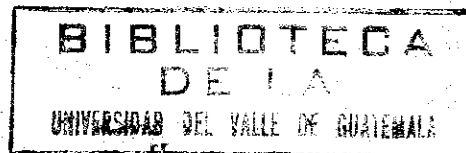


# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ingeniería Civil

## EVALUACIÓN POST-SÍSMICA DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA DE BLOCK



Sergio Rodolfo Morales Cáceres

Guatemala

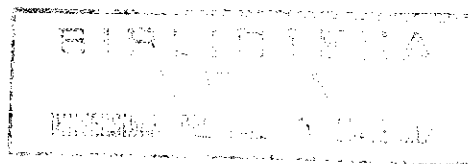
2001

**EVALUACIÓN POST-SÍSMICA  
DE VIVIENDAS  
DE MAMPOSTERÍA DE BLOCK**

# **UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ingeniería Civil

## **EVALUACIÓN POST-SÍSMICA DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA DE BLOCK**



Trabajo de Graduación presentado  
para optar al grado académico de  
Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala

2001

## **PREFACIO**

Dada la escasa información en el tema, se creyó conveniente crear un método para evaluar viviendas de mampostería de block confinada después de un sismo. Tomando en cuenta que un buen porcentaje de viviendas construidas en Guatemala son de mampostería de block, en la mayoría de casos edificadas sin el diseño estructural y la supervisión adecuada, se trató de crear un método con el cual, de forma rápida y económica pueda hacerse una evaluación visual primaria. Esta evaluación de carácter objetivo será de mucha utilidad para determinar si la vivienda es habitable, después de un sismo.

La utilidad de este método radica en establecer factores representativos, que son prácticos para evaluar, incluso a la vista de personas que no tengan un conocimiento profundo de las características estructurales de las edificaciones de mampostería de block confinado, de la geología del lugar y de la amenaza sísmica a la que está sujeta Guatemala.

## ÍNDICE

	Página
PREFACIO .....	ii
ÍNDICE .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABLAS .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. LA AMENAZA SÍSMICA EN GUATEMALA .....	4
A. CAUSAS DE LOS SISMOS .....	4
B. TECTÓNICA DE PLACAS .....	5
C. ESCALA SÍSMICA DE LOS TERREMOTOS .....	7
D. AMENAZA SÍSMICA EN AMÉRICA CENTRAL .....	7
E. RECOPIACIÓN DE HECHOS OCURRIDOS DESPUÉS DEL TERREMOTO DE 1976 EN GUATEMALA .....	11
IV. MAMPOSTERÍA DE BLOCK .....	13
A. GENERALIDADES DE LA MAMPOSTERÍA DE BLOCK .....	13
B. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA .....	13
1. Muros .....	14
2. Diafragmas o losas .....	16
3. Estructuras de Cajón .....	18
C. MORTEROS .....	19
1. Tipos de Mortero .....	19
2. Selección del Tipo de Mortero .....	20
3. Materiales del Mortero .....	20
D. INSTRUCCIÓN DEL INTECAP PARA ALBAÑILES Y MAESTROS DE OBRA.....	20
1. Conceptos Generales Impartidos .....	21

<b>V. FACTORES A TOMARSE EN CUENTA EN LA EVALUACIÓN POST- SÍSMICA .....</b>	<b>23</b>
A. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN .....	23
B. CONCEPTOS GENERALES .....	23
1. Concreto .....	23
2. Block .....	24
3. Mortero .....	25
4. Cimiento .....	25
5. Columnas .....	25
6. Vigas .....	26
7. Losas .....	26
8. Colectores .....	26
9. Soleras y Mochetas .....	26
10. Muros .....	26
C. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN .....	27
D. EQUIPO NECESARIO PARA LA EVALUACIÓN .....	30
E. DAÑOS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	30
F. REPLICAS .....	31
<b>VI. EVALUACIÓN DE VIVIENDA DE MAMPOSTERÍA DE BLOCK .....</b>	<b>32</b>
A. DICTAMEN EXTERNO DE LA VIVIENDA “DEV” .....	32
1. PROCEDIMIENTO PARA EL DEV .....	33
2. CRITERIOS PARA DEV .....	34
1. Localización y disposición del terreno .....	34
2. Condiciones del terreno .....	35
3. Exterior de la estructura .....	36
B. DICTAMEN INTERNO DE LA VIVIENDA “DIV” .....	38
1. PROCEDIMIENTO PARA EL DIV .....	38
2. CRITERIOS PARA DIV .....	41
1. Cimentación .....	41
2. Columnas .....	42
3. Vigas .....	43
4. Losas .....	45
5. Muros .....	46
6. Instalaciones .....	47
7. Elementos No Estructurales .....	47
C. MATRICES DE EVALUACIÓN .....	48
1. Desarrollo de Matriz de Coeficientes para DEV .....	49
2. Desarrollo de Matriz de Coeficientes para DIV .....	50
3. Resultados del DEV y DIV .....	51

D. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN .....	51
E. EJEMPLO .....	52
<b>VII. MÉTODOS DE REACONDICIONAMIENTO .....</b>	<b>55</b>
A. CONCEPTOS GENERALES .....	55
B. RECINAS EPÓXICAS .....	57
1. Procedimiento de Reparación .....	57
C. LECHADAS Y MORTEROS .....	58
D. CONCRETOS .....	59
1. Concreto colados in-situ .....	59
2. Concreto lanzado .....	59
3. Concreto a base de resinas .....	59
E. SOLDADURA Y ANCLAJE MECÁNICOS .....	60
F. REESTRUCTURACIÓN .....	60
G. RESTAURACIÓN Y REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	61
1. Restauración .....	62
2. Refuerzo de Columnas .....	64
3. Refuerzo de Vigas .....	69
4. Refuerzo de Muros de Mampostería .....	70
5. Refuerzo de Losas .....	72
H. RESTAURACIÓN Y REFUERZO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES E INSTALACIONES .....	73
1. Muros divisorios .....	74
2. Recubrimientos .....	74
3. Ventanas .....	75
<b>VIII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>80</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>82</b>
A. ANEXO 1: Formulario .....	82
B. ANEXO 2: Formato Banderas de Evaluación .....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Cómo se produce un terremoto. ....	4
2. Zona de Subducción y distribución de la corteza terrestre. ....	6
3. Distribución de las Placas Tectónicas en América. ....	8
4. Muestra de grietómetro utilizado para medir grietas. ....	30
5. Deslave de una porción de terreno. ....	35
6. Suelo con presencia de fisuras y desplazamientos horizontales. ....	36
7. Presencia de licuefacción en el terreno. ....	36
8. Colapso parcial de una vivienda de mampostería de block. ....	37
9. Daños más comunes en columnas. ....	42
10. Daños más comunes en vigas. ....	44
11. Daños más comunes en losas. ....	45
12. Daños más comunes en muros. ....	47
13. Voladizo parcialmente desprendido. ....	48
14. Inyección de grietas en columnas. ....	63
15. Encamisado de columnas a base de concreto reforzado. ....	65
16. Encamisado completo de columnas. ....	66
17. Encamisado parcial de columnas utilizando concreto reforzado. ....	67
18. Encamisado metálico de columnas. ....	68
19. Encamisado de concreto reforzado por flexión. ....	69
20. Encamisado por flexión y cortante de vigas con concreto reforzado. ....	70
21. Recubrimiento de muros de mampostería. ....	71
22. Rigidización de techos de armaduras. ....	71
23. Confinamiento de muros de mampostería con mortero reforzado. ....	72

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Sismos de la región centroamericana. ....	10
2. Medidas de Block comunes en el Mercado. ....	22
3. Criterios para la localización y disposición del terreno. ....	34
4. Criterios para las condiciones del terreno. ....	35
5. Criterios para el Exterior de la Estructura. ....	36
6. Criterios para la Cimentación. ....	41
7. Criterios para las Columnas. ....	42
8. Criterios para las Vigas. ....	43
9. Criterios para las Losas. ....	45
10. Criterios para los Muros. ....	46
11. Criterios para las Instalaciones. ....	47
12. Criterios para los Elementos No Estructurales. ....	47
13. Resultados de la Evaluación. ....	51

## **PREFACIO**

Dada la escasa información en el tema, se creyó conveniente crear un método para evaluar viviendas de mampostería de block confinada después de un sismo. Tomando en cuenta que un buen porcentaje de viviendas construidas en Guatemala son de mampostería de block, en la mayoría de casos edificadas sin el diseño estructural y la supervisión adecuada, se trató de crear un método con el cual, de forma rápida y económica pueda hacerse una evaluación visual primaria. Esta evaluación de carácter objetivo será de mucha utilidad para determinar si la vivienda es habitable, después de un sismo.

La utilidad de este método radica en establecer factores representativos, que son prácticos para evaluar, incluso a la vista de personas que no tengan un conocimiento profundo de las características estructurales de las edificaciones de mampostería de block confinado, de la geología del lugar y de la amenaza sísmica a la que está sujeta Guatemala.

## ÍNDICE

	Página
PREFACIO .....	ii
ÍNDICE .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABLAS .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. LA AMENAZA SÍSMICA EN GUATEMALA .....	4
A. CAUSAS DE LOS SISMOS .....	4
B. TECTÓNICA DE PLACAS .....	5
C. ESCALA SÍSMICA DE LOS TERREMOTOS .....	7
D. AMENAZA SÍSMICA EN AMÉRICA CENTRAL .....	7
E. RECOPIACIÓN DE HECHOS OCURRIDOS DESPUÉS DEL TERREMOTO DE 1976 EN GUATEMALA .....	11
IV. MAMPOSTERÍA DE BLOCK .....	13
A. GENERALIDADES DE LA MAMPOSTERÍA DE BLOCK .....	13
B. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA .....	13
1. Muros .....	14
2. Diafragmas o losas .....	16
3. Estructuras de Cajón .....	18
C. MORTEROS .....	19
1. Tipos de Mortero .....	19
2. Selección del Tipo de Mortero .....	20
3. Materiales del Mortero .....	20
D. INSTRUCCIÓN DEL INTECAP PARA ALBAÑILES Y MAESTROS DE OBRA.....	20
1. Conceptos Generales Impartidos .....	21

<b>V. FACTORES A TOMARSE EN CUENTA EN LA EVALUACIÓN POST- SÍSMICA .....</b>	<b>23</b>
A. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN .....	23
B. CONCEPTOS GENERALES .....	23
1. Concreto .....	23
2. Block .....	24
3. Mortero .....	25
4. Cimiento .....	25
5. Columnas .....	25
6. Vigas .....	26
7. Losas .....	26
8. Colectores .....	26
9. Soleras y Mochetas .....	26
10. Muros .....	26
C. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN .....	27
D. EQUIPO NECESARIO PARA LA EVALUACIÓN .....	30
E. DAÑOS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	30
F. REPLICAS .....	31
<b>VI. EVALUACIÓN DE VIVIENDA DE MAMPOSTERÍA DE BLOCK .....</b>	<b>32</b>
A. DICTAMEN EXTERNO DE LA VIVIENDA “DEV” .....	32
1. PROCEDIMIENTO PARA EL DEV .....	33
2. CRITERIOS PARA DEV .....	34
1. Localización y disposición del terreno .....	34
2. Condiciones del terreno .....	35
3. Exterior de la estructura .....	36
B. DICTAMEN INTERNO DE LA VIVIENDA “DIV” .....	38
1. PROCEDIMIENTO PARA EL DIV .....	38
2. CRITERIOS PARA DIV .....	41
1. Cimentación .....	41
2. Columnas .....	42
3. Vigas .....	43
4. Losas .....	45
5. Muros .....	46
6. Instalaciones .....	47
7. Elementos No Estructurales .....	47
C. MATRICES DE EVALUACIÓN .....	48
1. Desarrollo de Matriz de Coeficientes para DEV .....	49
2. Desarrollo de Matriz de Coeficientes para DIV .....	50
3. Resultados del DEV y DIV .....	51

D. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN .....	51
E. EJEMPLO .....	52
<b>VII. MÉTODOS DE REACONDICIONAMIENTO .....</b>	<b>55</b>
A. CONCEPTOS GENERALES .....	55
B. RECINAS EPÓXICAS .....	57
1. Procedimiento de Reparación .....	57
C. LECHADAS Y MORTEROS .....	58
D. CONCRETOS .....	59
1. Concreto colados in-situ .....	59
2. Concreto lanzado .....	59
3. Concreto a base de resinas .....	59
E. SOLDADURA Y ANCLAJE MECÁNICOS .....	60
F. REESTRUCTURACIÓN .....	60
G. RESTAURACIÓN Y REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	61
1. Restauración .....	62
2. Refuerzo de Columnas .....	64
3. Refuerzo de Vigas .....	69
4. Refuerzo de Muros de Mampostería .....	70
5. Refuerzo de Losas .....	72
H. RESTAURACIÓN Y REFUERZO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES E INSTALACIONES .....	73
1. Muros divisorios .....	74
2. Recubrimientos .....	74
3. Ventanas .....	75
<b>VIII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>80</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>82</b>
A. ANEXO 1: Formulario .....	82
B. ANEXO 2: Formato Banderas de Evaluación .....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Cómo se produce un terremoto. ....	4
2. Zona de Subducción y distribución de la corteza terrestre. ....	6
3. Distribución de las Placas Tectónicas en América. ....	8
4. Muestra de grietómetro utilizado para medir grietas. ....	30
5. Deslave de una porción de terreno. ....	35
6. Suelo con presencia de fisuras y desplazamientos horizontales. ....	36
7. Presencia de licuefacción en el terreno. ....	36
8. Colapso parcial de una vivienda de mampostería de block. ....	37
9. Daños más comunes en columnas. ....	42
10. Daños más comunes en vigas. ....	44
11. Daños más comunes en losas. ....	45
12. Daños más comunes en muros. ....	47
13. Voladizo parcialmente desprendido. ....	48
14. Inyección de grietas en columnas. ....	63
15. Encamisado de columnas a base de concreto reforzado. ....	65
16. Encamisado completo de columnas. ....	66
17. Encamisado parcial de columnas utilizando concreto reforzado. ....	67
18. Encamisado metálico de columnas. ....	68
19. Encamisado de concreto reforzado por flexión. ....	69
20. Encamisado por flexión y cortante de vigas con concreto reforzado. ....	70
21. Recubrimiento de muros de mampostería. ....	71
22. Rigidización de techos de armaduras. ....	71
23. Confinamiento de muros de mampostería con mortero reforzado. ....	72

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Sismos de la región centroamericana. ....	10
2. Medidas de Block comunes en el Mercado. ....	22
3. Criterios para la localización y disposición del terreno. ....	34
4. Criterios para las condiciones del terreno. ....	35
5. Criterios para el Exterior de la Estructura. ....	36
6. Criterios para la Cimentación. ....	41
7. Criterios para las Columnas. ....	42
8. Criterios para las Vigas. ....	43
9. Criterios para las Losas. ....	45
10. Criterios para los Muros. ....	46
11. Criterios para las Instalaciones. ....	47
12. Criterios para los Elementos No Estructurales. ....	47
13. Resultados de la Evaluación. ....	51

# I. INTRODUCCIÓN

La república de Guatemala, que encabeza geográficamente el bloque centroamericano, presenta como país, ciertas características especiales, propias de la región, que conjugadas con la diversidad de costumbres socioculturales, encierran diferentes hábitos y tradiciones que se reflejan en su diario vivir; tradiciones que se han legado durante muchas generaciones y que incluye entre otras cosas el tipo de vivienda que prefieren ocupar.

Constantemente el territorio guatemalteco, al igual que el centroamericano, se ha visto afectado por una amenaza sísmica latente; esto aunado al poco conocimiento científico y baja calidad con la que se acostumbra construir, presenta en ocasiones un “alto riesgo”, ya que la mayoría de viviendas en áreas urbanas son construidas de mampostería de block confinada, que no llenan en algunos casos, los requisitos mínimos de seguridad, o, porque son estructuras que han quedado afectadas por sismos anteriores sin que sus ocupantes se percaten de ello.

Después de observar, evaluar y analizar estos patrones que se repiten en diferentes comunidades y conjuntos habitacionales, se ha planteado un “método de evaluación y diagnóstico”, sencillo y económico, que nos dé resultados inmediatos y de gran valor para tomar decisiones sobre una infraestructura en particular y la habitabilidad de la misma.

Este “método de evaluación y diagnóstico”, está sustentado en dos grandes aspectos: UNO, la amenaza sísmica en Guatemala y la fisiografía del terreno; y DOS, las características estructurales y procedimientos de construcción (tanto técnicos, como empíricos), de la mampostería de block que se da en Guatemala.

Cuando se evalúa una vivienda parcialmente dañada, la orientación que se le da a la evaluación es para enfatizar el aspecto "preventivo", que naturalmente evitará pérdida de vidas humanas, así como pérdidas materiales. Por eso, se determinó una serie de factores para la evaluación del estado de cada vivienda, los cuales son suficientemente representativos y prácticos al realizar la evaluación.

Además de la evaluación de habitabilidad, se hace una breve descripción de las reparaciones básicas, de restauración y refuerzo, para daños post-sismicos comunes, y evaluaciones o análisis más profundos que sean requeridos para casos específicos.

## **II. OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVOS GENERALES**

1. Crear de un método fácil de utilizar, para evaluar estructuralmente viviendas de mampostería de block confinada, en forma rápida y económica.
2. Ayudar a la prevención de pérdidas humanas y materiales debido a desastres naturales en Guatemala.

### **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Establecer un criterio de factores para la evaluación, prácticos y representativos, para determinar la situación de las viviendas después de un fenómeno sísmico.
2. Crear de un método de evaluación post-sísmico, para determinar la habitabilidad de una vivienda de mampostería de block confinada.
3. Que personas sin mayor preparación técnica puedan emplear el método de evaluación.
4. Brindar una guía útil para las reparaciones básicas que se podrían hacer para habilitar ciertas viviendas.

