivel de daño que les corresponden a estas paredes es Fuerte.

**b) Cielos falsos y luminarias.**

Los únicos daños en el cielo falso y las luminarias se presentan en el último nivel del edificio, el daño principal lo constituyó el colapso parcial del cielo falso y luminarias (caída de varios tableros y luminarias).

De acuerdo a la Tabla 3.18 (anexo B) el nivel de daño que le corresponde al cielo falso y a las luminarias es Fuerte.

**c) Cubierta del techo.**

En cuanto a la cubierta del techo ésta no presentó caída de láminas y ningún daño considerable a simple vista. De acuerdo a la Tabla 3.19 (anexo B) no hay Ningún nivel de daño.

**d) Escaleras.**

El daño que presentan las escaleras que conectan el primer con el segundo nivel, presentaron agrietamientos del concreto en las escaleras y en los apoyos con anchos superiores a 1.0 mm., pero sin llegar a presentar inestabilidad ni caída de alguno de sus elementos. De acuerdo a la Tabla 3.20 (anexo B) el nivel de daño que le corresponde es Moderado.

**e) Instalaciones eléctricas.**

Las instalaciones eléctricas no presentaron defectos visibles a simple vista, de acuerdo a la Tabla 3.23 anexo B) no hay ningún nivel de daño.

**f) Instalaciones hidráulicas.**

En el caso de las instalaciones hidráulicas, estas presentaron algunas deformaciones casi imperceptibles, ya que en el levantamiento (de daños) se indica que algunas bajadas de aguas lluvias presentaban deformaciones en las uniones rígidas. De acuerdo con la Tabla 3.23 anexo B) el nivel de daño que le corresponde es **Leve**.

Los niveles anteriormente determinados para cada uno de los elementos no estructurales evaluados se marcarán en las casillas correspondientes en la sección 11 del formulario de inspección de campo.

DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES									
ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO					MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES			
	SEVERO	FUERTE	MODERADO	LEVE	NINGUNO	REPARAR	ANCLAR	REMOVER	REUBICAR
PAREDES DE FACHADA O PARAPETO									
PAREDES DIVISORIAS O DE RELLENO	X	X					X	X	
CIELOS FALSOS Y LUMINARIAS		X				X	X		
SISTEMA DE TECHO					X				
ESCALERAS			X				X		
TANQUES ELEVADOS									
DERRAME DE QUÍMICOS									
INSTALACIONES DE GAS									
INSTALACIONES ELÉCTRICAS					X				
INSTALACIONES HIDRAÚLICAS				X		X			

Finalmente se indica que es necesario remover (demoler) y colocar barreras a las paredes divisorias o de relleno, anclar y reparar (o sustituir las piezas) el cielo falso y las luminarias y reparar las escaleras y las tuberías de bajada de agua lluvia dañadas.

Luego de indicar el nivel del daño y las medidas de seguridad temporales, se procede a determinar el nivel del riesgo que los daños en los elementos no estructurales representan en el edificio con la ayuda de la Tabla 3.26 (anexo B).

En las descripciones de los daños en elementos no estructurales, mencionadas anteriormente, se dijo que existían daños fuertes y moderados en las paredes perimetrales (las cuales se encuentran distribuidas por toda la edificación) así como también en las pocas paredes de relleno que aún se encontraban en pie. Además existían algunos tableros de cielo falso en peligro de caer. De acuerdo con la Tabla 3.26 (anexo B) el nivel del riesgo por los daños en los elementos no estructurales para el edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial es **Alto**.

Debido a los daños en los elementos no estructurales que presenta la edificación se recomienda remover (demoler) las paredes divisorias o de relleno dañadas, no entrar en la edificación hasta que sea intervenido de una manera adecuada y evacuarla para evitar que continúe dañándose por las cargas vivas y muertas debidas a la ocupación.

DETERMINACIÓN DEL RIESGO NO ESTRUCTURAL:

Bajo       Medio       Alto       Muy alto

---

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas       No entrar       Remover elementos       Evacuar edificación

#### 4.2.3.4. Sección 12 “Clasificación de la habitabilidad de la edificación.”

Luego de evaluar los daños estructurales y los no estructurales se revisó que los riesgos por inestabilidad global y por problemas geotécnicos en la edificación no se incrementaran a causa de réplicas después del evento principal.

Después de la revisión se marcan los cuatro niveles de riesgo para clasificar la habitabilidad del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial. Recordando que los niveles de riesgos determinados para cada condición fueron:

1. Riesgo por inestabilidad global **medio** (determinado en la evaluación de emergencia, ver sección 5 del formulario de inspección).
2. Riesgo por problemas geotécnicos **bajo** (determinado en la evaluación de emergencia, ver sección 5 del formulario de inspección).
3. Riesgo por daños en elementos estructurales **alto** (determinado en la evaluación detallada, ver sección 11 del formulario de inspección).
4. Riesgo por daños en elementos no estructurales **alto** (determinado en la evaluación detallada, ver sección 11 del formulario de inspección).

Con la ayuda de la Tabla 3.27 (anexo B) o con las indicaciones que se encuentran al lado de las casillas de habitabilidad en esta sección del formulario, se determinó que la habitabilidad del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial es **NO HABITABLE**, ya que presenta 2 clasificaciones de riesgo alto.

---

SECCIÓN 12. CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD (Basada en los riesgos por inestabilidad global, por problemas geotécnicos, estructural y no estructural. En caso de replicas revisar el riesgo por inestabilidad y por problemas geotécnicos)

EVALUACIÓN DE EMERGENCIA

Riesgo por inestabilidad global:  Bajo  Medio  Alto  Muy alto

Riesgo por problemas geotécnicos:  Bajo  Medio  Alto  Muy alto

EVALUACIÓN DETALADA

Riesgo estructural:  Bajo  Medio  Alto  Muy alto

Riesgo no estructural:  Bajo  Medio  Alto  Muy alto

---

SECCIÓN 12. CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD

- HABITABLE “rótulo VERDE” (Si las 4 clasificaciones de riesgo fueron bajas)
- USO RESTRINGIDO “rótulo AMARILLO” (Si fue asignada por lo menos 1 clasificación de RIESGO MEDIO)
- NO HABITABLE “rótulo NARANJA” (Si fue asignada 1 o 2 clasificaciones de RIESGO ALTO)
- INSEGURA “rótulo ROJO” (Si fue asignada por lo menos 1 clasificación de RIESGO MUY ALTO o 3 de RIESGO ALTO)
-

COMITÉ  
INTERINSTITUCIONAL  
PERMANENTE.

# NO HABITABLE

COMITÉ  
INTERINSTITUCIONAL  
PERMANENTE.

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

La edificación presenta daños fuertes y moderados en vigas y columnas, principalmente en el 1º y 2º nivel, así como daños fuertes en paredes de relleno perimetrales. Estos daños representan una disminución para la existencia alargas del edificio.

Tipo de evaluación:

Detallada

La evaluación fue:

Interna  
 Externa  
 Completa

La entrada a la edificación es:

Permitida  
 Restringida  
 No permitida

Nombre de la edificación y dirección:

Edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA-UES.

Finca 25ª av. Nte. Ciudad Universitaria

Recomendaciones:

Se recomienda evaluar y no entrar en el edificio, remover elementos no estructurales (cuello falso) en peligro de caer y realizar una evaluación de ingeniería para determinar si es posible rehabilitar el edificio.

Código de inspección: OGM-1001-2

Fecha (D, M, A): 1988

Hora (24:00): \_\_\_\_\_

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.

El color que tiene asociada la clasificación **no habitable** es el **ANARANJADO**, por lo tanto el cartel o rotulo que se coloca en un lugar visible o en la entrada del edificio es al que le corresponde esta clasificación que se muestra a continuación.

De acuerdo con la metodología que se propone en este trabajo de graduación, **el edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial, debe someterse a una evaluación de ingeniería** para determinar si se puede o no volverse a utilizar.

#### 4.2.3.5. Sección 13 “Recomendaciones y medidas de seguridad generales.”

Basado en los daños que presenta el edificio, se han considerado las recomendaciones y medidas de seguridad siguientes:

1. Realizar una inspección de ingeniería por aspectos estructurales.
2. Restringir el paso de peatones cerca del edificio.

#### SECCIÓN 13. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA EDIFICACIÓN

Se necesita evaluación de ingeniería por aspectos:  Estructurales  Geotécnicos  Servicios públicos

Se recomienda la intervención de:  Compañía de electricidad  Bomberos  Cuerpos de socorro  
 Sistema Nacional de Protección Civil  ANDA  PNC

Se recomienda:  Restringir el paso de peatones  Restringir tráfico vehicular  
 Evacuar edificación  Evacuar edificaciones vecinas  
 Desconectar:  Agua  Electricidad  Gas  
 Posible demolición de la edificación  Retirar elementos no estructurales en peligro de caer

#### 4.2.3.6. Sección 14 “Condiciones pre-existentes.”

La evaluación de las condiciones pre-existentes de la edificación presentó los siguientes resultados:

**a) Posición de la edificación en su manzana.**

No se encuentra ninguna edificación a los costados por lo tanto está libre por los costados.

**b) Regularidad en planta.**

El edificio tiene una forma rectangular y no presenta salientes ni entrantes, además tiene una distribución simétrica de masa y de elementos estructurales. De acuerdo con la Tabla 3.28 (anexo B) le corresponde una regularidad: **Buena**.

**c) Regularidad en altura.**

Según la Tabla 3.29 (anexo B) le corresponde la regularidad en altura: **Regular**, ya que el edificio presenta una continuidad de todos los electos verticales en la primera y segunda planta, pero en la tercera únicamente suben las columnas perimetrales, también se presenta el efecto de columna corta debido a los huecos de las ventanas.

El índice de esbeltez IE, es igual a la altura (9.8 m) entre la menor dimensión en planta del edificio (15 m de fondo).

$IE = 9.8/15 = 0.65 < 2.4$ , según la Tabla 3.29 (anexo B) le corresponde una regularidad en altura: **Regular**.

**d) Calidad de la construcción.**

De acuerdo a la Tabla 3.30 (anexo B) el edificio tiene una **calidad de construcción: Regular**, ya que la caída del recubrimiento y del repello de la edificación se debió únicamente al sismo, pero en el levantamiento de datos se menciona que el concreto tiene una apariencia porosa que se deba a deficiencias en el proceso constructivo.

**e) Configuración estructural.**

Anteriormente se mencionó que el edificio presenta el efecto de columna corta debido a los huecos de las ventanas y presenta una distribución asimétrica en altura con respecto a las columnas del tercer y último nivel.

De acuerdo a los criterios de la Tabla 3.31 (anexo B) el edificio presenta una configuración estructural: **Regular**.

**f) Configuración del techo.**

En el levantamiento de daños se menciona que el techo no presenta daños y que tiene una buena estructuración, además se menciona que la cubierta es de asbesto, la cual no es liviana pero tampoco es pesada como la teja; en cuanto a las conexiones estas se hacen independientemente entre cada viga del techo y las vigas de coronamiento, es decir que no se comporta como un solo elemento toda la estructura del techo.

Tomando en cuenta los criterios de la Tabla 3.32 (anexo B), se determina que el techo tiene condiciones de conexión y de peso: **Regular**.

**g) Pendiente del terreno.**

La pendiente del terreno en el que está cimentada la edificación y sus alrededores tiene una inclinación que es mucho menor a los 20° y de acuerdo a la Tabla 3.33 (anexo B) le corresponde una Pendiente: **Plana**.

**h) Hay indicios de daños por sismos anteriores.**

En el levantamiento de daños no se menciona, pero se sabe que el edificio fue afectado por el sismo de 1982, por eso se marca “Existen dudas”.

**i) Hubo intervención de los daños por sismos anteriores.**

No mencionan en el levantamiento de daños intervención de los daños y por eso se marca que “Existen dudas”.

**j) Morfología de la zona.**

El edificio de Ingeniería Industrial se encuentra en la Ciudad Universitaria, en el municipio de San Salvador, esta zona es una zona muy desarrollada, por lo que le corresponde la categoría de zona urbana, de acuerdo a las opciones que se dan en la metodología para evaluar la morfología de la zona.

A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos al evaluar las condiciones pre-existentes del edificio:



#### SECCIÓN 14. CONDICIONES PRE-EXISTENTES

CONDICIÓN	EVALUACIÓN	Nº
POSICIÓN DE LA EDIFICACIÓN EN SU MANZANA	1. RESTRINGIDA POR AMBOS COSTADOS 2. LIBRE POR UN COSTADO 3. LIBRE POR DOS COSTADOS	3
REGULARIDAD EN PLANTA	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	1
REGULARIDAD EN ALTURA	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	2
CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	1
CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	2
CONFIGURACIÓN DEL TECHO	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	2
PENDIENTE DEL TERRENO	1. PLANA 2. INCLINADA 3. MUY INCLINADA	1
HAY INDICIOS DE DAÑOS POR SISMOS ANTERIORES	1. SI 2. NO 3. EXISTEN DUDAS	3
HUBO INTERVENCIÓN DE LOS DAÑOS POR SISMOS ANTERIORES	1. TOTAL 2. PARCIAL 3. NO SE REPARÓ 4. EXISTEN DUDAS	4
MORFOLOGÍA DE LA ZONA	1. CRESTA DEL TALUD 2. TALUD 3. PIE DEL TALUD 4. PLANICIE 5. ZONA URBANA 6. MARGEN DE RÍO O QUEBRADA	5

#### 4.2.3.7. Sección 15 “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.”

La inspección, fue completa, es decir que fue una combinación de la exterior completa y la interior completa. Se determinó que el piso con los elementos estructurales verticales más dañado es el primero. Al momento de la inspección, la edificación no estaba habitada.

SECCIÓN 15. TIPO DE INSPECCIÓN Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Exterior parcial   
  Exterior completa   
  Interior parcial   
  Interior completa

Al momento de la inspección la edificación o parte de ella estaba habitada:  SI     NO

Observaciones: \_\_\_\_\_

**4.2.3.8. Sección 16 “Comentarios.”**

En la columna izquierda (sección) se ha colocado el número 11 para indicar que, los comentarios que se hacen corresponden a esta sección (estado del daño de la edificación) del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación detallada.

SECCIÓN 16. COMENTARIOS	
Sección	Comentarios
11	Se confirmó que el piso más dañado era el primero. La columna más dañada es la 1/B (daño fuerte) y la viga más dañada es la B/1-2 (ver esquema, sección 18 del formulario). Los principales daños en elementos No Estructurales lo representan las paredes de relleno perimetrales en el 1º y 2º nivel. Es necesario que el edificio sea evaluado por especialistas en el área estructural, para determinar las medidas que se deben realizar para habilitar nuevamente el Edificio.

### 4.2.3.9. Sección 17. “Persona para contacto.”

Debido que no hay un propietario de la edificación, se colocará a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador como propietario.

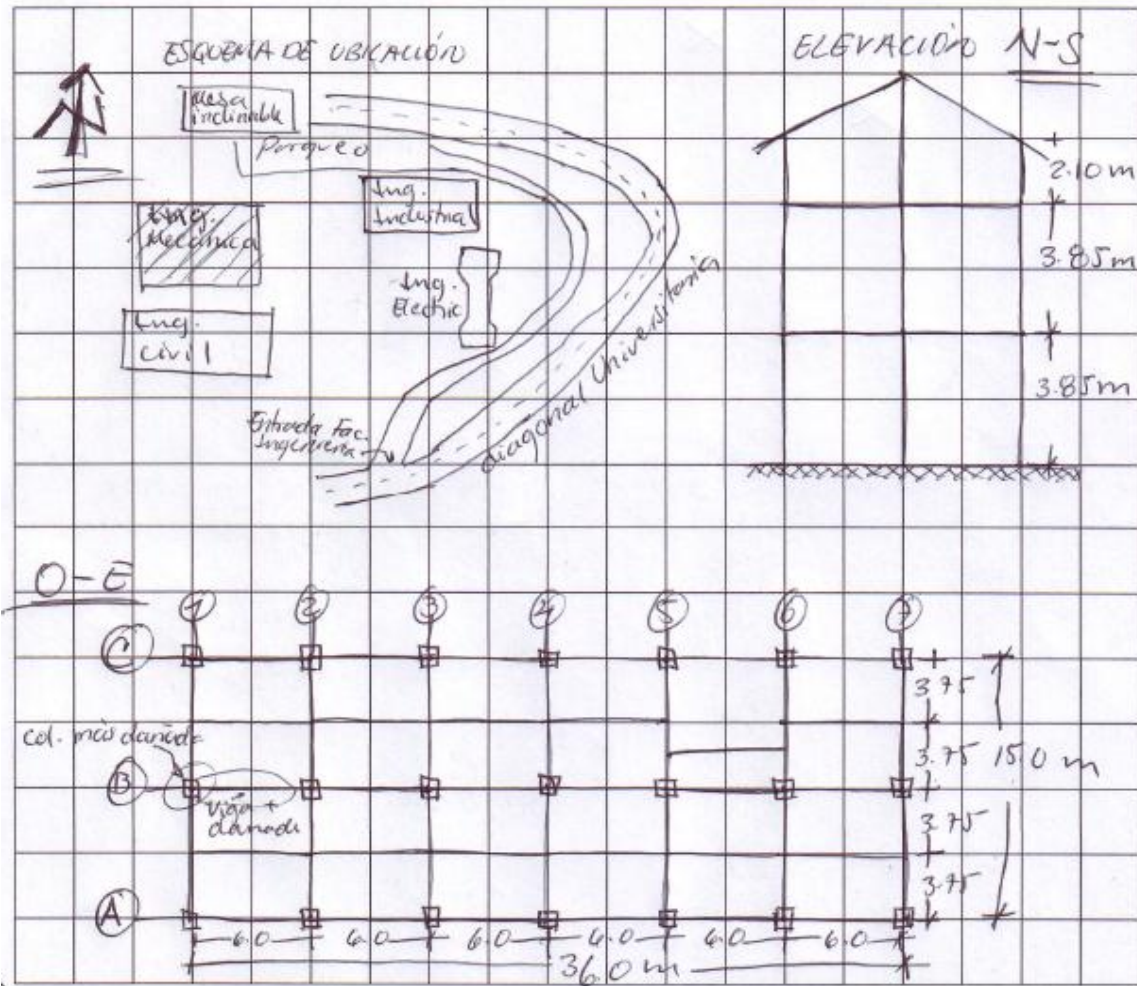
SECCIÓN 17. PERSONA PARA CONTACTO (preferiblemente el propietario)

Nombre completo: Admon. Fac. de Ingeniería y Arquitectura DUI: \_\_\_\_\_

Teléfono fijo: 2235-2035 Tel. Móvil \_\_\_\_\_ Propietario o inquilino: Propietario

### 4.2.3.10. Sección 18 “Esquema.”

SECCIÓN 18. ESQUEMA



En esta sección se dibujó la planta y la elevación del edificio, teniendo el cuidado de colocar la orientación respectiva (Este-Oeste y Norte-Sur, respectivamente), es preferible dibujarla con lapicero para que se conserve mejor con el paso del tiempo. Además se colocó un pequeño croquis de ubicación del edificio.

#### 4.2.3.11. Sección 19 “Fotografías.”

SECCIÓN 19. FOTOGRAFIAS	
Existen Fotografías: SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
Cantidad de fotografías: _____	Números correlativos: de la _____ a la _____
Número del rollo o nombre del archivo (en caso de ser digitales) _____	

Las 7 fotografías que se muestran a continuación, fueron tomadas en la evaluación de emergencia, en ellas se muestran los daños más importantes de la edificación.



Fig. 4. 4 Imagen de la fachada del edificio de Ingeniería Industrial de la FIA-UES.

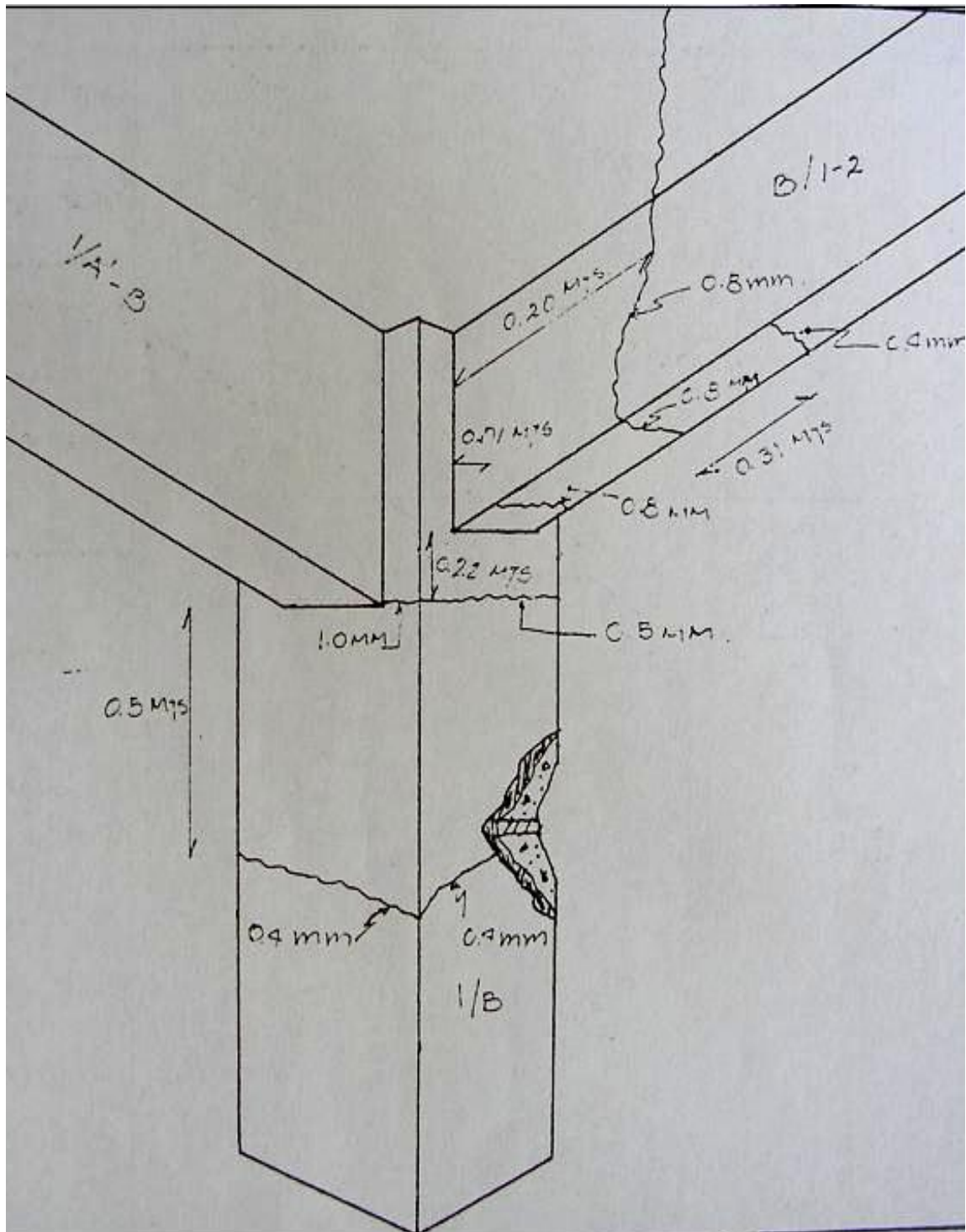
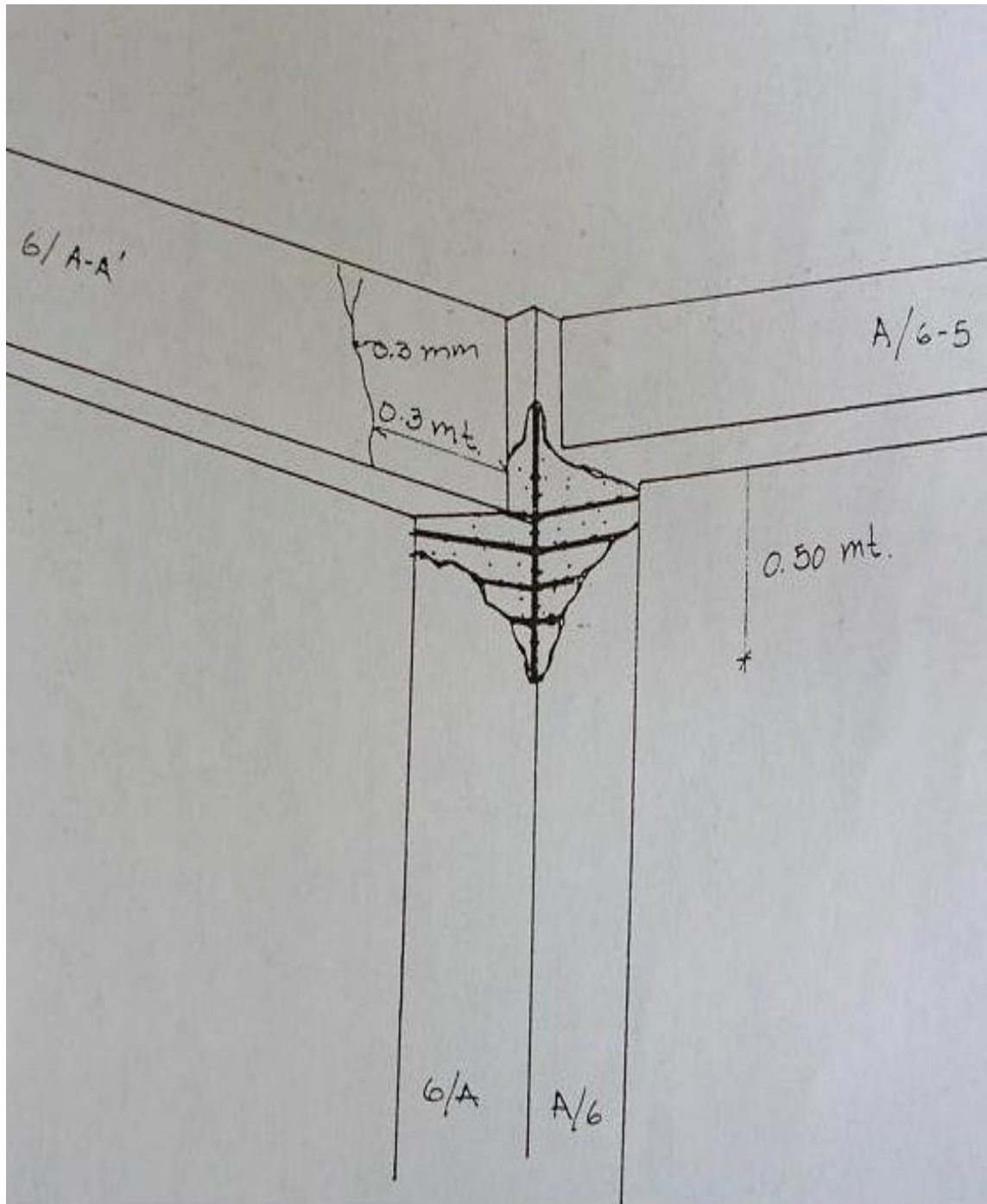


Fig. 4. 5 Ilustración de la columna más dañada (1/B).



**Fig. 4. 6 Ilustración de los daños en la columna A/6.**

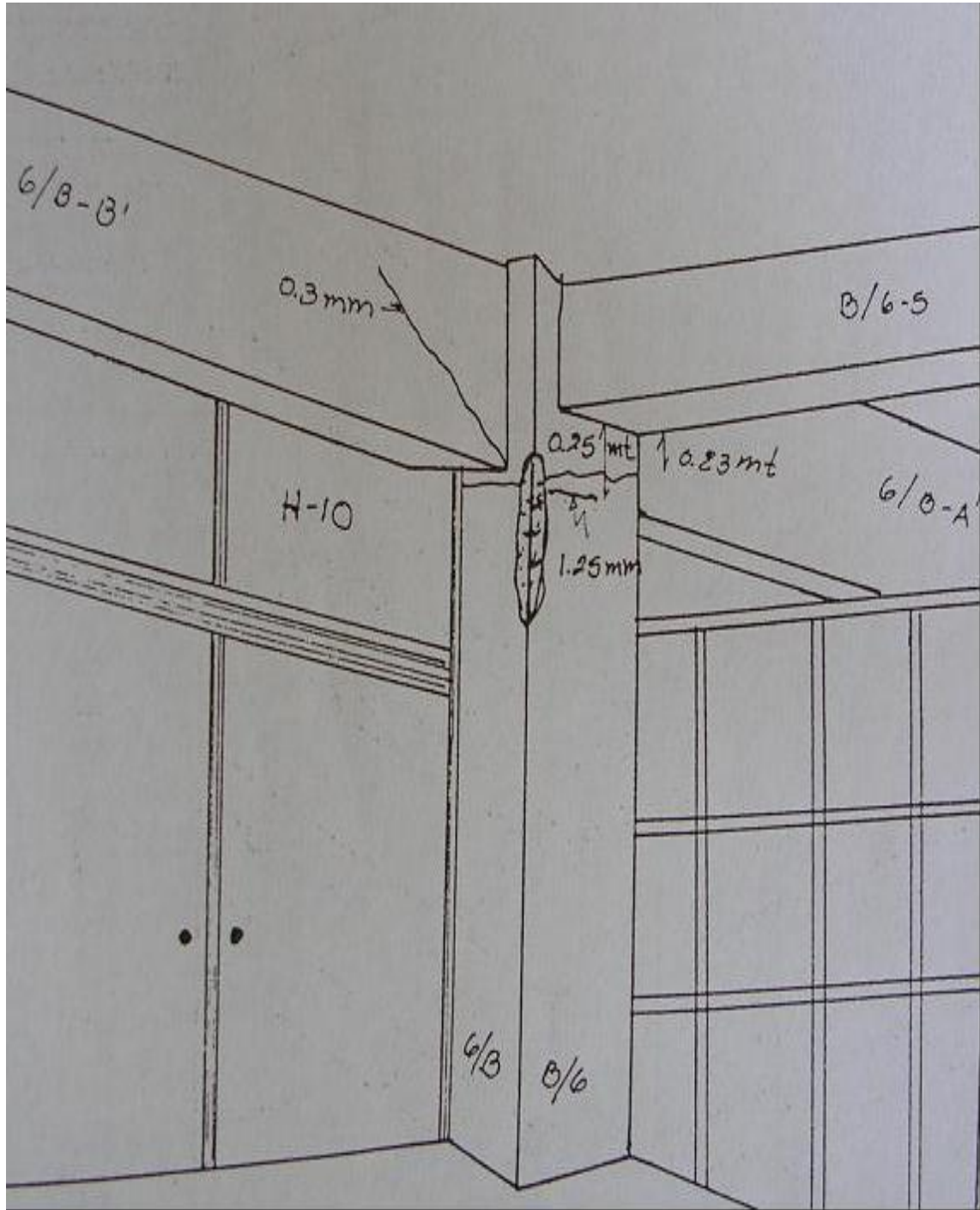


Fig. 4. 7 Ilustración de los daños en la columna B/6.