### III. AMENAZA SÍSMICA EN GUATEMALA

#### A. CAUSAS DE LOS SISMOS

Un terremoto es la liberación repentina y natural de la energía acumulada por la interacción entre las placas tectónicas que componen la capa terrestre, en forma de vibraciones u ondas sísmicas que se esparcen en todas direcciones produciendo al pasar una súbita sacudida. A este movimiento se le llama sismo, terremoto o temblor. Los tres significan lo mismo, aunque se le llame terremoto a los temblores o sismos de mayor magnitud (ref. 14).

Algunas veces, y por razones que son desconocidas, la energía sísmica se libera de forma lenta, en períodos de tiempos de minutos, días o incluso años; no se genera terremoto ninguno, en un proceso conocido como *deslizamiento sísmico* o *fluencia*. En otras ocasiones, al producirse la ruptura de rocas, la energía se libera violentamente en un tiempo de segundos, dando lugar a un terremoto (ref. 8) (fig. 1).

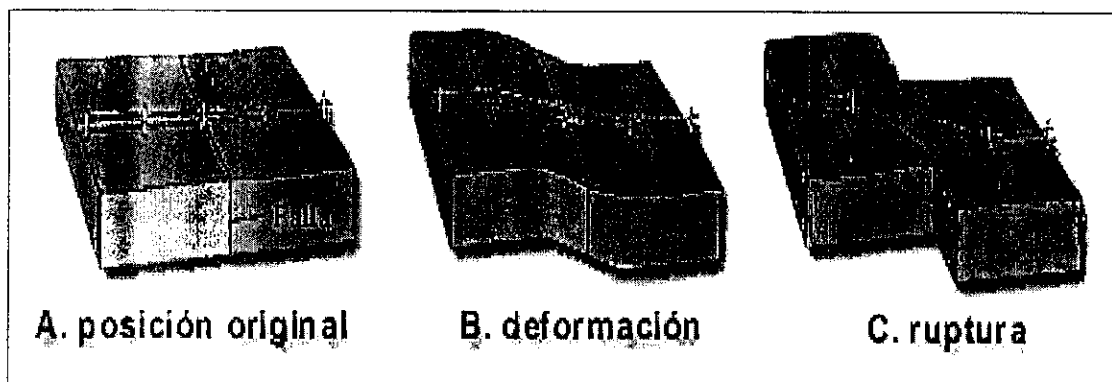


Fig. 1: Cómo se produce un terremoto.

## B. TECTÓNICA DE PLACAS

Que los terremotos no ocurren en lugares uniformemente distribuidos sobre la superficie de la Tierra, es una observación hecha hace mucho tiempo. La eventual correlación de las zonas en que estos terremotos ocurren con accidentes geológicos más característicos de la superficie terrestre, ya sea bajo los océanos como sobre las superficies continentales, fue una de las claves fundamentales para la evolución del concepto de tectónica de placas, que ha hecho evolucionar a la geología a partir de 1970. El esquema básico de distribución de los terremotos y de los accidentes geológicos superficiales asociados a ellos se ha visto que define una serie de zonas activas alrededor de la tierra. La sismología sola no era capaz, hasta los años sesenta, de aportar pruebas suficientes que permitieran establecer los procesos geológicos que tenían lugar en estas zonas (ref. 8).

A partir del establecimiento de la Red Mundial de Sismógrafos Normalizados ha sido posible no sólo determinar con más precisión los focos de los terremotos, sino también el mecanismo focal de los mismos; es decir, en qué forma se mueven las rocas en relación con las contiguas. La determinación del mecanismo focal del terremoto ha suministrado las primeras pruebas concretas que confirman el movimiento de las placas sobre la superficie de la Tierra. Las placas son gigantescas losas de *litosfera*, que comprenden la corteza más una capa del manto. Debajo de la litosfera se encuentra la astenósfera, una zona en la que las ondas sísmicas se transmiten más lentamente. La astenósfera aparece así como una capa más blanda, en la que pueden tener lugar lentos movimientos a lo largo de grandes períodos de tiempo, pero en la que nunca se originan terremotos (ref. 8).

*Dorsales de expansión* son zonas donde crea nueva litosfera al moverse dos placas, separándose entre sí, por lo que se les llama bordes constructivos.

El mecanismo focal de la mayoría de los terremotos que ocurren sobre las dorsales de expansión corresponde a fallas normales. Este hecho implica que se produce extensión en la litosfera, confirmándose que las placas se mueven separándose entre sí (ref. 14).

*Zonas de subducción* son aquellas en que la litosfera oceánica es consumida a medida que se ve forzada a introducirse o a «subducir» bajo el manto, reciben el nombre de bordes destructivos. El proceso de este tipo de fenómenos es complejo, y existen diferencias importantes entre cada zona de subducción que hacen muy difícil cualquier generalización. El conocimiento actual de las partes más profundas de las zona de subducción es más imperfecto (ref. 14) (fig. 2).

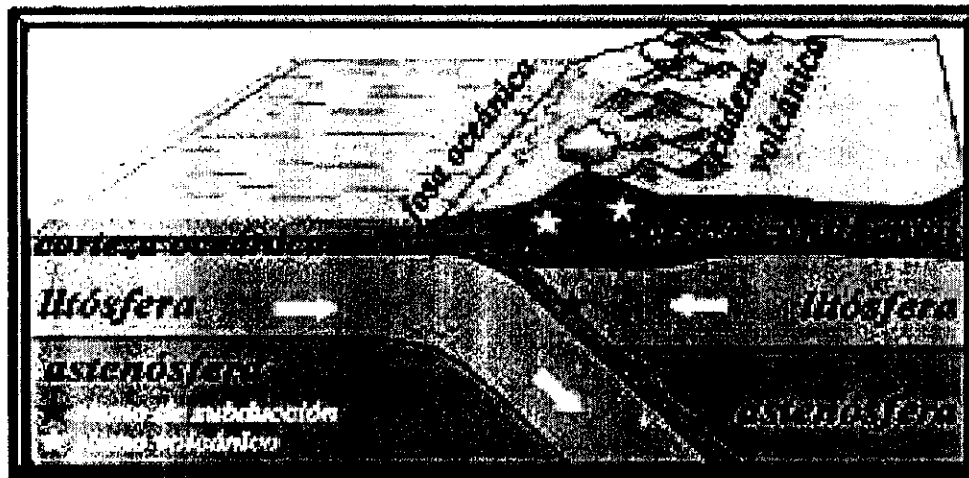


Fig. 2: Zona de Subducción y distribución de la corteza terrestre.

El mecanismo motor de la tectónica de placas se estima que sea alguna forma de corriente de circulación que tenga lugar en el manto; la cuestión principal es si estas corrientes se producen en todo el manto o solamente en la astenósfera, existiendo serias dudas de si estas corrientes puede producirse en el estrecho espacio de la astenósfera. Existen, por otra parte, también dudas sobre si la astenósfera desciende acompañando a la litosfera en las zonas de subducción, y sobre hasta qué profundidad puede considerarse que existe la astenósfera (ref. 8).

### **C. ESCALA SÍSMICA DE LOS TERREMOTOS**

No ha resultado fácil encontrar un procedimiento adecuado para medir la magnitud de los terremotos; en la actualidad se utilizan normalmente dos conceptos distintos: intensidad y magnitud. La intensidad tiene como finalidad clasificar en grado el tamaño de las sacudidas; los datos se obtienen de la inspección de los daños y otros efectos producidos por el terremoto en las zonas afectadas, que son normalmente mayores cuanto más cerca del epicentro se encuentran y disminuyen con la distancia al mismo. La magnitud se utiliza para comparar los terremotos entre sí, en términos de la energía total o potencia desarrollada en ellos. Su valor se obtiene mediante la determinación de los desplazamientos o amplitudes máximas de los trazos del sismograma, una vez se haya efectuado la corrección correspondiente a la distancia entre el foco y el emplazamiento del sismógrafo (ref. 8).

### **D. AMENAZA SÍSMICA EN AMÉRICA CENTRAL**

América Central, como otras regiones del Cinturón de fuego del Pacífico, es una zona con una amenaza sísmica latente. Esta amenaza radica en la existencia de dos límites de placas tectónicas que bordean la región y una zona de esfuerzos compresivos dentro de la misma placa Caribe de la cual América Central forma parte (fig. 3). El primer límite es la fosa Mesoamericana la cual se encuentra en el océano Pacífico y es la frontera entre la placa del Coco y la placa Caribe. Un segundo límite sería el sistema de fallas Polochic-Motagua-Chamalecón que separa a la placa Caribe de la placa Norteamericana, se encuentra al norte de Guatemala cerca de la frontera con Honduras y se extiende por el Golfo de Honduras hacia el mar Caribe. Al norte de Panamá se encuentra una zona de esfuerzos compresivos, llamada Cinturón Deformado del Norte de Panamá, en donde se generan importantes terremotos aunque con menor frecuencia que en los límites antes mencionados (ref. 20).



Fig. 3: Distribución de las Placas Tectónicas en América.

Un recuento de los terremotos de la región desde 1900 hasta el presente indica que ha habido 52 temblores destructivos con magnitudes entre 5,0 y 6,9 que han ocurrido principalmente en la faja volcánica y 51 temblores con magnitud superior a 7,0 fuera de dicha área, la mayoría en las costas o cerca de ellas. Los temblores destructivos han cobrado cerca de 41,000 vidas en el lapso antes indicado, han dejado más de 100,000 heridos, alrededor de 1,000,000 de personas sin hogar y millones de dólares en pérdidas económicas (ref. 8).

Las causas de estos importantes temblores son: el fallamiento de la faja volcánica, la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe, el sistema de fallas Polochic-Motagua-Chamalecón y el Cinturón Deformado del Norte de Panamá. La faja volcánica, que se extiende desde Guatemala hasta Panamá, contiene fallas geológicas (fracturas de la corteza terrestre) que al ser activadas por las fuerzas terrestres provocan temblores sumamente destructivos en todos los países de la región; ésta es la fuente sísmica más perjudicial para los centroamericanos. La segunda fuente en orden de importancia es la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe la cual provoca grandes esfuerzos y

sismicidad que afecta por igual a todos los países del área centroamericana pero fundamentalmente en el sector del pacífico. El sistema de fallas Polochic-Motagua-Chamalecón causa grandes temblores en el norte de Guatemala, norte de Honduras y también en el Golfo de Honduras, o sea, en el piso marino del Caribe; este sistema de falla fue el que provocó el terremoto de Guatemala de 1976 con saldo de 23,000 muertos y 1,1 billones de dólares en daños. Otra fuente no menos importante es el Cinturón Deformado del Norte de Panamá que es una zona de subducción en el Caribe que produce grandes temblores en el Caribe de Costa Rica y Panamá (ref. 20).

En cuanto al impacto humano, los temblores corticales (o de fallamiento) de la faja volcánica tienen mayor amenaza para la población porque no solo son más frecuentes sino que ellos usualmente ocurren mucho más cerca de los principales centros de población, donde como es sabido, se concentra la actividad social, económica y política de los países. A pesar de que los temblores de subducción tienen magnitudes mayores y producen un daño más extendido geográficamente hablando respecto de los sismos de la faja volcánica, su impacto sobre la población es mucho menor. Este hecho es apoyado por el número de víctimas provocado por los terremotos pues se tiene que mientras los temblores corticales (o de fallamiento) han cobrado cerca de 41,000 vidas, los de subducción apenas han quitado la vida a un poco más de 2,000 personas, o sea, tan sólo 4,7% del total de víctimas hasta el momento registradas (ref. 8).

Las últimas grandes catástrofes sísmicas de la región centroamericana son las siguientes (ref. 8):

**Tabla No. 1:** Sismos de la región centroamericana.

Nombre	Año	Magnitud	Víctimas	Pérdidas	Causa
Terremoto de Nicaragua	1972	6,2	11,000	800 millones de dólares	Fallamiento de la Faja Volcánica (Falla Tizcapa)
Terremoto de Guatemala	1976	7,5	23,000	1,1 billones de dólares	Sistema de fallas Polochic-Motagua-Chamalecón
Terremoto de El Salvador	1986	5,7	1500	1,4 billones de dólares	Fallamiento de la Faja Volcánica
Terremoto de Limón, Costa Rica	1991	7,6	98	188,3 millones de dólares	Cinturón Deformado del Norte de Panamá

Más reciente aún, el terremoto de El Salvador del 13 de enero ocurrió en la zona de subducción, donde las dos placas (Cocos y Caribe) chocan. Las dos placas flotan sobre el manto de la tierra, de un material semifluido. La placa de Cocos se dobla, pasa debajo de la placa de Caribe y se hunde en el manto de la tierra. La presión de la placa de Cocos, que se mueve con una velocidad de aproximadamente 7 centímetros por año contra la del Caribe, genera también movimientos en el interno de las placas, que a su vez están divididas en bloques pequeños (fig. 3).

El epicentro del segundo terremoto, del 13 de febrero, se ubica en la zona de la cadena volcánica de El Salvador. Esta zona es de debilidad en la corteza terrestre de la placa de Caribe, con muchas fallas, en algunas de las cuales nacen los volcanes. Esta zona de debilidad existe porque la placa de Cocos se hunde en el manto de la tierra y pasa debajo de la placa del Caribe. En grandes profundidades, en aproximadamente 100 kilómetros, algunas partes, materiales ligeros, de la placa de Cocos se funden por las altas temperaturas que existen en

esta profundidad. Suben y penetrando primero el material semifluido y más pesado del manto y buscando su camino para penetrar la dura corteza terrestre. Entran en fallas existentes e inclusive abren nuevas fallas en la corteza para pasar a la superficie y formar volcanes. Por eso, volcanes en esta zona siempre se ubican en cadenas, a lo largo de fallas.

El choque de placas genera desorden y movimientos en lo interno de la placa de Caribe. Estos movimientos no ocurren continuamente, sino en movimientos abruptos. Eso, porque entre los diferentes bloques hay fricción. Tiene que acumularse cierto nivel de presión antes de ser posible otro movimiento. Obviamente, en la cadena volcánica de El Salvador, cerca de San Vicente ya se había acumulado mucha energía y la zona estuvo cerca de un nuevo movimiento, o terremoto.

#### **E. RECOPIACIÓN DE HECHOS OCURRIDOS DESPUÉS DEL TERREMOTO DE 1976 EN GUATEMALA**

El 4 de febrero de 1976, se produjo un violento sismo de grado 7.5 en la escala de Richter, que generó cuantiosas e irreparables pérdidas. Este suceso violento y repentino desencadenó acciones en tres momentos distinguibles: la emergencia, la rehabilitación y la reconstrucción (ref. 19).

A las 3:02 a.m. la ruptura inicio a 27 km al sur del Lago Izabal, el epicentro de un terremoto 19 veces más fuerte que el ocurrido en Managua en 1972, partió a Guatemala en dos. El impacto duró 30 segundos, y fue sentido desde México hasta Costa Rica. El impacto fuerte se dio en un área de 9,000 km<sup>2</sup> (ref. 12).

Como resultado inmediato de la acción sísmica, se produjo la ruptura de los sistemas de distribución de bienes y servicios, el colapso de una importante porción de viviendas, el cual a su vez produjo 23,000 muertos y 77,000 heridos (ref. 12).

El movimiento de la corteza terrestre derribó postes telegráficos y de distribución de energía eléctrica, con lo que sólo quedaron operando equipos singulares en locales cuya seguridad así lo exige: aeropuertos, hospitales, cuarteles, etc. Se cortaron las tuberías de distribución de agua, de colección y disposición de aguas servidas y drenajes pluviales, además que las bombas no funcionaban por falta de energía (ref. 19).

En el ámbito urbano se destruyeron 117,117 unidades, lo cual significó el 45% del total destruido y el 33% de la vivienda urbana existente; en el ámbito rural, se destruyeron 141,362 unidades, lo cual significó el 55% del total destruido y el 21% de la vivienda rural existente. Esta destrucción total, afectó por igual a las unidades de vivienda sin importar los materiales genéricos empleados en su fabricación pero sí señalando la mala calidad de edificación (ref. 19).

## **IV. MAMPOSTERÍA DE BLOCK**

### **A. GENERALIDADES DE LA MAMPOSTERÍA DE BLOCK**

La mampostería, en especial la de Block, ha sido a partir del terremoto ocurrido en 1976, el material de construcción más empleado en nuestro país. De hecho, según datos históricos después del terremoto, el Consejo Cristiano de Agencias de Desarrollo (CONCAD) y otras organizaciones religiosas protestantes, que se dedicaban a ayudar a los damnificados, fueron las precursoras en ayudar a reconstruir casas y escuelas, utilizando la mampostería de block. Esto promovió un crecimiento considerable en dos nuevas ideologías en la sociedad guatemalteca, a saber el protestantismo y la utilización de la mampostería en la construcción. Algunos escépticos le llamaron a este fenómeno "trueque de ánimo por lámina". A partir de entonces, la mampostería se ha empleado en casi todo tipo de estructuras, siendo su uso principal en viviendas. Según el último censo realizado en 1996 por Instituto Nacional de Estadística, de las casi 1,600,000 viviendas, 1,300,000 son casas formales las cuales en su mayoría son de mampostería de block (ref. 17).

### **B. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA**

La mampostería moderna puede tomar una de varias formas. Estructuralmente, se puede dividir en estructuras de carga, de cortina y de fechada. Asimismo, existe la mampostería sólida, muros sólidos de unidades huecas o muros de cavidades. Finalmente, la mampostería puede estar reforzada, parcialmente reforzada o simple, y diseñada sin conocimiento científico o analíticamente (ref. 10).

La mampostería de carga soporta su propio peso así como el de las cargas vivas y muertas de la estructura, y todas las fuerzas laterales de viento y sísmicas. La mampostería de cortina, incluyendo las fachadas, también resisten

fuerzas laterales y pueden soportar su propio peso para la altura completa de la estructura o estar soportadas por la estructura de cada nivel (ref. 10).

## 1. Muros

Los muros de mampostería se clasifican de acuerdo a varios factores, tales como si soportan o no cargas verticales y tipo de construcción. Desde el punto de vista de construcción, los muros de mampostería pueden ser sólidos, sólidos de unidades huecas o de cavidades. Los muros sólidos están hechos de unidades sólidas o de unidades huecas, a las cuales se les rellenan las cavidades con mezcla. Los muros sólidos de unidades huecas tienen libres sus cavidades, pero se rellenan con mortero todas las uniones entre filas. Los muros de cavidades tienen dos o más filas de unidades sólidas o huecas separadas por una unión o cavidad, la cual se deja abierta y de por lo menos 2 pulgadas (ref. 10).

Desde el punto de vista estructural, los muros pueden o no soportar cargas. Adicionalmente, los muros pueden ser de mampostería simple, parcialmente reforzada o reforzada.

Los muros de mampostería que no soportan cargas incluyen a los muros de partición, muros exteriores y fachadas. Los muros de partición son interiores, no soportan cargas y tienen una altura máxima de un nivel. Estos pueden servir para separar espacios o formar barreras contra incendios, humo o sonido. Los muros exteriores son empleados en marcos de concreto, acero, madera u otra estructura de mampostería. Estos también pueden ser empleados como paredes cortinas en edificios de varios niveles (ref. 11).

Los muros de mampostería que soportan cargas pueden ser simples, parcialmente reforzados y reforzados. En los muros simples, el corte y los esfuerzos de flexión se resisten únicamente con la masa del muro y la adhesión entre el mortero y las unidades de mampostería. Muros de mampostería

reforzada pueden ser empleados en estructuras que soportan cargas de varios niveles (ref. 11).

A los dos tipos de muros (carga y no carga) se aplican diferentes tipos de criterios de diseño. En las normas del American National Standard Institute (ANSI), de la Standard Building Code Requirements for Masonry, A41.1 y ANSI Standard Building Code Requirements for Reinforced Masonry, A41.2 del ANSI, Building Code Requirements for Engineers Brick Masonry, Brick Institute of America y Standard Building Code Requirements for Concrete Masonry Structures, ACI 531, del American Concrete Institute, se exponen los requisitos mínimos para ambos tipos de muros de obra de mampostería (ref. 11). Por otro lado, las unidades de mampostería de block para sistemas cargados están especificados en ASTM C 55, Especificaciones para Block de Concreto para Construcción o UBC No.21-3, Blocks de Concreto para Construcción o unidades de mampostería de concreto huecas especificadas en ASTM C 90, Especificaciones para Unidades de Mampostería Huecas con carga o por UBC 21-4, Unidades de Mampostería de Concreto Sólidas y Huecas con carga (ref. 10).

#### **a. Muros de Corte**

Las cargas laterales que absorbe el piso o el techo de una estructura se transfieren a los muros de corte. Los muros de corte están diseñados para resistir fuerzas laterales aplicadas paralelamente al plano del muro. La orientación de los muros de carga en una estructura pueden hacer mínimos los esfuerzos debidos a cargas laterales y aprovechar la resistencia a la comprensión y al corte de los muros. Los muros de corte funcionan mejor cuando adicionalmente soportan cargas verticales, debido a que estas cargas adicionalmente ofrecen mayor resistencia al volteo. Si todos los muros de carga de una estructura están orientados en la misma dirección, sólo resistirán fuerzas laterales en una dirección. En este caso, es posible que se necesiten muros de corte que no soporten cargas en la otra dirección (ref. 10).

## **b. Muros de Retención**

Los muros de mampostería pueden ser empleados efectivamente para retener suelos para propósitos de jardinería, estructuras subterráneas y hasta piscinas. Los muros de retención se construyen para resistir la presión lateral del suelo en operaciones de excavaciones, rellenos y para muchas otras cosas. Los factores importantes de diseño incluyen el volteo, el deslizamiento y la capacidad de soporte del suelo. Algunos de los factores importantes a incluir en el diseño deberían ser: una buena protección en la corona para evitar que el agua se acumule o almacene en la parte superior del muro, una capa impermeable en la parte trasera del muro para impedir saturar la mampostería, un relleno permeable para prevenir la saturación del suelo y el aumento de la presión hidrostática, líneas de drenaje, y juntas de expansión para permitir el movimiento lateral término y por humedad. Existen cuatro tipos básicos de muros de retención de mampostería (ref. 10). Estos son :

- i. Muros de gravedad.
- ii. Muros en voladizo.
- iii. Muros con contrafuertes.
- iv. Muros con el refuerzo distribuido.

## **2. Diafragmas o losas**

Un diafragma es un sistema de piso o techo capaz de transmitir fuerzas laterales a los muros de corte sin exceder una deformación que causaría daños a algún miembro vertical de la estructura. Las deformaciones deben ser controladas para prevenir esfuerzos de tensión y flexión demasiado grandes en los muros perpendiculares a la dirección de la fuerza lateral (ref. 11).

Los diagramas pueden estar contruidos de un gran número de materiales tales como prefabricados, concreto, mampostería, madera o combinaciones con metal. A veces se emplean combinaciones de estos materiales. En mampostería,

por lo general se encuentran losas de concreto, ya sea fundida en el lugar o prefabricadas (ref. 11).

Razones máximas entre el largo y el ancho de un diafragma se utilizan para controlar las deformaciones. Si el diafragma se diseña con una razón apropiada, la deformación por lo general no será crítica.

La rigidez del diafragma afecta la distribución de las fuerzas laterales a los muros de corte. Debido a que ningún diafragma es infinitamente rígido o infinitamente flexible, para propósitos de análisis; por lo que se clasifican como: rígidos, semi-rígidos o semi-flexibles y flexibles. La distribución de las fuerzas horizontales a los muros depende de la rigidez relativa entre el diafragma y los muros de corte (ref. 10).

La fuerza total de corte distribuida a los elementos verticales que resisten el corte y que forman el sistema para resistir fuerzas laterales, dependerá de qué tan rígidos sean en comparación con el diafragma.

Un diafragma rígido es el que distribuye las fuerzas horizontales en proporción directa a la rigidez relativas de los elementos verticales. Esto resulta del supuesto que, bajo una carga simétrica, el diafragma rígido, el cual no se deforma significativamente causará que los elementos verticales se deformen la misma cantidad. Debido a que todas las deformaciones de estos elementos son iguales, entonces para cada pared, la fuerza necesaria para causar esas deformaciones debe ser directamente proporcional a su rigidez. Los diafragmas rígidos son considerados como capaces de transferir fuerzas y deformaciones de corte torsional (ref. 10).

Un diafragma flexible puede ser comparado con una serie de vigas simples extendidas sobre soportes muy rígidos. Se asume que la rigidez de los elementos verticales es mucho mayor a la del diafragma, el cual por lo tanto se

deforma como una viga. Esta viga al no tener una continuidad apreciable entre soportes, no desarrolla momentos negativos sobre los mismos, lo que afectaría la distribución de la carga. Cada viga por lo tanto, distribuye la mitad de su carga a cada apoyo. Por lo tanto, un diafragma flexible distribuye carga con base en su área tributaria. Es de notar que un diafragma flexible no se considera capaz de distribuir esfuerzos torsionantes resultantes de la condición donde el centro de masas y el centro de rigidez no coincide (ref. 10).

Los diafragmas semi-rígidos son aquellos que exhiben deformaciones significativas bajo carga, pero que también tienen suficiente rigidez para distribuir una parte de su carga a los elementos verticales en proporción directa con la rigidez de dichos elementos. Un análisis matemático riguroso de este tipo de diafragma ocupa mucho tiempo y, por lo general, no se justifica, debido a que se debe hacer un número de suposiciones cuestionables con el objeto de efectuar los cálculos más accesibles (ref. 10).

### **3. Estructuras de Cajón**

Algunos sistemas de muros de carga de mampostería o de madera se conocen como una estructura de cajón. En estas estructuras, los pisos, paredes y techos constituyen una serie de planos con las fuerzas resultantes actuando a lo largo de líneas continuas, en lugar de en puntos intermitentes. En este sistema, uno de los aspectos más importantes del diseño son los elementos cualitativos concernientes a la simetría y la localización de los elementos estructurales, las deformaciones relativas, los anclajes y las discontinuidades. Los muros de corte resisten fuerzas horizontales actuando paralelo al plano del muro. La localización de estos muros es crítica en relación a la dirección de las fuerzas aplicadas. Esto es particularmente cierto cuando se consideran cargas sísmicas. Debido a que el movimiento del suelo puede darse en direcciones perpendiculares, la localización de los elementos resistentes debe coincidir con estas fuerzas. Por lo que resulta conveniente diseñar las estructuras con muros de corte longitudinales y transversales.

Siendo Guatemala un país considerado de alto riesgo sísmico, conviene tener presente la forma en que los movimientos sísmicos afectan a las estructuras y las grandes ventajas que se obtienen con el uso de estructuras de cajón (ref. 10).

## **C. MORTEROS**

El mortero es una mezcla plástica de materiales usados para unir unidades de mampostería y convertirlo en una masa estructural. Es utilizado para los siguientes propósitos:

- Sirve para darle un material en qué asentar las unidades de mampostería.
- Permite que las unidades sean niveladas y colocadas apropiadamente.
- Une las unidades de mampostería.
- Provee fuerza de compresión.
- Provee fuerza de corte, particularmente paralelo a la pared.
- Permite cierto movimiento y elasticidad entre las unidades.
- Sella cualesquier irregularidad de las unidades de mampostería.
- Puede proveer color a la pared al utilizar aditivos de colores.
- Puede proveer una apariencia arquitectónica al utilizar varios tipos de juntas.

Históricamente , el mortero se ha hecho de una gran variedad de materiales; lodo, barro, tierra con cenizas y arena con cal. El mortero moderno consiste en materiales cementantes y arena bien graduada (ref. 11).

### **1. Tipos de Mortero**

Los requerimientos del mortero se encuentran en ASTM C 270, Mortero para unidades de mampostería y en UBC No. 21-15, Mortero para unidades de mampostería y mampostería reforzada sin yeso. Originalmente existían cinco tipos de morteros que fueron designados como M, S, N, O y K. El tipo K ya no tiene referencia en UBC o el ASTM C 270 (ref. 10).

## **2. Selección del Tipo de Mortero**

El desempeño de la mampostería se ve influenciada por las diversas propiedades de los morteros como son la retención de agua, la fuerza de la unión, durabilidad, extensibilidad y fuerza de la compresión. Como estas propiedades varían con el tipo de mortero, es importante elegir el mortero adecuado para cada aplicación en particular. Al seleccionar un mortero se deben considerar todos los códigos de construcción y estándares de ingeniería que se apliquen. En zonas de alto riesgo sísmico, el UBC y el ASTM requieren que se utilicen los morteros de tipo S o M para usos estructurales (ref. 11).

## **3. Materiales del Mortero**

Los principales ingredientes del mortero son cemento, cal, arena y agua, que hacen una contribución única en el desempeño del mortero. El cemento contribuye con la durabilidad y una alta fuerza a la compresión. La cal contribuye con que sea fácil su manejo, retención de agua y elasticidad. La arena actúa como un relleno y contribuye con la fuerza. El agua es el ingrediente que crea un mortero plástico y manejable y es necesario para la hidratación del cemento (ref. 11).

## **D. INSTRUCCIÓN DEL INTECAP PARA ALBAÑILES Y MAESTROS DE OBRA**

El fin de presentar la teoría dada a los albañiles y maestros de obra, con respecto a la mampostería de block en el INTECAP, es poder llegar a comprender mejor el criterio que ellos puedan percibir al respecto. Criterio que van transmitiendo a compañeros y ayudantes, los cuales conforman la mayoría del gremio de la construcción. Esto, aunado al poco conocimiento científico, falta de diseño y control de calidad en materiales, conlleva un alto riesgo en las estructuras elaboradas.

## 1. Conceptos Generales Impartidos

---

Se llama mampostería a la yuxtaposición de elementos para formar muros, los elementos que se superponen pueden ser pegados con mortero. Los muros de mampostería tienen una base que es el cimiento, una corona que es su parte superior en donde terminan y dos paramentos que son las caras del muro.

Los elementos o blocks que forman un levantado de mampostería, se colocan uno a continuación de otro, siguiendo una línea que está limitada por un hilo, de allí el nombre de hilada de block. Entre cada hilada queda un espacio que se llama unión, cisa o junta.

El mortero es el material formado por la unión de un material cementante o aglutinante como el cemento y la cal hidratada, con un material inerte que es la arena, a esta mezcla se le agrega agua. En la mampostería los morteros sirven para unir blocks que la forman, por lo que se les llama morteros de unión, liga o pega.

En Guatemala, el mortero más utilizado para la mampostería de block, es el mortero a base de cemento, al cual se le llama *sabieta*. El cemento se mezcla con arena de río, de cantera o de mina. El tiempo entre el mezclado y la utilización del mortero para pegar blocks, no debe ser mayor de una hora y media, para un temperatura ambiente, según las normas.

Los blocks pueden ser livianos si son fabricados con cemento y arena blanca, estos también son llamados block de piedra pómez. Los blocks también pueden ser contruidos con otro tipo de arena y con mayor cantidad de cemento en su preparación, esto con base en la resistencia que se requiera en el diseño.

Dependiendo si el block es liviano o de alta resistencia, así como si es fabricado en pequeñas bloqueras o grandes industrias, las medidas de este material varían, siendo las más comunes las siguientes (ref. 18):

**Tabla No. 2:** Medidas de Block comunes en el Mercado.

<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>
10 cm	40 cm	39 cm
15 cm	40 cm	20 cm
20 cm	40 cm	20 cm
9 cm	39 cm	19 cm
14 cm	39 cm	19 cm
19 cm	39 cm	19 cm

## **V. FACTORES A TOMARSE EN CUENTA EN LA EVALUACIÓN POST-SÍSMICA**

### **A. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

El presente trabajo tiene como objetivo principal servir de guía práctica para la evaluación e inspección de viviendas de mampostería de block confinado dañadas después de un sismo. Se pretende no sólo indicar qué hacer, sino también cómo hacerlo, con base en criterios desarrollados en otros países y aplicados a nuestro medio. Inicialmente se hace mención de conceptos importantes y definiciones, con el fin de establecer los factores de evaluación. Posteriormente se presentan los procedimientos generales de evaluación, criterios e importancia de los mismos.

### **B. CONCEPTOS GENERALES**

La evaluación de las viviendas de mampostería de block, se desarrollará en el siguiente capítulo. Previo a esto vale la pena refrescar ciertos conceptos generales. En el capítulo anterior se habló sobre la mampostería de block en Guatemala; sin embargo, es necesario conocer la función de cada uno de los elementos dentro de este tipo de estructura, para poder comprender el significado del daño que estos puedan tener y la influencia que puede llegar a tener cada uno de ellos al efectuar la evaluación.

#### **1. Concreto:**

Material compuesto por una mezcla dosificada de agregado fino (arena), agregado grueso (grava), agente aglomerante (cemento) y agua. Esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones de la estructura deseada. La mayor parte del material consta de agregado fino y grueso. El cemento y el agua reaccionan químicamente, formando una pasta para unir las partículas de agregado y así obtener una masa sólida.

Es un material frágil, cuya resistencia a la tensión es pequeña en comparación con su resistencia a la compresión. Sin embargo, para ayudar a resistir los esfuerzos de tensión, se utiliza el *concreto reforzado*, que consiste en agregar un refuerzo de acero, longitudinal y transversalmente. Esta combinación tiene muchas ventajas: buena resistencia ante el clima y temperatura, buena resistencia a la compresión y la tensión (ref. 1).

Los agregados y agentes aglomerantes más comunes en el mercado de la construcción son:

- Cemento Portland tipo 1-5000, con una resistencia de 5,000 psi a los 28 días.
- Cemento Portland modificado con puzolanas Tipo I, con una resistencia de 4,000 psi a los 28 días.
- Agregados Finos, con diámetros menores de 5.0 mm, extraídos de ríos, minas o canteras.
- Agregados Gruesos, con diámetros entre 5.0 y 50.0 mm, siendo los más comunes 25.0 mm (1") y 19.00 mm (3/4").

## **2. Block:**

Es la unidad de mampostería más utilizada y se encuentra en variedad de resistencia, tamaño, color y textura, según requiera el diseño. Los blocks son hechos normalmente con cemento tipo Portland, agua y agregados adecuados (arena y piedra pómez) con o sin la inclusión de otros materiales. El cemento y el agua actúan químicamente para unir las partículas de agregado y así formar unidades de blocks (ref. 11).

Su importancia en la construcción radica en la fácil utilización, debido a su tamaño y peso, para formar elementos estructurales y no estructurales, de mayor tamaño; elementos como muros y losas. Los blocks están unidos generalmente por una mezcla llamada mortero, y confinados por elementos estructurales como columnas, vigas, losas, cimientos y soleras.

### **3. Mortero:**

Los morteros pueden representar tan poco como el 7% del volumen de un muro de mampostería, pero el papel que juega y la influencia que tiene son mucho mayores que lo indicado por su proporción. La selección y uso de varios ingredientes en los morteros afecta directamente su resistencia y sus características de adhesión.

Los principales componentes de un mortero son cemento , cal , arena y agua. Cada uno de estos es esencial para el resultado final de la mezcla. El cemento le da al mortero fuerza y durabilidad. La cal le da trabajabilidad, mayor retención de agua y elasticidad. La arena actúa como relleno y contribuye a la economía y a la resistencia. El agua le da plasticidad a la mezcla. Para producir un mortero de alta calidad, cada uno de los ingredientes debe ser de la mejor calidad y en la proporción adecuada, con base en el diseño (ref. 10).