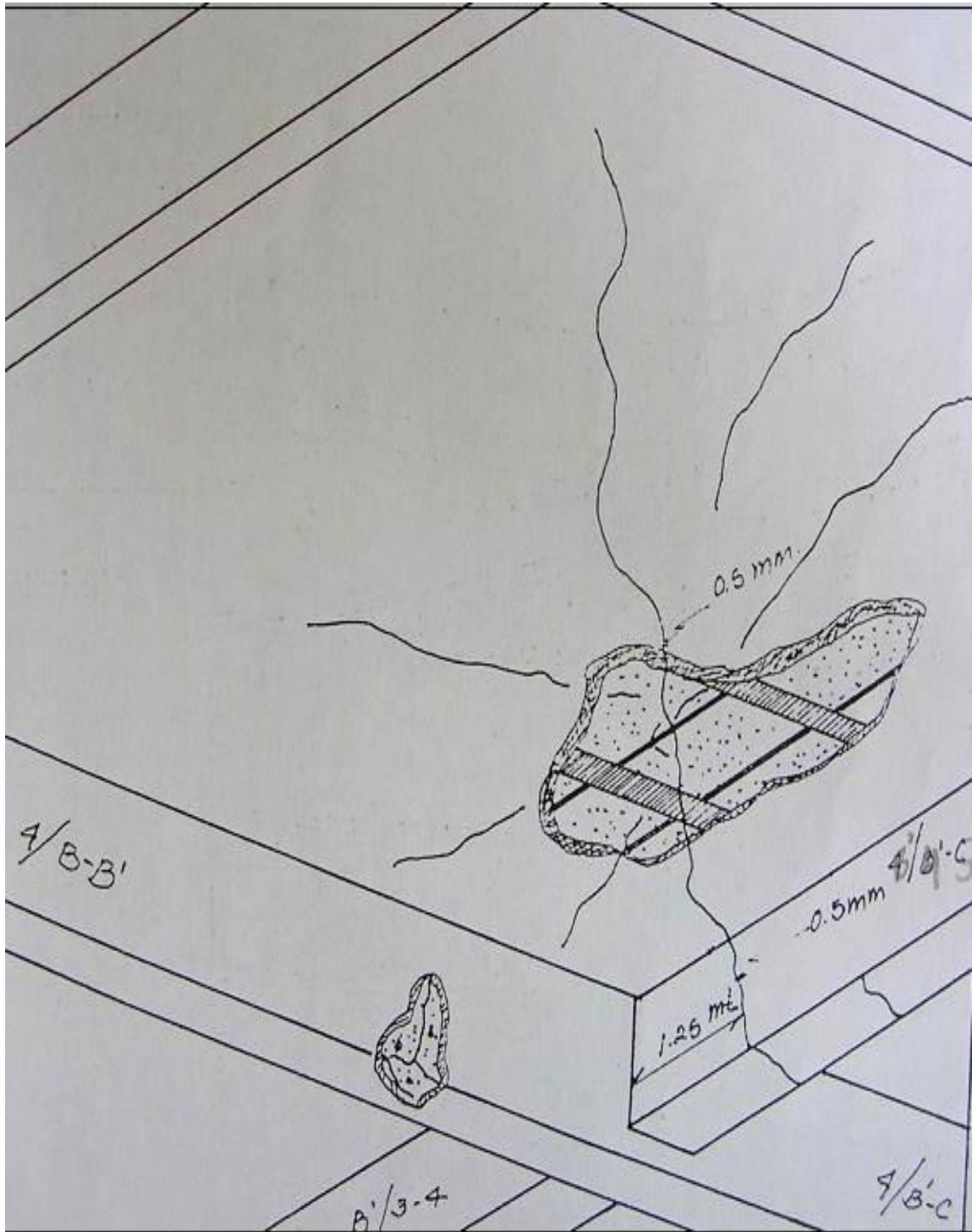


Fig. 4. 8 Ilustración de los daños en la losa de entpiso.



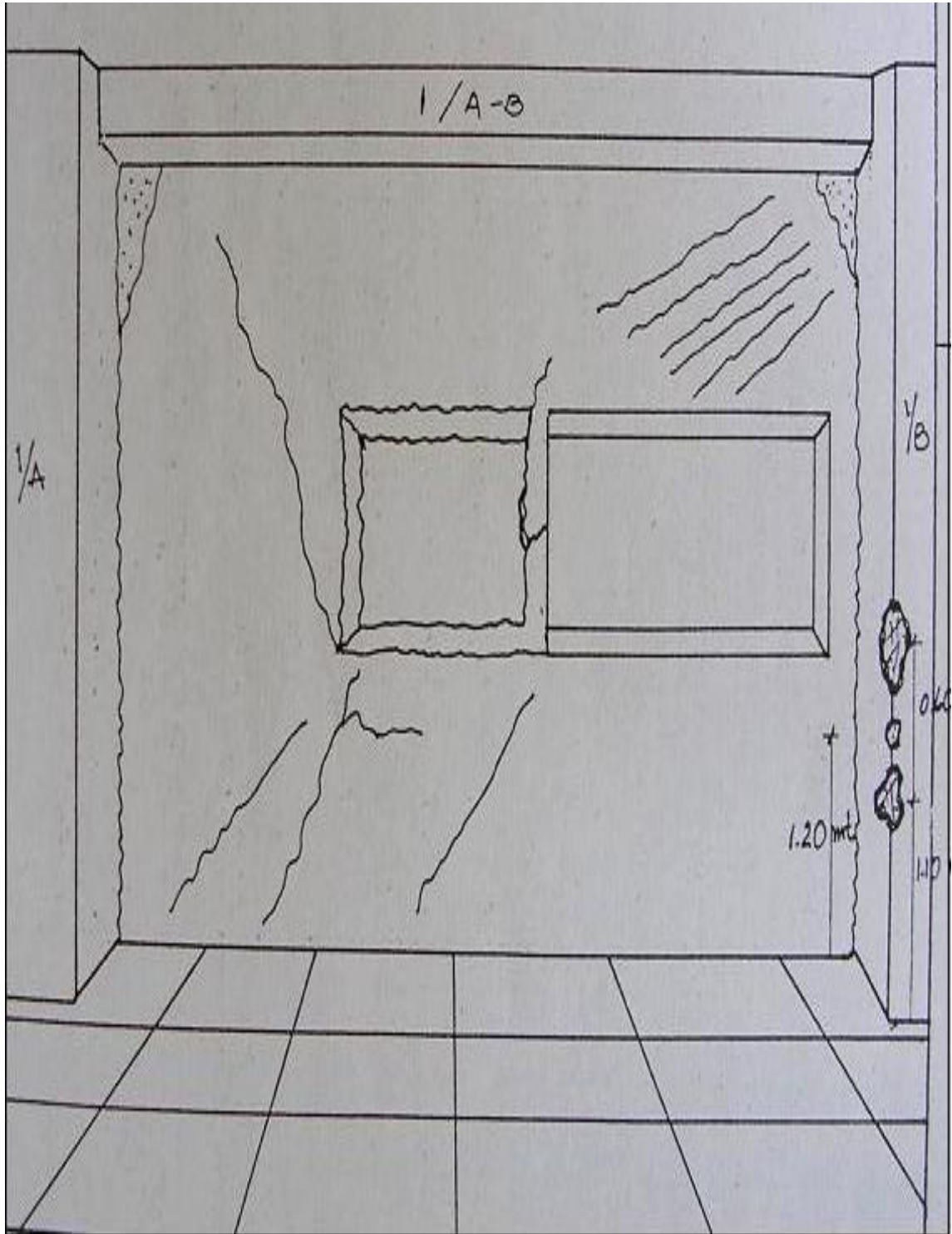


Fig. 4. 9 Ilustración de los daños en una pared de relleno.

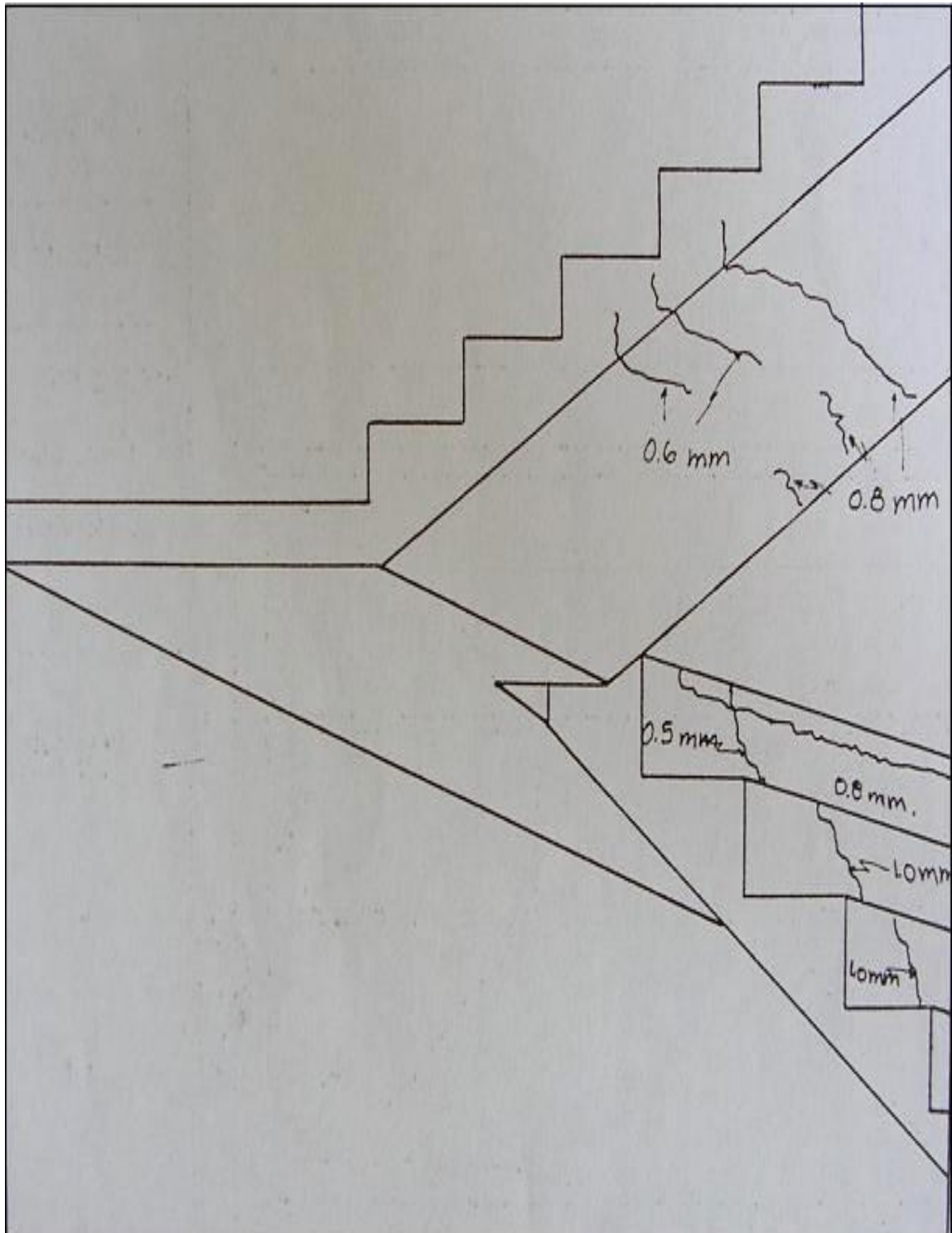
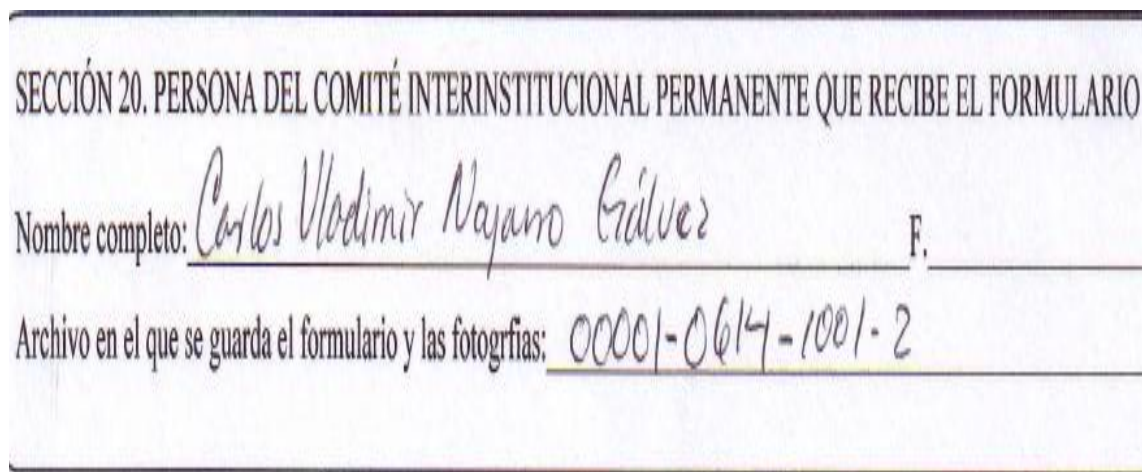


Fig. 4. 10 Ilustración de los daños en una pared de relleno.

#### 4.2.3.12. Sección 20 “Persona del Comité Interinstitucional Permanente que recibe el formulario.”

Como persona que recibe el formulario se ha colocado al autor de este trabajo de graduación. El código del archivo en el que se guarda el formulario y las fotos (que este caso no se tomaron fotos en la etapa de evaluación detallada), correspondiente al edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial según la metodología es: 00001-0614-10001-2.

1. 00001: el número correlativo del formulario.
2. 0614: el código correspondiente al Departamento y al Municipio en el que se encuentra la edificación, según el catastro nacional.
3. 1001: es el número de la brigada de inspección que inspeccionó la edificación.
4. 2: corresponde a la evaluación detallada.



SECCIÓN 20. PERSONA DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE QUE RECIBE EL FORMULARIO

Nombre completo: Carlos Vladimir Najano Gálvez F. \_\_\_\_\_

Archivo en el que se guarda el formulario y las fotografías: 00001-0614-1001-2

#### 4.3. EDIFICIO DE CORREOS DE EL SALVADOR.

La aplicación de la metodología para este edificio, consiste en desarrollar cada una de las secciones del formulario de inspección correspondientes a la evaluación de emergencia.

En cada sección se ha colocado la imagen del formulario de inspección de campo correspondiente, con el objetivo de dejar lo más claro posible el uso del formulario. En el **anexo D** puede consultarse el formulario completo para este ejemplo.

A continuación y antes de comenzar con el llenado del formulario se da la descripción del edificio que vamos a evaluar, para una mejor comprensión del ejemplo. Esta descripción está basada de la visita de campo que se hizo y la información bibliográfica que se logró recabar.

#### **4.3.1. Descripción general del ex edificio de Correos de El Salvador.**

El ex edificio de Correos de El Salvador, está ubicado en la final de la 5ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno (como se muestra en el recuadro rojo de la Fig. 4. 11).

Su ocupación es de oficinas y bodegas, su sistema estructural es a base de marcos de concreto reforzado en ambas direcciones, con paredes perimetrales de relleno de mampostería de ladrillo de barro. El sistema de entrepiso lo constituye una losa densa de concreto reforzado y la estructura del techo la constituye otra losa densa de concreto reforzado.

El edificio contiene un marco en el sentido Norte- Sur (lado corto), con voladizos (de aproximadamente 3.0 m.) en ambos extremos y con 5 marcos en el sentido Este-Oeste (lado largo) también con un voladizos en cada extremo (de 1.5 m.).

Los marcos en el lado largo tienen 5 claros de 5 metros, en el lado corto tienen 1 claro de 9.0 metros (ver Fig. 4. 12); además de las paredes de relleno, tiene paredes divisorias interiores de madera, excepto las que corresponden a los servicios sanitarios y al cubo del ascensor.

El edificio es de cinco niveles y un sótano, el primer nivel tiene una altura aproximada de 5.25 metros y el resto de niveles tiene una altura de 3.20 metros. El sótano tiene una altura de 3.60 metros como puede verse en la Fig. 4. 13.

Los voladizos del segundo entrepiso, hacen que el edificio presente una irregularidad en altura.



**Fig. 4. 11 Imagen satelital de la ubicación del ex-edificio de Correos de El Salvador (recuador rojo) (www.earth.google.com).**

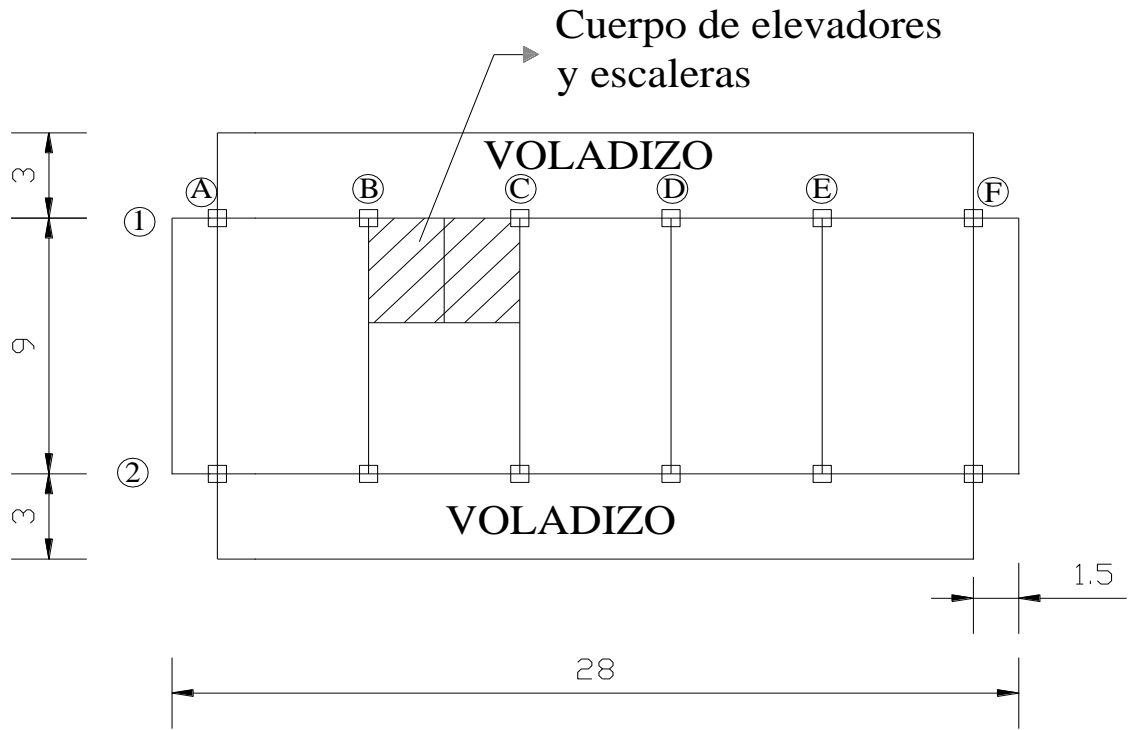


Fig. 4. 12 Esquema de la planta del edificio (las cotas están en metros).

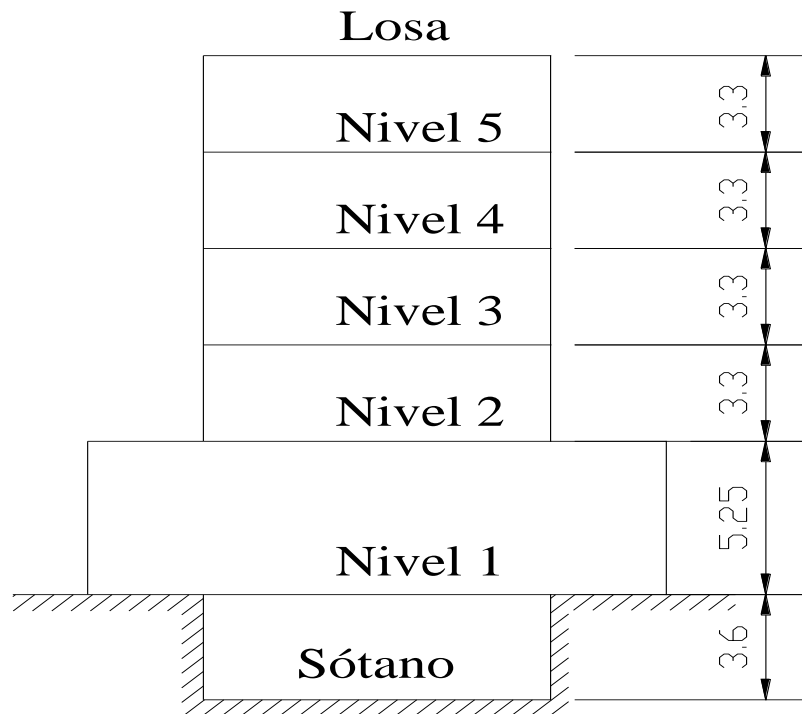


Fig. 4. 13 Esquema de la elevación lateral sur-norte.

El antiguo edificio de Correos de El Salvador fue construido en el año de 1972 y fue dañado por el sismo ocurrido el 10 de octubre de 1986 y por los sismos ocurridos en 13 de enero y febrero. El entrepiso que presenta los elementos estructurales verticales más dañados es el primero y la dirección en la que se encuentran los elementos más dañados es la Este-Oeste. Existen elementos que presentan daños muy severos, el caso más grave lo representa una columna en el primer nivel, la cual tiene una grieta en el tercio superior, que atraviesa toda la sección.

Los daños en las paredes perimetrales de relleno (en todos los niveles menos el primero), son muy severos ya que existen dislocamientos y caída de unidades de ladrillo de arcilla, debido a fuerzas cortantes y tensión diagonal generada posiblemente por la interacción marco-pared. También se observaron agrietamientos y pérdida del recubrimiento e incluso pandeo del refuerzo longitudinal en algunas. La losa no presenta agrietamientos en ningún entrepiso. Los daños en el segundo nivel son menores que en el primero, en el caso de los elementos estructurales, en las columnas sólo se observó el desprendimiento del repello, en las vigas se observó pequeñas fisuras. En cuanto al cielo falso, este ha caído en todos los niveles y aún quedan unos paneles que pueden caer al producirse otro sismo. La ventanearía, sufrió pocos daños.

El cuerpo de escaleras, está separado de la estructura principal a través de juntas de construcción, presenta algunas pequeñas grietas en la zona de gradas y descanso y la pérdida de algunas unidades de ladrillo de piso con el que las recubrieron. También estas raramente obstruidas por el cielo falso, y cajas de cartón. El edificio no presenta problemas en sus cimientos, ni en sus alrededores. No hay existencia de taludes cerca de la edificación.

#### **4.3.2. Rellenado del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación de emergencia.**

En las siguientes secciones se mostrará la manera en la que se rellenará el formulario de inspección para el caso del ex edificio de Correos de El Salvador, en el anexo D se muestra el formulario lleno.

#### 4.3.2.1. Encabezado.

La fecha del evento que dio origen a la inspección son los sismos del 13 de enero y del 13 de febrero del 2002 (se tomará la última fecha, 13/02/2002). El número que le corresponde al formulario según la Tabla 1 y a la Tabla 2 y asumiendo que es la primera inspección de segunda brigada, es el 0614-1002-1.

COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMAMANTE	FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POST-SISMO	COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMAMANTE
Fecha del evento: <u>13/02/2002</u> CÓDIGO DE INSPECCIÓN: <u>0614-1002-1</u> N° Correlativo: <u>00002</u>		

#### 4.3.2.2. Sección 1 “Inspectores y fecha de la inspección.”

Los inspectores de esta evaluación son el autor del trabajo de graduación apoyado por dos profesionales más, para completar el número de profesionales, que se sugiere en la metodología y se eligió al profesional con mayor experiencia como responsable de la brigada.

SECCIÓN 1. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación de emergencia)	
Responsable de la brigada:	
Profesión y nombre completo:	<u>Ing. Luis Manrique Aguilar Sanabria</u> F.
Otros inspectores:	
Profesión y nombre completo:	<u>Arg. Federico Manrique Castro Rosales</u> F.
Profesión y nombre completo:	<u>Carlos Vladimir Nayuno Gálvez (Eq. Ing.)</u> F.
Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa):	<u>26/04/2008</u> Hora (24 Hrs.): <u>09:15</u>



### 4.3.2.3. Sección 2 “Identificación de la edificación.”

El nombre del edificio es Edificio Nacional de Correos de El Salvador y está ubicado en la final de la 5ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, en el Departamento y Municipio de San Salvador y su año de construcción es de 1972. Debido a que no se contaba con los medios para obtener un navegador GPS, no se pudo tomar las coordenadas del edificio tal como se muestra a continuación.

SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Departamento: San Salvador  
Municipio: San Salvador

Coordenadas (GPS) de la edificación: X= \_\_\_\_\_ Y= \_\_\_\_\_ Z= \_\_\_\_\_

Dirección: Final 15ª calle Poniente y diagonal Universitaria, Centro de Gobierno  
Nombre Edificio: Nacional de Correos de El Salvador

AÑO DE CONSTRUCCIÓN

1. Antes de 1966    2. De 1966 a 1988    3. De 1989 a 1996    4. A partir de 1997   

Año aproximado de construcción: 1972

### 4.3.2.4. Sección 3 “Descripción de la edificación.”

El edificio tiene aproximadamente 28 metros de frente por 15 de fondo y su uso principal es de oficinas y bodegas, tiene 5 niveles sobre el nivel del terreno y 1 sótano, su sistema estructural está hecho de marcos de concreto reforzado en ambos sentidos y su entepiso lo constituye una losa densa tal como se muestra a continuación.

SECCIÓN 3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Dimensiones aproximadas:

Frente (m): 28.0

Fondo (m): 15.0

Área (m<sup>2</sup>): 420.0

Número de pisos: Sobre el nivel del terreno

5

Sótanos

1

Altura del 1<sup>er</sup> nivel (m): 5.25

Altura del 1<sup>er</sup> sótano: 3.6

Altura del 2<sup>do</sup> nivel (m): 3.20

Altura del 2<sup>do</sup> sótano: -

Altura total (m): 18.45

USO PRINCIPAL DE LA EDIFICACIÓN Y LA PLANTA BAJA:

1. Residencial 2. Salud 3. Educacional 4. Comercial 5. Hotelero 6. Oficinas 7. Industria  
 8. Gubernamental 9. Bodegas 10. Estacionamientos 11. Histórico 12. Gimnasio  
 13. Servicios de emergencia 14. Otros

Uso de la edificación

8

6

9

Observaciones: \_\_\_\_\_

Uso de la planta baja

6

Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL

1. SISTEMA DE MARCOS:

- 1.1 Concreto 1.2 Acero 1.3 Madera

2. SISTEMA DE PAREDES:

- 2.1 Concreto 2.2 Mampostería confinada 2.3 Mampostería reforzada 2.4 Mampostería sin refuerzo 2.5 Adobe  
 2.6 Bahareque 2.7 Madera

3. SISTEMA COMBINADO DE PAREDES Y MARCOS:

- 3.1 Marcos de concreto y paredes de concreto 3.2 Marcos de concreto y paredes de mampostería sin refuerzo  
 3.3 Marcos de concreto y paredes de mampostería reforzada 3.4 Marcos de concreto y paredes de mampostería confinada  
 3.5 Marcos de acero y paredes de concreto 3.6 Marcos de acero y paredes de mampostería sin refuerzo  
 3.7 Marcos de acero y paredes de mampostería reforzada 3.8 Marcos de acero y paredes de mampostería confinada

4. OTROS

Sistema estructural en la dirección longitudinal

/ /

Sistema estructural en la dirección transversal

/ /

Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA DE ENTREPISO

1. CONCRETO:

- 1.1 Losa densa 1.2 Losa pre-fabricada 1.3 Losa reticular

2. ACERO:

- 2.1 Viga de alma llena con conectores 2.2 Viga de alma llena sin conectores 2.3 Metal deck

4. MADERA

5. OTROS

Sistema de entrepiso

/ /

Observaciones: \_\_\_\_\_

### 4.3.2.5. Sección 4 “Estado del daño de la edificación.”

La evaluación del estado del daño de la edificación, se inicia con la evaluación de la inestabilidad global. En la descripción general de la edificación se mencionan la existencia de una columna que presenta una falla posiblemente por cortante, además se tienen dudas en cuanto a la existencia de pisos inclinados, ya que en algunos ángulos parece que si la hay, pero en otros no se ve muy clara la inclinación de algunos niveles. También hay algunos elementos estructurales y varios elementos no estructurales con daños severos.