### **4. Cimiento:**

Es el elemento del sistema estructural que transmite la carga y esfuerzo de la estructura al suelo, sobre la cual está erigida. Esta hecho de concreto reforzado, fundido sobre un suelo adecuado según el diseño. En el caso de viviendas de mampostería de block, es común el uso de la zapatas de cimentación, cimiento continuo y en casos muy especiales el uso de pilotes (ref. 5).

### **5. Columnas:**

Son elementos del sistema estructural que soporta cargas verticales y/o resiste momentos. Son los elementos más importantes al realizar la evaluación, ya que una falla en las mismas, representa un alto riesgo al momento de un sismo o posteriormente. Tienen una altura mínima igual a 3 veces su menor dimensión lateral (ref. 10).

## **6. Vigas:**

Son parte de los diafragmas de concreto fundidos in situ, cuya función es transmitir las fuerzas inerciales de un punto de la estructura (techos, losas, etc.), hacia un elemento vertical que resista carga lateral (ref. 10).

## **7. Losas:**

La función principal de una losa, que es parte de un sistema de piso o de techo, es soportar cargas de gravedad. También debe funcionar como parte del diafragma para transmitir fuerzas de corte relacionadas con la transferencia de cargas horizontales, a los muros de corte u otros elementos verticales (ref. 10).

## **8. Colectores:**

Son pequeñas vigas dentro de losa y alrededor de aberturas, cuya función principal es resistir fuerzas axiales que se desarrollan en los bordes de los agujeros (ref. 7).

## **9. Soleras y Mochetas:**

Son elementos de refuerzo en los muros de mampostería de block confinada. Están hechas de concreto reforzado, y su función es volver rígidos los muros, absorber esfuerzos horizontales, unión muro-estructura, muro-muro y de remate de muros (ref. 7).

## **10. Muros:**

Elementos verticales con una longitud horizontal de al menos 3 veces su espesor; utilizados generalmente para encerrar o separar espacios y como elemento estructural. Los muros de mampostería se clasifican de acuerdo a varios factores, tales como si soportan o no cargas verticales y tipo de construcción. A continuación se describen los tipos de muros más utilizados para la construcción de viviendas (ref. 7):

- a. **Muros de Carga:** Son aquellos cuya función principal es soportar las cargas verticales, además de su propio peso. En el diseño de un muro de

carga, se debe tomar en cuenta la acción estructural combinada de los sistemas de entrepiso y techo con los muros. Se diseñan para resistir esfuerzos de compresión.

- b. **Muros de Corte:** Son muros que transmiten a la cimentación las cargas laterales que reciben por medio de los sistemas de entrepiso y techo. Estos muros transmiten las cargas laterales a la cimentación gracias a su resistencia a las fuerzas cortantes y al volteo.
- c. **Tabiques:** Muros cuya función sólo es hacer divisiones interiores y no reciben cargas más que su propio peso.
- d. **Muros Aislados:** Son aquellos que no están ligados a otros muros o contrafuertes. En las viviendas son frecuentemente utilizados para delimitar las mismas (“Muros Perimetrales”).

### C. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Para evaluar una vivienda de mampostería de block, se requiere de una metodología práctica, uniforme, completa y sencilla. Todo esto, con una evaluación ocular de los daños, con base en un “buen criterio estructural” de la misma. Esta evaluación se divide en dos etapas:

- ⇒ *Dictamen Externo de la Vivienda (DEV).*
- ⇒ *Dictamen Interno de la Vivienda (DIV).*

La finalidad principal del Dictamen Externo es determinar si las condiciones alrededor de la estructura presentan un riesgo significativo después de un sismo. Estas condiciones se evalúan con la ayuda de una matriz, denominada Matriz de Dictamen Externo, cuyo criterio y forma de empleo se explican en el siguiente capítulo. Si el resultado de la matriz es mayor que 10, se puede establecer que la vivienda es insegura, y por ende No habitable, al

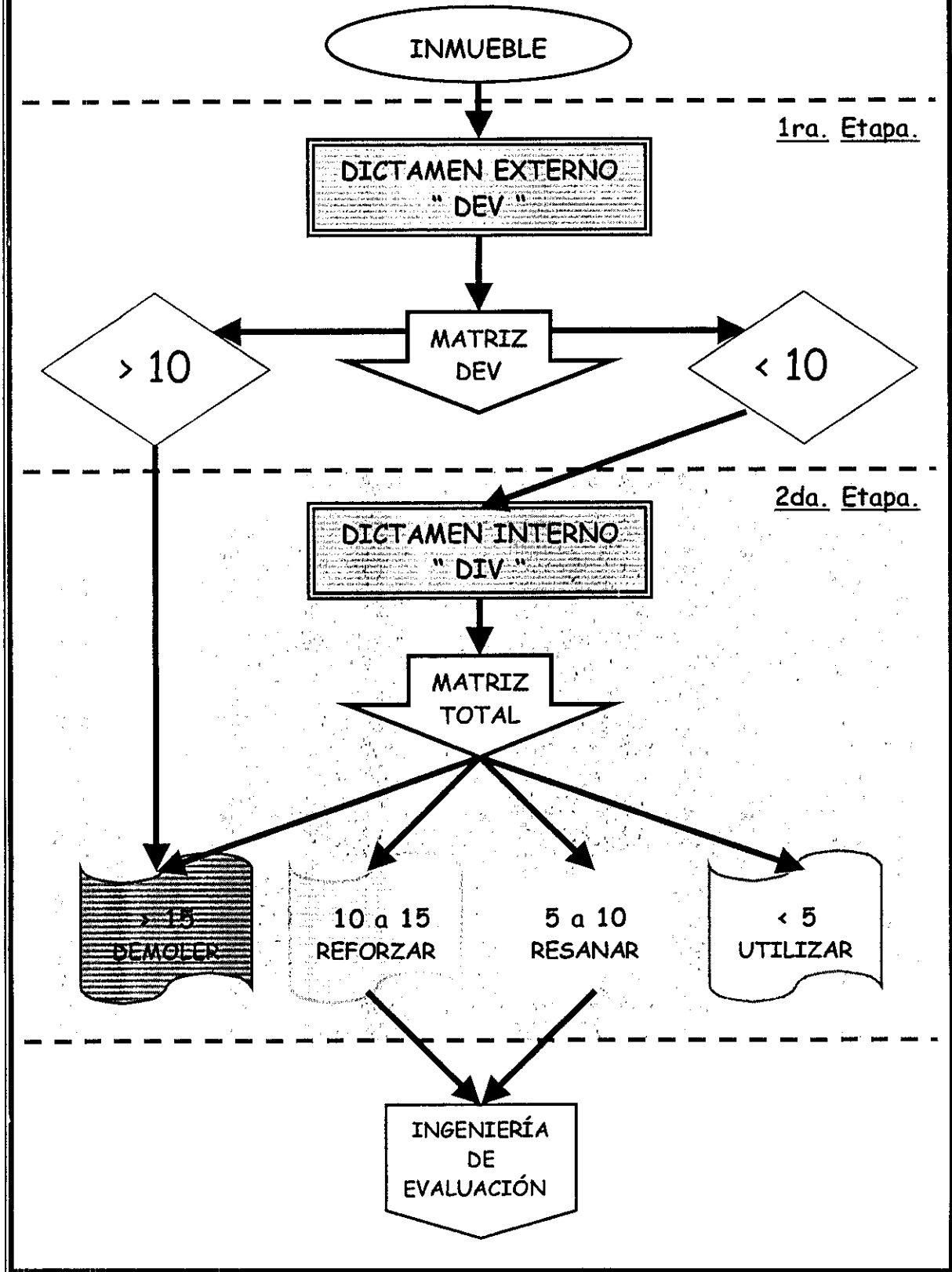
observar serios daños estructurales externos, no necesita la otra etapa de la evaluación.

Por otro lado, para estructuras que no presenten un alto riesgo de colapso, el resultado de la matriz será menor que 10, y deberán ser evaluadas con el Dictamen Interno, el cual es la etapa más importante para determinar la mejor solución estructural o la demolición de la vivienda dañada. Este dictamen consiste en evaluar los elementos estructurales y no estructurales de la vivienda. La evaluación de estos elementos también se lleva a cabo con una matriz, denominada Matriz de Dictamen Interno, cuyo criterio y forma de empleo también se explican en el siguiente capítulo. Después de esta etapa, la evaluación concluye, y se evalúa la vivienda como: **Ligeramente, Moderadamente, Fuertemente o Severamente dañada.**

El planteamiento anterior se ha desarrollado sólo desde el punto de vista técnico, considerando que teóricamente toda construcción puede repararse. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que una buena solución práctica no sólo depende de aspectos técnicos, sino también de aspectos económicos, sociales, legales y políticos. Además de esta evaluación, si fuera necesario y económicamente factible, se pueden hacer evaluaciones de un nivel técnico más alto, con expertos ingenieros estructurales, geotécnicos y equipo sofisticado. Este tipo de estudio es llamado *Ingeniería de Evaluación* (nombre adoptado por la Organización Applied Technology Council ATC, ref. 3 y 4), el cual incluye un reconocimiento detallado de la estructura, mapas de daño, cálculos estructurales, cálculos para determinar la resistencia de la estructura dañada, estudios de suelo. También incluye planteamientos de reconstrucción para habilitar la estructura y elaboración de un estudio profundo de la estructura dañada.

El procedimiento para evaluar las viviendas de mampostería de block confinado se presenta en la página siguiente en forma de esquema.

# Procedimiento de Evaluación



#### D. EQUIPO NECESARIO PARA LA EVALUACIÓN

- Casco y vestimenta apropiada.
- Binoculares.
- Linterna y equipo de primeros auxilios.
- Plomada y niveles.
- Martillo y cincel o desarmador.
- Nivel de mano y estadía.
- Cinta Métrica y Grietómetro (fig. 4) o Vernier.
- Formulario de Evaluación.

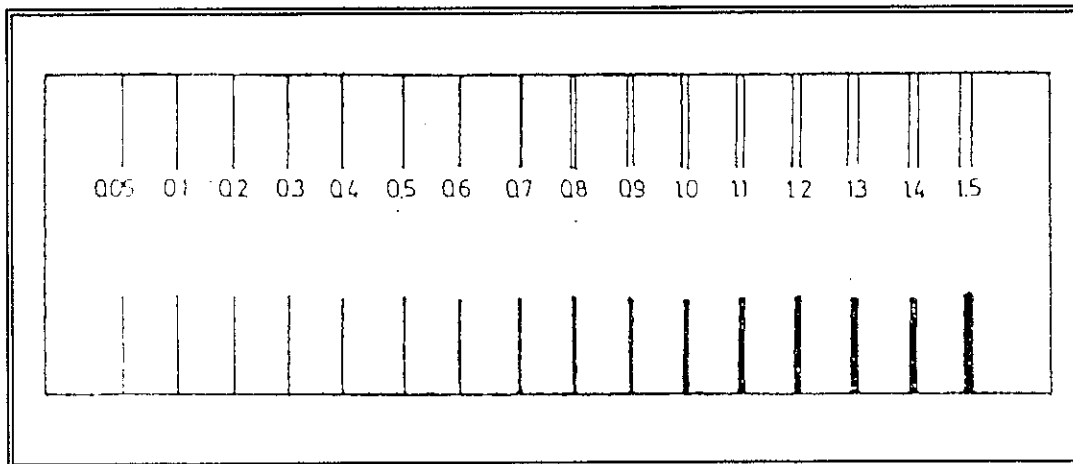


Fig. 4: Muestra de grietómetro utilizado para medir grietas.

#### E. DAÑOS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Además de llevar un registro en papel de cada vivienda evaluada, es apropiado dejar claro la situación de la vivienda para que se pueda establecer la habitabilidad de la misma, por lo que se sugiere la colocación de banderas o etiquetas en los accesos de las mismas (ver ANEXOS). Cada sistema de evaluación puede tener su etiquetado, pero para el presente trabajo se trabajará con el siguiente (ref. 2):

1. Las construcciones clasificadas con bandera **VERDE** no presentan reducción en su capacidad estructural y no requiere desocupar. Es necesario hacer reparaciones de elementos no estructurales. Pueden ser utilizadas inmediatamente o después de la reparación.
2. Las construcciones clasificadas con bandera **AMARILLA** no tienen disminuida su capacidad estructural. No se requiere desocupar, sino delimitar áreas inseguras o apuntalamiento de partes de la misma. Es necesario la reparación de los elementos dañados
3. Las construcciones clasificadas con bandera **ANARANJADA** tienen muy disminuida su capacidad estructural. El acceso a las mismas es controlado y la construcción no se puede usar antes de ser reforzada y reparada. Se sugiere apuntalar la construcción y proteger estructuras vecinas. Necesita evaluación adicional más detallada por especialistas estructurales.
4. Las construcciones clasificadas con bandera **ROJA** no son seguras y presentan peligro de derrumbe. El acceso está prohibido. Es necesario proteger la calle o accesos cercanos, o demoler la vivienda a la mayor brevedad posible. El caso de demolición debe ser tomada luego de una evaluación desde el punto de vista económico del costo de su reparación, restauración y refuerzo.

## **F. REPLICAS**

Después que una vivienda haya sido evaluada, puede verse sometida a replicas del sismo. En este caso puede que sea necesario hacer otro dictamen de la misma vivienda. Para este nuevo dictamen será necesario colocar una nueva bandera, con la respectiva fecha de inspección, aunque no haya cambiado el resultado de la evaluación (ref. 7).

## **VI. EVALUCIÓN DE VIVIENDA DE MAMPOSTERÍA DE BLOCK**

La finalidad principal de un dictamen técnico ya sea exterior, como interior, es determinar si las viviendas de mampostería dañadas por un sismo, brindan las condiciones de seguridad necesarias para ser habitadas nuevamente. Tomando en cuenta que no siempre se tiene información del diseño de la estructura, ni las características geomorfológicas del sitio, es preciso que el inspector evalúe en forma objetiva los factores a continuación descritos. Siempre tomando en cuenta un criterio conservador, ya que de lo contrario pudiera haber pérdidas humanas y materiales. Al hacer el dictamen se tomará la situación más crítica, es decir, si se presentan diferentes criterios de evaluación, para diferentes elementos o parámetros de un mismo tipo, se tomará como representativo el más crítico, ya que de esta forma fue diseñada la evaluación y la matriz que posteriormente será tratada en este capítulo.

Antes de hacer la evaluación, vale la pena indicar que no todos los daños que pudiera sufrir una vivienda, se mencionan en el presente trabajo, empero sí los más comunes. Es por eso que los inspectores, en ocasiones, deberán usar su propio criterio, basándose en los parámetros dados. Además, en caso de incertidumbre se sugiere consultar con otros inspectores, para llegar a un dictamen más objetivo y en consenso.

### **A. DICTAMEN EXTERNO DE LA VIVIENDA “DEV”**

Esta es la primera etapa de la evaluación sugerida en el presente trabajo. Se basa en parámetros observables y medibles en los exteriores de la vivienda, con el fin de identificar los daños existentes y peligros latentes; así como para poder comprender la localización, disposición y condiciones del terreno, la estructura externa y su comportamiento ante el sismo. El nivel y tipo de daño en esta etapa puede ser identificado en forma rápida, y es de suma importancia para hacer una determinación preliminar de la peligrosidad de la edificación.

Generalmente se hace un dictamen visual del exterior de la edificación y de sus alrededores. La razón para evaluar inicialmente sólo el exterior, es para maximizar la disponibilidad de inspecciones después de un sismo. Por lo que si una estructura se encuentra en una situación insegura evidente, no se debe proceder al dictamen interior, y aquí concluirá la evaluación.

Cada vivienda se evalúa al utilizar 3 criterios básicos de daño, debido a la situación topográfica, geotécnica y a la apariencia externa de la estructura. Estos criterios fueron elegidos, ya que son fácilmente observables y suficientemente representativos para determinar la inseguridad de una estructura.

## **1. PROCEDIMIENTO PARA EL DICTAMEN EXTERNO DE LA VIVIENDA**

**PASO No. 1: Recorrer las cercanías para establecer la localización y disposición del terreno.**

- a. Establecer el tipo de topografía.
- b. Establecer presencia de áreas de derrumbes o deslaves cercanos.
- c. Registrar la presencia de accidentes geográficos.
- d. Establecer la presencia de edificaciones vecinas que representen algún peligro.

**PASO No. 2: Examinar la condición del terreno donde se construye la Vivienda.**

- a. Examinar el sitio para encontrar movimientos verticales y abultamiento severos en la tierra.
- b. Determinar la presencia de fisuras en el suelo.
- c. Determinar la existencia de desplazamientos del suelo.
- d. Investigar sobre posibles problemas de fallas sísmicas o licuefacción del terreno.

**PASO No. 3: Evaluación externa de la estructura.**

- a. Determinar colapso total o parcial de la vivienda.

- b. Establecer si la superestructura se ha movido respecto de su cimentación.
- c. Determinar desplome total o parcial de la vivienda.
- d. Determinar daño severo obvio de los miembros de la estructura primaria.
- e. Examinar la estructura para identificar configuraciones irregulares en planta, así como verticales.

## 2. CRITERIOS PARA DEV

A continuación se presentan los criterios con base en la descripción de los daños, para el dictamen externo de viviendas de mampostería. Se sugiere ir marcando con un "1" en el formulario de la matriz de DEV (ver ANEXOS), según sea el daño, conforme se va evaluando cada criterio. Si no hay presencia del tipo de daño mencionado o si es menor del daño indicado por la bandera amarilla, asignarle la bandera verde el "1". En el caso que exista algún peligro extra con relación al factor evaluado, el evaluador deberá usar su criterio para asignarle alguna bandera al daño, con base en los parámetros de los daños descritos.

### 1. Localización y disposición del terreno:

Tabla No. 3: Criterios para la localización y disposición del terreno.

Criterio	Descripción
<b>AMARILLO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Terrenos vecinos que no excedan 30 % de inclinación (ref.15).</li> </ul>
<b>ANARANJADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Topografía vecina con flancos de barrancos, que quede dentro de un plano de 45° (ref. 3).</li> <li>▪ Terrenos vecinos que no excedan el 30% de inclinación (ref. 15).</li> </ul>
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Terrenos inclinados y flancos de barrancos con presencia de derrumbes, deslaves planos de fisuración paralelos al barranco (ref. 15) (fig. 5).</li> <li>▪ Presencia de ríos, litorales, riberas y playas; que pudieran provocar crecidas e inundaciones (ref. 15).</li> </ul>

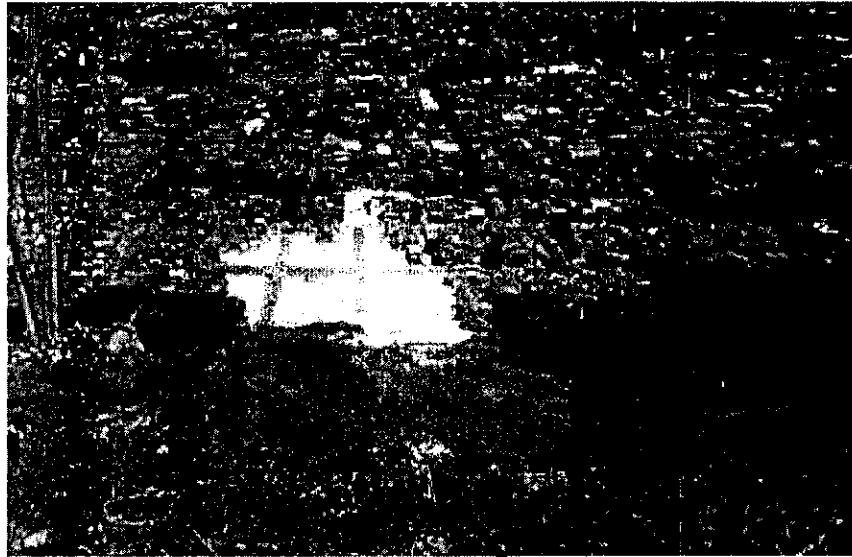


Fig. 5: Deslave de una porción de terreno.

## 2. Condiciones del Terreno:

Tabla No. 4: Criterios para las condiciones del terreno.

Criterio	Descripción
<b>ANARANJADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presencia de franjas de terreno fisuradas, menores de 100 mm, debido a desplazamientos horizontales o verticales del suelo (ref. 7).</li> </ul>
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presencia de franjas grandes de terreno fisuradas, mayores de 100 mm, debido a desplazamientos horizontales o verticales del suelo (ref. 7) (fig. 6).</li> <li>▪ Conocimiento que el terreno es propenso a fallas sísmicas o que alguna falla atraviese la estructura de la vivienda (ref 15).</li> <li>▪ Existencia de suelos granulares saturados propensos a licuación de terreno (ref. 15) (fig. 7).</li> </ul>



Fig. 6: Suelo con presencia de fisuras y desplazamientos horizontales.

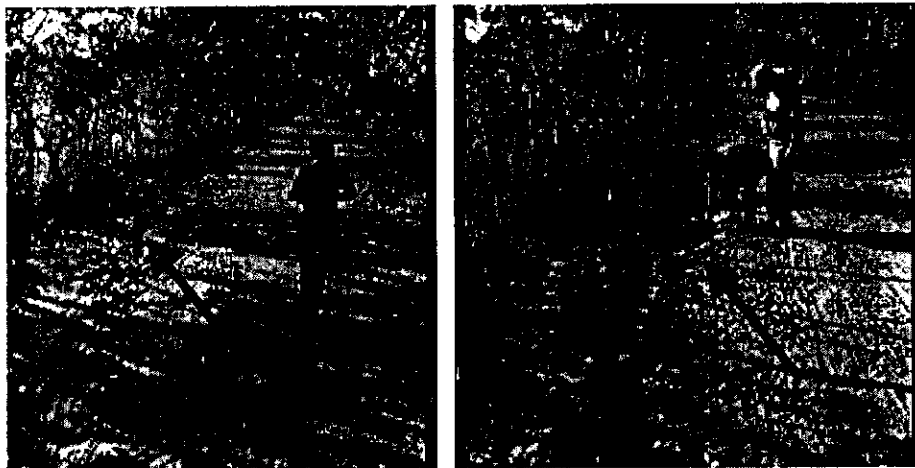


Fig. 7: Presencia de licuefacción en el terreno.

### 3. Exterior de la Estructura:

Tabla No. 5: Criterios para el Exterior de la Estructura.

Criterio	Descripción
AMARILLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Existencia de daño en elementos no estructurales, voladizos, acabados.</li> </ul>
ANARANJADO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Daño fuerte en los miembros de la estructura primaria.</li> <li>▪ La vivienda o alguno de sus niveles está significativamente fuera de plomo, con una inclinación menor 1:100 de su altura (ref. 8).</li> </ul>
ROJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La vivienda o alguno de sus niveles está significativamente fuera de plomo, con una inclinación mayor 1:100 de su altura (ref. 8).</li> <li>▪ Estructura parcial o totalmente colapsadas (fig. 8).</li> </ul>



**Fig. 8:** Colapso parcial de una vivienda de mampostería de block.

Estos 3 criterios para el proceso de dictamen externo de viviendas de mampostería son externamente observables, y a pesar que sus conclusiones de daños son gruesas y hasta cierto punto drásticas, son representativas para determinar la inseguridad de la estructura. A diferencia de otras propuestas de evaluación, en ésta se toma muy en cuenta la localización y disposición del terreno, debido a las irregularidades y accidentes topográficos característicos de Guatemala. Se trató de cuantificar el tipo de daño presente, basándose en las normas dadas por AGIES (ref. 15).

Al concluir el dictamen externo, se procede a hacer el cálculo de la matriz DEV. Este cálculo consiste en multiplicar cada elemento de la matriz de DEV ("1" y "0"), con los de la matriz de coeficientes propuesta (ver ANEXOS), es decir sólo se tomarán los coeficientes en los que en la matriz de DEV se haya marcado con "1". Posteriormente a esto, se suman los tres valores. En el caso que la suma sea mayor que 10, en ese momento concluye la evaluación y se determina que el resultado de la evaluación es daño severo, por lo que la vivienda queda inhabitable y se recomienda demolerla. Aunque al tomar en cuenta que el daño del terreno sea topográfico o geotécnico, las soluciones son relativamente caras en comparación con el valor de una vivienda y cubre áreas mayores que una sola edificación. Si la evaluación concluye en esta etapa, se

sugiere tomar fotografías de los daños presentes, en el terreno y la edificación, para adjuntarlas al informe.

Cuando la suma de los tres coeficientes es menor a 10, se dejan ingresados los valores según el daño mostrado por la estructura en la matriz de DEV y se procede con el Dictamen Interno de la Vivienda (DIV).

## **B. DICTAMEN INTERNO DE LA VIVIENDA “DIV”**

El fin de esta segunda etapa de la evaluación, es asegurar que el sistema estructural de la vivienda y los elementos no estructurales, son lo suficientemente seguros antes de poner la vivienda nuevamente en servicio, ya sea que necesite o no, reparación alguna. Al igual que el DEV, se basa en parámetros observables y medibles en el interior de la vivienda, con el fin de identificar los daños existentes, peligros latentes, así como para poder comprender la situación de los elementos estructurales, acabados e instalaciones que conforman la estructura y su comportamiento ante un sismo.

Para esta etapa de evaluación se parte de la idea que la estructura va a ser capaz de resistir una réplica del sismo de igual o menor magnitud, y que el sistema estructural se basa en dos aspectos: la capacidad de resistir la carga vertical y la carga lateral. Cada vivienda se evalúa al utilizar 7 criterios básicos, diseñados para usar al máximo la información de daño que se pueda obtener visualmente. Esto se logra al examinar con detenimiento y objetivamente estos factores, con las mismas directrices y formas de evaluar el daño que para el DEV.

### **1. PROCEDIMIENTO PARA EL DICTAMEN INTERNO DE LA VIVIENDA**

#### **PASO No. 1: Tratar de Identificar indicios de daño en la Cimentación.**

- a. Determinar el tipo de cimentación utilizada.
- b. Determinar el tipo de suelo en que se cimenta la vivienda.

- c. Buscar indicios de fracturas en la cimentación.
- d. Localizar asentamientos diferenciales.
- e. Localizar porciones donde la cimentación se encuentre en el aire.

**PASO No. 2: Establecer daños más comunes en Columnas.**

- a. Examinar el sistema para carga vertical.
- b. Buscar situaciones donde una columna muestre mayores signos de falla.
- c. Buscar grietas diagonales, causadas por cortante o torsión.
- d. Buscar grietas verticales, causadas por flexo compresión.
- e. Buscar columnas donde se haya desprendido el recubrimiento, causado por flexo compresión.
- f. Buscar columnas donde haya aplastamiento del concreto, causado por flexo compresión, y se puede apreciar la situación del refuerzo.

**PASO No. 3: Establecer daños más comunes en Vigas.**

- a. Examinar el sistema de transmisión de cargas.
- b. Buscar situaciones donde una viga muestre mayores signos de falla.
- c. Buscar grietas diagonales, causadas por cortante o torsión.
- d. Buscar grietas verticales, causadas por flexión.
- e. Buscar vigas donde haya aplastamiento del concreto, causado por flexión, y se puede apreciar la situación del refuerzo.
- f. Buscar rotura de estribos, causada por cortante o torsión.
- g. Buscar rotura del refuerzo, causado por flexión.

**PASO No. 4: Establecer daños más comunes en Cubiertas.**

- a. Examinar el sistema de carga lateral.
- b. Buscar grietas alrededor de columnas en losas, causadas por penetración.
- c. Buscar grietas longitudinales, causadas por flexión.
- d. Buscar fisuras en la parte superior, cerca de los apoyos y paralelas a los mismos, causadas por subdiseño.
- e. Buscar grietas perpendiculares a los apoyos, causada por sobreesfuerzos.

- f. Buscar grietas diagonales al centro en la parte inferior, causado por cortante horizontal.

**PASO No. 5: Establecer daños más comunes en Muros de Mampostería.**

- a. Examinar el sistema de transmisión de cargas verticales.
- b. Buscar situaciones donde el muro muestre mayores signos de falla, como en aberturas o derrumbes parciales.
- c. Buscar grietas diagonales, causadas por cortante.
- d. Buscar grietas verticales en las esquinas y al centro, causadas por flexión y volteo.
- e. Buscar grietas como placa perimetralmente apoyada, causada por flexión.
- f. Buscar grietas cercanas a ventanas, causado por cambios de rigideces.
- g. Buscar desprendimiento de acabados y grandes humedades.

**PASO No. 6: Establecer la situación de las Instalaciones.**

- a. Examinar las líneas eléctricas (acometida eléctrica) que entra a la vivienda, especialmente si es aérea.
- b. Examinar los tableros de flipones para tener una idea de cómo está distribuida la instalación eléctrica y si hay un desperfecto.
- c. Buscar si hay humedades o posible fugas de agua potable.
- d. Buscar hundimientos de suelo en centro de los ambientes, humedades cerca de los drenajes o bajadas de agua, malos olores, para determinar la existencia de fugas o problemas en el sistema de drenajes.
- e. Buscar fugas de gas o gasolina, cerca de calentadores, estufas y plantas eléctricas.

**PASO No. 7: Establecer posibles daños comunes, en elementos no estructurales.**

- a. Establecer los elementos no estructurales más propensos a causar algún daño.

- b. Buscar voladizos, de concreto o mampostería, que muestren alguna rajadura, debilitamiento en el refuerzo, con desprendimientos parciales o parcialmente fuera de su lugar.
- c. Buscar tabiques o particiones interiores, con algún tipo de colapso, y si son de mampostería hacer la evaluación del Paso No. 6.
- d. Buscar revestimiento en paredes y techos, como fachaletas, que pudieran desprenderse y debido a su peso causar algún daño.
- e. Buscar muebles, andamios, lámpara, etc, objetos que por su gran tamaño y peso, puedan caerse y causar un daño grande.
- f. Establecer estado de ventanales cerca de accesos principales.

## 2. CRITERIOS PARA DIV

A continuación se presentan los criterios con base en la descripción de los daños, para el dictamen interno de viviendas de mampostería. Se sugiere ir marcando con un "1" en el formulario de la matriz de DIV, según sea el daño, conforme se va evaluando cada criterio. Si no hay presencia del tipo de daño mencionado o si es menor del daño indicado por la bandera amarilla, asignarle la bandera verde el "1". En el caso que exista algún peligro extra con relación al factor evaluado, el instructor deberá usar su criterio para asignarle alguna bandera al daño, con base en los parámetros de los daños descritos.

### 1. Cimentación:

**Tabla No. 6:** Criterios para la Cimentación.

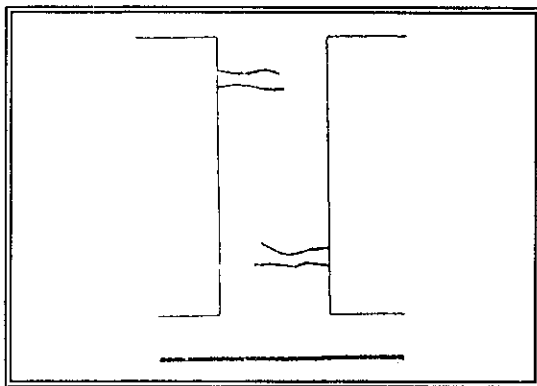
<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
<b>AMARILLO</b>	▪ Grietas menores a 5 mm en unión muro-piso (ref. 3).
<b>ANARANJADO</b>	▪ Grietas entre 5 y 25 mm en unión muro-piso (ref. 3).
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas mayores de 25 mm en unión muro-piso (ref. 4).</li> <li>▪ Asentamientos en muros o columnas mayores a 25 mm (ref. 8).</li> <li>▪ Debilitamiento por excavaciones vecinas o por encontrarse en el aire (ref. 6).</li> </ul>

## 2. Columnas:

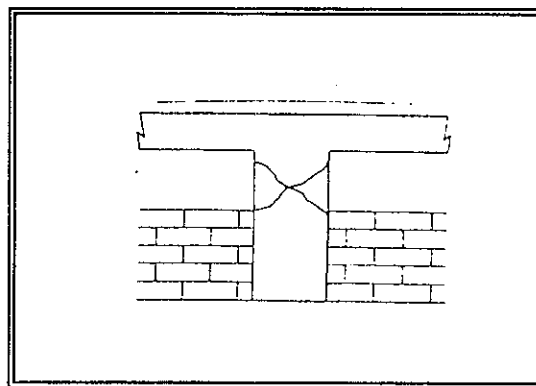
Tabla No. 7: Criterios para las Columnas.

Criterio	Descripción
<b>AMARILLO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fisuras horizontales en los extremos menores de 0.4 mm de ancho, ocasionadas por falla a flexión (ref. 3).</li> </ul>
<b>ANARANJADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fisuras horizontales en los extremos de 0.4 a 1 mm de ancho, ocasionadas por falla a flexión (ref. 3) (fig. 9a).</li> <li>▪ Grietas diagonales en forma de "X" menores de 0.8 mm, en partes de la columna que no estén restringidas (columnas cortas) (ref. 3) (fig. 9b).</li> <li>▪ Grietas diagonales a todo lo largo de la columna, indica falta de estribos (ref. 3) (fig. 9c).</li> <li>▪ Desprendimiento del concreto y exposición del acero de refuerzo con el núcleo sano (ref. 7) (fig. 9d).</li> </ul>
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fisuras horizontales en los extremos mayores de 1 mm de ancho, ocasionadas por falla a flexión (ref. 3).</li> <li>▪ Grietas diagonales en forma de "X" mayores de 0.8 mm, en partes de la columna que no esté restringidas (columnas cortas) (ref. 3).</li> <li>▪ Desprendimiento del concreto y exposición del acero de refuerzo con el núcleo destruido (ref.7) (fig. 9e).</li> <li>▪ Grietas en los extremos de las columnas con desprendimiento del concreto del acero de refuerzo (tipo articulación) (ref. 7) (fig. 9f).</li> <li>▪ Desplomes en columnas de más de 1:100 de su altura.</li> </ul>

**Fig. 9:** Daños más comunes en columnas.



**Fig. 9a**



**Fig. 9b**

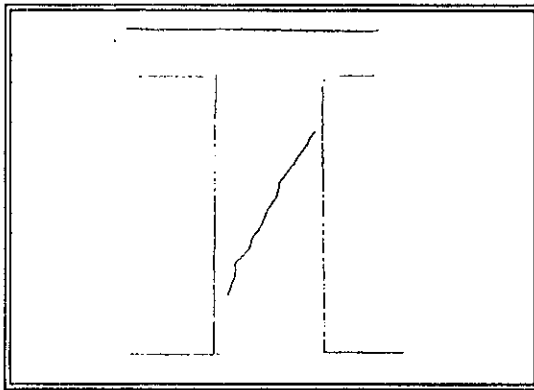


Fig. 9c

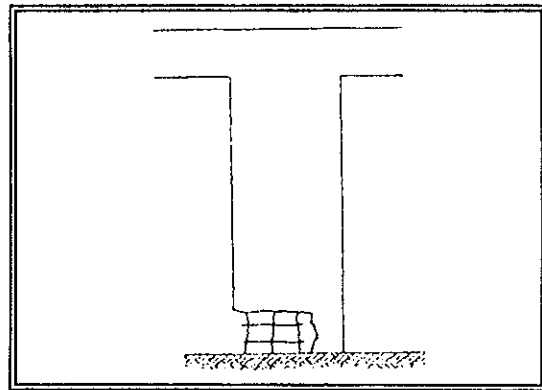


Fig. 9d

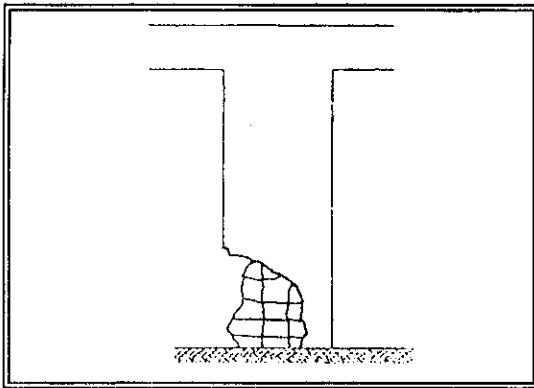


Fig. 9e

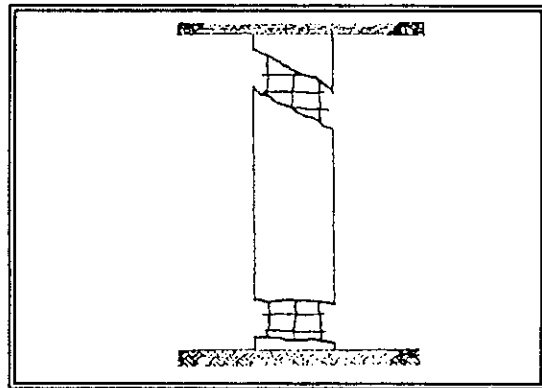


Fig. 9f

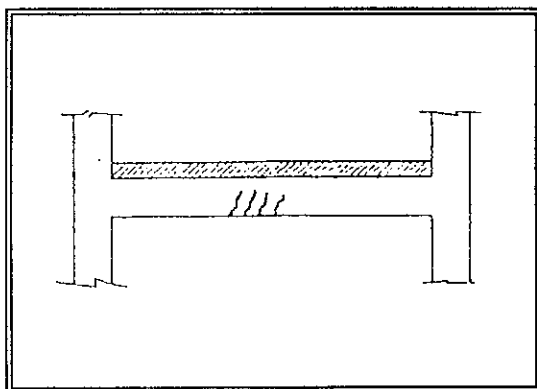
### 3. Vigas:

Tabla No. 8: Criterios para las Vigas.