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN  
4.1 INESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN

Condiciones de colapso: 1. Total 2. En elementos estructurales puntuales 3. No existe 2

Inclinación de la edificación o de algún nivel: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe 2

Daños severos en elementos estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe 3

Daños severos en elementos no estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe 2

Luego se pasa a evaluar el nivel de riesgo que los daños representan para la inestabilidad de la edificación, con la ayuda de la Tabla 3.6 (ver anexo B) y a establecer las recomendaciones pertinentes.

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD GLOBAL (basado en los 4 aspectos anteriores):

Bajo       Medio       Alto       Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas     Apuntalar     Soporte lateral     No entrar     Evacuar edificación

Evaluación detallada de elementos estructurales     Evaluación detallada de elementos no estructurales

Demoler elementos NO estructurales en peligro de caer     Evaluación de ingeniería

El nivel de riesgo en el caso del edificio de Ingeniería Industrial es, el nivel **ALTO**, ya que existe una columna que podría colapsar ante la acción de otro sismo y se tiene la existencia de daños considerables en elementos estructurales y no estructurales y de acuerdo a los criterios de la Tabla 3.6 (anexo B) le corresponde ese nivel. En cuanto al apartado de problemas geotécnicos; la edificación y sus alrededores no presentan evidencias de asentamientos y en los alrededores de la edificación no se encuentran taludes ni tampoco edificaciones inestables (en peligro de colapsar).

#### SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

##### 4.2 CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Asentamiento de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Presencia de grietas en el suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Levantamiento del piso al interior y exterior de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Presencia de fugas de agua en el interior o exterior de la edificación: Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Falla en talud o movimiento masivo del suelo: 1. General 2. Puntual 3. No existe

3

Origen: 1. Producido por el sismo 2. Agravado por el sismo 3. Pre-existente 4. Existen dudas

-

Presencia de grietas en la cresta o cabeza del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Presencia de surcos a lo largo de la pendiente del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Cicatrices o huellas de deslizamientos anteriores: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Afloramiento o aporte de agua en el talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Inclinación de árboles que evidencien movimiento de masa de suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Caída de rocas, bloques o masas de suelo del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

##### 4.3 FACTORES EXTERNOS

Peligro por inestabilidad (colapso) de edificaciones vecinas: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Al igual que en el caso de la inestabilidad global se determinará el riesgo por problemas geotécnicos con la Tabla 3.7 (anexo B) y como no existen problemas de origen geotécnicos no se indicará recomendación alguna.

El nivel que le corresponde al edificio es el de **BAJO**, como puede observarse en la Tabla 3.7 (anexo B), ya que no se produjeron daños en la edificación por problemas geotécnicos.

#### **4.3.2.6. Sección 5 “Clasificación de la habitabilidad.”**

Con el nivel de riesgo por inestabilidad global y con el nivel de riesgo por problemas geotécnicos establecidos, se determinará la clasificación de habitabilidad.

Según la tabla 3.8 (ver anexo B), la clasificación de habitabilidad que le corresponde al edificio, al presentar un nivel de riesgo por inestabilidad alto y un nivel de riesgo por problemas geotécnicos bajo, es el de una habitabilidad de **NO HABITABLE**.

---

#### SECCIÓN 5. CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD

- HABITABLE “rótulo VERDE” (Cuando ambos riesgos fueron determinados bajos)
  - USO RESTRINGIDO “rótulo AMARILLO” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo medio)
  - NO HABITABLE “rótulo NARANJA” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo alto)
  - INSEGURA “rótulo ROJO” (Cuando se tiene al menos 1 riesgo muy alto)
- 

#### **4.3.2.7. Sección 6 “Tipo de inspección y ocupación de la edificación.”**

La inspección, fue completa, es decir que fue una combinación de la exterior completa y la interior completa. Se determinó que el piso con los elementos estructurales verticales más dañado es el primero. Al momento de la inspección, la edificación no estaba habitada.

SECCIÓN 6. TIPO DE INSPECCIÓN, NIVEL MÁS DAÑADO Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Exterior parcial  Exterior completa  Interior parcial  Interior completa

Nivel con los elementos estructurales verticales más dañados (letra y número en paréntesis): Primero (1<sup>º</sup>)

Al momento de la inspección la edificación o parte de ella estaba habitada:  SI  NO

Observaciones:

**4.3.2.8. Sección 7 “Comentarios.”**

En la columna izquierda (sección) se ha colocado el número 4 para indicar que, los comentarios que se hacen corresponden a esta sección 4: “Estado del daño de la edificación” del formulario de inspección de campo para la etapa de evaluación de emergencia.

SECCIÓN 7. COMENTARIOS	
Sección	Comentarios
4	El Edificio No es Habitable, debido a que los daños que presentan las columnas y vigas del 1 <sup>º</sup> nivel, en el caso de la 5 <sup>ta</sup> columna (de Este a Oeste) del eje que está más al norte, ésta ha fallado, ya que presenta una fractura que atraviesa toda la sección (con una inclinación aprox. de 45°) en el tercio superior, además, se observa el pandeo de las varillas de refuerzo (debido a la caída del revello y recubrimiento). Existen también varias paredes (entre el 50 y 75%) de relleno con daños muy severos, así como la falla del cielo falso (caída) y su sistema de suspensión. El acabado de mármol de las paredes laterales (al Este y Oeste) ha caído y hay piezas en peligro de caer por lo que debe restringirse el paso de personas en los alrededores.

#### 4.3.2.9. Sección 8 “Persona para contacto.”

La persona responsable del edificio, es el Lic. Santamaría.

---

SECCIÓN 8. PERSONA PARA CONTACTO (preferiblemente el propietario)

Nombre completo: Lic. René Santamaría DUI: \_\_\_\_\_

Teléfono fijo: 2555-7600 Tel. Móvil \_\_\_\_\_ Propietario o inquilino: Administrador

---

#### 4.3.2.10. Sección 9 “Persona del Comité Interinstitucional

##### Permanente que recibe el formulario.”

Como persona que recibe el formulario se ha colocado al autor de este trabajo de graduación. El código del archivo en el que se guarda el formulario y las fotografías, correspondiente al edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial según la metodología es: 00002-0614-10002-1.

1. 00002: el número correlativo del formulario.
2. 0614: el código correspondiente al Departamento y al Municipio en el que se encuentra la edificación, según el catastro nacional.
3. 1002: es el número de la brigada de inspección que inspeccionó la edificación.
4. 1: corresponde al número de inspección correlativa de la brigada.

---

SECCIÓN 9. PERSONA DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE QUE RECIBE EL FORMULARIO

Nombre completo: Carlos Vladimiro Najarro Galvez F. \_\_\_\_\_

Archivo en el que se guarda el formulario y las fotos: 00002-0614-1002-1

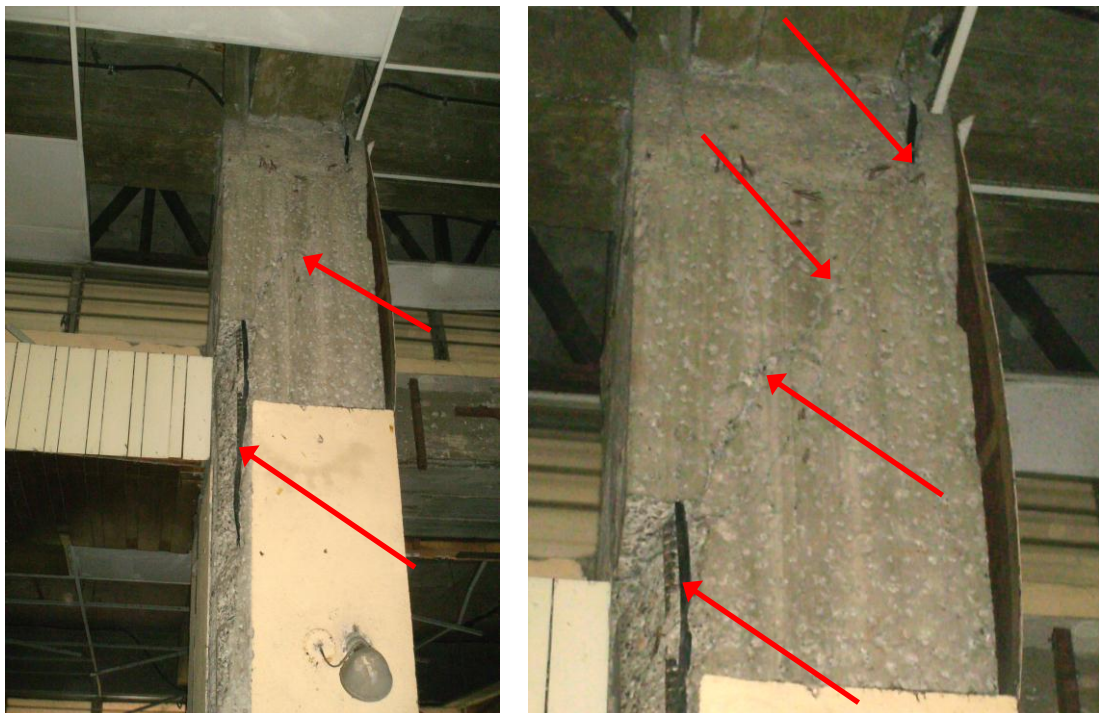
Número de Fotos: 07 Fotos de la 01 a la 07

---

De la Fig. 4. 14 a la Fig. 4. 20 se muestran las fotografías más representativas e importantes tomadas al edificio de Correos.



**Fig. 4. 14 Fachada lateral del edificio de correos, en la que se observa el recubrimiento (aparentemente de mármol) que representa un peligro, ya que puede caer debido a su gran peso.**



**Fig. 4. 15 Falla de la columna del primer nivel, la cual está propensa a colapsar por la acción de otro sismo.**

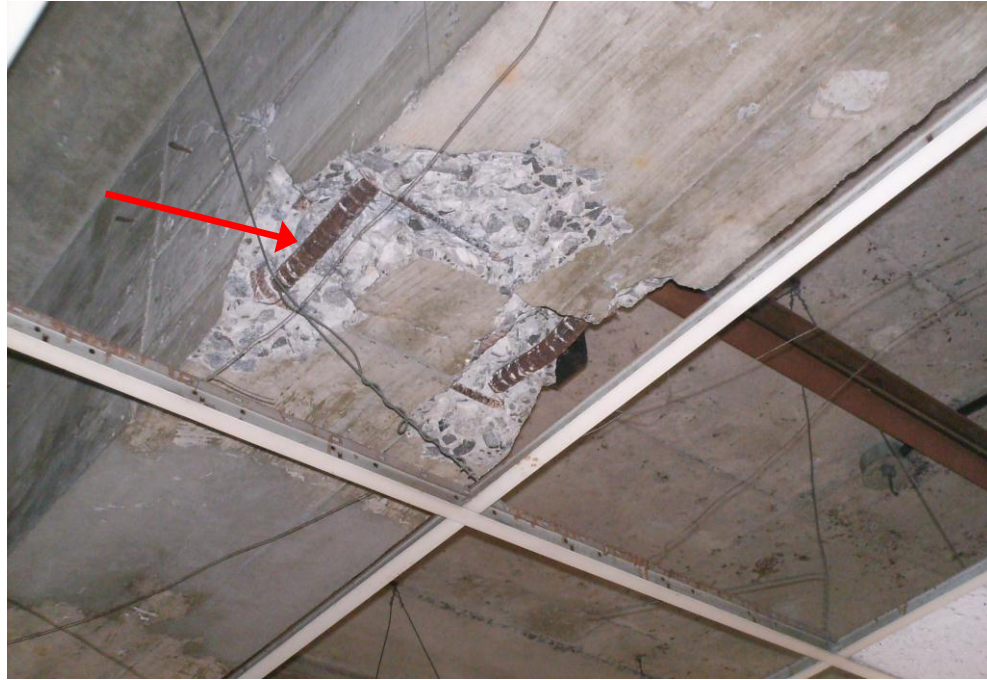




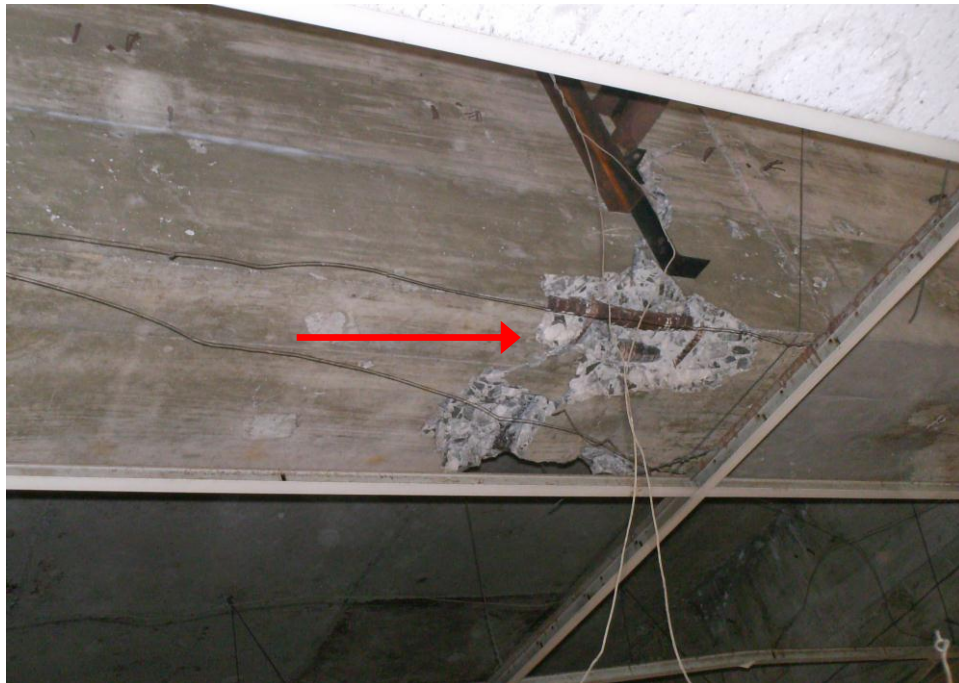
**Fig. 4. 16 Pared de relleno que ha fallado, posiblemente por las fuerzas cortantes generadas por la interacción con el marco.**



**Fig. 4. 17 Pared colapsada, además se evidencia que el edificio aún sigue siendo utilizado como bodega (para guardar llantas).**



**Fig. 4. 18** Daño severo en viga y el cielo falso del primer entrepiso (que corresponden al segundo nivel).



**Fig. 4. 19** Daño severo en viga y el cielo falso del primer entrepiso (que corresponden al segundo nivel).



**Fig. 4. 20** Miembros de la brigada 1002 realizando la inspección del edificio junto con otras brigadas.

De acuerdo a la metodología propuesta, al ex edificio de Correos de El Salvador, se le debe colocar el rotulo de No habitable (color naranja) y someterlo a una **Evaluación de Ingeniería**, como lo indica la metodología propuesta en este trabajo de graduación (Fig. 3. 4 Esquema de la metodología para la evaluación de emergencia).

A continuación se muestra el rotulo de habitabilidad (**No Habitable**) con la información que debe presentarse, es importante observa que, en este rotulo no aparecen los nombres y firmas de las personas que realizaron la evaluación, ya que se considera que este tipo de información es confidencial y únicamente debe ser manejada por el Comité Interinstitucional Permanente.

COMITÉ  
INTERINSTITUCIONAL  
PERMANENTE.

## NO HABITABLE

COMITÉ  
INTERINSTITUCIONAL  
PERMANENTE.

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

La Edificación presenta una columna que ha fallado y daños de fuertes a moderados en pocos elementos estructurales, pero severos en pocas paredes de relleno laterales de Fachada.

Tipo de evaluación:

De Emergencia

La evaluación fue:

Interna  
 Externa  
 Completa

La entrada a la edificación es:

Permitida  
 Restringida  
 No permitida

Nombre de la edificación y dirección: Ex-Fab-

rizo de Contos de El Salvador  
final 5º calle poniente y prolonga-  
ción diagonal Universitaria, C. de Gds

Recomendaciones: Se recomienda No En-

trar en el edificio, remover los ele-  
mentos No estructurales en peligro de  
caer (acabado de marmol), Apuntalar  
de inmediato la columna que ha  
Fallado y realizar la evaluación  
de Ingeniería

Código de Inspección: 0614 - 1002 - 1

Fecha (D, M, A): 26 / 04 / 2008

Hora (24:00): 9:15

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.

Luego de colocar el rotulo de habitabilidad, el personal evaluador deberá clasificar, de acuerdo a su habitabilidad (habitabile, uso restringido, no habitabile e insegura (peligro de colapso)), los formularios de inspección de campo de cada una de las edificaciones evaluadas, para facilitar el trabajo de selección de las edificaciones que deben ser sometidas a la evaluación detallada (en este caso no es necesaria).

---

***CAPITULO V***

---

**5. “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”**

## CONCLUSIONES.

1. A pesar de los más recientes esfuerzos que se hacen en investigaciones relacionadas con la sismorresistencia (con ayuda extranjera) y la evaluación de los daños en edificaciones causadas por terremotos, es necesario que la Universidad de El Salvador participe en estudios de esta área para adquirir experiencia en tal campo y contribuir de esa manera con su compromiso social.
2. Para que la Universidad de El Salvador aumente las investigaciones relacionadas con la sismoresistencia y la evaluación de los daños en edificaciones causadas por terremotos, es necesario que el Estado aumente el presupuesto de la universidad en el rubro de investigación técnica.
3. La metodología propuesta en este tema de estudio considera los aspectos más importantes que deben ser incluidos para realizar una evaluación de los daños en las edificaciones post-sismo (correspondiente a las etapas de emergencia y detallada).
4. La presente metodología representa una herramienta que puede ser usada por los profesionales de la ingeniería civil y arquitectura para realizar la evaluación de los daños en edificaciones causados por un terremoto generado en el país.
5. La metodología propuesta es una contribución en nuestro país para uniformizar criterios y procedimientos para la evaluación de edificaciones post-sismo.
6. Con la realización de los ejemplos prácticos se demostró la efectividad de la metodología propuesta para la evaluación de los daños en las edificaciones post-sismo.
7. Se determinó que las dos edificaciones evaluadas no pueden ser habitadas hasta que se les realice una evaluación de ingeniería que indique el tipo de intervención que se les debe aplicar para su rehabilitación.
8. Por muy sofisticada y refinada que se diseñe una metodología para evaluar los daños en edificaciones post-sismo, nunca sustituirá el criterio que los profesionales encargados de aplicarla tengan por su experiencia técnica.

9. Es necesario una capacitación permanente a los profesionales que se encargarán de realizar las evaluaciones. De ninguna manera, un manual o metodología de evaluación de daños en edificios post-sismo podrá sustituir el entrenamiento continuo de los profesionales.

## **RECOMENDACIONES.**

1. La metodología propuesta debe ser enriquecida con los conocimientos que, en materia de ingeniería sísmica y particularmente en la evaluación de edificaciones post-sismo, se tengan en los años venideros.
2. Las tablas en las que se describen los diferentes niveles de daños (que se presentan en el anexo B), se vayan calibrando y mejorando con la experiencia de más profesionales en el área de la evaluación de daños en edificaciones post-sismo, así como con la experiencia de los daños que se producen en las edificaciones post-sismo en otros países y en el nuestro.
3. Que se hagan las gestiones necesarias para realizar un trabajo de graduación entre las Escuela de Ingeniería Civil y la Escuela de Sistemas Informáticos de la Universidad de El salvador, en el que se conjuguen los conocimientos de la Ingeniería Civil en la evaluación de daños en edificaciones post-sismo y los conocimientos informáticos, para elaborar un programa asistido por computadoras, que sea capaz de considerar y procesar todos los criterios de evaluación de daños (lingüísticos y numéricos) y que dé como resultado el nivel de riesgo (de inestabilidad global, de las condiciones geotécnicas, de los daños en los elementos estructurales y en los elementos no estructurales) y la clasificación de habitabilidad de una edificación, para facilitar a los profesionales la toma de decisión. Inclusive el programa podría tener una base de datos de los diferentes niveles de daños en una edificación, que se pueden esperar por un sismo, para que los profesionales la puedan consultar.
4. Utilizar para la evaluación de campo agendas portátiles con navegadores GPS que sean capaces de presentar y poder completar de manera digital, las hojas del formulario de inspección de campo que se ha propuesto en este trabajo, para



manejar de manera más eficiente los recursos y reducir la acumulación de archivos físicos de los levantamientos y el peligro que se puedan extraviar estos archivos y por ende perder esta valiosa información, como sucedió con la información de las evaluaciones realizadas por el terremoto del 10 de octubre de 1986.

5. El personal de informática del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU), que elaboró la base de datos y el sistema de consulta y procesamiento de datos (e-vivienda), para viviendas dañadas, incluya los criterios para evaluar los daños en las edificaciones, los criterios para indicar los diferentes niveles de riesgo (por inestabilidad global, para las condiciones geotécnicas, por daños en elementos estructurales y por daños en elementos no estructurales) así como los criterios de habitabilidad utilizados en este trabajo de graduación, en su ficha técnica para mejorarla y ampliarla, ya que actualmente está enfocada únicamente para viviendas familiares.
6. El Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) debe canalizar los esfuerzos necesarios, para garantizar que el resto del personal de informática de las diferentes instituciones que intervendrán en la evaluación de las edificaciones dañadas por un terremoto, se familiaricen y manejen correctamente el sistema e-vivienda, para apoyar al personal del VMVDU al momento de ingresar y procesar la información de las evaluaciones.
7. Las instituciones que se han considerado para integrar el Comité Interinstitucional Permanente, deben coordinarse para mantener un entrenamiento permanente de los profesionales en la evaluación de los daños en las edificaciones post-sismo. Que las credenciales que emitan, en las que autorizan a los profesionales para realizar las evaluaciones en las edificaciones dañadas, tenga una fecha de vencimiento de dos años, para garantizar que los profesionales se actualicen con los últimos avances en lo que respecta a la evaluación de daños en edificaciones debido a terremotos.

8. La creación de un decreto que permita la inspección en lugares abiertos al público, aunque sean de propiedad privada
9. La creación de un decreto para evitar que exista un conflicto de funciones entre el Comité Técnico para la Seguridad Estructural y el Consejo Asesor del Sistema de Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres en cuanto a la coordinación para realizar las evaluaciones de edificios dañados por terremotos.

---

***REFERENCIAS***

---

## REFERENCIAS.

1. ACI-ASCE Committee 326, 1962, "Shear and Diagonal Tension", Libro, USA, Vol. 59, n° 2, pags. 277-333.
2. ACI-ASCE Task Committee 426, 1973, "The Shear strength of Reinforced Concrete Members", Libro, USA, Vol. 99, n° ST6, pags. 1091-1187.
3. ACI-ASCE Task Committee 426, 1974, "The Shear strength of Reinforced Concrete Members-Slabs", Libro, USA, Vol. 100, n° ST8, pags. 1543-591.
4. ACI, 1974, "Shear in Reinforced Concrete", Libro, USA, Vol.1 and 2.
5. Bresler and MacGregor, 1962, "Review of Concrete Beams Failing in Shear", Libro, USA, Vol. 93, n° ST1, pags. 343-372.
6. Christopher Arnold y Robert Reitherman, 1987, "Configuración y diseño sísmico de edificios", Libro, Editorial Limusa, México, D. F., Pág. 239.
7. Dowrick, D. J., 1978, "Diseño de Estructuras Resistentes a Sismos para Ingenieros y Arquitectos", Libro, México, Capitulo 4,5 y 6.
8. Gallegos, H., D. Vasconcelos, T. Sánchez, 1999, "Edificaciones de Mampostería para Vivienda", Libro, México, Capítulo 7.
9. Gallegos, H., D. Vasconcelos, T. Sánchez et al., 1999, "Edificaciones de Mampostería para Vivienda", Libro, Fundación ICA, A.C. México, Capítulo I y II, Pág. 3-14, 35-40.
10. Glogau, O. A., 1974, "Masonry Performance in Earthquakes", Libro, N. Z., pags.149-166.
11. Herraíz, M; 1997, "Conceptos Básicos de Sismología para Ingenieros", Libro, Lima Perú, Págs. 1-93.
12. Iglesias J., Jesús; Robles F, Francisco; De la Cera, José; Gonzáles C., Oscar, 1985, "Reparación de estructuras de Concreto y mampostería", Libro, México, Capítulo 3.
13. Kuroiwa, Julio; 2002, "Reducción de desastres", Libro, Lima, Perú.
14. Nilson, Arthur H., junio; 2001, "Diseño de estructuras de concreto", Libro, Bogota, Colombia; pags. 222-229.

15. Nilson, Arthur H., junio; 2001, "Diseño de estructuras de concreto", Libro, Bogota, Colombia; pags. 105-111.
16. Organización Panamericana de la Salud, 2000, "Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud", Libro, Washington, D.C, USA, Capítulos 2 y 3.
17. Organización Panamericana de la Salud, 2004, "Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud", Libro, Washington, D.C, USA, Pág. 11.
18. Salmon G. & Johnson J., 1996, "Steel Structures, Design and Behavior", Libro, Harper Collins Publishers
19. Suárez Díaz, Jaime, 1998, "Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales", Libro, Universidad Industrial de Santander (UIS), Colombia, Capítulos 1 y 9.
20. Arévalo, C; Arévalo E; Cortés, J; Marroquín E; 2002, "Propuesta de Guía para la Evaluación y Reparación de Daños Causados por Sismo en Edificios", Tesis; UAE, El Salvador, Págs. 47-52.
21. Alberti Arroyo, José Roberto; Canales Bernal, Rodolfo Ernesto; Sandoval, Brenda Hazel Elizabeth, 2006, "Técnicas de Mitigación para el Control de Deslizamientos en Taludes y su Aplicación a un Caso Específico", Tesis, Universidad de El salvador, UES; Ciudad Universitaria, El Salvador.
22. Elias Campos, Lisette Emperatriz, Hernández Gutiérrez, Manual de Jesús y Lara Martínez, Miguel Ángel, 1996, "Evaluación de Daños y Rediseño Estructural del Edificio de la Escuela de Ingeniería Mecánica", Tesis, UES; Ciudad Universitaria, El Salvador.
23. Granados y Lemus, agosto de 2003 "Evaluación de daños típicos en edificaciones en el área metropolitana de San. Salvador ante los sismos ocurridos en 1986 y 2001", Tesis, UES; Ciudad Universitaria, El Salvador.

24. Asociación Salvadoreña de Ingenieros y arquitectos, Ministerio de Obras Públicas, 1996, “Norma Técnica para Diseño de Cimentaciones y Estabilidad de Taludes” Norma, San Salvador, El salvador.
25. Asociación Salvadoreña de Ingenieros y arquitectos, Ministerio de Obras Públicas, 1996, “Norma Técnica para Diseño por Sismo” Norma, San Salvador, El salvador.
26. Asociación Salvadoreña de Ingenieros y arquitectos, Ministerio de Obras Públicas, 1996, “Norma Técnica para Diseño y Construcción de estructuras de Concreto” Norma, San Salvador, El salvador.
27. Asociación Salvadoreña de Ingenieros y arquitectos, Ministerio de Obras Públicas, 1996, “Norma Técnica para Diseño y Construcción de estructuras de Mampostería” Norma, San Salvador, El salvador.
28. Masonry Standards Joint Committee (MSJC), 2002, “Commentary on Specification for Masonry Structures”, Codigo USA, pág. CC-9.
29. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, junio de 2003, “Manual de Campo para la Evaluación de Edificaciones después de un Sismo” Manual, Manizales, Colombia
30. Campos, Ana, Guzmán, Jaime (Sociedad de Ingenieros del Quindío), 2002 “Manual para el diligenciamiento del formulario para evaluación geotécnica” Manual, Armenia, Colombia.
31. Hernández Flores, Héctor David, 2008 “Manual de evaluación post-Sísmica de Edificaciones de El Salvador” Manual, El salvador.
32. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998, “Manual de Evaluación Postsísmica de la seguridad Estructural de Edificaciones”, Manual, Secretaría de Obras y Servicios Gobierno del Distrito Federal, México D.F.
33. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, junio de 2003, “Proyecto de evaluación de edificaciones afectadas por sismo en Manizales/ Descripción y comparación de las principales metodologías existentes a nivel internacional y nacional sobre evaluación de daños después de un sismo” Memorias, Manizales,

Colombia; Págs. 1-30.

34. Bommer, J., Benito, B., Ciudad-Real, M., Lemoine, A., López, M., Maradiaga, R., Mankelov J., Méndez, P., Murphy, W., Nieto-Lovo, M., Rodríguez, C. y Rosa, H., 2001, “The El Salvador Earthquakes of January and February 2001: Context, characteristics and implications for seismic risk”, Memory, El Salvador
35. Avalos C., Juan José , 1986, “Trabajo de investigación sobre los daños presentados en el centro de San Salvador debido al sismo de 1986, para la cátedra de estructuras (Arquitectura) de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador”, Reporte , Ciudad Universitaria, El Salvador.
36. López Menjivar, M. A., Andrade Cruz, R. A., Escobar Flores, C. A., Flores Alvarado, A. V., Nieto Lovo, M. R., Mayo de 2001, “Reporte de los Eventos Sísmicos Ocurridos El Primer Trimestre de 2001 en El Salvador”, Reporte, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, Pág. 19.
37. Rosenblueth, E, 1965, “The San Salvador earthquake of 3 May 1956”, Engineering Report to UNESCO, Págs. 18-19 y 72.
38. SAC Joint Venture, Junio 200, “Recommended Seismic Evaluation and Upgrade Criteria for Existing Welded Steel Moment-Frame Buildings” Report No FEMA-351, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C, USA, Págs. 2-1 – 2-18.
39. SAC Joint Venture, Junio 200, “Recommended Postearthquake Evaluation and Repair Criteria for Welded Steel Moment-Frame Buildings”, Report No FEMA-352, Washington, D.C, USA, Págs. 2-9.
40. Bommer J; 1996 “Sismos, Urbanización y riesgo sísmico en San Salvador” Informe, San Salvador, El Salvador; Págs. 2-11.
41. Bommer, J; Salazar, W; Samayoa, R; 1998 “Riesgo Sísmico en la Región Metropolitana de San Salvador”, Informe, San Salvador, El Salvador; Págs. 1-32.

42. Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos, febrero 1988, “Experiencia del sismo del 10 de octubre de 1986”, Documento del Seminario de Ingeniería Sísmica, El Salvador.
43. Bommer, J; López, M; Pinho, R; 2004 “ Seismic hazard assessments, seismic design codes, and earthquake engineering in El Salvador”, Special Paper, Colorado, Geological Society of America.
44. Bommer, J.J. & S.R. Ledbetter, 1987, “The San Salvador earthquake of 10 October 1986”. Disasters, Volumen 11, pag. 83-95.
45. Bommer, Julian, Salazar, Walter, Samayoa Ricardo, 1998, “Riesgo Sísmico en la Región Metropolitana de San Salvador”, Documento de trabajo, PRISMA, El Salvador, pags. 28-51.
46. Rymer, M.J., 1987, “The San Salvador earthquake of October 10, 1986 - geologic aspects. Earthquake Spectra”, Vol. 3, pags. 435-463
47. Rymer, M.J. & R.A. White, 1989, “Hazards in El Salvador from earthquake induced landslides. Brabb & Harrod eds., Landslides: extent and economic significance, Balkema, Rotterdam, pags.105-109.
48. The Applied Technology Council, ATC, 1998, “Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings”, Technical Resources, Federal Emergency Management Agency, California, USA, Pág. 11.



---

***ANEXOS***

---

---

**ANEXO A**

---

**“FORMULARIOS DE INSPECCIÓN UTILIZADOS  
PARA ELABORAR EL FORMULARIO DE  
INSPECCIÓN DE CAMPO PROPUESTO”**

✓ **ATC-20.**

✓ **FORMAS PARA INSPECCIÓN POSTSÍSMICA-SOICEDAD  
MEXICANA DE INGENIERÍA SÍSMICA.**

✓ **FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE EMERGENCIA-  
MOP/ASIA/FESIARA.**

# ATC-20 Rapid Evaluation Safety Assessment Form

## Inspection

Inspector ID: \_\_\_\_\_ Inspection date and time: \_\_\_\_\_  AM  PM  
 Affiliation: \_\_\_\_\_ Areas inspected:  Exterior only  Exterior and interior

## Building Description

Building name: \_\_\_\_\_

Address: \_\_\_\_\_

Building contact/phone: \_\_\_\_\_

Number of stories above ground: \_\_\_\_\_ below ground: \_\_\_\_\_

Approx. "Footprint area" (square feet): \_\_\_\_\_

Number of residential units: \_\_\_\_\_

Number of residential units not habitable: \_\_\_\_\_

## Type of Construction

Wood frame  Concrete shear wall  
 Steel frame  Unreinforced masonry  
 Tilt-up concrete  Reinforced masonry  
 Concrete frame  Other: \_\_\_\_\_

## Primary Occupancy

Dwelling  Commercial  Government  
 Other residential  Offices  Historic  
 Public assembly  Industrial  School  
 Emergency services  Other: \_\_\_\_\_

## Evaluation

Investigate the building for the conditions below and check the appropriate column.

### Observed Conditions:

Collapse, partial collapse, or building off foundation  
 Building or story leaning  
 Racking damage to walls, other structural damage  
 Chimney, parapet, or other falling hazard  
 Ground slope movement or cracking  
 Other (specify) \_\_\_\_\_

Minor/None

Moderate

Severe

### Estimated Building Damage

(excluding contents)

None

0-1%

1-10%

10-30%

30-60%

60-100%

100%

Comments: \_\_\_\_\_

## Posting

Choose a posting based on the evaluation and team judgment. *Severe* conditions endangering the overall building are grounds for an Unsafe posting. Localized *Severe* and overall *Moderate* conditions may allow a Restricted Use posting. Post INSPECTED placard at main entrance. Post RESTRICTED USE and UNSAFE placards at all entrances.

**INSPECTED** (Green placard)  **RESTRICTED USE** (Yellow placard)  **UNSAFE** (Red placard)

Record any use and entry restrictions exactly as written on placard: \_\_\_\_\_

## Further Actions

Check the boxes below only if further actions are needed.

Barricades needed in the following areas: \_\_\_\_\_

Detailed Evaluation recommended:  Structural  Geotechnical  Other: \_\_\_\_\_

Other recommendations: \_\_\_\_\_

Comments: \_\_\_\_\_

# ATC-20 Detailed Evaluation Safety Assessment Form

## Inspection

Inspector ID: \_\_\_\_\_  
 Affiliation: \_\_\_\_\_  
 Inspection date and time: \_\_\_\_\_  AM  PM

## Final Posting from page 2

- Inspected  
 Restricted Use  
 Unsafe

## Building Description

Building name: \_\_\_\_\_  
 Address: \_\_\_\_\_  
 Building contact/phone: \_\_\_\_\_  
 Number of stories above ground: \_\_\_\_\_ below ground: \_\_\_\_\_  
 Approx. "Footprint area" (square feet): \_\_\_\_\_  
 Number of residential units: \_\_\_\_\_  
 Number of residential units not habitable: \_\_\_\_\_

## Type of Construction

- Wood frame  
 Steel frame  
 Tilt-up concrete  
 Concrete frame  
 Concrete shear wall  
 Unreinforced masonry  
 Reinforced masonry  
 Other: \_\_\_\_\_

## Primary Occupancy

- Dwelling  
 Other residential  
 Public assembly  
 Emergency services  
 Commercial  
 Offices  
 Industrial  
 Other: \_\_\_\_\_  
 Government  
 Historic  
 School

## Evaluation

Investigate the building for the conditions below and check the appropriate column. There is room on the second page for a sketch.

	Minor/None	Moderate	Severe	Comments
<b>Overall hazards:</b>				
Collapse or partial collapse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Building or story leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Structural hazards:</b>				
Foundations	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Roofs, floors (vertical loads)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Columns, pilasters, corbels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Diaphragms, horizontal bracing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Walls, vertical bracing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Precast connections	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Nonstructural hazards:</b>				
Parapets, ornamentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Cladding, glazing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Ceilings, light fixtures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Interior walls, partitions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Elevators	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Stairs, exits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Electric, gas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Geotechnical hazards:</b>				
Slope failure, debris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Ground movement, fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

**General Comments:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA SISMICA.**  
**Forma para inspección postsísmica. Evaluación rápida.**

**Identificación del edificio**

Zonificación propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Colonia: \_\_\_\_\_

Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azoteas y mezanines) \_\_\_\_\_

Sótanos            Si             No             Núm \_\_\_\_\_            Desconocido

Uso    Casa habitación     Departamentos     Comercios     Oficinas públicas

          Oficinas privadas     Industrias     Estacionamientos     Bodegas

          Educación     Recreativo     Otro: \_\_\_\_\_

Información adicional \_\_\_\_\_

**Instrucciones**

Revisar la edificación para las condiciones señaladas abajo. Con un *Si* a cualesquiera de las preguntas 1,2,3,4,5, marcar la edificación como *Insegura*. Con un *Si* a las preguntas 6 o 7 marcar *Área Insegura* y colocar barreras alrededor de la zona en peligro. Si en esta evaluación existen dudas se debe marcar *Seguridad en duda*.

**Estado de la edificación**

	Si	No	Existen dudas
1.- Derrumbe total o parcial, edificación separada de su cimentación o falla de ésta. Hundimiento.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.- Inclinación notoria de la edificación o de algún entrepiso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.- Daño en miembros estructurales (columnas, vigas, muros, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.- Daño severo en muros no estructurales, escaleras, etc.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.- Grietas, movimiento del suelo o deslizamiento de talud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.- Pretilos, balcones ú otros elementos en peligro de caer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7.- Otros peligros (derrames tóxicos, líneas rotas, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Fig. 5.1 Forma para evaluación rápida*

## Clasificación global

**Habitable**

Inspección exterior únicamente

Inspección interior y exterior

**Seguridad en duda**

**Insegura**

**Inspectores** (Indicar profesión)

1.- \_\_\_\_\_

2.- \_\_\_\_\_

3.- \_\_\_\_\_

**Fecha de inspección** \_\_\_\_\_

### Recomendaciones

**No se requiere revisión futura**

**Es necesaria evaluación detallada** (señalar) Estructural  Geotécnica  Otra \_\_\_\_\_

**Área insegura** (colocar barreras en las siguientes áreas) \_\_\_\_\_

**Otros** (remover elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.) \_\_\_\_\_

### Comentarios

Explicar los motivos principales de la clasificación \_\_\_\_\_

*Fig. 5.1 Forma para evaluación rápida (continuación)*

## FORMA PARA INSPECCIÓN POSTSÍSMICA. EVALUACIÓN DETALLADA.

### 1. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Dirección \_\_\_\_\_

Colonia \_\_\_\_\_

Zonificación propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación \_\_\_\_\_

• **Posición del edificio en la manzana**

Esquina  Medio  Libre

• **Época de construcción**

Antes de 1957  1957-1985  1985-

• **Área total del edificio (m<sup>2</sup>), todos los niveles** \_\_\_\_\_

• **Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azotea y mezanines)** \_\_\_\_\_

Sótanos \_\_\_\_\_ Mezanines \_\_\_\_\_ Apéndices \_\_\_\_\_

• **Tipo de terreno**

Zona de lago  Transición  Lomas

• **Uso principal**

Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas públicas

Oficinas privadas  Industrias  Estacionamientos  Bodegas

Educación  Recreativo  Salud y protección social

Otro \_\_\_\_\_

• **Información adicional** \_\_\_\_\_

(En la hoja final dibujar planta con grados de daño y algún otro croquis de interés.)

### 2. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA

• **Tipo de cimentación**

Zapatillas

Corridas  Aisladas

Pilotes

De punta con control  De punta sin control  De fricción

Material de fabricación

Madera  Concreto  Acero

Pila de cimentación

Con campana  Sin campana

• **Condiciones de la cimentación**

Cajón inundado (tirante de agua) \_\_\_\_\_

Daños en pilotes de control, desplazamiento entre cabeza y marco de carga \_\_\_\_\_

	Nivel de riesgo		
	A	B	C
	ACEPTABLE	INTERMEDIO	ALTO
- Inclinación notoria de la edificación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Grietas en el suelo o desplazamientos en muros de contención	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Emersión del edificio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Hundimiento del edificio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

• **Material de la estructura**

▪ Concreto reforzado

Colado en el lugar

Prefabricado

▪ Acero

▪ Mampostería

Ladrillo hueco

Concreto

▪ Madera

Ladrillo sólido

Otro \_\_\_\_\_

▪ Otro \_\_\_\_\_



- **Sistema estructural**  
 Marcos  Marcos con muros de concreto  Marcos contraventeados   
 Marcos con muros de relleno de tabique  Marcos de concreto   
 Losa plana reticular, columnas  Mampostería reforzada   
 Muros de tabique sin reforzar, con castillos y dalas  Otro \_\_\_\_\_
  - **Sistemas de piso**  
 Losa maciza con trabes  Losa plana  Prefabricado  Otro \_\_\_\_\_  
 Losa plana reticular  No se sabe  Tipo \_\_\_\_\_
  - **Estructura de techo** (En caso de estructura especial)  
 Acero  Concreto reforzado  Madera  Otro \_\_\_\_\_
  - **Regularidad en planta** Buena  Intermedia  Mala
  - **Regularidad vertical** Buena  Intermedia  Mala
- En casos de clasificación "mala", indicar en los comentarios (hoja final) las características asociadas a esta clasificación (tablas 6.1 y 6.2)
- **Daños previos por sismos** Si  Año \_\_\_\_\_ No  No se sabe
  - **Reparaciones anteriores** Si  Año \_\_\_\_\_ No  No se sabe
- Tipo de reparación \_\_\_\_\_
- **Pérdidas humanas** (Muertos/heridos) Si  No  No se sabe
- Si existen datos  Número de muertos \_\_\_\_\_ Número de heridos \_\_\_\_\_

#### 4. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO O MAMPOSTERÍA

- **Daño de miembros estructurales en el entrepiso** Núm \_\_\_\_\_ (En el entrepiso y en la dirección más dañada)

- **Daño exterior**

- a) Estructuras a base de marcos, losa plana reticular o muro-marco

Número total de columnas exteriores \_\_\_\_\_

Relación en el número de columnas (o vigas) con grado de daño entre el número de columnas exteriores.

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

Daños en muros en estructuras muro-marco

Longitud total de muros exteriores (m) \_\_\_\_\_

Relación de la longitud de muros exteriores con grado de daño entre la longitud total

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

- b) Estructura a base de muros

Longitud total de muros exteriores (m) \_\_\_\_\_

Espesor típico de muros (cm) \_\_\_\_\_

Relación de la longitud de muros exteriores con grado de daño entre la longitud total

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

- **Daño interior**

- c) Estructuras a base de marcos, losa plana reticular o muro-marco

Número total de columnas interiores \_\_\_\_\_

Relación del número de columnas (o vigas) con grado de daño entre el número de columnas interiores

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

Daños en muros en estructuras muro-marco

Longitud total de muros interiores (m) \_\_\_\_\_

Relación de la longitud de muros interiores con grado de daño entre la longitud total

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

d) Estructura a base de muros

Longitud total de muros interiores (m) \_\_\_\_\_

Espesor típico de muros (cm) \_\_\_\_\_

Relación de la longitud de muros interiores con grados de daño entre la longitud total

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

5.- EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

- Daño de miembros estructurales en el entrepiso Núm \_\_\_\_\_ (En el entrepiso y en la dirección más dañada)

- Daño exterior

a) Estructuras a base de marcos

Número total de columnas exteriores \_\_\_\_\_

Relación en el número de columnas o vigas o conexiones con grado de daño entre el número de columnas exteriores.

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

- Daño interior

c) Estructuras a base de marcos

Numero total de columnas interiores \_\_\_\_\_

Relación del numero de columnas o vigas o conexiones con grado de daño entre él numero de columnas interiores

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

A B C  
Aceptable Intermedio Alto

Corrosión y/o oxidación de elementos estructurales

CLASIFICACIÓN

	Evaluación Rápida		Evaluación Detallada	INSPECTORES
	Si <input type="radio"/>	No <input type="radio"/>		
Habitable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1.- _____
Cuidado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.- _____
Insegura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.- _____
(Ver manual para esta clasificación)				FECHA DE INSPECCIÓN _____

6. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

	Nivel de riesgo		
	A Aceptable	B Intermedio	C Alto
Exterior			
Vidrios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Torres de anuncios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acabados de fachadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Balcones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pretils	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tanques elevados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otros _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Nivel de riesgo		
	A Aceptable	B Intermedio	C Alto
<b>Interior</b>			
Muros divisorios o particiones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cielos rasos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lámparas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Escaleras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elevadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instalaciones (gas, eléctrica, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Derrames tóxicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Recomendaciones**

**Area insegura.** Colocar barreras en las siguientes áreas \_\_\_\_\_

**Otros** (remover los elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.) \_\_\_\_\_

Fotografías Si  No

**Comentarios**

Explicar los motivos principales de la clasificación y posibles causas del daño. Indicar si los daños fueron más importantes en columnas, vigas o losas planas.

**ESQUEMA**

# INFORME PRELIMINAR DE DAÑOS EN INMUEBLES

COMISIÓN EVALUADORA DE DAÑOS MOP / ASIA / FESIARA

## EVALUACION DE EMERGENCIA PRIMER NIVEL DE EVALUACION

Fecha del evento: 13 de Enero de 2001.

Registro No. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_ am \_\_\_\_ pm. Inspeccionado por GRUPO No \_\_\_\_\_

### 1. Identificación del inmueble

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

Dirección: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

Dueño o responsable: \_\_\_\_\_

Teléfonos de contacto: \_\_\_\_\_

Año de construcción (estimado): \_\_\_\_\_

#### USO PRINCIPAL

- Casa     Templo     Comercial     Gubernamental  
 Hospital     P. de Salud     Oficinas     Histórico  
 Hotel     Gimnasio     Industrial     Escuela  
 Servicios de Emergencia     Otro \_\_\_\_\_

### 2. Descripción del Inmueble.

SI ESTA COMPUESTO POR VARIOS MODULOS O CUERPOS, LLENAR UN FORMULARIO PARA CADA UNO.    No. de módulos \_\_\_\_\_

Nombre del módulo inspeccionado: \_\_\_\_\_

Area construida estimada: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

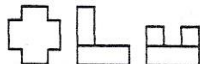
No. de pisos superestructura: \_\_\_\_\_ sótano: \_\_\_\_\_

Pent House \_\_\_\_\_

#### TIPO DE CONSTRUCCIÓN

- Concreto armado     Acero     Ladrillo hueco de concreto  
 Bahareque     Adobe     Ladrillo sólido de barro  
 Madera     Otro \_\_\_\_\_

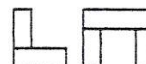
#### FORMA DE LA ESTRUCTURA EN PLANTA



Regular

Irregular

#### FORMA DE LA ESTRUCTURA EN ELEVACIÓN



Regular

Irregular

#### SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL

- Marcos de concreto     Marcos de acero  
 Muros de concreto     Muros de mampostería  
 Otros \_\_\_\_\_

#### SISTEMA ESTRUCTURAL DEL TECHO

- Concreto     Acero     Madera     Otro \_\_\_\_\_

#### CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

- Buena     Promedio     Pobre

#### MATERIAL DE LA CUBIERTA

- Lámina metálica     Lámina fibro-cemento o similar     Teja  
 Concreto     Otros \_\_\_\_\_

#### EVIDENCIA DE REPARACIONES

(terremotos anteriores, defectos constructivos, etc.)

- No     Sí     No se sabe

#### COMENTARIOS ADICIONALES

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### ESTADO DEL INMUEBLE

- Bueno     Deteriorado

Nota: Por favor escribir con bolígrafo o pluma.



	No hay	Pequeños	Moderados	Graves	Severos	Comentarios
<b>Daños no estructurales</b>						
Paredes de fachada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Paredes laterales, culatas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Paredes interiores (de relleno)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Otras divisiones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Desprendimiento del cielo falso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Desprendimiento de luminarias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Daños en cubierta de techo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Elevadores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Daños instalaciones interiores</b>						
Instalación de agua potable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Instalación drenaje aguas negras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Instalación eléctrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Instalación de teléfono	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Comentarios generales</b> _____						

## 5. Evaluación de los daños totales del inmueble.

PORCENTAJE	O CALIFICATIVO	EVALUACION	EXTERIOR	INTERIOR
Ninguno	No hay	Seguro		
0 - 10%	Pequeño	Seguro		
10 - 30%	Moderado	Precaución		
30% - 60%	Grave	Inseguro		
60% - 100%	Severo	Inseguro		
100%	Total	Inservible.		

### Esquema

#### Estimación de los costos de reparación o reconstrucción (en colones):

- Menos de 5,000       De 5 a 50 mil  
 De 50 a 100 mil       De 100 mil a 250 mil  
 De 250 mil a 500 mil       De 500 mil a 1 millón  
 De 1 a 3 millones       De 3 a 5 millones  
 De 5 a 10 millones       De 10 a 25 millones  
 Otro estimado \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 6. Juicio final sobre el uso o no del inmueble

Marcar las opciones de la matriz (x,y) de acuerdo a las evaluaciones efectuadas, y luego extrapolar el resultado para la calificación final.

Por ejemplo: Si la evaluación exterior se marca en  Seguro y la evaluación interior se marca en  Precaución, el resultado al extrapolar es que el inmueble es Utilizable con precaución.

		EVALUACIÓN EXTERIOR (Daños estructurales, no-estructurales, geotécnicos, instalaciones, etc.)		
		<input type="checkbox"/> Seguro	<input type="checkbox"/> Precaución	<input type="checkbox"/> Inseguro
EVALUACIÓN INTERIOR (Daños estructurales, no-estructurales, geotécnicos, instalaciones, etc.)	<input type="checkbox"/> Seguro	Utilizable	Utilizable con precaución	Entrada prohibida
	<input type="checkbox"/> Precaución	Utilizable con precaución	Utilizable con precaución	Entrada prohibida
	<input type="checkbox"/> Inseguro	Entrada parcialmente prohibida	Entrada parcialmente prohibida	Entrada prohibida

### CALIFICACIÓN FINAL DE LA HABITABILIDAD

Utilizable o *habitable*  Utilizable o habitable con precaución

COMENTARIOS A CALIFICACIÓN DE Utilizable con precaución:

---



---

Entrada parcialmente prohibida  Entrada prohibida

COMENTARIOS A CALIFICACIÓN DE Entrada parcialmente prohibida:

---



---

Posibilidad de uso como albergue a personas afectadas:  Utilizable  No Utilizable

## 7. Calificación final de la estructura principal

### **BANDERA VERDE**

Sin daños visibles en elementos estructurales. Posibles fisuras en repellos de paredes, losas y en elementos estructurales. Pocos daños a la construcción. No presenta reducción en su capacidad sismo resistente.

### **BANDERA AMARILLA**

Fisuras diagonales y de otro tipo en paredes. Fisuras grandes en elementos estructurales. Disminución de su capacidad sismo resistente. Puede repararse sin necesidad de refuerzo.

### **BANDERA ANARANJADA**

Grietas grandes con trituration del material de las paredes. Grietas grandes con pequeñas dislocaciones en elementos estructurales. Fracturas. Disminución de resistencias y rigideces de los elementos. Muy disminuida su capacidad sismo resistente. Necesitan ser reparadas y reforzadas.

### **BANDERA ROJA**

Elementos estructurales y uniones muy dañados, dislocados y repetitivos. Colapsos, ruina parcial o total. Posible demolición luego de una evaluación más detallada.

### 8. Medidas posteriores

Marque la casilla apropiada si cree que se necesitan medidas complementarias o posteriores a esta evaluación.

Se recomienda la evaluación de un especialista:(reinspección)  Estructural  Geotécnico  Otro \_\_\_\_\_

Recomendaciones para medidas urgentes:

- No hay
- Eliminación del peligro local
- Protección de la construcción del colapso
- Protección de las calles o construcciones vecinas
- Demolición urgente

Acordonar en torno a las siguientes áreas: \_\_\_\_\_

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

#### COMENTARIOS

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Nombres de los técnicos de la inspección**

**firmas**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Nombre del propietario o responsable**

**firma**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Favor entregar el siguiente aviso al propietario o responsable del inmueble.



## INSPECCIONADO

Fecha de la inspección: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_ am \_\_\_\_ pm. Inspeccionado por GRUPO \_\_\_\_\_.

NOMBRE DEL INMUEBLE: \_\_\_\_\_

Como resultado de la INSPECCIÓN DE EMERGENCIA realizada, ponemos en su conocimiento que este inmueble ha sido inspeccionado. Se le invita pasar a recoger el informe oficial en los \_\_\_\_ días siguientes en ASIA (Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos), Av. Napoleón Viera Altamirano 632, Colonia Escalón. Tels. 263 3773 / 2633947 / 263 3967 Telefax. 263 3905 / 263 3932. E-mail: asianet@insatelsa.com

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE DAÑOS MOP / ASIA / FESIARA



---

***ANEXO B***

---

***“TABLAS CON LOS CRITERIOS PARA  
ESTABLECER LOS DIFERENTES NIVELES DE  
DAÑO, LOS DIFERENTES NIVELES DE RIESGO Y  
PARA CLASIFICAR LA HABITABILIDAD DE UNA  
EDIFICACIÓN”***

## TABLAS PARA LA EVALUACIÓN DE EMERGENCIA

**Tabla 3. 1 Códigos Geográficos utilizados en el catastro nacional (fuente: CNR)**

DTO.	MUNICIPIO	CÓDIGO
01-AHUACHAPÁN	AHUCHAPAN	01
	APANECA	02
	ATIQUIZAYA	03
	CONCEPCIÓN DE ATACO	04
	EL REFUGIO	05
	GUAYMANGO	06
	JUJUTLA	07
	SAN FRANCISCO MENENDEZ	08
	SAN LORENZO	09
	SAN PEDRO PUXTLA	10
	TACUBA	11
	TURÍN	12
02-SANTA ANA	CANDELARIA DE LA FRONTERA	01
	COATEPEQUE	02
	CHALCHUAPA	03
	EL CONGO	04
	EL PORVENIR	05
	MASAHUAT	06
	METAPAN	07
	SAN ANTONIO PAJONAL	08
	SAN SEBASTIAN SALITRILLO	09
	SANTA ANA	10
	SANTA ROSA GUACHIPILIN	11
	SANTIAGO DE LA FRONTERA	12
	TEXISTEPEQUE	13
03-SONSONATE	ACAJUTLA	01
	ARMENIA	02
	CALUCO	03
	CUISNAHUAT	04
	SANTA ISABEL ISHUATAN	05
	IZALCO	06
	JUAYUA	07
	NAHUIZALCO	08
	NAHULINGO	09

	SALCOATITAN	10
	SAN ANTONIO DEL MONTE	11
	SAN JULIAN	12
	SANTA CATARINA MASAHUAT	13
	SANTO DOMINGO DE GUZMAN	14
	SONSONATE	15
	SONZACATE	16
04-CHALATENANGO	AGUA CALIENTE	01
	ARCATAO	02
	AZACUALPA	03
	CITALA	04
	COMALAPA	05
	CONCEPCIÓN QUEZALTEPEQUE	06
	CHALATENANGO	07
	DULCE NOMBRE DE MARIA	08
	EL CARRIZAL	09
	EL PARAISO	10
	LA LAGUNA	11
	LA PALMA	12
	LA REINA	13
	LAS VUELTAS	14
	NOMBRE DE JESUS	15
	NUEVA CONCEPCIÓN	16
	NUEVA TRINIDAD	17
	OJOS DE AGUA	18
	POTONICO	19
	SAN ANTONIO DE LA CRUZ	20
	SAN ANTONIO DE LOS RANCHOS	21
	SAN FERNANDO	22
	SAN FRANCISCO LEMPA	23
	SAN FRANCISCO MORAZAN	24
	SAN IGNACIO	25
	SAN ISIDRO LABRADOR	26
	SAN JOSE CANCASQUE	27
	SAN JOSE DE LAS FLORES	28
	SAN LUIS DEL CARMEN	29

	SAN MIGUEL DE MERCEDES	30
	SAN RAFAEL	31
	SANTA RITA	32
	TEJUTLA	33
05-LA LIBERTAD	ANTIGUO CUSCATLAN	01
	CIUDAD ARCE	02
	COLON	03
	COMASAGUA	04
	CHILTIUPAN	05
	HUISUCAR	06
	JAYAQUE	07
	JICALAPA	08
	LA LIBERTAD	09
	NUEVO CUSCATLAN	10
	SANTA TECLA	11
	QUEZALTEPEQUE	12
	SACACOYO	13
	SAN JOSE VILLANUEVA	14
	SAN JUAN OPICO	15
	SAN MATIAS	16
	SAN PABLO TACACHICO	17
	TAMANIQUE	18
	TALNIQUE	19
	TEOTEPEQUE	20
	TEPECOYO	21
	ZARAGOZA	22
06-SAN SALVADOR	AGUILARES	01
	APOPA	02
	AYUTUXTEPEQUE	03
	CUSCATANCINGO	04
	EL PAISNAL	05
	GUAZAPA	06
	ILOPANGO	07
	MEJICANOS	08
	NEJAPA	09
	PANCHIMALCO	10

	ROSARIO DE MORA	11
	SAN MARCOS	12
	SAN MARTIN	13
	SAN SALVADOR	14
	SANTIAGO TEXACUANGOS	15
	SANTO TOMAS	16
	SOYAPANGO	17
	TONACATEPEQUE	18
	DELGADO	19
07-CUSCATLAN	CANDELARIA	01
	COJUTEPEQUE	02
	EL CARMEN	03
	EL ROSARIO	04
	MONTE DE SAN JUAN	05
	ORATORIO DE CONCEPCION	06
	SAN BARTOLOME PERULAPIA	07
	SAN CRISTOBAL	08
	SAN JOSE GUAYABAL	09
	SAN PEDRO PERULAPAN	10
	SAN RAFAEL CEDROS	11
	SAN RAMON	12
	SANTA CRUZ ANALQUITO	13
	SANTA CRUZ MICHAPA	14
	SUCHITOTO	15
	TENANZINGO	16
08-LA PAZ	CUYULTITAN	01
	EL ROSARIO	02
	JERUSALEN	03
	MERCEDES LA CEIBA	04
	OLOCUILTA	05
	PARAISO DE OSORIO	06
	SAN ANTONIO MASAHUAT	07
	SAN EMIGDIO	08
	SAN FRANCISCO CHINAMECA	09
	SAN JUAN NONUALCO	10
	SAN JUAN TALPA	11

	SAN JUAN TEPEEZONTES	12
	SAN LUIS TALPA	13
	SAN MIGUEL TEPEZONTES	14
	SAN PEDRO MASAHUAT	15
	SAN PEDRO NONUALCO	16
	SAN RAFAEL OBRAJUELO	17
	SANTA MARIA OSTUMA	18
	SANTIAGO NONUALCO	19
	TAPALHUACA	20
	ZACATECOLUCA	21
	SAN LUIS LA HERRADURA	22
	09-CABAÑAS	CINQUERA
GUACOTECTI		02
ILOBASCO		03
JUTIAPA		04
SAN ISIDRO		05
SENSUNTEPEQUE		06
TEJUTEPEQUE		07
VISCTORIA		08
VILLA DOLORES		09
10-SAN VICENTE	APASTEPEQUE	01
	GUADALUPE	02
	SAN CAYETANO ISTEPEQUE	03
	SANTA CLARA	04
	SANTO DOMINGO	05
	SAN ESTEBAN CATARINA	06
	SAN ILDEFONSO	07
	SAN LORENZO	08
	SAN SEBASTIAN	09
	SAN VICENTE	10
	TECOLUCA	11
	TEPETITAN	12

	VERAPAZ	13
11-USULUTAN	ALEGRIA	01
	BERLIN	02
	CALIFORNIA	03
	CONCEPCION BATRES	04
	EL TRIUNFO	05
	EREGUAYQUIN	06
	ESTANZUELAS	07
	JIQUILISCO	08
	JUCUAPA	09
	JUCUARAN	10
	MERCEDES UMAÑA	11
	NUEVA GRANADA	12
	OZATLAN	13
	PUERTO EL TRIUNFO	14
	SAN AGUSTIN	15
	SAN BUENAVENTURA	16
	SAN DIONISIO	17
	SANTA ELENA	18
	SAN FRANCISCO JAVIER	19
	SANTA MARIA	20
	SANTIAGO DE MARIA	21
	TECAPAN	22
	USULUTAN	23
12-SAN MIGUEL	CAROLINA	01
	CIUDAD BARRIOS	02
	COMACARAN	03
	CHAPELTIQUE	04
	CHINAMEGA	05
	CHIRILAGUA	06
	EL TRANSITO	07
	LOLOTIQUE	08
	MONCAGUA	09
	NUEVA GUADALUPE	10
	NUEVO EDEN DE SAN JUAN	11
	QUELEPA	12

	SAN ANTONIO DEL MOSCO	13
	SAN GERARDO	14
	SAN JORGE	15
	SAN LUIS DE LA REINA	16
	SAN MIGUEL	17
	SAN RAFAEL DE ORIENTE	18
	SESORI	19
	ULUAZAPA	20
13-MORAZAN	ARAMBALA	01
	CACAOPERA	02
	CORINTO	03
	CHILANGA	04
	DELICIAS DE CONCEPCION	05
	EL DIVISADERO	06
	EL ROSARIO	07
	GUALOCOCTI	08
	GUATAJIAGUA	09
	JOATECA	10
	JOCOAITIQUE	11
	JOCORO	12
	LOLOTIQUILLO	13
	MEANGUEA	14
	OSICALA	15
	PERQUIN	16
	SAN CARLOS	17
	SAN FERNANDO	18
	SAN FRANCISCO (GOTERA)	19
	SAN ISIDRO	20
	SAN SIMON	21
	SENSEMBRA	22
	SOCIEDAD	23
	TOROLA	24
	YAMABAL	25
	YOLOAIGUIN	26
14-LA UNIÓN	ANAMOROS	01
	BOLIVAR	02



	CONCEPCION DE ORIENTE	03
	CONCHAGUA	04
	EL CARMEN	05
	EL SAUCE	06
	INTIOUCA	07
	LA UNION	08
	LISLIQUE	09
	MEANGUERA DEL GOLFO	10
	NUEVA ESPARTA	11
	PASQUINA	12
	POLOROS	13
	SAN ALEJO	14
	SAN JOSE	15
	SANTA ROSA DE LIMA	16
	YAYANTIQUE	17
	YUCUAIQUIN	18

**Tabla 3. 2 Número correlativo de brigadas según la zona**

ZONA DEL PAÍS	NUMERO DE BRIGADA
OCCIDENTAL	DE LA 0001 A LA 1000
CENTRAL	DE LA 1001 A LA 2000
ORIENTAL	DE LA 2001 A LA 3000

**Tabla 3. 3 Códigos de edificaciones según el uso**

CÓDIGO	USO
1	Residencial
2	Salud
3	Educacional
4	Comercial
5	Hotelero
6	Oficinas
7	Industria
8	Gubernamental
9	Bodegas
10	Estacionamientos
11	Histórico
12	Gimnasio
13	Servicios de emergencia
14	Otro

**Tabla 3. 4 Códigos para los sistemas estructurales**

CÓDIGO	SISTEMA ESTRUCTURAL
1	SISTEMA DE MARCOS
1.1	Concreto
1.2	Acero
1.3	Madera
2	SISTEMA DE PAREDES
2.1	Concreto
2.2	Mampostería confinada
2.3	Mampostería reforzada
2.4	Mampostería sin refuerzo
2.5	Adobe
2.6	Bahareque
2.7	Madera
3	SISTEMA COMBINADO DE PAREDES Y MARCOS
3.1	Marcos de concreto y paredes de concreto
3.2	Marcos de concreto y paredes de mampostería sin refuerzo
3.3	Marcos de concreto y paredes de mampostería reforzada
3.4	Marcos de concreto y paredes de mampostería confinada
3.5	Marcos de acero y paredes de concreto
3.6	Marcos de acero y paredes de mampostería sin refuerzo
3.7	3.7 Marcos de acero y paredes de mampostería reforzada
3.8	Marcos de acero y paredes de mampostería confinada
4.	OTROS

**Tabla 3. 5 Códigos para sistemas de entrepiso**

CÓDIGO	SISTEMA
1	CONCRETO
1.1	Losa densa
1.2	Losa prefabricada
1.3	Losa reticular
2	ACERO
2.1	Viga de alma llena con conectores
2.2	Viga de alma llena sin conectores
2.3	Metal deck
3.1	Madera
4.1	Otros

**Tabla 3. 6 Clasificación del nivel de riesgo por inestabilidad global con relación a los daños**

Nivel de Riesgo	Descripción del daño
Muy alto	Edificios que han alcanzado estados límites últimos, con colapso total, notablemente inclinados, con entresijos completamente desplomados o con algunos elementos estructurales colapsados o con daños muy severos que hacen inestable a la edificación y por ende representan un peligro para el ingreso, para las edificaciones vecinas o la circulación de carros o peatones en sus alrededores. Existen daños severos en la mayoría (más del 50 %) de elementos estructurales y no estructurales de toda la edificación
Alto	Existe colapso o inclinación muy puntual de algunos elementos, pero la parte de la estructura no colapsada, no está sobrecargada o en condiciones de sufrir un colapso progresivo. Existen dudas en cuanto al posible desplome de la edificación, ya que este no es muy evidente para distinguirlo. Existen daños severos en varios (menor del 50% y mayor del 25%) elementos estructurales y no estructurales de toda la edificación.
Medio	Existen pocos (menos del 25%) elementos estructurales con daños severos, los cuales una vez apuntalados no representan peligro para la estabilidad de la edificación o la seguridad de los ocupantes. Existen daños severos en pocos (menos del 25%) elementos no estructurales en la edificación o en algunas zonas de ésta, no existe inclinación en ningún entresijo.
Bajo	No existe colapso, ni inclinación de la edificación o desplome de algún entresijo. No existen daños en elementos estructurales y no estructurales en toda la edificación.

**Tabla 3. 7 Clasificación del nivel de riesgo por problemas geotécnicos**

Nivel de Riesgo	Descripción del daño
Muy alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El fenómeno geotécnico (remoción en masa, subsidencia o licuefacción), produjo fallas severas en las estructuras de cimentación o existen problemas evidentes en la edificación de emersión, inclinación y Asentamiento</li> <li>• Cuando la edificación, habiendo sufrido daño o no, se encuentra localizada sobre o muy cerca al área de influencia potencial por avance o reactivación del fenómeno (a menos de 1.5 veces la altura del talud) y el potencial de reactivación es inminente o muy probable, bajo ciertas consideraciones geotécnicas.</li> </ul>
Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El fenómeno geotécnico es puntual pero sugiere una disminución significativa de la capacidad del suelo para resistir las cargas verticales de la edificación o existen problemas evidentes en la edificación de emersión, inclinación y Asentamiento</li> <li>• Cuando la edificación, habiendo sufrido daño o no, se encuentra localizada a cierta distancia, que aún no es suficiente para excluirla del área de influencia potencial por avance o reactivación del fenómeno, y el potencial de reactivación es inminente o muy probable.</li> </ul>
Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la edificación no se encuentra localizada en área de influencia del fenómeno, pero sí en sus proximidades y no existen claramente condiciones que hagan la ocupación de la edificación insegura, pero se recomiendan algunas medidas de carácter preventivo ya que es probable la reactivación del fenómeno.</li> <li>• Cuando existen dudas de problemas en la edificación de emersión, inclinación y Asentamiento</li> </ul>
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el fenómeno no produjo daños sobre la edificación y ha sido clasificado con probabilidad menor de reactivación.</li> <li>• Cuando no existen problemas en la edificación de emersión, inclinación y Asentamiento</li> </ul>

**Tabla 3. 8 Clasificación de habitabilidad de emergencia de una edificación según el nivel del riesgo por inestabilidad global y problemas geotécnicos**

		INESTABILIDAD GLOBAL			
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
PROBLEMAS GEOTÉCNICOS	BAJO	HABITABLE	USO RESTRINGIDO	NO HABITABLE	INSEGURA
	MEDIO	USO RESTRINGIDO	USO RESTRINGIDO	NO HABITABLE	INSEGURA
	ALTO	NO HABITABLE	NO HABITABLE	INSEGURA	INSEGURA
	MUY ALTO	INSEGURA	INSEGURA	INSEGURA	INSEGURA

## TABLAS PARA LA EVALUACIÓN DETALLADA

**Tabla 3. 9 Descripción de los niveles de daño en elementos de concreto reforzado (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

Niveles de Daño:	Descripción del daño
<b>Ninguno / muy leve</b>	Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del concreto.
<b>Leve:</b>	Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del concreto.
<b>Moderado:</b>	Grietas con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del concreto, pérdida incipiente del recubrimiento
<b>Fuerte:</b>	Agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras de refuerzo longitudinal.
<b>Severo:</b>	Degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal. Deformaciones e inclinaciones excesivas.

**Tabla 3. 10 Descripción de los niveles de daños en entrepisos (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

Niveles de Daño	Descripción del daño
<b>Ninguno / muy leve</b>	Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie.
<b>Leve</b>	Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie.
<b>Moderado</b>	Grietas con anchos entre 1.0 y 2.0 mm en la superficie, pérdida incipiente del recubrimiento.
<b>Fuerte</b>	Agrietamiento apreciable, pérdida del recubrimiento en la superficie.
<b>Severo</b>	Degradación y aplastamiento del material, agrietamiento severo.

**Tabla 3. 11 Descripción de los niveles de daños en vigas, columnas y conexiones en estructuras de acero (tomada y modificada de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).**

<b>Niveles de Daño:</b>	<b>Descripción del daño</b>
Ninguno/muy leve	Sin defectos visibles.
Leve	Deformaciones menores casi imperceptibles.
Moderado	Deformaciones perceptibles a simple vista, pandeo incipiente de secciones.
Fuerte	Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daño en secciones del elemento estructural fuera de zonas de posible formación de articulaciones plásticas (zonas críticas).
Severo	Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daño en secciones del elemento estructural dentro de zonas de posible formación de articulaciones plásticas (zonas críticas). Fractura de soldaduras, tornillos o remaches.

**Tabla 3. 12 Descripción de los niveles de daño en estructuras de mampostería de bloque de concreto o ladrillo de barro cocido (tomada y modificada de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño:</b>	<b>Descripción del daño</b>
Ninguno/muy leve	Grietas pequeñas difícilmente visibles, con ancho menor a 0.2 mm, sobre la superficie de la pared.
Leve	Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm, sobre la superficie de la pared.
Moderado	Agrietamiento diagonal incipiente, grietas con anchos entre 1.0 mm y 3.0mm en la superficie de la pared. Moderada figuración en las unidades de mampostería y grietas verticales en las esquinas del muro.
Fuerte	Agrietamiento diagonal severo, con anchos mayores a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería. Refuerzo en estado de fluencia y visiblemente doblado
Severo	Desprendimiento de partes de piezas. Aplastamiento local de la mampostería. Desplome, desplazamiento horizontal o inclinación apreciable horizontal o vertical de la pared. Prolongación del agrietamiento diagonal en nervios y soleras de confinamiento, con anchos mayores a 1.0 mm. Refuerzo en estado de fluencia o visiblemente roto.

**Tabla 3. 13 Descripción de los niveles de daño en estructuras de adobe (tomada y modificada de:  
Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

Niveles de Daño:	Descripción del daño
Ninguno/muy leve	Fisuras con ancho menor a 0.4 mm, casi imperceptibles sobre la superficie de la pared.
Leve	Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.4 mm y 2.0 mm, sobre la superficie de la pared.
Moderado	Grietas moderadas (con anchos entre 2.0 mm y 4.0 mm) en la superficie de la pared: horizontales en la base de la pared o en la parte central o agrietamiento vertical en la zona central, combinando con grietas diagonales que se prolongan hacia los extremos de la pared insinuando el mecanismo de falla.
Fuerte	Agrietamiento similar al nivel de daño moderado excepto que el ancho de las grietas es mayor a 4.0 mm, desplazamiento fuera del plano de unos pocos milímetros.
Severo	Aplastamiento local de la pared, deformación, desplome o inclinación apreciable de la pared.

**Tabla 3. 14 Descripción de los niveles de daño en estructuras de bahareque (tomada y modificada de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño:</b>	<b>Bahareque no cementado</b>	<b>Bahareque cementado</b>
Ninguno/muy leve	No se observa agrietamiento en el recubrimiento.	No se observa agrietamiento en el recubrimiento.
Leve	Agrietamiento incipiente del recubrimiento de la pared con mortero de barro.	Agrietamiento incipiente del recubrimiento en esquinas de puertas y ventanas.
	Uniones completamente sanas.	Uniones completamente sanas.
Moderado	Agrietamiento vertical de las esquinas de la pared, grietas diagonales y horizontales generalizadas en las paredes, desprendimiento parcial de los recubrimientos, desprendimiento de los clavos y elementos de fijación de la pared.	Agrietamiento vertical de las esquinas de la pared, grietas diagonales en algunas paredes, desprendimiento incipiente de clavos y elementos de unión entre paredes.
Fuerte	Deslizamiento relativo en los empalmes de los muros. Agrietamiento en prácticamente todas las paredes. Pérdida de apoyo parcial de cubierta.	Grietas diagonales en la mayoría de las paredes. Pérdidas considerables del recubrimiento de las paredes. Pérdida de apoyo parcial de cubierta.
Severo	Presenta deformaciones permanentes importantes, existiendo la posibilidad de desplome de la estructura.	Presenta deformaciones permanentes importantes, existiendo la posibilidad de desplome de la estructura.
	Falla de los elementos diagonales en aquellas paredes que los contengan.	Falla de los elementos diagonales (vara de castilla) en aquellas paredes que los contengan.
	Desprendimiento de los elementos verticales (varas de bambú, costaneras o cuarterones de madera de los elementos horizontales).	Desprendimiento de los elementos verticales (varas de bambú, costaneras o cuarterones de madera de los elementos horizontales).
	Pandeo perpendicular al plano de la pared. Pérdida generalizada de apoyos de la cubierta.	Pandeo perpendicular al plano de la pared. Pérdida generalizada de apoyos de la cubierta.



**Tabla 3. 15 Descripción de los niveles de daño en edificaciones de madera (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño</b>	<b>Descripción del daño</b>
<b>Ninguno / muy leve</b>	No se observa agrietamiento en el elemento.
<b>Leve</b>	Fisuración mínima en el elemento.
<b>Moderado</b>	Agrietamiento en el elemento. Desplazamiento insignificante en las uniones.
<b>Fuerte</b>	Agrietamiento notable en el elemento y deslizamiento o desplazamiento claramente perceptible en uniones.
<b>Severo</b>	Disminución de la sección transversal en el elemento, o rompimiento del elemento. Separación o desprendimiento del elemento del sistema estructural.

### **ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

**Tabla 3. 16 Descripción de los niveles de daño en paredes de fachada o parapetos (tomada y modificada de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño:</b>	<b>Descripción del daño</b>
<b>Ninguno/muy leve</b>	Grietas pequeñas difícilmente visibles, con ancho menor a 0.2 mm, sobre la superficie de la pared.
<b>Leve</b>	Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos igual o mayor a 0.2 mm y menor a 1.0 mm, sobre la superficie de la pared.
<b>Moderado</b>	Agrietamiento diagonal incipiente. Grietas considerablemente grandes con anchos igual o mayor a 1.0 mm y menor de 3.0 mm en la superficie de la pared.
<b>Fuerte</b>	Se observa separación, desprendimiento y en algunos casos caída de algunas partes del acabado. Agrietamiento diagonal severo, con anchos mayores o iguales a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería.
<b>Severo</b>	Desprendimiento y caída de gran parte de los acabados exteriores de las paredes. Desprendimiento de gran parte de los elementos metálicos de unión. Desprendimiento de piezas y/o aplastamiento local de la mampostería. Desplome o inclinación apreciable de la pared.

**Tabla 3. 17 Descripción de los niveles de daño en paredes divisorias (tomada y modificada de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño:</b>	<b>Descripción del daño</b>
Ninguno/muy leve	Grietas pequeñas difícilmente visibles, con ancho menor a 0.2 mm, sobre la superficie de la pared.
Leve	Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos igual o mayor a 0.2 mm y menor a 1.0 mm, sobre la superficie de la pared.
Moderado	Agrietamiento diagonal incipiente. Grietas considerablemente grandes con anchos igual o mayor a 1.0 mm y menor de 3.0 mm en la superficie de la pared.
Fuerte	Agrietamiento diagonal severo, con anchos mayores o iguales a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería y aplastamiento de unas pocas piezas en la parte baja de la pared.
Severo	Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería. Desplome o inclinación apreciable de la pared.

**Tabla 3. 18 Descripción de los niveles de daño en cielos falsos y luminarias (tomada y modificada de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño:</b>	<b>Descripción del daño</b>
Ninguno/muy leve	No hay daño aparente.
Leve	No existe daño significativo y no hay riesgo aparente para las personas.
Moderado	Se observan daños pero no existe aparentemente peligro de inestabilidad.
Fuerte	Agrietamiento moderado o colapso parcial.
Severo	Pérdida de anclaje o apoyo del cielo falso y de las lámparas.

**Tabla 3. 19 Descripción de los niveles de daño en techos (tomada y modificada de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño:</b>	<b>Descripción del daño</b>
Ninguno/muy leve	Caída de muy pocas tejas o láminas por deslizamiento de las mismas. No se observa desnivel en el techo.
Leve	Caída y falla de varias tejas o láminas que sufren deslizamiento (entre el 15% y el 30%). No se observa desnivel en el techo o ninguna otra afectación en la estructura de cubierta.
Moderado	Deslizamiento, caída y falla de un número notable de tejas o láminas (entre el 30% y el 45%, sin presentar desnivel en el techo, daños leves en la estructura de cubierta.
Fuerte	Deslizamiento, caída generalizada de tejas o láminas (entre 45% y el 60%), problemas en los apoyos de los polines o celosías generando desniveles menores en la estructura del techo.
Severo	Daño severo o falla total de la estructura de techo (polines, celosías, vigas, etc); deslizamiento, caída y falla de prácticamente toda la teja o lámina de la cubierta.

**Tabla 3. 20 Descripción de los niveles de daño en escaleras (tomada y modificada de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño:</b>	<b>Descripción del daño</b>
Ninguno/muy leve	Grietas pequeñas difícilmente visibles con ancho menor a 0.2 mm sobre la superficie de las gradas.
Leve	Daños menores reflejados en pequeñas grietas pequeñas (ancho menor a 1.0 mm) que no afectan la seguridad y uso.
Moderado	Daños con agrietamiento del concreto o material de la escalera o de sus apoyos (grietas con anchos superiores a 1.0 mm), pero sin riesgo de inestabilidad ni caída de elementos.
Fuerte	Agrietamiento severo, con anchos de grietas mayores a 3.0 mm, escombros en los accesos e indicios de daños en los apoyos.
Severo	Daño significativo en los apoyos o desgarramiento de la escalera en sus apoyos, barras de refuerzo pandeadas, colapso parcial, asentamiento o inclinación con respecto a los pisos que vincula. Insegura para el ingreso.

**Tabla 3. 21 Descripción de los niveles de daño en tanques elevados (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño</b>	<b>Descripción del daño</b>
<b>Ninguno / muy leve</b>	Sin defectos visibles.
<b>Leve</b>	Daños menores reflejados en pequeñas grietas pequeñas (ancho menor a 1.0 mm) que no afectan la seguridad y uso. Deformación casi imperceptible del tanque.
<b>Moderado</b>	Daños como agrietamiento del concreto o de sus apoyos (grietas con anchos superiores a 1.0 mm), pero sin riesgo de inestabilidad.
<b>Fuerte</b>	Agrietamiento severo, con anchos de grietas mayores a 3.0 mm. Daños en los apoyos, deformación excesiva.
<b>Severo</b>	Barras de refuerzo pandeadas, colapso parcial, asentamiento o inclinación con respecto a la posición original. Representa un riesgo para los transeúntes o para el ingreso.

**Tabla 3. 22 Descripción del nivel de daño en derrames de sustancias químicas y tóxicas**

<b>Niveles de daño</b>	<b>Descripción del daño</b>
<b>Ninguno</b>	No se observan derrames a simple vista ni se perciben malos olores por volatilización de sustancias químicas.
<b>Leve</b>	Existen algunos depósitos de los que se han derramado un poco de sustancia (las sustancias derramadas no reaccionan entre sí), pero el área que cubre con respecto al estante o mueble en el que se guarda no es muy grande
<b>Moderado</b>	El área que cubre el derrame de la sustancia es grande comparado con las dimensiones del estante o mueble en el que está guardada. Se perciben malos olores (las sustancias que se derraman son ácidos volátiles y presentan alguna reacción química con el medio ambiente)
<b>Fuerte</b>	El área que cubre el derrame es mucho mayor que las dimensiones del estante o mueble en el que está guardada y se esparce en la habitación en la que se ubican las sustancias. Se perciben malos olores muy fuertes e incluso se aprecia cierta (reacciones químicas en presencia con el ambiente), reacción al mezclarse químicos.
<b>Severo</b>	El piso de la habitación en la que se ubican las sustancias está cubierto por completo por ésta, la presencia de malos olores es intolerable y por la combinación de diferentes reactivos se tiene la presencia de humo, si los reactivos (ácidos que reaccionan con el oxígeno) que se encuentran, poseen una alta concentración (del 65 % en adelante), se dan reacciones químicas que producen calor por lo que pudiera existir fuego, se presenta inestabilidad en el medio ambiente (formación de CO <sub>2</sub> , formación de otras sustancias químicas que en condiciones normales no se formarían en el ambiente, contaminación del agua, es decir que no se dan las condiciones adecuadas para la vida humana).

**Tabla 3. 23 Descripción de los niveles de daño en instalaciones eléctricas, de gas e hidráulicas  
(Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>Niveles de Daño</b>	<b>Descripción del daño</b>
<b>Ninguno / muy leve</b>	Sin defectos visibles.
<b>Leve</b>	Deformación casi imperceptible del componente.
<b>Moderado</b>	Deformación perceptible a simple vista del componente.
<b>Fuerte</b>	Deformación excesiva y dislocación incipiente del componente.
<b>Severo</b>	Rompimiento y dislocación severa del componente.

**Tabla 3. 24 Elementos principales según el sistema estructural**

Sistema estructural	Elementos fundamentales
Marcos de concreto reforzado	Nudos, columnas y vigas
Marcos con muros estructurales de concreto reforzado	Paredes, nudos o columnas y vigas
Marcos de acero	Conexiones, columnas o riostras y vigas
Marcos de madera	Conexiones, columnas y vigas
Muros de mampostería no confinada	Paredes de carga
Muros de mampostería reforzada	Paredes portantes
Muros de mampostería confinada	Paredes portantes (con nervios y soleras)
Mampostería de adobe o bahareque	Paredes de carga

**Tabla 3. 25 Clasificación del nivel de riesgo estructural de acuerdo con la severidad y extensión del daño de los elementos estructurales (tomado y modificado de: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

Niveles de Riesgo:	Descripción de daño
Muy Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificaciones que sufrieron daños permanentes (Nivel de daño severo) en sus elementos estructurales verticales (columnas o paredes) en sistemas estructurales a base de marcos resistentes a momentos o en paredes en sistemas a base de paredes estructurales:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Daños severos en más del 15% de los elementos verticales</li> <li>Daños severos en más del 20% de vigas o losas</li> </ul> </li> <li>• Disminución significativa de la capacidad para resistir cargas verticales o laterales en tal proporción que existe inestabilidad potencial.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Daños fuertes en más del 30% y daños moderados en más del 60% de los elementos verticales</li> <li>Daños fuertes en más del 40% de los elementos horizontales</li> </ul> </li> <li>• El sistema del piso que se apoya en estos elementos verticales presenta asentamientos o deformaciones verticales cercanas a un estado de desplome, la estructura no tendrá resistencia suficiente ante fuerzas laterales para soportar una réplica del evento principal. También en algunos casos en que el nivel de daño en columnas y paredes estructurales reporte deformaciones permanentes en los mismos, hará pensar que la capacidad de estos elementos para soportar el sistema de piso está seriamente afectada.</li> </ul>
Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la capacidad para resistir cargas verticales o laterales pero no existe inestabilidad potencial.</li> <li>• Edificaciones que sufrieron daños importantes en sus elementos estructurales verticales                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Daños severos entre 5 y 15%, daños fuertes está entre 10 y 30% o daños moderados entre 30 y 60%.</li> </ul> </li> </ul>

Niveles de Riesgo:	Descripción de daño
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe un riesgo asociado a la entrada, uso u ocupación del edificio, debido a la disminución de su capacidad sismorresistente, por la extensión de los daños o por la presencia de elementos en peligro de caer en las salidas principales y escaleras.</li> <li>• El acceso a la edificación debe ser controlado y no se puede usar antes de ser reforzada. Hay que evaluar la necesidad de apuntalar la edificación.</li> </ul>
Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay peligro puntual por daños en los elementos estructurales, (daños severos en menos de un 5%, fuertes en menos de un 10% y moderados en menos de un 30%), pero no reducen su capacidad global de resistencia ni ponen en peligro la estabilidad de la estructura.</li> <li>• No existen claramente condiciones que hagan la ocupación de la edificación insegura, pero el daño observado impide que se tenga una ocupación total y debe ser restringido el acceso a algunos sectores, cuya ocupación pueda estar condicionada a la reparación o apuntalamiento de aquellos elementos que ofrezcan peligro.</li> </ul>
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmuebles que sufrieron daños leves muy puntuales en los elementos estructurales (en menos de un 30% de los elementos), que no ponen en peligro a los habitantes o a la estructura.</li> <li>• Inmuebles que no evidencian ningún tipo de daños</li> </ul>

**Tabla 3. 26 Descripción del nivel de riesgo por daños no estructurales (tomada y modificada de Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).**

Nivel de Riesgo	Descripción del daño
Muy alto	1. Existe daños severos o fuertes generalizados y se encuentran dispersos por toda la edificación. Existen muchos elementos en peligro de caer. El acceso a la edificación está obstaculizado por completo y su funcionamiento se ha perdido debido a la falla de los elementos no estructurales. El derrame de químicos y sustancias tóxicas en la edificación es severo
Alto	2. Elementos de fachada, balcones, antepechos, cielos falsos, tanques elevados u otros elementos de peligro de caer. Daños fuertes en varias paredes de relleno y escaleras 3. Presencia de derrame de tóxicos, peligro por líneas de gas rotas o líneas de energía caídas.
Medio	4. Los daños están concentrados en un área pequeña y es probable restringir el acceso a las áreas inseguras mediante la colocación de barreras que restrinjan el paso de vehículos o peatones. 5. Se pueden remover o anclar fácilmente los elementos que ofrecen peligro o son fáciles de aplicar otras medidas.
Bajo	6. Los daños son leves y muy puntuales y no ofrecen peligro para la integridad de las personas. 7. No existen daños en los elementos no estructurales.

**Tabla 3. 27 Clasificación de la habitabilidad con base en los niveles de riesgo (tomada y modificada de Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>HABITABILIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL NIVEL DE RIESGO</b>
HABITABLE	Si las cuatro clasificaciones de riesgo fueron BAJAS
USO RESTRINGIDO	Si fue asignada por lo menos una clasificación de riesgo MEDIO
NO HABITABLE	Si fue asignada una o dos clasificaciones de riesgo ALTO
INSEGURA	Si fueron asignadas por lo menos una clasificación de riesgo MUY ALTA o tres de riesgo ALTO

**Tabla 3. 28 Criterios para evaluar la regularidad en planta (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA REGULARIDAD</b>
BUENA	La distribución de masas con relación a los dos ejes ortogonales es aproximadamente simétrica en planta, así como muros y otros elementos resistentes. No tiene ninguna condición correspondiente a la clasificación mala.
REGULAR	Entre la clasificación buena y mala.
MALA	En planta tiene entrantes y salientes cuya dimensión excede el 15% de la dimensión en planta, medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente. Aberturas en el diafragma mayores del 30% del área del piso. La relación de aspecto (largo a ancho) de la base es mayor que 3.

**Tabla 3. 29 Criterio para evaluar regularidad en altura (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, como se referencia en Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BUENA	$IE < 2.5$ No tiene ninguna condición correspondiente a la clasificación mala.
REGULAR	Entre la clasificación buena y mala.
MALA	$IE > 4$ Existencia de marcos y paredes estructurales que no son continuas hasta la cimentación Presencia de columnas cortas. Presencia de piso débil. Algún piso tiene un área mayor o menor en un 70% que la del piso inferior (delimitada por los elementos resistentes verticales). Se excluyen de este criterio los voladizos y el último piso de la edificación.