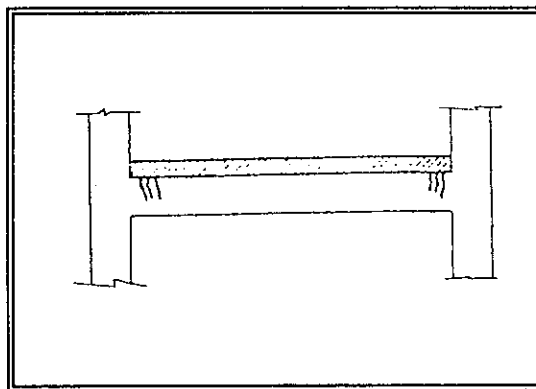
Criterio	Descripción
AMARILLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fisuras verticales perpendiculares al eje de la viga localizadas en el tercio medio, mayores de 0.4 mm (ref. 3) (fig. 10a).</li> <li>▪ Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga en la parte superior sin exposición del refuerzo ni desprendimiento de concreto, menores de 1 mm, lo cual se debe a redistribución de momento negativo y positivo (ref. 3) (fig. 10b).</li> </ul>
ANARANJADO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga en la parte superior con desprendimiento del concreto y exposición del refuerzo con el núcleo sano, mayores de 1 mm, lo cual se debe a la formación de una articulación plástica (ref. 9) (fig. 10c).</li> <li>▪ Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga localizadas en las esquinas de la parte inferior en vigas largas, grietas mayores de 5 mm, lo cual se debe a reversión de esfuerzos (ref. 3) (fig. 10d).</li> </ul>

<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas verticales perpendiculares al eje de la viga en la parte superior con desprendimiento del concreto y exposición del refuerzo con el núcleo destruido, mayores de 5 mm, indicio de la falta de ductilidad (ref. 9) (fig. 10e).</li> <li>▪ Grietas de 45° en los extremos de la viga, mayores de 3 mm, lo cual significa debilidad de cortante (ref. 3) (fig. 10f).</li> </ul>
-------------	---

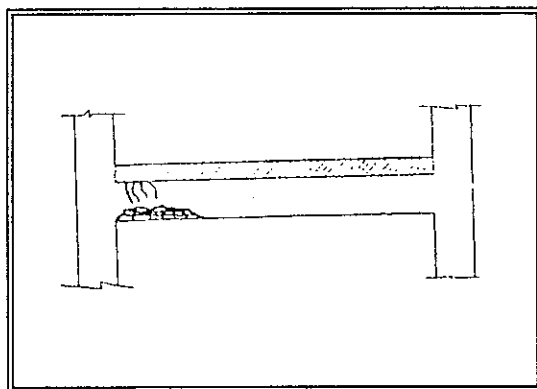
**Fig. 10:** Daños más comunes en vigas.



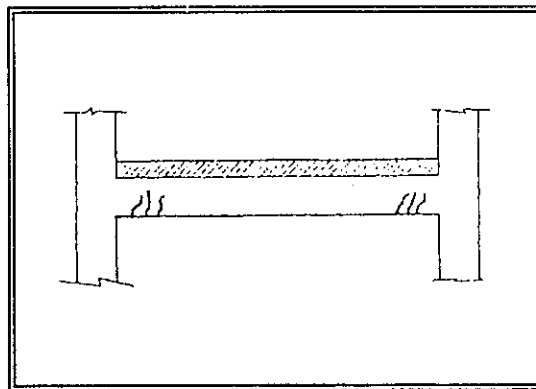
**Fig. 10a**



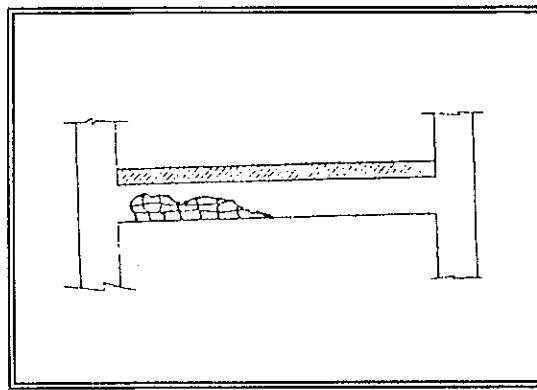
**Fig. 10b**



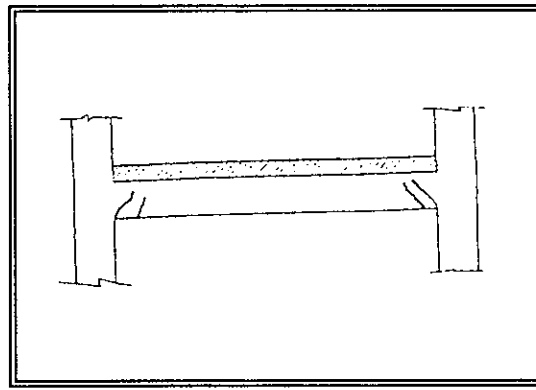
**Fig. 10c**



**Fig. 10d**



**Fig. 10e**



**Fig. 10f**

4. Losas:

Tabla No. 9: Criterios para las Losas.

Criterio	Descripción
<b>AMARILLO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas en la cara inferior de la losa a 45° en forma de "X", menores de 0.5 mm (ref. 3) (fig. 11a).</li> <li>▪ Grietas perpendiculares a la viga de apoyo, menores de 0.5 mm, lo cual se debe al verse sometida a un sobreesfuerzo (ref. 9) (fig. 11b).</li> <li>▪ Grietas longitudinales en el sentido largo de la losa y localizadas cerca de los borde, lo cual se debe a un subdiseño o mal diseño de los bastones para momentos negativos (ref. 7) (fig. 11c).</li> <li>▪ Fisuras longitudinales y transversales al centro de la losa en la parte inferior, debido a refuerzo por temperatura.</li> </ul>
<b>ANARANJADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas en la cara inferior de la losa a 45° en forma de "X", mayores de 0.5 mm (ref. 3).</li> <li>▪ Grietas perpendiculares a la viga de apoyo, mayores de 0.5 mm, lo cual se debe al verse sometida a un sobreesfuerzo (ref. 9).</li> </ul>
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas profundas alrededor de las columnas, mayores de 5 mm, lo cual indica serios problemas de punzonamiento (ref. 9) (fig. 11d).</li> <li>▪ Grietas longitudinales al centro de la losa en su parte inferior, mayores de 5 mm, debido a flexión (ref. 9).</li> <li>▪ Aberturas o derrumbes parciales (ref. 15).</li> </ul>

Fig. 11: Daños más comunes en losas.

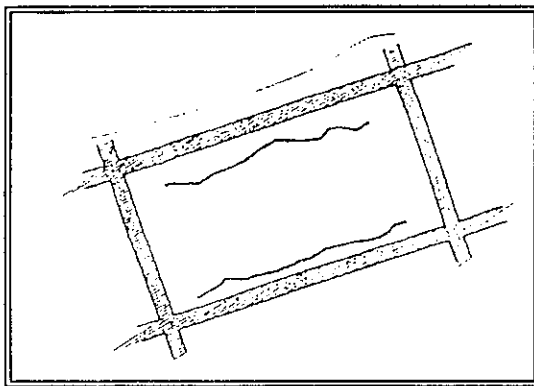


Fig. 11a

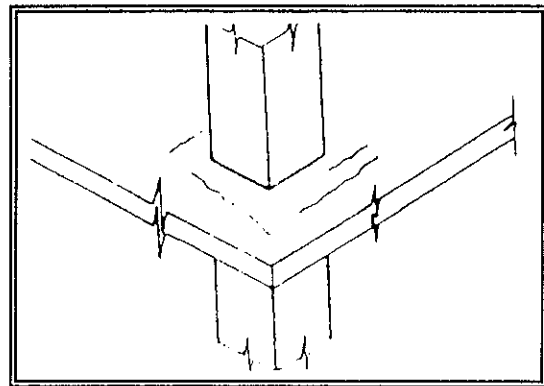


Fig. 11b

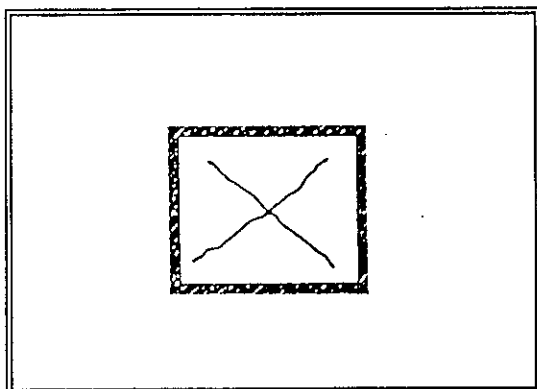


Fig. 11c

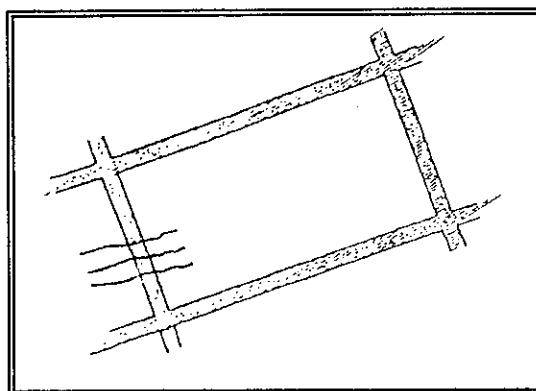


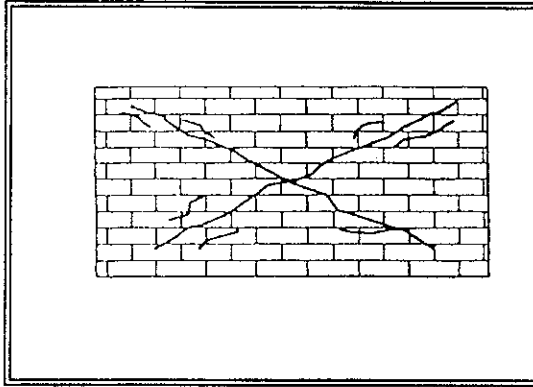
Fig. 11d

## 5. Muros:

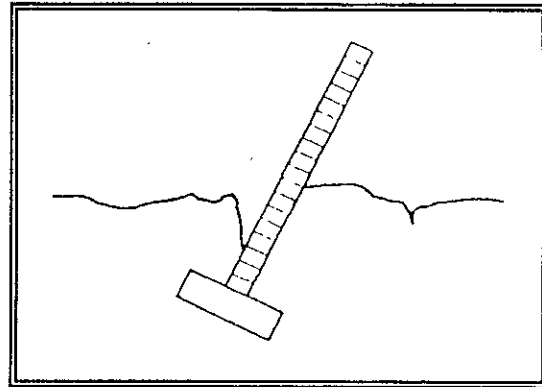
Tabla No. 10: Criterios para los Muros.

Criterio	Descripción
<b>AMARILLO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desprendimiento de repellos y cernidos.</li> <li>▪ Grietas diagonales, de menos de 3 mm de ancho, que se deben a las fuerzas laterales en el plano del muro (ref. 9).</li> <li>▪ Grietas continuas vertical u horizontalmente a ventanas, en forma de "X" (ref. 3) (fig. 12a).</li> <li>▪ Presencia de grandes humedades.</li> </ul>
<b>ANARANJADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas horizontales de 3 a 10 mm (ref. 9).</li> <li>▪ Muros fuera de plomo menores de 1:100 de su altura (ref. 9) (fig. 12b).</li> </ul>
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rajaduras verticales al centro del muro, mayores de 10 mm, representan asentamientos diferenciales (ref. 3) (fig. 12c).</li> <li>▪ Muros fuera de plomo mayores de 1:100 de su altura (ref. 8).</li> <li>▪ Aberturas o derrumbes parciales en muros (ref. 7).</li> </ul>

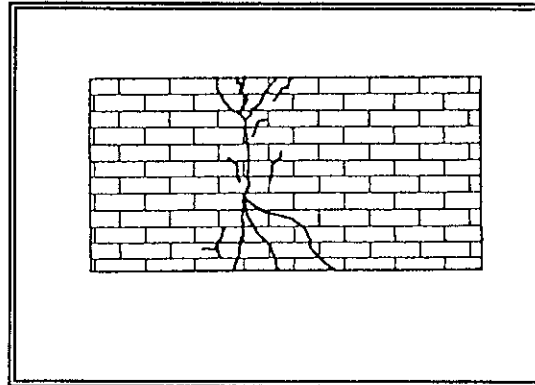
**Fig. 12: Daños más comunes en muros.**



**Fig. 12a**



**Fig. 12b**



**Fig. 12c**

**6. Instalaciones:**

**Tabla No. 11: Criterios para las Instalaciones.**

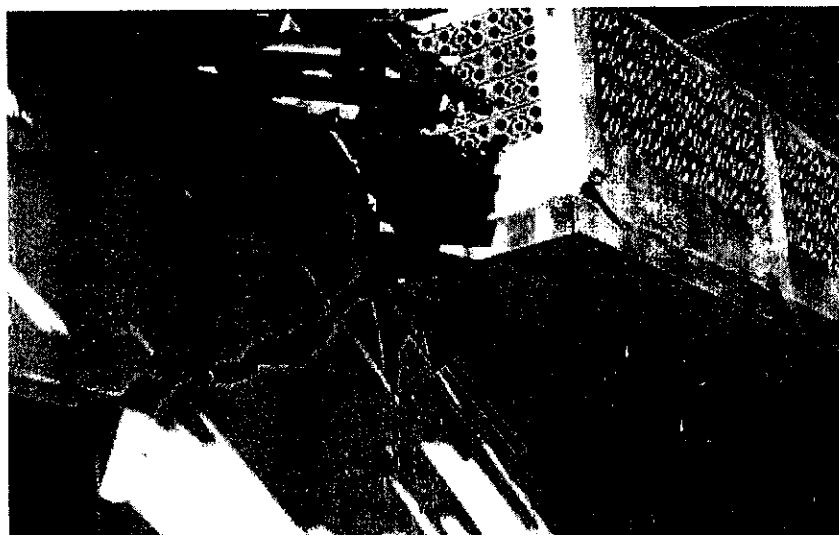
<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
<b>AMARILLO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humedades en paredes y suelos.</li> </ul>
<b>ANARANJADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hundimientos de suelo al centro de los ambiente, con presencia de humedades.</li> <li>▪ Cortos circuitos en el sistema eléctrico.</li> </ul>
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Líneas de electricidad aéreas de alto voltaje sueltas. (ref. 7).</li> <li>▪ Presencia de olor a gas o gasolina (ref. 4).</li> </ul>

**7. Elementos No Estructurales:**

**Tabla No. 12: Criterios para los Elementos No Estructurales.**

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
<b>AMARILLO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ventanales rajados o parcialmente rotos.</li> <li>▪ Muebles, andamios, lámparas, etc., fuera de plomo o propensos a caer.</li> </ul>

<b>ANARANJADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desprendimiento de revestimientos de paredes y techos relativamente pesados, como tejas y fachaletas (ref. 7).</li> <li>▪ Muros y tabiques de división, rajados (ref. 7).</li> </ul>
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Voladizos parcialmente o totalmente fuera de su lugar (ref. 7) (fig.13).</li> <li>▪ Muros y tabiques de división parcialmente derrumbados (ref. 7).</li> </ul>



**Fig. 13:** Voladizo parcialmente desprendido.

No sólo la presencia de un daño en uno de los factores antes mencionados puede evaluar a una estructura como no habitable; sino que la magnitud de la suma con el resto de daños. Es por eso que, después de realizado el DIV, se procede a introducir los dictámenes de daño según las categorías o banderas dadas a los factores, a una matriz de coeficientes diseñada (ver ANEXOS), siguiendo el mismo proceso que para el DEV. Para este dictamen se tiene que sumar 7 coeficientes (misma cantidad de factores).

### **C. MATRICES DE EVALUACIÓN**

El desarrollo de las matrices, se llevó a cabo pensando en una metodología práctica, uniforme, completa y sencilla, al realizar una evaluación

ocular de los daños, con base en un buen criterio estructural y del terreno sobre el cual está edificada la vivienda.

El principio de estas matrices es transferir la evaluación ocular del grado de daño, a una matriz de "0" y "1"; representando el "1" el grado de daño observado en cada uno de los factores, a saber, severo, fuerte, moderado o leve. Esta matriz es denominada Matriz de Riesgo y Daños del DEV o DIV. Para catalogar el grado de daño y llenar esta matriz, es necesario regirse por las tablas de descripción de daño dadas previamente en este capítulo.

Además, de la Matriz de Riesgo y Daño, se tiene la Matriz de Coeficientes del DEV o DIV, la cual contiene valores con los que se le da más importancia a ciertos daños, en ciertos elementos, con relación a otros, para poder obtener posteriormente un resultado de la evaluación representativo. Estos valores fueron desarrollados tomando en cuenta la importancia de cada factor, en la seguridad del sistema estructural de la vivienda y su comportamiento ante un sismo. A continuación se presenta cómo se desarrolló la Matriz de coeficientes para cada dictamen.

### **1. Desarrollo de Matriz de Coeficientes para DEV**

Tomando en cuenta la finalidad del Dictamen Externo, los tres factores evaluados y su descripción de daño y riesgo, se le dio una alta ponderación al estado externo de la vivienda, ya que un daño severo podría ser síntoma de un colapso en cualquier momento. Por lo que al existir ésta no valdría la pena seguir con la evaluación y exponer a los inspectores. Es de aquí donde se eligió el número 10, mencionado en partes anteriores. Si no existe un daño severo en este factor, será necesario hacer el dictamen interno, es por eso que los coeficientes para el resto de daños se reducen de gran manera.

Los otros dos factores que tienen que ver con la localización, ubicación y situación del terreno, tienen una ponderación bastante similar. Esto se debe a

que ninguno es factor de daño, sino de riesgo. Ambos son difíciles de evaluar, en especial el de la situación del terreno y posibles problemas geotécnicos. Su decrecimiento con base en el decrecimiento del daño es abrupta, ya que el riesgo existe o no existe. Si se llegara a comprobar la existencia de daño severo en alguno de estos factores, aunque los elementos estructurales de la vivienda estén bien, pueden verse sometidos a cargas y esfuerzos a los que no fueron diseñados y por ende colapsar; a eso se debe su alta ponderación en daño severo.

## **2. Desarrollo de Matriz de Coeficientes para DIV**

En los coeficientes para esta matriz, el criterio para la ponderación es fácil de entender. Basados en los diseños para viviendas mampostería de block confinada, se estableció qué elementos estructurales tenían más importancia tenían para la seguridad del sistema estructural de la vivienda. Encabezando la lista están las columnas, muros y cimiento respectivamente, ya que son los elementos que soportan carga vertical; después están las losas y vigas, en orden descendente. El valor de cada uno de los coeficientes se llevó a cabo al hacer ejemplos hipotéticos, basados en la capacidad estructural de este tipo de estructuras (mampostería de block confinada). La relación del daño (severo, fuerte, moderado y leve), es lineal, basándose en los parámetros utilizados en la descripción de daños.

Además de los factores que tienen que ver con los elementos estructurales, hay dos factores relacionados con daños no estructurales, a saber, instalaciones y elementos no estructurales. Estos elementos aunque no van a incidir en el colapso de una vivienda, se le da una ponderación bastante baja en relación a los elementos estructurales, sí pueden poner en peligro a los habitantes de las mismas. Es por eso que se trató de incluirlos en la evaluación, de tal forma que el inspector o la persona que lea el informe, no se olvide que están presentes.

### 3. Resultados del DEV y DIV

Este cálculo consiste en multiplicar cada elemento de la Matriz de Riesgo y de Daño, de cada uno de los dictámenes, por su respectiva Matriz de Coeficientes (daño y factor), es decir sólo se tomarán los coeficientes en los que en la Matriz de Riesgo y Daño se haya marcado con "1". Después de hacer la multiplicación, se suman los valores que no hayan dado "0" (misma cantidad de factores evaluados), y se obtienen así los resultados para DEV y DIV.

#### D. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

El resultado de DEV se suma con el de DIV, para obtener el "Valor Total de la Evaluación VTE". A continuación se presenta con base en VTE el rango de daño en que se encuentra la vivienda según la evaluación.

Tabla No. 13: Resultados de la Evaluación.

VTE bandera	Situación de daño de la Vivienda de Mampostería de Block confinada (RESULTADO DE LA EVALUACIÓN)
> 15 rojo	Las viviendas no son seguras y presentan peligro de derrumbe. El acceso está prohibido. Es necesario proteger la calle o accesos cercanos, o demoler la vivienda a la mayor brevedad posible.
10 a 15 anaranjado	Las viviendas tienen muy disminuida su capacidad sismo-resistente. El acceso a las mismas es controlado y la construcción no se puede usar antes de ser rediseñada, reforzada y reparada. Se sugiere apuntalar la construcción y proteger estructuras vecinas. Necesita evaluación adicional más detallada por especialistas estructurales.
5 a 10 amarillo	Las viviendas no tienen disminuida su capacidad sismo-resistente. El acceso a las mismas es permitido, y la construcción se puede usar, pero debe ser reparada lo antes posible. Hay que evaluar la necesidad de delimitar áreas inseguras o apuntalar partes de la construcción. Se sugiere una evaluación adicional más detallada.
< 5 verde	Las viviendas no presentan reducción en su capacidad sismo-resistente y no son peligrosas para las personas. Pueden ser utilizadas inmediatamente o después de la reparación.

Después de evaluada la estructura, se llena el formulario de evaluación y se coloca la bandera de daño con el color correspondiente, ambos mostrados en los ANEXOS. Como ya se había indicado, la bandera se debe colocar en un lugar visible cerca de la entrada principal y en todas las entradas secundarias.

### E. EJEMPLO

1. Se tiene una vivienda en un terreno inclinado, con planos de fisuración paralelos al barranco, presencia de grietas en el mismo mayores de 100 mm.

-> Al llenar la matriz de DEV, y multiplicarla por la matriz de coeficientes:

	FACTORES / DAÑO	Severo	fuerte	moderado	leve
1.01	TOPOGRAFÍA		0	0	0
1.02	GEOLOGÍA		0	0	0
1.03	EXTERIOR ESTRUCT.		1	0	0
		TOTAL DEV			
<b>MATRIZ DE COEFICIENTES</b>					
			1.5	0.3	0
			2	0	0
			3	1	0.5
12					

⇒ DEV > 10, por lo tanto **BANDERA ROJA**.

2. Se tiene una vivienda en un terreno plano sin presencia de fallas ni fisuras. La vivienda por fuera no aparenta tener problemas en los elementos primarios, sólo ciertas grietas en los balcones y repellos.

-> Al llenar la matriz de DEV, y multiplicarla por la matriz de coeficientes:

	FACTORES / DAÑO	Severo	fuerte	moderado	leve
1.01	TOPOGRAFÍA		0	0	0
1.02	GEOLOGÍA		0	0	0
1.03	EXTERIOR ESTRUCT.		0	1	0
		TOTAL DEV			
<b>MATRIZ DE COEFICIENTES</b>					
			1.5	0.3	0
			2	0	0
			3	1	0.5
1					

-> DEV < 10, por lo tanto se pasa a DIV.

Al realizar el DIV se obtiene la siguiente configuración de la matriz:

	FACTORES / DAÑO	Severo	Fuerte	moderado	leve
2.01	CIMENTACIÓN		0	0	
2.02	COLUMNAS		0	0	1
2.03	VIGAS		0	1	0
2.04	LOSAS		0	1	0
2.05	MUROS		0	1	0
2.06	INSTALACIONES		1	0	0
2.07	ELEM. NO ESTRUCT.		1	0	0
TOTAL DIV					
VTE					
<b>MATRIZ DE COEFICIENTES</b>					
		3	1.5	0.75	
		4	2	1	
		1.5	0.75	0.25	
		2	1	0.5	
		3	1.5	0.75	
		0.2	0.1	0	
		0.5	0.25	0	
5.7					
6.7					

⇒ VTE entre 5 y 10, por lo tanto **BANDERA AMARILLA**.

3. Con el mismo dictamen externo del ejemplo 2 pero variando el dictamen interno (aumentando el daño en los elementos estructurales principales).

	FACTORES / DAÑO	Severo	Fuerte	moderado	leve
2.01	CIMENTACIÓN		0	1	0
2.02	COLUMNAS		0	1	0
2.03	VIGAS		1	0	0
2.04	LOSAS		0	1	0
2.05	MUROS		1	0	0
2.06	INSTALACIONES		1	0	0
2.07	ELEM. NO ESTRUCT.		1	0	0
TOTAL DIV					
VTE					

MATRIZ DE COEFICIENTES			
	3	1.5	0.75
	4	2	1
	1.5	0.75	0.25
	2	1	0.5
	3	1.5	0.75
	0.2	0.1	0
	0.5	0.25	0
			9.7
			<b>10.7</b>

⇒ VTE entre 10 y 15, por lo tanto **BANDERA ANARANJADA**.

4. Con el mismo dictamen externo del ejemplo 2 pero variando el dictamen interno (con grandes daños en los elementos estructurales principales).

	FACTORES / DAÑO	severo	Fuerte	moderado	leve
2.01	CIMENTACIÓN		0	1	0
2.02	COLUMNAS		1	0	0
2.03	VIGAS		1	0	0
2.04	LOSAS		0	1	0
2.05	MUROS		0	0	0
2.06	INSTALACIONES		1	0	0
2.07	ELEM. NO ESTRUCT.		0	0	0
					TOTAL DIV
					<b>VTE</b>
MATRIZ DE COEFICIENTES					
	3	1.5	0.75		
	4	2	1		
	1.5	0.75	0.25		
	2	1	0.5		
	3	1.5	0.75		
	0.2	0.1	0		
	0.5	0.25	0		
			14.95		
			<b>15.95</b>		

⇒ VTE > 15, por lo tanto **BANDERA ROJA**.

## VII. MÉTODOS DE REACONDICIONAMIENTO

### A. CONCEPTOS GENERALES

El objetivo de la evaluación de la vivienda, es determinar el estado real de la estructura, y, si ésta es reparable. En general esto será así cuando el costo de la reparación sea razonablemente menor del que implica demoler y volver a construir una estructura.

Como se ha analizado anteriormente, la determinación de la importancia de los daños es la base para el planteamiento de la reparación, que podrá llevarse a cabo en dos niveles, tal como se plantea a continuación:

1. **Restauración:** Recuperación de la capacidad sísmoresistente original.
2. **Refuerzo:** Abarca el incremento de la capacidad sísmoresistente original y el mejoramiento de la estructura.

El estudio de las alternativas de reparación y las limitaciones del caso, permitirá finalmente elegir la solución adecuada para proceder a su diseño y construcción. Con la evaluación ya realizada, se tiene un buen parámetro de la situación de la vivienda. Si la evaluación concluye que la capacidad de la estructura original cumple con las normas vigentes, los daños son ligeros y se originaron en pocos elementos (bandera AMARILLA), entonces el camino a seguir será la restauración de dichos elementos.

Si por lo contrario, la estructura original no cumple con las normas vigentes, se presentaron daños generalizados "fuertes" o "graves" y se encontraron problemas de estructuración, entonces la reparación deberá tender al refuerzo de la estructura (bandera ANARANJADA). En estos casos, además de la restauración y el refuerzo de los elementos dañados, será recomendable introducir nuevos elementos rígidos, sobre todo si se tiene una estructuración deficiente.

Es importante tener en cuenta que la restauración de un elemento dañado, en general sólo permite recuperar entre el 70 % y 80 % de la rigidez original, de tal forma que cuando más del 25 % de los elementos de una estructura deben restaurarse, es necesario recurrir también al refuerzo de la misma (ref. 9).

Con base en las técnicas de restauración y refuerzo descritas a continuación, deberán plantearse todas las alternativas posibles de reparación, las cuales podrán incluir demoliciones parciales. La solución definitiva será aquella que logre conciliar las limitaciones de cada caso en particular y que en general, serán las siguientes (ref. 9):

- Costo.
- Funcionalidad.
- Espacio.
- Estética.
- Importancia Social.
- Dificultad Técnica.

Sobre “Los Materiales de Reparación” se deben tener las consideraciones generales siguientes (ref. 9):

- a. Que la reparación de estructuras de concreto y mampostería necesita materiales adecuados para el “resane” de grietas y la sustitución de morteros y concretos dañados, que sean capaces de alcanzar rápidamente su resistencia y mantener su adherencia indefinidamente.
- b. En combinación, también se puede requerir acero de refuerzo, placas y perfiles metálicos, soldadura y conectores mecánicos.
- c. Algunos productos se comercializan ya dosificados y con instrucciones para su aplicación.

En la elección de los materiales de una reparación, debe procurarse que exista compatibilidad entre su resistencia y rigidez y la de los materiales originales. A continuación se dará un breve resumen de los materiales más utilizados en la mampostería de block.

## **B. RESINAS EPÓXICAS**

Las "resinas" se emplean por lo general en la inyección de grietas en concreto de menos de 0.5 mm de ancho, o bien, como pegamento para unir elementos metálicos al concreto (ref. 9).

Estos materiales son por lo general sistemas compuestos por una resina epoxi, poliéster, acrílico, etc, y su catalizador o endurecedor. Ambos se pueden conseguir en forma líquida o sólida. Una vez mezclados, el endurecimiento se produce después de unos cuantos minutos, lapso que debe ser aprovechado para su aplicación. La resistencia final se alcanza en unas cuantas horas. Para la preparación y el empleo de las resinas deben seguirse las instrucciones especificadas por el fabricante. Las propiedades más relevantes de las resinas son (ref. 9):

- Excelente capacidad adhesiva.
- Alta resistencia y dureza.
- Resistencia a los ácidos, álcalis y solventes.
- Baja contracción y gran durabilidad.

Sus principales inconveniente son su baja resistencia al calor, pues pierden su resistencia a temperaturas encima de los 100° C, y que a pesar de ser muy efectiva para adherir concreto, su efectividad para restaurar la adherencia entre el concreto y el refuerzo es dudosa (ref 16).

### **1. Procedimiento de Reparación (ref. 16):**

En pruebas de Laboratorio que se han hecho, el procedimiento de reparación aplicado a especímenes es el siguiente :

- a. Se limpian adecuadamente los especímenes con el propósito de distinguir las grietas.
- b. Pequeñas cantidades de cinta adhesiva se colocan en forma transversal a lo largo de las grietas. Se cubren las grietas temporalmente con una resina ligera de manera de sellarlas. Tan pronto como el epóxico empieza a endurecer, se quita la cinta adhesiva mostrándose así la longitud clara de la grieta (puntos sangrados).
- c. Cuando se termina el proceso de sellado, se procede a la inyección por medio de una bomba a presión. La resina epóxica debe penetrar en las grietas y sacar el sangrado. Este método de reparación no se puede aplicar a partes muy deterioradas de los elementos de concreto reforzado, o a grietas que tengan anchos menores que 0.125 mm.

### **C. LECHADAS Y MORTEROS**

La lechada de cemento es una mezcla fluida de agua y cemento, que se puede emplear en la inyección de grietas menores de 0.5 mm de ancho en elementos de concreto o mampostería y en la preparación de la superficie de contacto entre concreto nuevo y viejo para mejorar la adherencia. En grietas de más de 0.5 mm de ancho es preferible recurrir al uso de lechadas de morteros y aumentar la fluidez de la lechada, es recomendable utilizarla en combinación con aditivos expansores y plastificantes (ref. 9).

En el mercado existen productos especiales (grouts) a base de cemento, aditivos y arenas seleccionadas, que se distribuyen en dosificaciones específicas para lograr lechadas de baja concentración que desarrollan altas resistencias a edad temprana. Estos materiales son muy útiles para el anclaje de conectores metálicos en el concreto.

Para el resane de huecos, tanto en concreto como en mampostería, es conveniente recurrir al uso de morteros de cemento-arena en

combinación con aditivos expansores que minimicen la contracción. Asimismo, se pueden emplear morteros epóxicos a base de resinas, de gran adherencia, alta resistencia y baja contracción, que también proporcionan excelentes resultados en el anclaje de conectores metálicos en el concreto (ref. 9).

## **D. CONCRETOS**

### **1. Concretos colados in-situ:**

Los principales obstáculos que enfrenta el uso del concreto colado in-situ en reparaciones son la contracción y la falta de adherencia que producen la pérdida de contacto con el concreto viejo. Para evitar la contracción se puede recurrir al uso de algún aditivo estabilizador y para mejorar la adherencia, a la preparación de la superficie de contacto con lechada o con algún adhesivo. Es posible acelerar el fraguado y mejorar la trabajabilidad del concreto por medio de aditivos acelerantes y plastificantes (ref. 16).

El colado debe efectuarse con capas de menos de 20 cm, compactadas con vibrador. Un buen curado es importante para minimizar las contracciones. Para efectuarlo pueden utilizarse membranas de curado (ref. 16).

### **2. Concreto lanzado :**

El concreto lanzado presenta muchas ventajas como material de reparación, sobre todo para muros de concreto o mampostería: buena adherencia y alta resistencia.