**Tabla 3. 30 Descripción de la calidad de la construcción**

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Buena</b>	No se observa caída del recubrimiento del concreto, ni del repello en paredes de mampostería o del mortero con el que se han pegado las unidades, que evidencia una mala calidad en la mano de obra, ni se observan malas soldaduras o mal empernamiento de los perfiles de acero estructural.
<b>Regular</b>	Se observa caída del recubrimiento en algunos elementos de concreto reforzado, a tal grado que se puede ver el acero de refuerzo, en el caso de la mampostería de bloque de concreto, se observan algunas grietas que son evidencia que no se colocó el acero requerido, esto se comprueba dando golpes con una moneda en las paredes, para detectar las celdas en las que no se realizó el colado del concreto fluido; para la mampostería de ladrillo de arcilla cocido se ven algunas colmenas en los nervios y las soleras, que indican una mala colada del concreto. En el acero estructural se observan algunas soldaduras deficientes (se desprenden fácilmente y no hay el número necesario para garantizar una buena unión) o que no están colocadas en el lugar correcto.
<b>Malo</b>	La caída del recubrimiento es tal que se observa claramente las varillas del acero de refuerzo y éstas incluso presentan inicio de corrosión, en la mampostería se aprecian sisas en las cuales no se colocó mortero o que su espesor no es uniforme o éste es mayor de 2 cm, se observa una mezcla de unidades de mampostería, es decir que se mezclan bloques de concreto de diferente tamaño con ladrillos de arcilla o con piedras; esto se observa en edificaciones que han sido construidas por etapas., así como una mala unión entre el concreto viejo con el nuevo presentándose juntas frías. En el acero estructural se observan soldaduras que se desprenden con facilidad y no hay el número necesario de soldadura o pernos para garantizar una buena unión y por ende resistencia, se han utilizado perfiles diferentes para un mismo elemento (por ejemplo columnas) en un determinado nivel, se han utilizado perfiles o placas que presentan corrosión.

**Tabla 3. 31 Descripción de la calidad de la configuración estructural**

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Buena</b>	Existe simetría en la distribución de los elementos estructurales, reduciendo la diferencia de excentricidad entre el centro de masa y en centro de rigidez; No se observan columnas que no estén confinadas completamente por los muros de relleno, de manera que no se puede producir el efecto de columna corta. Además existen continuidad y simetría en la distribución en altura de los elementos estructurales tales como paredes o columnas.
<b>Regular</b>	Existe asimetría en elementos estructurales ,así como columnas que no están confinadas por los muros en toda su altura y se observa discontinuidad y asimetría en la distribución en altura de los elementos estructurales en al menos el 33% de los niveles de la edificación (en el caso de edificaciones de uno y dos niveles será con la existencia en algún nivel del 50% de los elementos estructurales).
<b>Malo</b>	Existe asimetría en elementos estructurales, así como columnas que no están confinadas por los muros en toda su altura y se observa discontinuidad y asimetría en la distribución en altura de los elementos estructurales en más del 50% de los niveles de la edificación (en el caso de edificaciones de uno y dos niveles será con la existencia en algún nivel del 75% de los elementos estructurales).



**Tabla 3. 32 Criterios para evaluar la configuración del techo o cubierta (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BUENA	La cubierta es liviana y está debidamente amarrada y apoyada a la estructura de soporte. Existen conexiones o elementos similares que amarren el techo a las paredes. Hay arriostramiento de las vigas y la distancia entre vigas no es muy grande.
REGULAR	Se cumplen parcialmente algunos de los requisitos anteriores.
MALA	La mayoría de requisitos de anclaje de tejas o láminas, anclaje de la estructura que soporta la cubierta no se cumplen. La cubierta es pesada y no está debidamente soportada o arriostrada.

**Tabla 3. 33 Criterios para evaluar la pendiente (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003)**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
PLANA	La topografía es muy poco inclinada menor a 20°
INCLINADA	Pendiente con un ángulo de inclinación entre 20° y 30°
MUY INCLINADA	Pendiente con una inclinación mayor de 30° con la horizontal

---

*ANEXO C*

---

***“FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO Y  
ROTULOS DE HABITABILIDAD PROPUESTOS”***

Fecha del evento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ CÓDIGO DE INSPECCIÓN: \_\_\_ - \_\_\_ - \_\_\_ N° Correlativo: 00001

SECCIÓN 1. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación de emergencia)

Responsable de la brigada:

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa) : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Hora (24 Hrs.): \_\_\_:\_\_\_

SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Departamento: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

Coordenadas (GPS) de la edificación: X= \_\_\_\_\_ Y= \_\_\_\_\_ Z= \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

AÑO DE CONSTRUCCIÓN

1. Antes de 1966    2. De 1966 a 1988    3. De 1989 a 1996    4. A partir de 1997

Año aproximado de construcción: \_\_\_\_\_

SECCIÓN 3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Dimensiones aproximadas:

Frente (m): \_\_\_\_\_

Fondo (m): \_\_\_\_\_

Área (m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_

Número de pisos:    Sobre el nivel del terreno     Sótanos

Altura del 1<sup>er</sup> nivel (m): \_\_\_\_\_    Altura del 1<sup>er</sup> sótano: \_\_\_\_\_

Altura del 2<sup>do</sup> nivel (m): \_\_\_\_\_    Altura del 2<sup>do</sup> sótano: \_\_\_\_\_

Altura total (m): \_\_\_\_\_

USO PRINCIPAL DE LA EDIFICACIÓN Y LA PLANTA BAJA:

1. Residencial    2. Salud    3. Educacional    4. Comercial    5. Hotelero    6. Oficinas    7. Industria  
8. Gubernamental    9. Bodegas    10. Estacionamientos    11. Histórico    12. Gimnasio  
13. Servicios de emergencia    14. Otros

Uso de la edificación     Observaciones: \_\_\_\_\_

Uso de la planta baja     Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL

1. SISTEMA DE MARCOS:

1.1 Concreto 1.2 Acero 1.3 Madera

2. SISTEMA DE PAREDES:

2.1 Concreto 2.2 Mampostería confinada 2.3 Mampostería reforzada 2.4 Mampostería sin refuerzo 2.5 Adobe  
2.6 Bahareque 2.7 Madera

3. SISTEMA COMBINADO DE PAREDES Y MARCOS:

3.1 Marcos de concreto y paredes de concreto 3.2 Marcos de concreto y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.3 Marcos de concreto y paredes de mampostería reforzada 3.4 Marcos de concreto y paredes de mampostería  
confinada 3.5 Marcos de acero y paredes de concreto 3.6 Marcos de acero y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.7 Marcos de acero y paredes de mampostería reforzada 3.8 Marcos de acero y paredes de mampostería confinada

4. OTROS

Sistema estructural en la dirección longitudinal  Sistema estructural en la dirección transversal

Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA DE ENTREPISO

1. CONCRETO:

1.1 Losa densa 1.2 Losa pre-fabricada 1.3 Losa reticular

2. ACERO:

2.1 Viga de alma llena con conectores 2.2 Viga de alma llena sin conectores 2.3 Metal deck

4. MADERA

5. OTROS

Sistema de entepiso  Observaciones: \_\_\_\_\_

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

4.1 INESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN

Condiciones de colapso: 1. Total 2. En elementos estructurales puntuales 3. No existe

Inclinación de la edificación o de algún nivel: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Daños severos en elementos estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

Daños severos en elementos no estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD GLOBAL (basado en los 4 aspectos anteriores):

Bajo  Medio  Alto  Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas  Apuntalar  Soporte lateral  No entrar  Evacuar edificación

Evaluación detallada de elementos estructurales  Evaluación detallada de elementos no estructurales

Demoler elementos NO estructurales en peligro de caer  Evaluación de ingeniería

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

4.2 CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Asentamiento de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Presencia de grietas en el suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Levantamiento del piso al interior y exterior de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Presencia de fugas de agua en el interior o exterior de la edificación: Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Falla en talud o movimiento masivo del suelo: 1. General 2. Puntual 3. No existe

Origen: 1. Producido por el sismo 2. Agravado por el sismo 3. Pre-existente 4. Existen dudas

Presencia de grietas en la cresta o cabeza del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Presencia de surcos a lo largo de la pendiente del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Cicatrices o huellas de deslizamientos anteriores: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Afloramiento o aporte de agua en el talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Inclinación de árboles que evidencien movimiento de masa de suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

Caída de rocas, bloques o masas de suelo del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

4.3 FACTORES EXTERNOS

Peligro por inestabilidad (colapso) de edificaciones vecinas: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR PROBLEMAS GEOTÉCNICOS (basado en los asentamientos, las fallas en taludes y el peligro por inestabilidad del talud o de edificaciones vecinas (aledañas))

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas

Cubrir con plástico las grietas en el suelo o en los taludes

Rellenar grietas con suelo cemento

No entrar

Evacuar el agua con sistemas de drenaje

Evaluación de ingeniería

Evacuar edificación

SECCIÓN 5. CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD

HABITABLE "rótulo VERDE" (Cuando ambos riegos fueron determinados bajos)

USO RESTRINGIDO "rótulo AMARILLO" (Cuando se tiene al menos 1 riego medio)

NO HABITABLE "rótulo NARANJA" (Cuando se tiene al menos 1 riesgo alto)

INSEGURA "rótulo ROJO" (Cuando se tiene al menos 1 riesgo muy alto)



Fecha del evento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ CÓDIGO DE INSPECCIÓN: \_\_\_-\_\_\_-\_\_\_ N° Correlativo: 00001

SECCIÓN 10. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación detallada)

Responsable de la brigada:  
Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:  
Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: \_\_\_\_\_ F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa): \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Hora (24 Hrs.): \_\_\_:\_\_\_

SECCIÓN 11 ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN  
DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Entrepiso más dañado (según evaluación de emergencia): \_\_\_\_\_

ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO												NIN- GUNO (%)	Σ= 100%
	SEVERO (%)			FUERTE (%)			MODERADO (%)			LEVE (%)				
	<5	5-10	>10	<10	10-30	>30	<30	30-60	>60	<30	30-60	>60		
COLUMNAS														
PAREDES														
NUDOS														
ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO												NIN- GUNO (%)	Σ= 100%
	SEVERO (%)			FUERTE (%)			MODERADO (%)			LEVE (%)				
	<10	10-20	>20	<20	20-40	>40	<30	30-60	>60	<30	30-60	>60		
VIGAS														
LOSA														

DETERMINACIÓN DEL RIESGO ESTRUCTURAL:

Bajo                       Medio                       Alto                       Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas     No entrar                       Posible demolición de toda la edificación

Evaluación de ingeniería         Evacuar edificación

SECCIÓN 11 ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

ELEMENTO ESTRUCTURAL	MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES		
	REPARAR	APUNTALAR	SOPORTE LATERAL
COLUMNAS			
PAREDES			
NUDOS			
VIGAS			
ENTREPISOS			

DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO					MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES			
	SEVERO	FUERTE	MODERADO	LEVE	NINGUNO	REPARAR	ANCLAR	REMOVER	REUBICAR
PAREDES DE FACHADA O PARAPETO									
PAREDES DIVISORIAS O DE RELLENO									
CIELOS FALSOS Y LUMINARIAS									
SISTEMA DE TECHO									
ESCALERAS									
TANQUES ELEVADOS									
DERRAME DE QUÍMICOS									
INSTALACIONES DE GAS									
INSTALACIONES ELÉCTRICAS									
INSTALACIONES HIDRAÚLICAS									

DETERMINACIÓN DEL RIESGO NO ESTRUCTURAL:

Bajo       Medio       Alto       Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas       No entrar       Remover elementos       Evacuar edificación

SECCIÓN 12. CLASIFICCIÓN DE LA HABITABILIDAD (Basada en los riegos por inestabilidad global, por problemas geotécnicos, estructural y no estructural. En caso de replicas revisar el riesgo por inestabilidad y por problemas geotécnicos)

EVALUACIÓN DE EMERGENCIA

Riesgo por inestabilidad global:  Bajo       Medio       Alto       Muy alto  
 Riesgo por problemas geotécnicos:  Bajo       Medio       Alto       Muy alto

EVALUACIÓN DETALADA

Riesgo estructural:  Bajo       Medio       Alto       Muy alto  
 Riesgo no estructural:  Bajo       Medio       Alto       Muy alto



SECCIÓN 12. CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD

- HABITABLE “rótulo VERDE” (Si las 4 clasificaciones de riesgo fueron bajas)
- USO RESTRINGIDO “rótulo AMARILLO” (Si fue asignada por lo menos 1 clasificación de RIESGO MEDIO)
- NO HABITABLE “rótulo NARANJA” (Si fue asignada 1 o 2 clasificaciones de RIESGO ALTO)
- INSEGURA “rótulo ROJO” (Si fue asignada por lo menos 1 clasificación de RIESGO MUY ALTO o 3 de RIESGO ALTO)

SECCIÓN 13. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA EDIFICACIÓN

Se necesita evaluación de ingeniería por aspectos:  Estructurales  Geotécnicos  Servicios públicos

Se recomienda la intervención de:  Compañía de electricidad  Bomberos  Cuerpos de socorro  
 Sistema Nacional de Protección Civil  ANDA  PNC

Se recomienda:  Restringir el paso de peatones  Restringir tráfico vehicular  
 Evacuar edificación  Evacuar edificaciones vecinas  
 Desconectar:  Agua  Electricidad  Gas  
 Posible demolición de la edificación  Retirar elementos no estructurales en peligro de caer

SECCIÓN 14. CONDICIONES PRE-EXISTENTES

CONDICIÓN	EVALUACIÓN	N°
POSICIÓN DE LA EDIFICACIÓN EN SU MANZANA	1. RESTRINGIDA POR AMBOS COSTADOS 3. LIBRE POR DOS COSTADOS	2. LIBRE POR UN COSTADO
REGULARIDAD EN PLANTA	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
REGULARIDAD EN ALTURA	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
CONFIGURACIÓN DEL TECHO	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	
PENDIENTE DEL TERRENO	1. PLANA 2. INCLINADA 3. MUY INCLINADA	
HAY INDICIOS DE DAÑOS POR SISMOS ANTERIORES	1. SI 2. NO 3. EXISTEN DUDAS	
HUBO INTERVENCIÓN DE LOS DAÑOS POR SISMOS ANTERIORES	1. TOTAL 2. PARCIAL 3. NO SE REPARÓ 4. EXISTEN DUDAS	
MORFOLOGÍA DE LA ZONA	1. CRESTA DEL TALUD 2. TALUD 3. PIE DEL TALUD 4. PLANICIE 5. ZONA URBANA 6. MARGEN DE RÍO O QUEBRADA	





# HABITABLE

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

Nombre de la edificación y dirección: \_\_\_\_\_

Recomendaciones: \_\_\_\_\_

Tipo de evaluación: \_\_\_\_\_

La evaluación fue:

<input type="checkbox"/>	Interna
<input type="checkbox"/>	Externa
<input type="checkbox"/>	Completa

La entrada a la edificación es:

<input type="checkbox"/>	Permitida
<input type="checkbox"/>	Restringida
<input type="checkbox"/>	No permitida

Código de la brigada: \_\_\_\_\_

Fecha (D, M, A): \_\_\_\_\_

Hora (24:00): \_\_\_\_\_

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

**No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.**

# USO RESTRINGIDO

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

Nombre de la edificación o dirección: \_\_\_\_\_

Recomendaciones: \_\_\_\_\_

Tipo de evaluación: \_\_\_\_\_

La evaluación fue:

<input type="checkbox"/>	Interna
<input type="checkbox"/>	Externa
<input type="checkbox"/>	Completa

La entrada a la edificación es:

<input type="checkbox"/>	Permitida
<input type="checkbox"/>	Restringida
<input type="checkbox"/>	No permitida

Código de inspección: \_\_\_\_\_

Fecha (D, M, A): \_\_\_\_\_

Hora (24:00): \_\_\_\_\_

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

**No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.**

# NO HABITABLE

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombre de la edificación y dirección: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Recomendaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Tipo de evaluación: \_\_\_\_\_

La evaluación fue:

<input type="checkbox"/>	Interna
<input type="checkbox"/>	Externa
<input type="checkbox"/>	Completa

La entrada a la edificación es:

<input type="checkbox"/>	Permitida
<input type="checkbox"/>	Restringida
<input type="checkbox"/>	No permitida

Código de inspección: \_\_\_\_\_

Fecha (D, M, A): \_\_\_\_\_

Hora (24:00): \_\_\_\_\_

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

**No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.**

# INSEGURA

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

---

---

---

---

---

---

---

---

Tipo de evaluación:

<input type="checkbox"/>	Interna
<input type="checkbox"/>	Externa
<input type="checkbox"/>	Completa

La evaluación fue:

La entrada a la edificación es:

<input type="checkbox"/>	Permitida
<input type="checkbox"/>	Restringida
<input type="checkbox"/>	No permitida

Nombre de la edificación y dirección: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Recomendaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Código de la brigada: \_\_\_\_\_

Fecha (D, M, A): \_\_\_\_\_

Hora (24:00): \_\_\_\_\_

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.

---

*ANEXO D*

---

*“LEVANTAMIENTO DE DAÑOS REALIZADO AL  
EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL DE LA FIA-UES”*



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FORMATO F.02

TRABAJO DE GRADUACION

HOJA No. 1

EVALUACION PRELIMINAR

RESPONSABLE: Herbert Salgado FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

- 1 NOMBRE DEL EDIFICIO Escuela de Ingenieria Civil  
2 DIRECCION Facultad de Ing. y Arg. U.E.S.  
3 USO Oficina y Aulas  
4 PROPIETARIO U.E.S.  
5 AÑO DE CONSTRUCCION 1974  
6 AREA DEL TERRENO (M<sup>2</sup>) 540  
7 AREA CONSTRUIDA (M<sup>2</sup>) 540 m<sup>2</sup>  
8 N° de APARTAMENTOS \_\_\_\_\_  
9 N° de NIVELES (INCLUYENDO SOTANO) 3

- 10 SISTEMA ESTRUCTURAL
- |             |       |                                     |               |       |                          |
|-------------|-------|-------------------------------------|---------------|-------|--------------------------|
| MARCOS:     | ACERO | <input type="checkbox"/>            | MURO:         | MAMP. | <input type="checkbox"/> |
|             | C/R   | <input checked="" type="checkbox"/> |               | C/R   | <input type="checkbox"/> |
| MARCO-MURO: | MAMP. | <input type="checkbox"/>            | MURO RETENC.: | MAMP. | <input type="checkbox"/> |
|             | C/R   | <input type="checkbox"/>            |               | C/R   | <input type="checkbox"/> |

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

- 11 SISTEMA NO ESTRUCTURAL
- |  |        |                          |           |                                     |
|--|--------|--------------------------|-----------|-------------------------------------|
|  | C/R    | <input type="checkbox"/> | MAMP. C/R | <input type="checkbox"/>            |
|  | MADERA | <input type="checkbox"/> | ARCILLA   | <input checked="" type="checkbox"/> |
|  | OTRO   | <input type="checkbox"/> |           |                                     |

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

- 12 SISTEMA DE ENTREPISO
- |                        |                                     |                |                          |
|------------------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------|
| Losa densa con vigas   | <input type="checkbox"/>            | Losa tipo zap  | <input type="checkbox"/> |
| Vigueta pref.(copresa) | <input checked="" type="checkbox"/> | Losa reticular | <input type="checkbox"/> |
| Losa plana (sin viga)  | <input type="checkbox"/>            | Otros          | <input type="checkbox"/> |

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

- 13 ESTRUCTURA DE TECHO
- |          |                          |          |                                     |
|----------|--------------------------|----------|-------------------------------------|
| MADERA   | <input type="checkbox"/> | METALICO | <input checked="" type="checkbox"/> |
| CONCRETO | <input type="checkbox"/> | OTRO     | <input type="checkbox"/>            |

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

- 14 TIPO DE CUBIERTA
- |                |                                     |      |                          |
|----------------|-------------------------------------|------|--------------------------|
| LAMINA ASBESTO | <input checked="" type="checkbox"/> | TEJA | <input type="checkbox"/> |
| CONCRETO       | <input type="checkbox"/>            | OTRO | <input type="checkbox"/> |

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

- 15 BANDERA ASIGNADA EN LA INSPECCION DE EMERGENCIA
- |         |                          |          |                          |
|---------|--------------------------|----------|--------------------------|
| VERDE   | <input type="checkbox"/> | AMARILLO | <input type="checkbox"/> |
| NARANJA | <input type="checkbox"/> | ROJO     | <input type="checkbox"/> |

16 DAÑOS EXTERIORES:

NO PRESENTA	<input checked="" type="checkbox"/>	DÉSPLOMES	<input type="checkbox"/>
GRIETAS EN ACERA	<input type="checkbox"/>	DERRUMBES	<input type="checkbox"/>
HUNDIMIENTOS	<input type="checkbox"/>	EMERSION	<input type="checkbox"/>
OTROS	_____		

17 DAÑOS INTERIORES:

NO PRESENTA	<input checked="" type="checkbox"/>	HUNDIMIENTO	<input type="checkbox"/>
GRIETAS EN PISO	<input type="checkbox"/>	EMERSION	<input type="checkbox"/>
OTROS	_____		

18 DAÑOS OBSERVADOS EN LA ESTRUCTURA:

	%	CALIFICACION (LD, MD, FD, SD)
COLUMNAS	20%, 80%	FD, LD-MD
VIGAS	9%, 91%	FD, LD-MD
NUDOS	-	-
LOSAS	4%, 96%	MD, LD
PARED	85%, 15%	SD, LD-FD
MURG	_____	_____

19 DAÑOS NO ESTRUCTURALES:

TIPO DE DAÑO (rotura de ventana, grietas diagonales, aplastamiento esquina, desprendimiento cielo falso, caída de repello)

PAREDES: Grietas diagonales, aplastamiento en las esquinas.

VENTANERIA: Rotura de ventanas en el 2º entrepiso en sentido long.

CIELO FALSO: Caída del cielo falso en el 3º nivel.

TECHO: \_\_\_\_\_

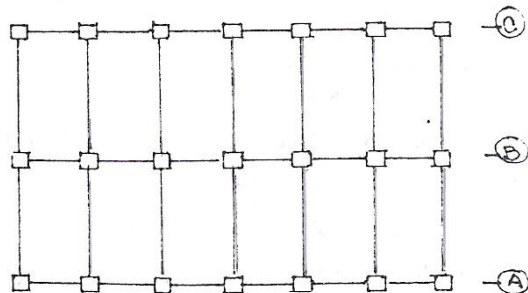
SISTEMA HIDRAULICO: Fue retirado.

SISTEMA ELECTRICO: \_\_\_\_\_

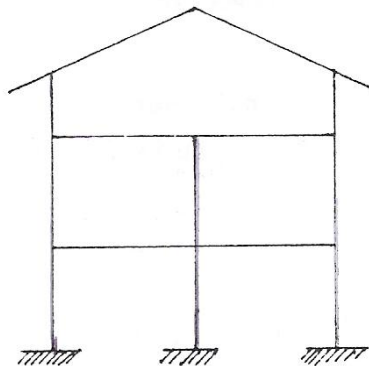
SISTEMA MECANICO: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: Se aprecia, en paredes perimetrales un daño severo en 1º y 2º entrepiso y caída de cielo falso en 3º E.

ESQUEMA PLANTA TIPO



2.10  
3.85  
3.85



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION

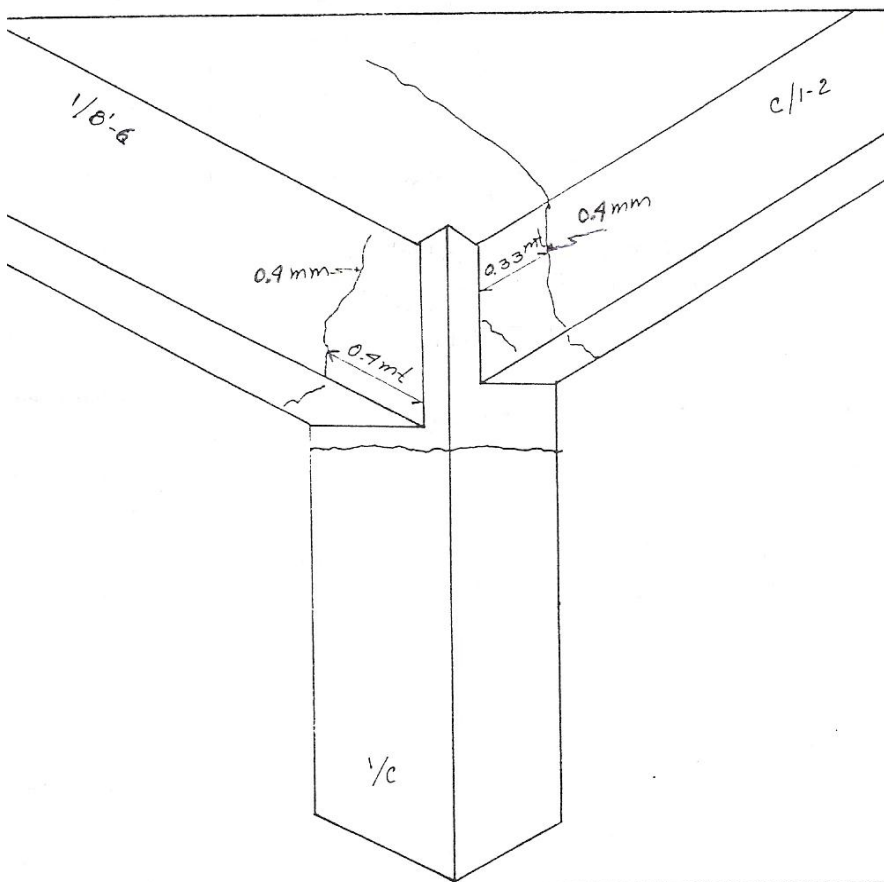
FORMATO F. 0-3

HOJA N.º 1

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE: Alma Valladares FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO: Escuela de Ingenieria Industrial  
NIVEL \_\_\_\_\_ ENTREPISO 1 EJES 1/c TIPO DE ELEMENTO Columna



MATERIALES C/R

DIMENSIONES 0.54x0.4

REFUERZO  
TRANSVERSAL \_\_\_\_\_  
LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

- LD   
MD   
FD   
SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grietas vertical atravesando el perimetro de la viga de un espesor de 0.4mm, grieta alojada en la viga eje c/1-2 continua en la losa

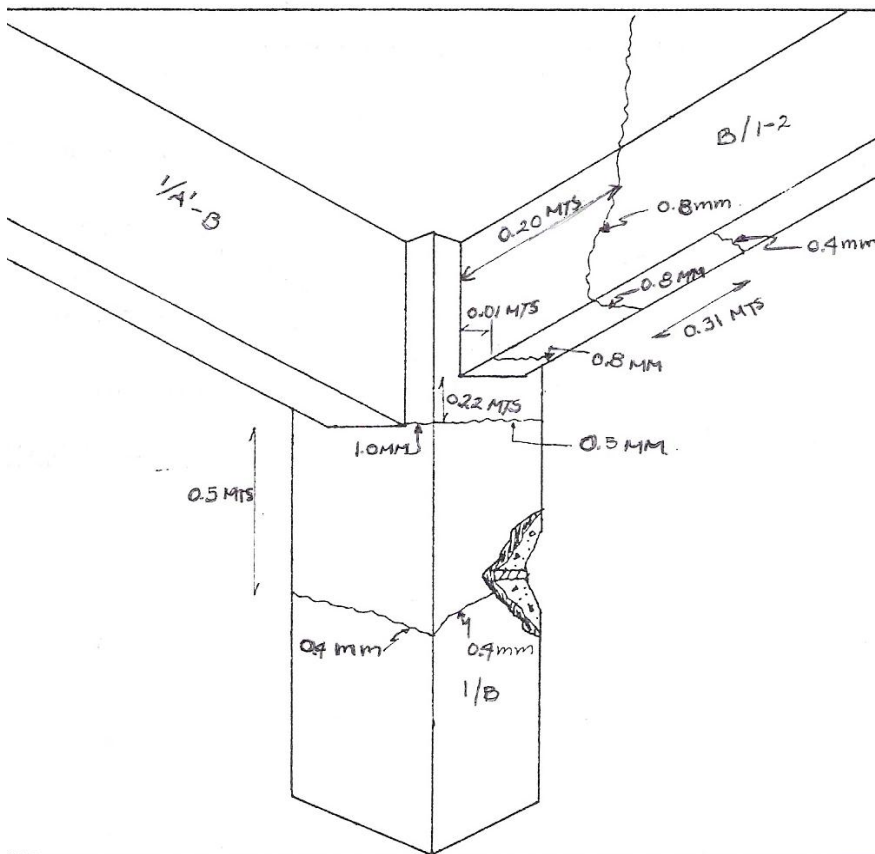
POSIBLE CAUSA DE DAÑO: flexión en viga

OBSERVACIONES: Elementos extraños en junta de colado, tales como aserrín y papel.

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE: Herbert Salgado FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO: Escuela de Ingeniería Industrial  
 NIVEL: \_\_\_\_\_ ENTREPISO: 1 EJES: 1/B TIPO DE ELEMENTO: columna



MATERIALES c/R

DIMENSIONES 43x50

REFUERZO  
 TRANSVERSAL \_\_\_\_\_  
 LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

- LD
- MD
- FD
- SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grieta horizontal de 1.0 mm de espesor localizada a 0.22mt, medido desde el nudo superior del elemento además existen 2 fisuras diagonales de 0.4mm que se localizan a 0.5m de la horizontal

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Junta Fria (Grieta horizontal), Cortante (Fisuras diagonales)

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FORMATO F. 0-3

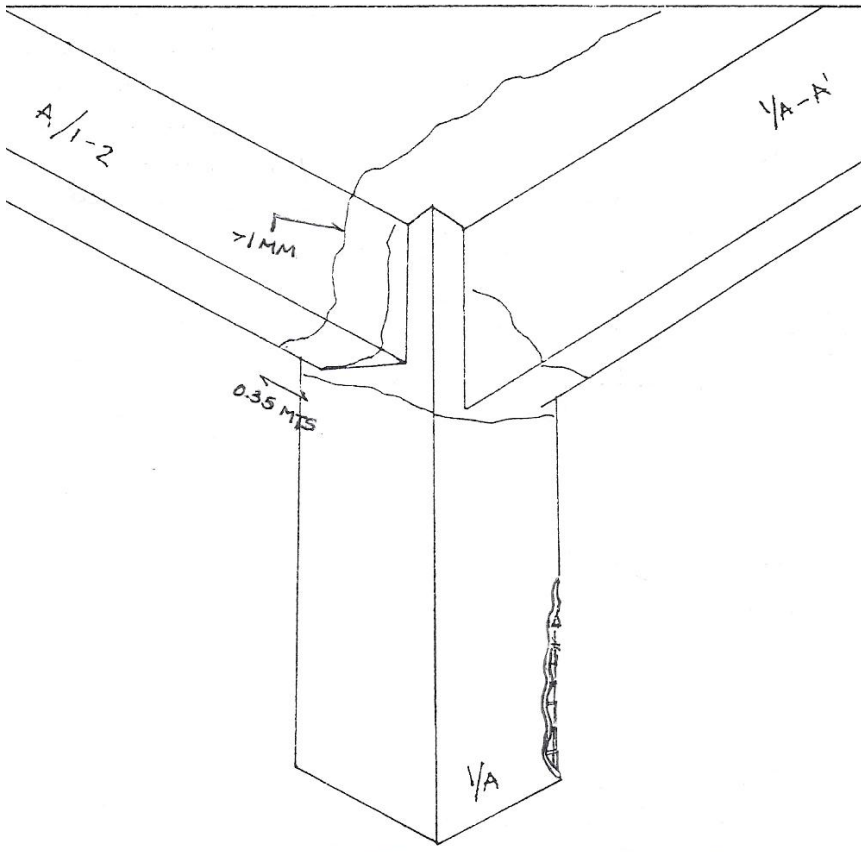
TRABAJO DE GRADUACION

HOJA N. 3

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE: Jorge Ayala FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOME. DEL EDIFICIO: Escuela de Ing. Industrial.  
NIVEL — ENTREPISO 1 EJES 1/A TIPO DE ELEMENTO Colum.



MATERIALES c/r.

DIMENSIONES 53x45

REFUERZO

TRANSVERSA Nº 3 @ 9cm

LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

LD

MD

FD

SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grieta perimetral en la junta de colado en la columna y grieta en viga con mds de 1m de espesor a 0.35ml de la junta y desprendimiento del concreto al pie de la columna, observándose el acero de refuerzo

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión

OBSERVACIONES: La viga A/1-2 es la más dañada, ya que la grieta atraviesa también la losa en todo el claro

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FORMATO F.0-3

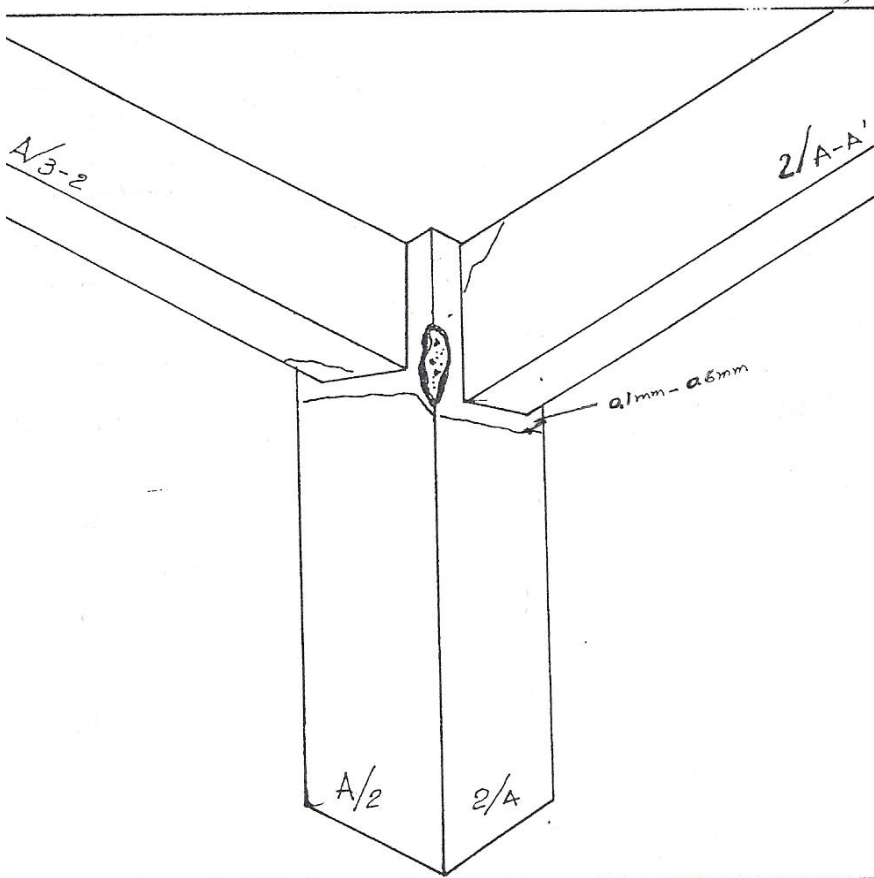
TRABAJO DE GRADUACION

HOJA No. 4

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE Alma Valladares FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO : Escuela de Ingenieria Industrial  
NIVEL — ENTREPISO 1 EJES 2/A TIPO DE ELEMENTO Column.



MATERIALES C/R

DIMENSIONES 52x45

REFUERZO

TRANSVERSAL \_\_\_\_\_

LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

LD

MD

FD

SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grietas cercanas al nudo viga-columna, se observan daños a lo largo de la punta de construcción y apreciandose acero de refuerzo

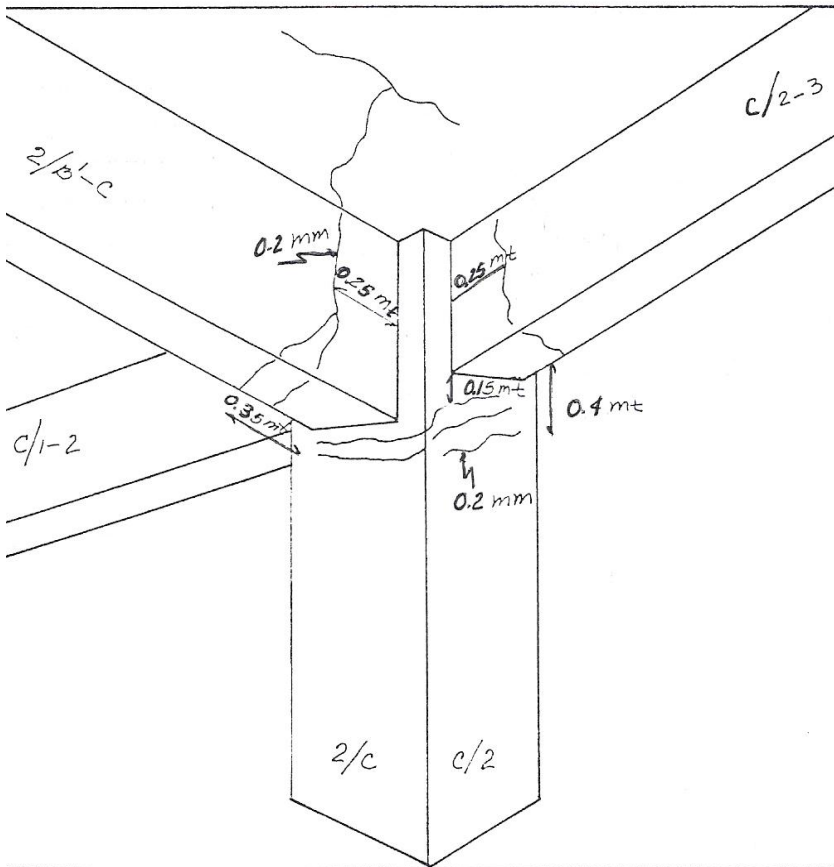
POSIBLE CAUSA DE DAÑO : Flexión

OBSERVACIONES: Los daños son repetitivos en todo el eje del entrepiso 1 (E1)

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE: Herbert Salgado FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO: Escuela de Ingenieria Industrial  
 NIVEL - ENTREPISO 1 EJES 2/c TIPO DE ELEMENTO Columna



MATERIALES C/R

DIMENSIONES 0.54m x 0.40 m

REFUERZO

TRANSVERSAL \_\_\_\_\_

LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

LD



MD



FD



SD



DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grietas horizontales en la columna  
perimetralmente con un espesor de 0.2mm a 0.4mt hasta 0.15m  
grietas verticales con ramificacion a 1/2 peralte atravezando  
3 caras de la viga con un espesor de 0.2mm

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexion.

OBSERVACIONES: Grieta tipica en junta de colado.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FORMATO F. 0-3

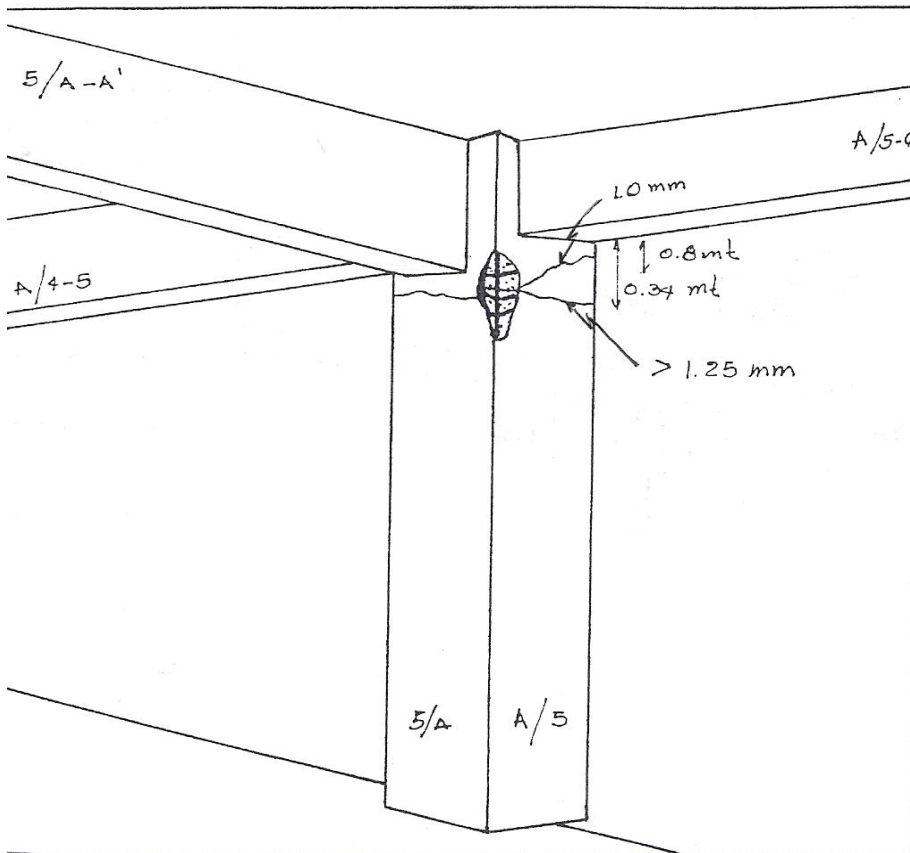
TRABAJO DE GRADUACION

HOJA No. 13

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE: Jorge Ayala FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO: Escuela de Ingenieria Industrial  
NIVEL \_\_\_\_\_ ENTREPISO 1 EJES 5/A TIPO DE ELEMENTO C



MATERIALES c/r

DIMENSIONES 53cm x 42

REFUERZO  
TRANSVERSAL Nº 3 @ 9cm  
LONGITUDINAL Nº 8

CALIFICACION

- LD
- MD
- FD
- SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grieta horizontal en las 2 caras con espesor de 1.25mm a 0.34mt de la viga y fisuras de 0.1mm de espesor, se observa el acero de refuerzo.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión

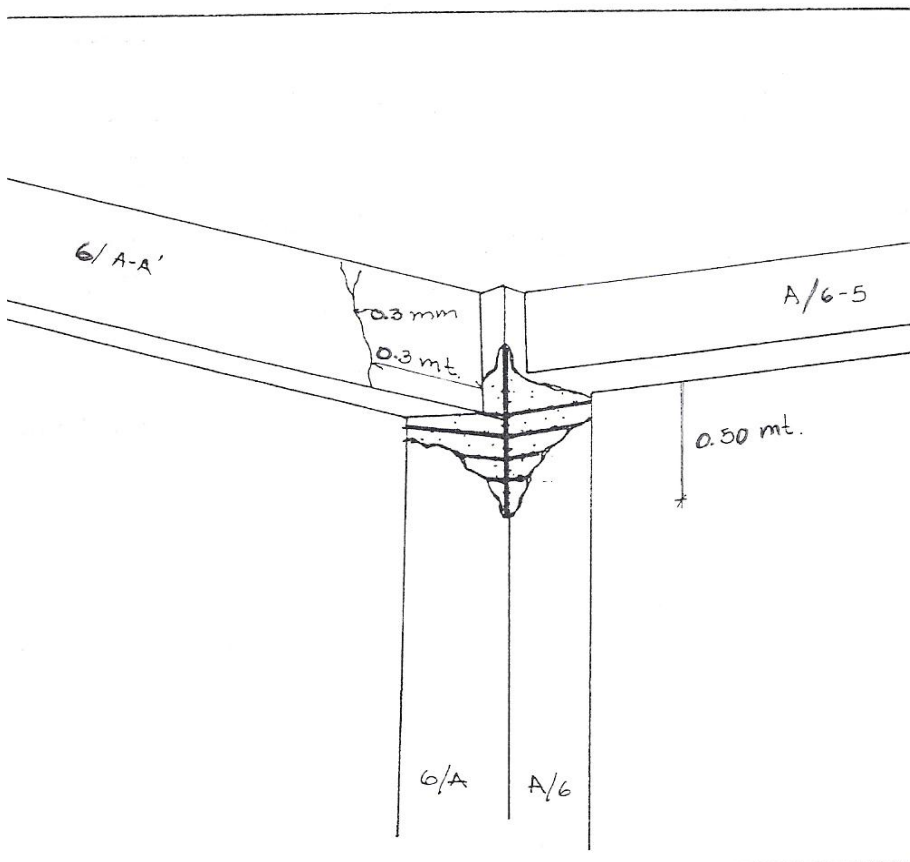
OBSERVACIONES: Se aprecia el estribo @ 10cm, con doblez a 90°



EVALUACION DEFINITIVA.

RESPONSABLE: Jorge Ayala FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO: Escuela de Ingenieria Industrial  
NIVEL: — ENTREPISO: 1 EJES: 5/A TIPO DE ELEMENTO: C



MATERIALES C/R  
DIMENSIONES \_\_\_\_\_  
REFUERZO  
TRANSVERSAL Nº 3 @ 9cm  
LONGITUDINAL Nº 8

CALIFICACION.

- LD   
MD   
FD   
SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Desprendimiento del recubrimiento hasta el refuerzo a una distancia de 0.5 mt y una fisura en la viga de 0.3 mm diagonalmente, el refuerzo de la columna está @ 9cm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexocompresión

OBSERVACIONES: Es una de las columnas más dañadas de este entrepiso.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FORMATO F. 0-3

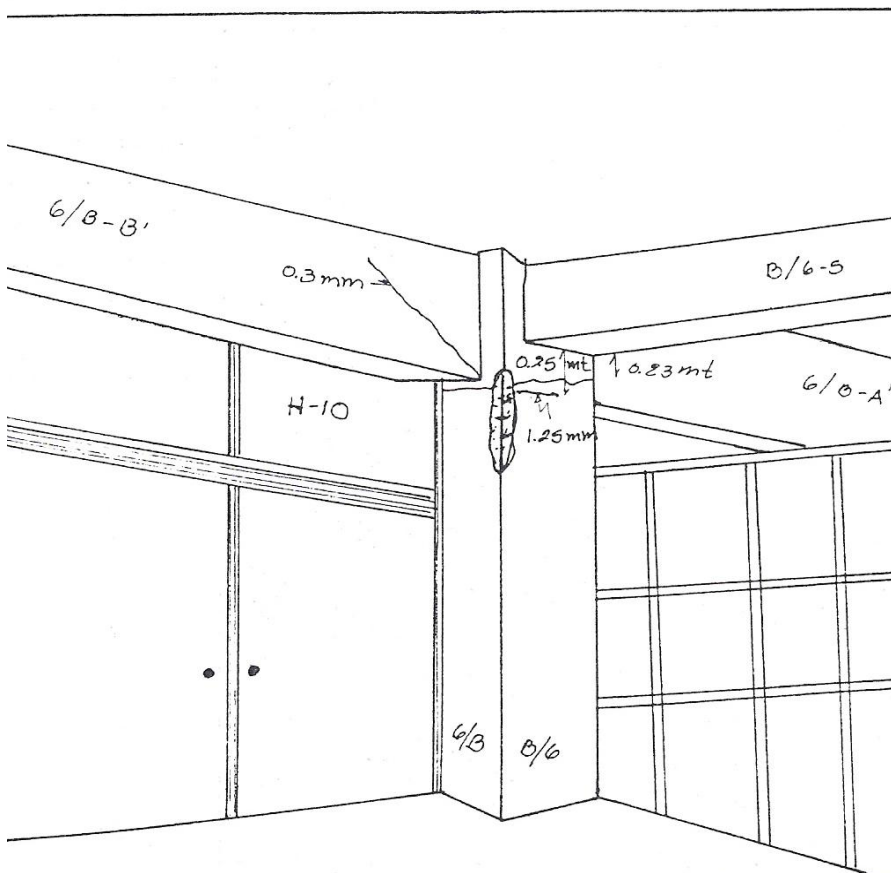
TRABAJO DE GRADUACION

HOJA N.º 16

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE: Herbert Salgado FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO: Escuela de Ingenieria Industrial  
NIVEL: \_\_\_\_\_ ENTREPISO: 1 EJES: 6/B TIPO DE ELEMENTO: Colum.



MATERIALES C/R

DIMENSIONES 0.53x0.40

REFUERZO

TRANSVERSAL \_\_\_\_\_

LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

LD

MD

FD

SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grieta perimetral en junta de colado, concreto agrietado en las aristas observandose el acero de refuerzo

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión

OBSERVACIONES: La grieta puede ser provocada por el elementos extraños en la junta de colado

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FORMATO F. 0-3

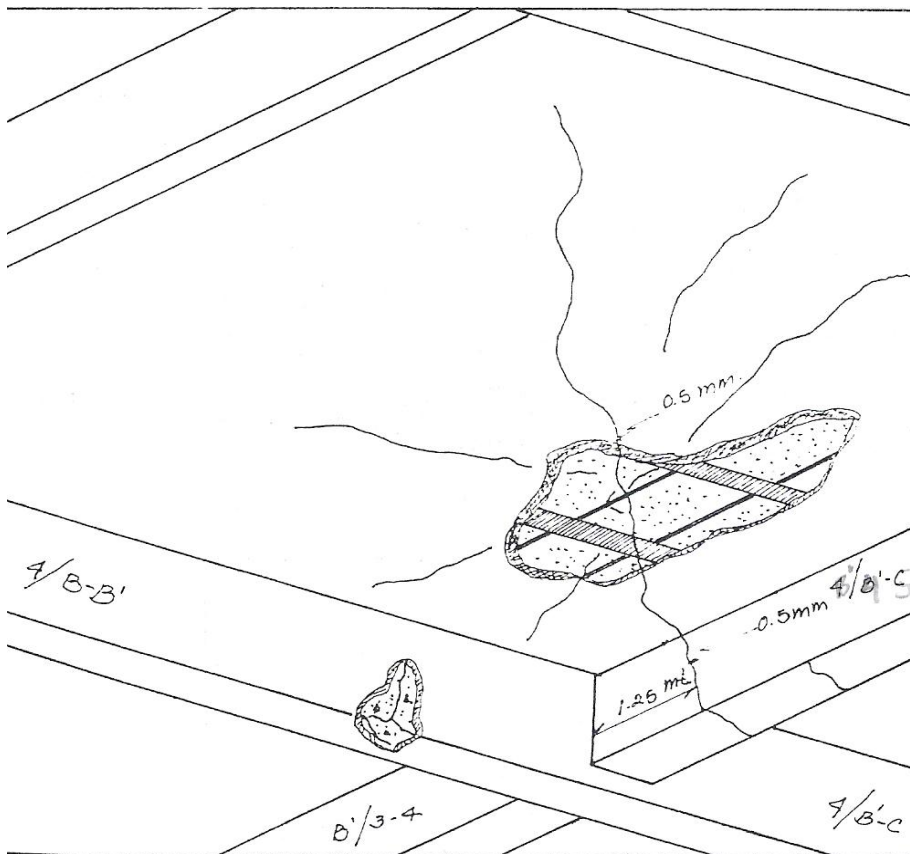
TRABAJO DE GRADUACION

HOJA No. 21

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE: Hector M. Garay FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO: Escuela de Ingenieria Industrial  
NIVEL 1 ENTREPISO — EJES 45/B-B' TIPO DE ELEMENTO Losa



MATERIALES Copre

DIMENSIONES 25 cm

REFUERZO

TRANSVERSAL \_\_\_\_\_

LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

LD

MD

FD

SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grietas diagonales cortando los bloques y viguetas con espesor de 0.5 mm a 1.25 m

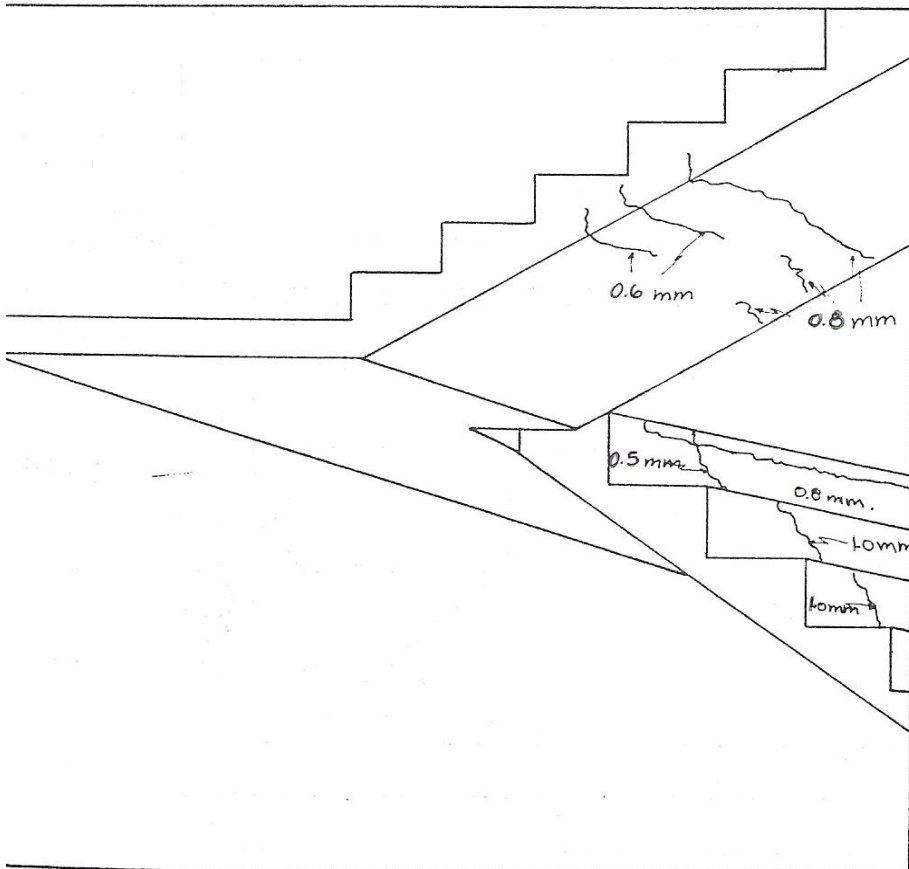
POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante

OBSERVACIONES: Existe una pared a 1/2 losa donde no fue considerada en el diseño de la viga

EVALUACION DEFINITIVA.

RESPONSABLE : Hector M. Garay FECHA : \_\_\_\_\_ HORA : \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO : Escuela de Ingenieria Industrial  
NIVEL — ENTREPISO 1 EJES 5-6/B:6 TIPO DE ELEMENTO Escalera



MATERIALES C/R

DIMENSIONES \_\_\_\_\_

REFUERZO

TRANSVERSAL \_\_\_\_\_

LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION.

- LD
- MD
- FD
- SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grietas en la huella y contrahuella de las escaleras, como se visualizan en el esquema, la magnitud de las grietas varian entre 0.5mm y 1.0mm

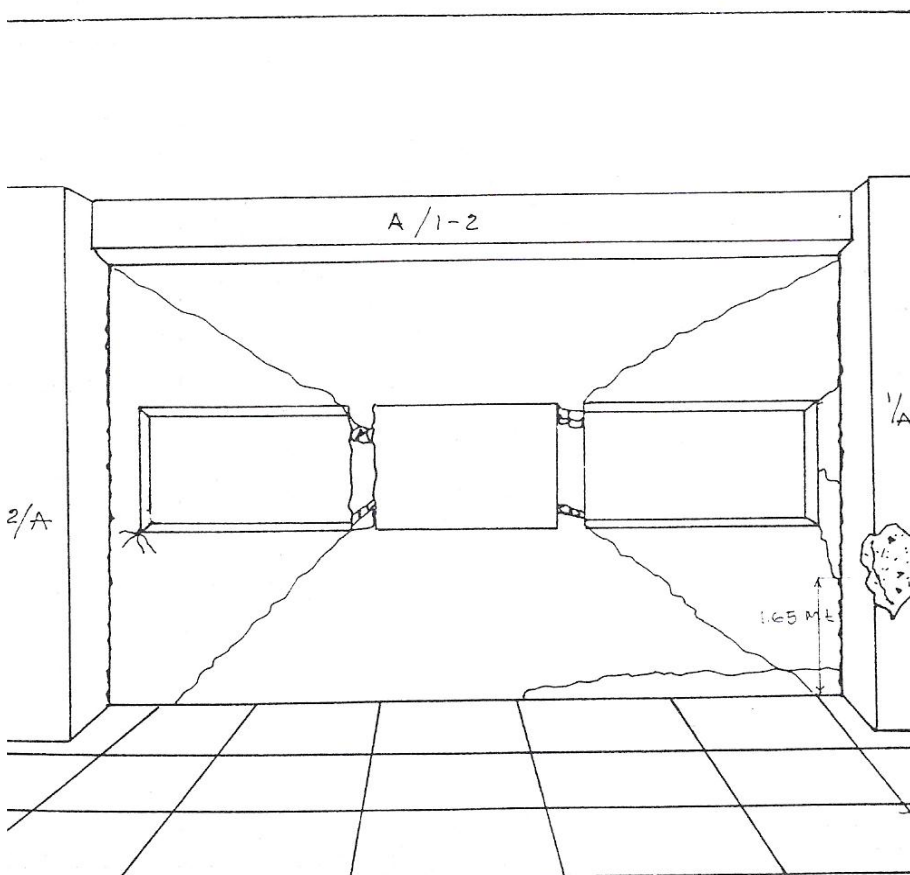
POSIBLE CAUSA DE DAÑO : Flexion

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE: Herbert Salgado FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO: Escuela de Ingenieria Industrial  
NIVEL \_\_\_\_\_ ENTREPISO 2 EJES A/1-2 TIPO DE ELEMENTO Pared



MATERIALES Mampost

DIMENSIONES \_\_\_\_\_

REFUERZO

TRANSVERSAL \_\_\_\_\_

LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

LD

MD

FD

SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Se observan los nervios de las paredes totalmente destruidos y además grietas diagonales en ambas direcciones dañando totalmente el elemento, y grietas perimetrales en la junta de la pared

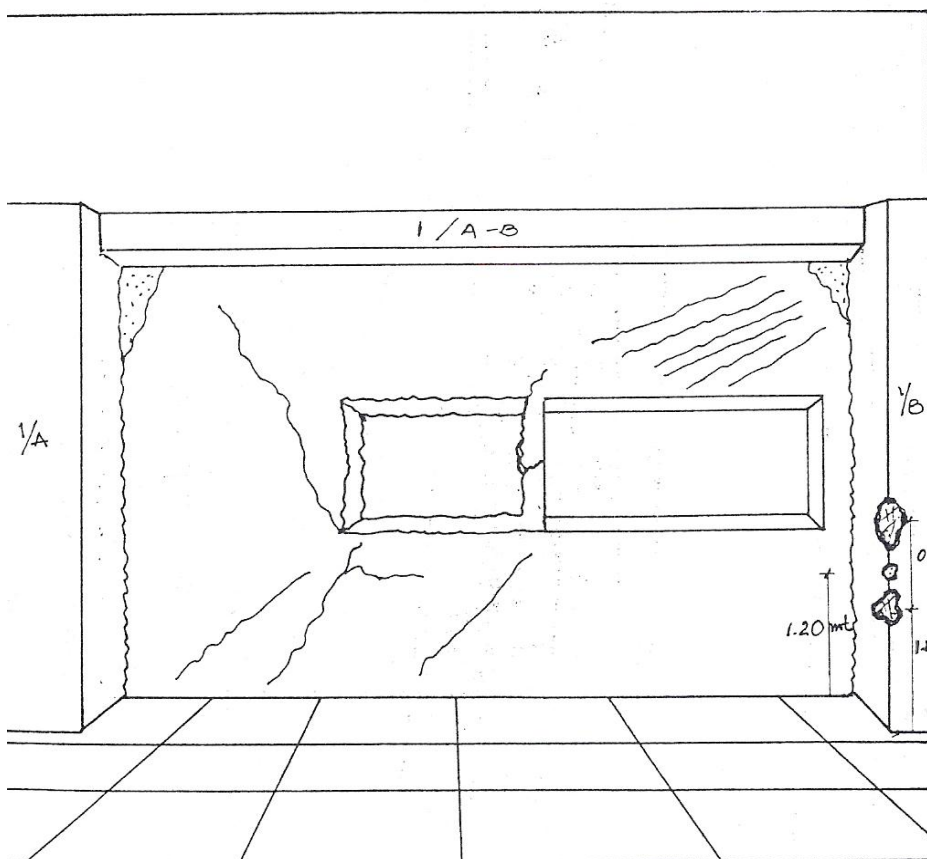
POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

EVALUACION DEFINITIVA

RESPONSABLE : Herbert Salgado FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL EDIFICIO : Esc. de Ingenieria Industrial.  
NIVEL — ENTREPISO 2 EJES 1/A-B TIPO DE ELEMENTO Pared



MATERIALES Mampost  
de barro.

DIMENSIONES \_\_\_\_\_

REFUERZO

TRANSVERSA \_\_\_\_\_

LONGITUDINAL \_\_\_\_\_

CALIFICACION

- LD
- MD
- FD
- SD

DESCRIPCION DEL TIPO DE DAÑO: Grietas diagonales en ambas divi-  
siones y cuyos espesores son mayores o iguales a 1.0m  
grieta perimetral en las juntas que forman la pared  
las cols. 1/A y 1/B, con la viga 1/A-B

POSIBLE CAUSA DE DAÑO : Cortante

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

---

*ANEXO E*

---

*“FORMULARIOS DE INSPECCIÓN DE CAMPO  
PARA LOS EJEMPLOS DESARROLLADOS”*

COMITÉ  
INTERINSTITUCIONAL  
PERMAMANTE

FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE CAMPO  
PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN  
EDIFICACIONES POST-SISMO

COMITÉ  
INTERINSTITUCIONAL  
PERMAMANTE

Fecha del evento: 10/10/1986

CÓDIGO DE INSPECCIÓN: 0614-1001-1

N° Correlativo: 00001

SECCIÓN 1. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación de emergencia)

Responsable de la brigada:

Profesión y nombre completo: Ing. Herbert Salgado F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:

Profesión y nombre completo: Inga. Alma Valladares F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: Ing. Jorge Ayala F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa) :  / / Hora (24 Hrs.):  :

SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Departamento: San Salvador

Municipio: San Salvador

Coordenadas (GPS) de la edificación: X= 0478338 Y= 0288826 Z= -

Dirección: Final 25ª Avenida norte, Ciudad Universitaria

Nombre Escuela de Ingeniería Industrial

AÑO DE CONSTRUCCIÓN

1. Antes de 1966    2. De 1966 a 1988    3. De 1989 a 1996    4. A partir de 1997

2

Año aproximado de construcción: 1974

SECCIÓN 3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Dimensiones aproximadas:

Frente (m): 36.0

Fondo (m): 15.0

Área (m<sup>2</sup>): 540.0

Número de pisos: Sobre el nivel del terreno  3    Sótanos  0

Altura del 1<sup>er</sup> nivel (m): 3.85    Altura del 1<sup>er</sup> sótano: -

Altura del 2<sup>do</sup> nivel (m): 3.85    Altura del 2<sup>do</sup> sótano: -

Altura total (m): 9.80

USO PRINCIPAL DE LA EDIFICACIÓN Y LA PLANTA BAJA:

1. Residencial    2. Salud    3. Educacional    4. Comercial    5. Hotelero    6. Oficinas    7. Industria  
8. Gubernamental    9. Bodegas    10. Estacionamientos    11. Histórico    12. Gimnasio  
13. Servicios de emergencia    14. Otros

Uso de la edificación  3     6            Observaciones: \_\_\_\_\_

Uso de la planta baja  3                Observaciones: \_\_\_\_\_



SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL

1. SISTEMA DE MARCOS:

1.1 Concreto 1.2 Acero 1.3 Madera

2. SISTEMA DE PAREDES:

2.1 Concreto 2.2 Mampostería confinada 2.3 Mampostería reforzada 2.4 Mampostería sin refuerzo 2.5 Adobe  
2.6 Bahareque 2.7 Madera

3. SISTEMA COMBINADO DE PAREDES Y MARCOS:

3.1 Marcos de concreto y paredes de concreto 3.2 Marcos de concreto y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.3 Marcos de concreto y paredes de mampostería reforzada 3.4 Marcos de concreto y paredes de mampostería  
confinada 3.5 Marcos de acero y paredes de concreto 3.6 Marcos de acero y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.7 Marcos de acero y paredes de mampostería reforzada 3.8 Marcos de acero y paredes de mampostería confinada

4. OTROS

Sistema estructural en la dirección longitudinal  1.1 Sistema estructural en la dirección transversal  1.1

Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA DE ENTREPISO

1. CONCRETO:

1.1 Losa densa 1.2 Losa pre-fabricada 1.3 Losa reticular

2. ACERO:

2.1 Viga de alma llena con conectores 2.2 Viga de alma llena sin conectores 2.3 Metal deck

4. MADERA

5. OTROS

Sistema de entrepiso  1.2 Observaciones: \_\_\_\_\_

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

4.1 INESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN

Condiciones de colapso: 1. Total 2. En elementos estructurales puntuales 3. No existe

3

Inclinación de la edificación o de algún nivel: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Daños severos en elementos estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

3

Daños severos en elementos no estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

3

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD GLOBAL (basado en los 4 aspectos anteriores):

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas  Apuntalar  Soporte lateral  No entrar  Evacuar edificación

Evaluación detallada de elementos estructurales  Evaluación detallada de elementos no estructurales

Demoler elementos NO estructurales en peligro de caer  Evaluación de ingeniería

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN  
4.2 CONDICIONES GEOTÉCNICAS

- Asentamiento de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Presencia de grietas en el suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Levantamiento del piso al interior y exterior de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Presencia de fugas de agua en el interior o exterior de la edificación: Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Falla en talud o movimiento masivo del suelo: 1. General 2. Puntual 3. No existe  3
- Origen: 1. Producido por el sismo 2. Agravado por el sismo 3. Pre-existente 4. Existen dudas  -
- Presencia de grietas en la cresta o cabeza del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Presencia de surcos a lo largo de la pendiente del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Cicatrices o huellas de deslizamientos anteriores: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Afloramiento o aporte de agua en el talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Inclinación de árboles que evidencien movimiento de masa de suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- Caída de rocas, bloques o masas de suelo del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3
- 4.3 FACTORES EXTERNOS
- Peligro por inestabilidad (colapso) de edificaciones vecinas: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe  3

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR PROBLEMAS GEOTÉCNICOS (basado en los asentamientos, las fallas en taludes y el peligro por inestabilidad del talud o de edificaciones vecinas (aledañas))

- Bajo  Medio  Alto  Muy alto

RECOMENDACIONES

- Restringir el paso en áreas  Cubrir con plástico las grietas en el suelo o en los taludes
- Rellenar grietas con suelo cemento  No entrar  Evacuar el agua con sistemas de drenaje
- Evaluación de ingeniería  Evacuar edificación

SECCIÓN 5. CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD

- HABITABLE "rótulo VERDE" (Cuando ambos riesgos fueron determinados bajos)
- USO RESTRINGIDO "rótulo AMARILLO" (Cuando se tiene al menos 1 riesgo medio)
- NO HABITABLE "rótulo NARANJA" (Cuando se tiene al menos 1 riesgo alto)
- INSEGURA "rótulo ROJO" (Cuando se tiene al menos 1 riesgo muy alto)

SECCIÓN 6. TIPO DE INSPECCIÓN, NIVEL MÁS DAÑADO Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Exterior parcial  Exterior completa  Interior parcial  Interior completa

Nivel con los elementos estructurales verticales más dañados (letra y número en paréntesis): Primero (1°)

Al momento de la inspección la edificación o parte de ella estaba habitada:  SI  NO

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

SECCIÓN 7. COMENTARIOS

Sección	Comentarios
4	Se aprecia un daño considerable en paredes de relleno perimetrales, del 1° nivel y 2° nivel, así como la caída del cielo falso, principalmente en el 3° nivel. El sistema hidráulico (interno) ya se había desinstalado al momento de la evaluación. No existen taludes (de consideración) en los alrededores, únicamente un pequeño terraplen de unos 0.50 m de altura, el cual no representa un peligro para la edificación. Es necesaria la evaluación detallada principalmente por daños en elementos estructurales (columnas y vigas) ya que no es posible definir en la evaluación de emergencia si es o no habitable

SECCIÓN 8. PERSONA PARA CONTACTO (preferiblemente el propietario)

Nombre completo: Admon. de la Facultad de Ingeniería y Arq. DUI: \_\_\_\_\_

Teléfono fijo: 2235-2035 Tel. Móvil \_\_\_\_\_ Propietario o inquilino: Propietario

SECCIÓN 9. PERSONA DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE QUE RECIBE EL FORMULARIO

Nombre completo: Carlos Vladimiro Nayano Gálvez F. \_\_\_\_\_

Archivo en el que se guarda el formulario y las fotos: 00001-0614-1001-1

Número de Fotos: 07 Fotos de la 01 a la 07

# USO RESTRINGIDO

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

La Edificación presenta daños estructurales (vigas y columnas) principalmente en el 1º y 2º nivel, así como también en las paredes de relleno perimetrales

Tipo de evaluación:

De Emergencia

La evaluación fue:

Interna  
 Externa  
 Completa

La entrada a la edificación es:

Permitida  
 Restringida  
 No permitida

Nombre de la edificación o dirección:

Edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA - UES  
Final 25ª av. nk. Ciudad Universitaria

Recomendaciones:

Se recomienda la evaluación detallada principalmente por aspectos estructurales. Se considera que, las paredes perimetrales que están en peligro de caer deben demolerse

Código de inspección: 0614-1001-1

Fecha (D, M, A):

1988

Hora (24:00):

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.

Fecha del evento: 10/10/1986

CÓDIGO DE INSPECCIÓN: 0674-1001-2

N° Correlativo: 00001

SECCIÓN 10. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación detallada)

Responsable de la brigada:

Profesión y nombre completo: Ing. Herbert Salgado F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:

Profesión y nombre completo: Inya. Alma Valladares F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: Ing. Héctor Garay F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa):   /  /   Hora (24 Hrs.):   :  

SECCIÓN 11 ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN  
DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Entrepiso más dañado (según evaluación de emergencia): Primero (1°)

ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO												NIN- GUNO (%)	Σ= 100%	
	SEVERO (%)			FUERTE (%)			MODERADO (%)			LEVE (%)					
	<5	5-10	>10	<10	10-30	>30	<30	30-60	>60	<30	30-60	>60			
COLUMNAS					23.8		9.5				19.1			47.6	100
PAREDES															
NUDOS				4.7			14.3				14.3			66.7	100
ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO												NIN- GUNO (%)	Σ= 100%	
	SEVERO (%)			FUERTE (%)			MODERADO (%)			LEVE (%)					
	<10	10-20	>20	<20	20-40	>40	<30	30-60	>60	<30	30-60	>60			
VIGAS							6.7				10.0			83.3	100
LOSA				4.2			8.3				8.3			79.2	100

DETERMINACIÓN DEL RIESGO ESTRUCTURAL:

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas

No entrar

Posible demolición de toda la edificación

Evaluación de ingeniería

Evacuar edificación

SECCIÓN 11 ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

ELEMENTO ESTRUCTURAL	MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES		
	REPARAR	APUNTALAR	SOPORTE LATERAL
COLUMNAS	X	X	
PAREDES			
NUDOS	X		
VIGAS	X		
ENTREPISOS	X		

DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

ELEMENTO	NIVELES DE DAÑO					MEDIDAS DE SEGURIDAD TEMPORALES			
	SEVERO	FUERTE	MODERADO	LEVE	NINGUNO	REPARAR	ANCLAR	REMOVER	REUBICAR
PAREDES DE FACHADA O PARAPETO									
PAREDES DIVISORIAS O DE RELLENO	X	X					X	X	
CIELOS FALSOS Y LUMINARIAS		X				X	X		
SISTEMA DE TECHO					X				
ESCALERAS			X				X		
TANQUES ELEVADOS									
DERRAME DE QUÍMICOS									
INSTALACIONES DE GAS									
INSTALACIONES ELÉCTRICAS					X				
INSTALACIONES HIDRAÚLICAS				X		X			

DETERMINACIÓN DEL RIESGO NO ESTRUCTURAL:

Bajo     Medio     Alto     Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas     No entrar     Remover elementos     Evacuar edificación

SECCIÓN 12. CLASIFICCIÓN DE LA HABITABILIDAD (Basada en los riegos por inestabilidad global, por problemas geotécnicos, estructural y no estructural. En caso de replicas revisar el riesgo por inestabilidad y por problemas geotécnicos)

EVALUACIÓN DE EMERGENCIA

Riesgo por inestabilidad global:  Bajo     Medio     Alto     Muy alto  
 Riesgo por problemas geotécnicos:  Bajo     Medio     Alto     Muy alto

EVALUACIÓN DETALADA

Riesgo estructural:  Bajo     Medio     Alto     Muy alto  
 Riesgo no estructural:  Bajo     Medio     Alto     Muy alto

SECCIÓN 12. CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD

- HABITABLE "rótulo VERDE" (Si las 4 clasificaciones de riesgo fueron bajas)
- USO RESTRINGIDO "rótulo AMARILLO" (Si fue asignada por lo menos 1 clasificación de RIESGO MEDIO)
- NO HABITABLE "rótulo NARANJA" (Si fue asignada 1 o 2 clasificaciones de RIESGO ALTO)
- INSEGURA "rótulo ROJA" (Si fue asignada por lo menos 1 clasificación de RIESGO MUY ALTO o 3 de RIESGO ALTO)

SECCIÓN 13. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA EDIFICACIÓN

Se necesita evaluación de ingeniería por aspectos:  Estructurales  Geotécnicos  Servicios públicos

Se recomienda la intervención de:  Compañía de electricidad  Bomberos  Cuerpos de socorro  
 Sistema Nacional de Protección Civil  ANDA  PNC

Se recomienda:  Restringir el paso de peatones  Restringir tráfico vehicular  
 Evacuar edificación  Evacuar edificaciones vecinas  
 Desconectar:  Agua  Electricidad  Gas  
 Posible demolición de la edificación  Retirar elementos no estructurales en peligro de caer

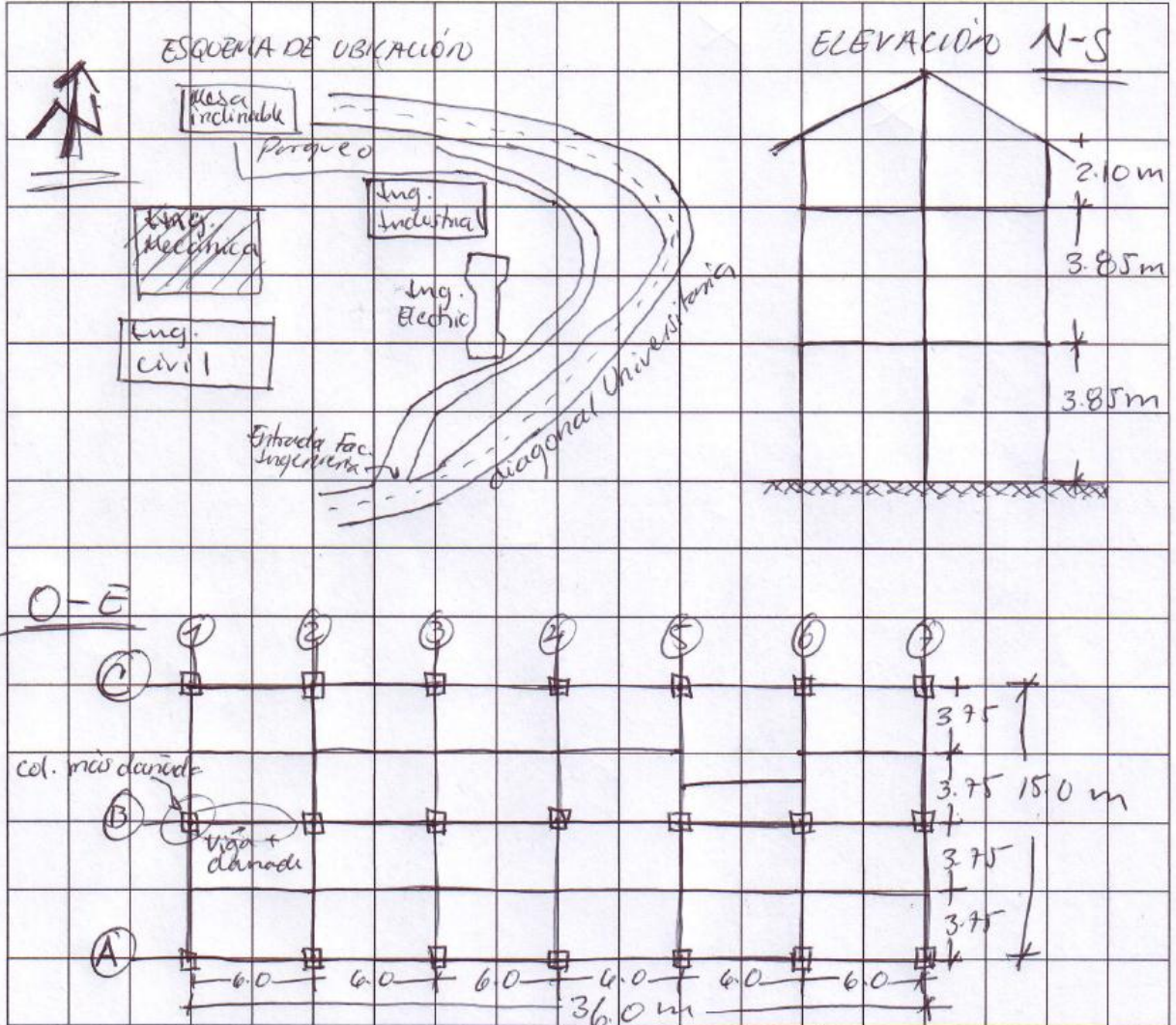
SECCIÓN 14. CONDICIONES PRE-EXISTENTES

CONDICIÓN	EVALUACIÓN	Nº
POSICIÓN DE LA EDIFICACIÓN EN SU MANZANA	1. RESTRINGIDA POR AMBOS COSTADOS 3. LIBRE POR DOS COSTADOS	2. LIBRE POR UN COSTADO 3
REGULARIDAD EN PLANTA	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	1
REGULARIDAD EN ALTURA	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	2
CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	1
CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	2
CONFIGURACIÓN DEL TECHO	1. BUENA 2. REGULAR 3. MALA	2
PENDIENTE DEL TERRENO	1. PLANA 2. INCLINADA 3. MUY INCLINADA	1
HAY INDICIOS DE DAÑOS POR SISMOS ANTERIORES	1. SI 2. NO 3. EXISTEN DUDAS	3
HUBO INTERVENCIÓN DE LOS DAÑOS POR SISMOS ANTERIORES	1. TOTAL 2. PARCIAL 3. NO SE REPARÓ 4. EXISTEN DUDAS	4
MORFOLOGÍA DE LA ZONA	1. CRESTA DEL TALUD 2. TALUD 3. PIE DEL TALUD 4. PLANICIE 5. ZONA URBANA 6. MARGEN DE RÍO O QUEBRADA	5





SECCIÓN 18. ESQUEMA



SECCIÓN 19. FOTOGRAFÍAS

Existen Fotografías: SI

NO

Cantidad de fotografías: \_\_\_\_\_ Números correlativos: de la \_\_\_\_\_ a la \_\_\_\_\_

Número del rollo o nombre del archivo (en caso de ser digitales) \_\_\_\_\_

SECCIÓN 20. PERSONA DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE QUE RECIBE EL FORMULARIO

Nombre completo: Carlos Vladimir Najaro Cálvez F. \_\_\_\_\_

Archivo en el que se guarda el formulario y las fotografías: 00001-0614-1001-2

# NO HABITABLE

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

La edificación presenta daños fuertes y moderados en vigas y columnas, principalmente en el 1º y 2º nivel, así como daños fuertes en paredes de relleno primarias. Estos daños representan una disminución para la existencia acorras del edificio

Tipo de evaluación:

Detallada

La evaluación fue:

Interna  
 Externa  
 Completa

La entrada a la edificación es:

Permitida  
 Restringida  
 No permitida

Nombre de la edificación y dirección: Edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA-UES. Final 25° av. nte. Ciudad Universitaria

Recomendaciones: Se recomienda evacuar y no entrar en el edificio, remover elementos no estructurales (que lo falsó) en peligro de caer y realizar una evaluación de ingeniería para determinar si es posible rehabilitar el edificio.

Código de inspección: 0641-1001-2

Fecha (D, M, A): 1988

Hora (24:00): \_\_\_\_\_

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.

Fecha del evento: 13/02/2001 CÓDIGO DE INSPECCIÓN: 0614-1002-1 N° Correlativo: 00002

SECCIÓN 1. INSPECTORES Y FECHA DE LA INSPECCIÓN (Evaluación de emergencia)

Responsable de la brigada:  
Profesión y nombre completo: Ing. Luis Marrique Aguilar Sanabria F. \_\_\_\_\_

Otros inspectores:  
Profesión y nombre completo: Arg. Federico Marrique Castro Rosales F. \_\_\_\_\_

Profesión y nombre completo: Carlos Vladimír Najuno Gálvez (Eg. Ing.) F. \_\_\_\_\_

Fecha de la inspección (dd/mm/aaaa): 26/04/2008 Hora (24 Hrs.): 09:15

SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Departamento: San Salvador  
Municipio: San Salvador

Coordenadas (GPS) de la edificación: X= \_\_\_\_\_ Y= \_\_\_\_\_ Z= \_\_\_\_\_

Dirección: Final 15ª calle Poniente y diagonal Universitaria, Centro de Gobierno

Nombre: Edificio Nacional de Correos de El Salvador

AÑO DE CONSTRUCCIÓN

1. Antes de 1966    2. De 1966 a 1988    3. De 1989 a 1996    4. A partir de 1997

2

Año aproximado de construcción: 1972

SECCIÓN 3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Dimensiones aproximadas:

Frente (m): 28.0

Fondo (m): 15.0

Área (m²): 420.0

Número de pisos: Sobre el nivel del terreno  5    Sótanos  1

Altura del 1º nivel (m): 5.25    Altura del 1º sótano: 3.6

Altura del 2º nivel (m): 3.70    Altura del 2º sótano: -

Altura total (m): 18.45

USO PRINCIPAL DE LA EDIFICACIÓN Y LA PLANTA BAJA:

1. Residencial    2. Salud    3. Educacional    4. Comercial    5. Hotelero    6. Oficinas    7. Industria  
8. Gubernamental    9. Bodegas    10. Estacionamientos    11. Histórico    12. Gimnasio  
13. Servicios de emergencia    14. Otros

Uso de la edificación     8     6     9        Observaciones: \_\_\_\_\_

Uso de la planta baja     6                Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL

1. SISTEMA DE MARCOS:

1.1 Concreto 1.2 Acero 1.3 Madera

2. SISTEMA DE PAREDES:

2.1 Concreto 2.2 Mampostería confinada 2.3 Mampostería reforzada 2.4 Mampostería sin refuerzo 2.5 Adobe  
2.6 Bahareque 2.7 Madera

3. SISTEMA COMBINADO DE PAREDES Y MARCOS:

3.1 Marcos de concreto y paredes de concreto 3.2 Marcos de concreto y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.3 Marcos de concreto y paredes de mampostería reforzada 3.4 Marcos de concreto y paredes de mampostería  
confinada 3.5 Marcos de acero y paredes de concreto 3.6 Marcos de acero y paredes de mampostería sin refuerzo  
3.7 Marcos de acero y paredes de mampostería reforzada 3.8 Marcos de acero y paredes de mampostería confinada

4. OTROS

Sistema estructural en la dirección longitudinal  Sistema estructural en la dirección transversal

Observaciones: \_\_\_\_\_

SISTEMA DE ENTREPISO

1. CONCRETO:

1.1 Losa densa 1.2 Losa pre-fabricada 1.3 Losa reticular

2. ACERO:

2.1 Viga de alma llena con conectores 2.2 Viga de alma llena sin conectores 2.3 Metal deck

4. MADERA

5. OTROS

Sistema de entrepiso  Observaciones: \_\_\_\_\_

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

4.1 INESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN

Condiciones de colapso: 1. Total 2. En elementos estructurales puntuales 3. No existe

2

Inclinación de la edificación o de algún nivel: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

2

Daños severos en elementos estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

3

Daños severos en elementos no estructurales: 1. En la mayoría 2. En varios 3. En pocos 4. No existe

2

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD GLOBAL (basado en los 4 aspectos anteriores):

Bajo  Medio  Alto  Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas  Apuntalar  Soporte lateral  No entrar  Evacuar edificación

Evaluación detallada de elementos estructurales  Evaluación detallada de elementos no estructurales

Demoler elementos NO estructurales en peligro de caer  Evaluación de ingeniería

SECCIÓN 4. ESTADO DEL DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

4.2 CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Asentamiento de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Presencia de grietas en el suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Levantamiento del piso al interior y exterior de la edificación: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Presencia de fugas de agua en el interior o exterior de la edificación: Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

3

Falla en talud o movimiento masivo del suelo: 1. General 2. Puntual 3. No existe

3

Origen: 1. Producido por el sismo 2. Agravado por el sismo 3. Pre-existente 4. Existen dudas

-

Presencia de grietas en la cresta o cabeza del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Presencia de surcos a lo largo de la pendiente del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Cicatrices o huellas de deslizamientos anteriores: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Afloramiento o aporte de agua en el talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Inclinación de árboles que evidencien movimiento de masa de suelo: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

Caída de rocas, bloques o masas de suelo del talud: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

4.3 FACTORES EXTERNOS

Peligro por inestabilidad (colapso) de edificaciones vecinas: 1. Evidente 2. Existen dudas 3. No existe

-

3

DETERMINACIÓN DEL RIESGO POR PROBLEMAS GEOTÉCNICOS (basado en los asentamientos, las fallas en taludes y el peligro por inestabilidad del talud o de edificaciones vecinas (aledañas))

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

RECOMENDACIONES

Restringir el paso en áreas

Cubrir con plástico las grietas en el suelo o en los taludes

Rellenar grietas con suelo cemento

No entrar  Evacuar el agua con sistemas de drenaje

Evaluación de ingeniería

Evacuar edificación

SECCIÓN 5. CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD

HABITABLE "rótulo VERDE" (Cuando ambos riegos fueron determinados bajos)

USO RESTRINGIDO "rótulo AMARILLO" (Cuando se tiene al menos 1 riesgo medio)

NO HABITABLE "rótulo NARANJA" (Cuando se tiene al menos 1 riesgo alto)

INSEGURA "rótulo ROJO" (Cuando se tiene al menos 1 riesgo muy alto)

SECCIÓN 6. TIPO DE INSPECCIÓN, NIVEL MÁS DAÑADO Y OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Exterior parcial  Exterior completa  Interior parcial  Interior completa

Nivel con los elementos estructurales verticales más dañados (letra y número en paréntesis): Primero (1<sup>o</sup>)

Al momento de la inspección la edificación o parte de ella estaba habitada:  SI  NO

Observaciones: \_\_\_\_\_

SECCIÓN 7. COMENTARIOS

Sección	Comentarios
4	El Edificio No es Habitable, debido a que los daños que presentan las columnas y vigas del 1 <sup>er</sup> nivel, en el caso de la 5ta columna (de Este a Oeste) del eje que está más al norte, ésta ha fallado, ya que presenta una fractura que atraviesa toda la sección (con una inclinación aprox. de 45°) en el tercio superior, además, se observa el pandeo de las varillas de refuerzo (debido a la caída del repello y recubrimiento). Existen también varias paredes (entre el 50 y 75%) de relleno con daños muy severos, así como la falla del cielo falso (caída) y su sistema de suspensión. El acabado de mármol de las paredes laterales (al Este y Oeste) ha caído y hay piezas en peligro de caer por lo que debe restringirse el paso de personas en los alrededores.

SECCIÓN 8. PERSONA PARA CONTACTO (preferiblemente el propietario)

Nombre completo: Lic. René Santamania DUI: \_\_\_\_\_

Teléfono fijo: 2555-7600 Tel. Móvil \_\_\_\_\_ Propietario o inquilino: Administrador

SECCIÓN 9. PERSONA DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL PERMANENTE QUE RECIBE EL FORMULARIO

Nombre completo: Carlos Vladimiro Navarro Galvez F. \_\_\_\_\_

Archivo en el que se guarda el formulario y las fotos: 00002-0614-1002-1

Número de Fotos: 07 Fotos de la 01 a la 07

# NO HABITABLE

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

La Edificación presenta una columna que ha fallado y danos de fuentes a medias en pocos elementos estructurales, pero severos en pocas paredes de relleno laterales de Fachada.

Tipo de evaluación:

De Emergencia

La evaluación fue:

Interna  
 Externa  
 Completa

La entrada a la edificación es:

Permitida  
 Restringida  
 No permitida

Nombre de la edificación y dirección:

EX - Edif -  
Fino de Concos de El Salvador -  
Final 5° calle poniente y prolonga-  
ción diagonal Universitaria. C. de Gds.

Recomendaciones:

Se recomienda No En-  
trar en el edificio, remover los ele-  
mentos No estructurales en peligro de  
caer (acabado de marmol), Apuntalar  
de inmediato la columna que ha  
fallado y realizar la evaluación  
de Ingeniería.

Código de inspección:

0614-1002-1

Fecha (D, M, A):

26 / 04 / 2008

Hora (24:00):

9:15

Informar a las autoridades (alcaldía, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.