### **3. Concreto a base de resinas :**

Este material se obtiene al sustituir el cemento por resinas (tipo epoxi, poliéster, acrílico, metacrilato, y otros en el mercado), en la fabricación de concreto. Resulta útil para reemplazar pequeños volúmenes de concreto dañado, por su gran adherencia, alta resistencia y baja contracción.

Además de su baja resistencia al calor, los concretos a base de resinas tienen el inconveniente de tener un módulo de elasticidad mucho menor que los concretos de cemento Pórtland.

### **E. SOLDADURA Y ANCLAJE MECÁNICOS**

La reparación de elementos de concreto y mampostería requiere con frecuencia la adición de acero de refuerzo y la fijación de conectores metálicos.

Debido a las altas temperaturas que genera, el uso de soldadura para unir el acero de refuerzo nuevo con el viejo, puede producir cambios en sus características mecánicas. Por esta razón, se debe efectuar la soldadura de acuerdo con las normas, poniendo especial atención en precalentar el acero y en evitar su enfriamiento rápido. Una alternativa para la unión de barras son los sistemas de extrusión.

La necesidad de anclar elementos conectores metálicos en el concreto se puede resolver ahogándolos con lechadas o morteros. Otra opción consiste en recurrir a anclajes mecánicos como los clavos o pernos hincados por disparo.

## F. REESTRUCTURACIÓN

Será necesario modificar la estructuración de la vivienda dañada, cuando de una Ingeniería de Evaluación se desprenda que no es suficiente el refuerzo de sus elementos para cumplir con la capacidad sismo-resistente exigida por las normas en vigor, o bien, que la causa principal de los daños se debió a una estructuración deficiente, por exceso de asimetría e irregularidades en planta o en elevación.

La forma de corregir la estructuración es principalmente mediante la inclusión de nuevos elementos que aumenten y balanceen la rigidez y la resistencia. Estos pueden ser (ref. 9):

- Muros de rigidez.
- Muros de relleno.
- Marcos, armaduras y contraventeo.
- Contrafuertes.
- Muros de mampostería.

Es importante tener en cuenta la compatibilidad entre la rigidez de la estructura original y la de los nuevos elementos; si ambas son del mismo orden de magnitud, puede considerarse un trabajo de conjunto, pero si por el contrario son muy dispares, puede resultar más conveniente diseñar los elementos nuevos para tomar toda la carga lateral, sin descuidar la revisión de las fuerzas que se introducen en la estructura original.

De particular importancia resulta que el diseño de las conexiones entre los nuevos elementos y la estructura original, garantice la continuidad. Deberá también considerarse que es indispensable revisar la transmisión a la cimentación de las cargas que actúen en los nuevos

elementos, lo que puede llevar a la necesidad de modificarla, o bien, de construir una cimentación especial para ellos.

## **G. RESTAURACIÓN Y REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

En el proyecto de reparación se podrá optar por intentar restaurar la resistencia original de los elementos estructurales, o bien, por reforzarlos después de su restauración inicial.

Se debe poner especial cuidado al modelar para su análisis el tipo de refuerzo utilizado, pues si éste es sólo para fuerza cortante, la rigidez por flexión seguirá siendo la del elemento original. Igualmente habrá que tener en cuenta la historia de carga, considerando en general que las cargas muertas son tomadas por los elementos originales, mientras que las cargas vivas y las de sismo son resistidas por el elemento y su refuerzo (ref. 9).

El refuerzo de elementos provoca cambios importantes en su rigidez, que incide en la magnitud de las fuerzas sísmicas y en su distribución en la estructura. Para evaluar estos efectos, basta en la mayoría de los casos con efectuar un análisis estructural que suponga el comportamiento monolítico del elemento original y su refuerzo (ref. 16).

### **1. RESTAURACIÓN**

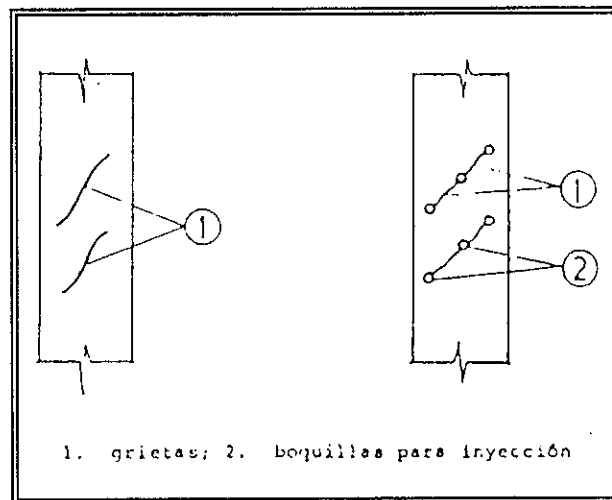
#### **a. Inyección de grietas :**

La inyección de resinas o lechadas en las grietas es un procedimiento adecuado para la restauración de elementos de concreto o mampostería con daños no muy severos. Con este procedimiento se puede llegar a recuperar la resistencia original, pero solamente del 70 % al

80 % de la rigidez, debido a la imposibilidad de inyectar la totalidad de las grietas (ref. 9).

En elementos de concreto se recurre a la inyección de las grietas cuando no se ha producido el aplastamiento del concreto y son pequeñas. En grietas de 0.5 mm de ancho se emplea la inyección de resinas. Para grietas de 0.5 a 5 mm de ancho es necesario mezclar las resinas con algún agregado (ref. 16)

Para efectuar la inyección se deberá proceder a limpiar de polvo las grietas con chorro de aire y a sellarlas superficialmente con yeso o cinta adhesiva, dejando ahogadas boquillas metálicas de 1 cm de diámetro espaciadas de 20 a 50 cm (r,ef. 9) (fig. 14).



**Fig. 14:** Inyección de grietas en columnas.

Las resinas se introducen a presión al principiar por la boquilla más baja y avanzando hacia arriba. La presión necesaria depende del ancho de la grieta y de la viscosidad del producto. Para grietas de más de 0.5 mm de ancho se puede intentar la inyección por gravedad (ref. 9).

El equipo de inyección puede ser tan simple como una pistola de calafateo, o tan complejo como un sistema que efectúe la dosificación y la mezcla de los componentes de la resina en forma automática en el momento de la inyección (ref. 9).

En muros de mampostería con grietas entre 0.5 y 3 mm de ancho se puede recurrir a la inyección de resinas, aunque resulta más práctico el uso de una lechada de mortero de cemento-arena. Para grietas de 3 a 10 mm de ancho será necesario emplear algún aditivo expansor con la lechada (ref. 9).

## **2. REFUERZO DE COLUMNAS**

### **a. Encamisado a base de concreto reforzado :**

Este procedimiento de refuerzo de columnas consiste en envolverlas con barras y estribos adicionales o malla electro-soldada y añadir un nuevo recubrimiento de concreto lanzado o colado in-situ. La superficie del elemento por reparar, además de prepararse, deberá picarse para obtener suficiente rugosidad.

Si sólo se encamisa la columna en el entrepiso (fig. 15a), se obtiene un incremento en su resistencia ante carga axial y fuerza cortante, pero no se altera la resistencia a la flexión original. Mejorar esta última implica extender el encamisado a través de la losa, para prolongar el acero longitudinal por orificios que también faciliten el colado y se añada algunos estribos que atraviesen las almas de las vigas (fig. 15b).

El encamisado más común es el que se efectúa alrededor de la columna. Si la columna es de sección rectangular, el refuerzo se concreta cerca de las esquinas para permitir su confinamiento con estribos (fig. 16b), o bien, se reparte de manera más uniforme al unir el refuerzo nuevo al viejo mediante conectores soldados (fig. 16a).

Cuando existen restricciones de espacio, es posible encamisar únicamente por 1, 2, ó 3 lados. En tal caso se puede recurrir al uso de ganchos (fig. 17a), estribos soldados (fig. 17b), o conectores entre el refuerzo longitudinal (fig. 17c), para conseguir el monolitismo en el elemento (ref. 8).

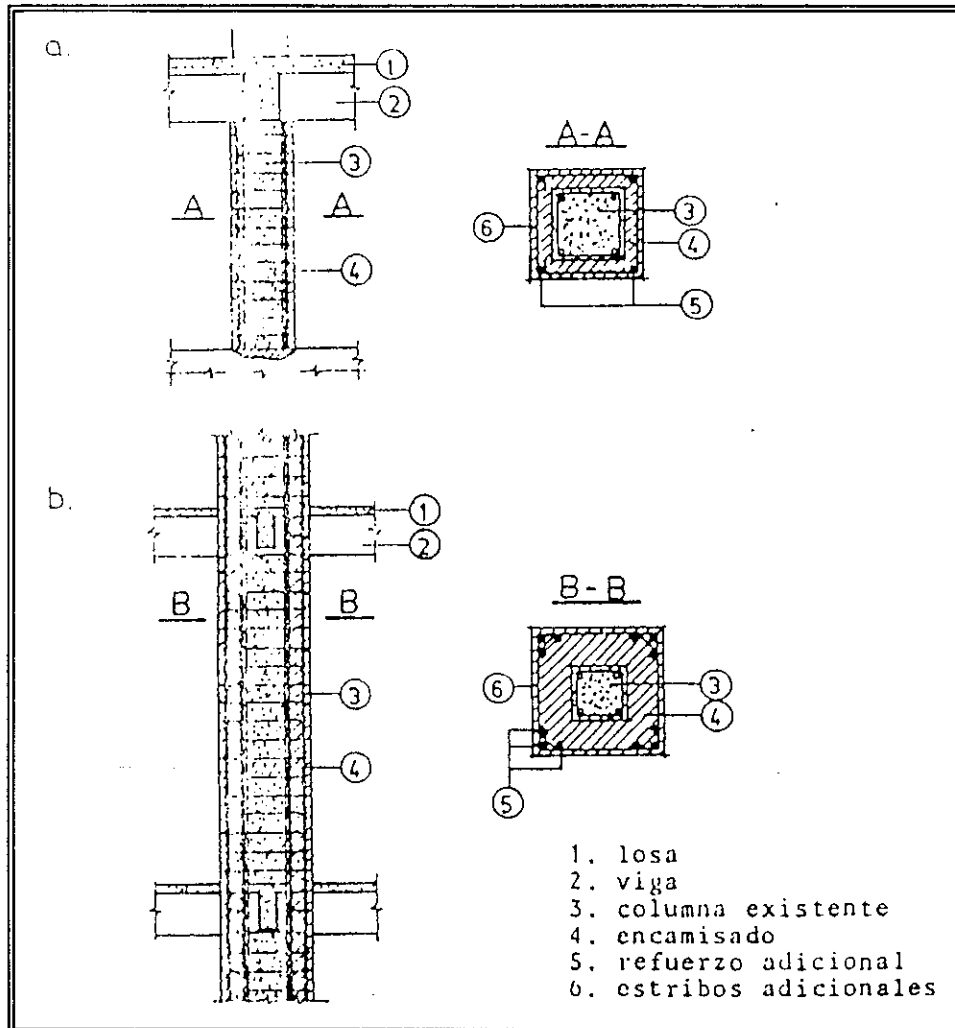


FIG. 15: Encamisado de columnas a base de concreto reforzado.

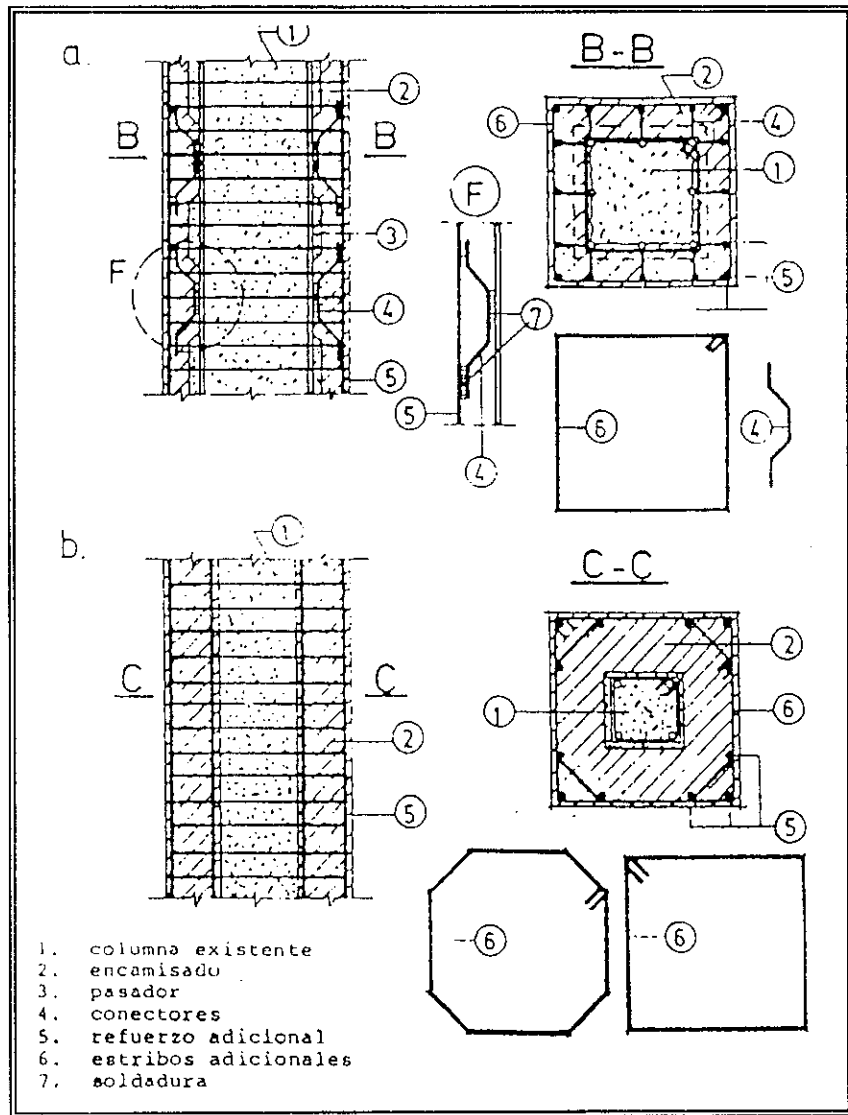


Fig. 16: Encamisado completo de columnas.

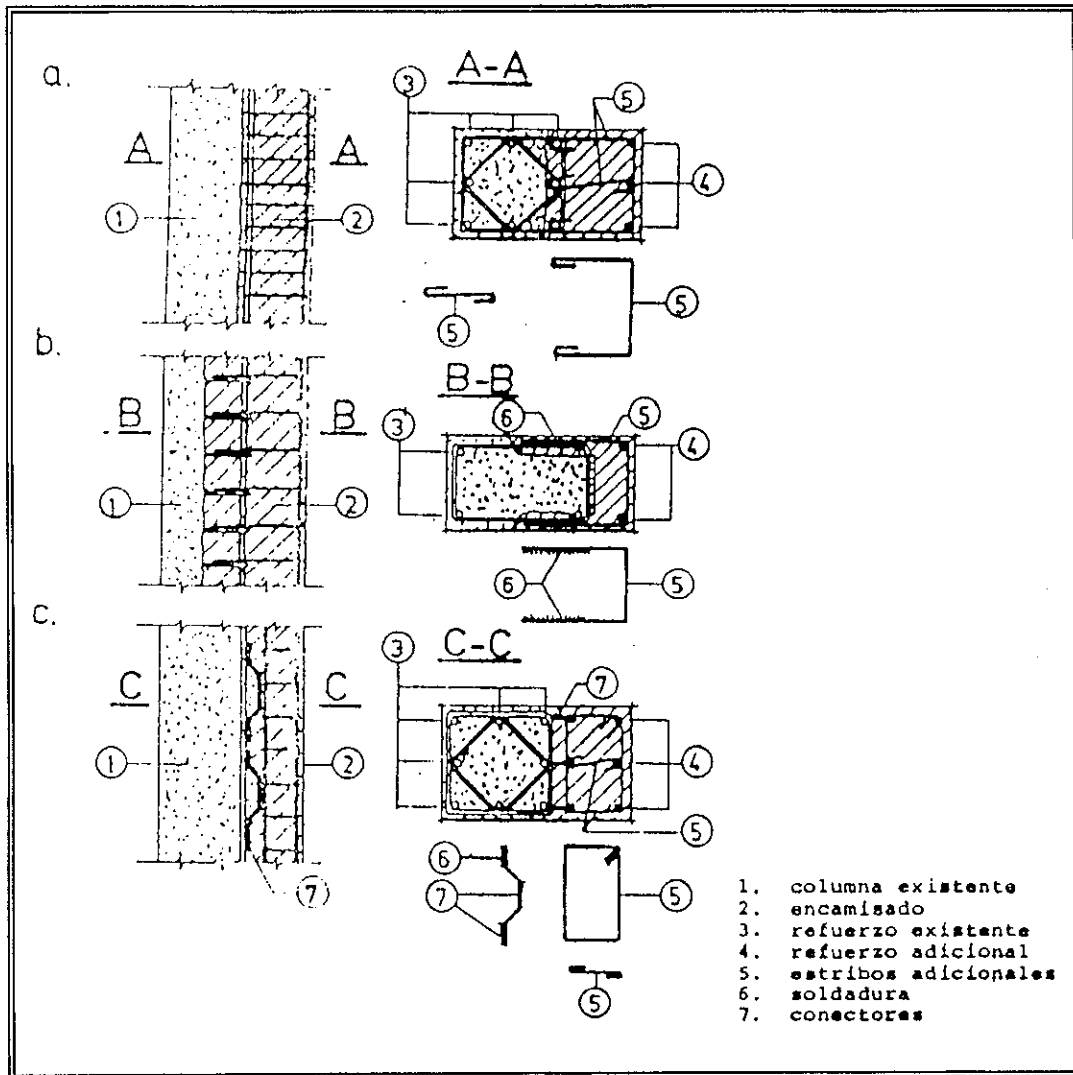
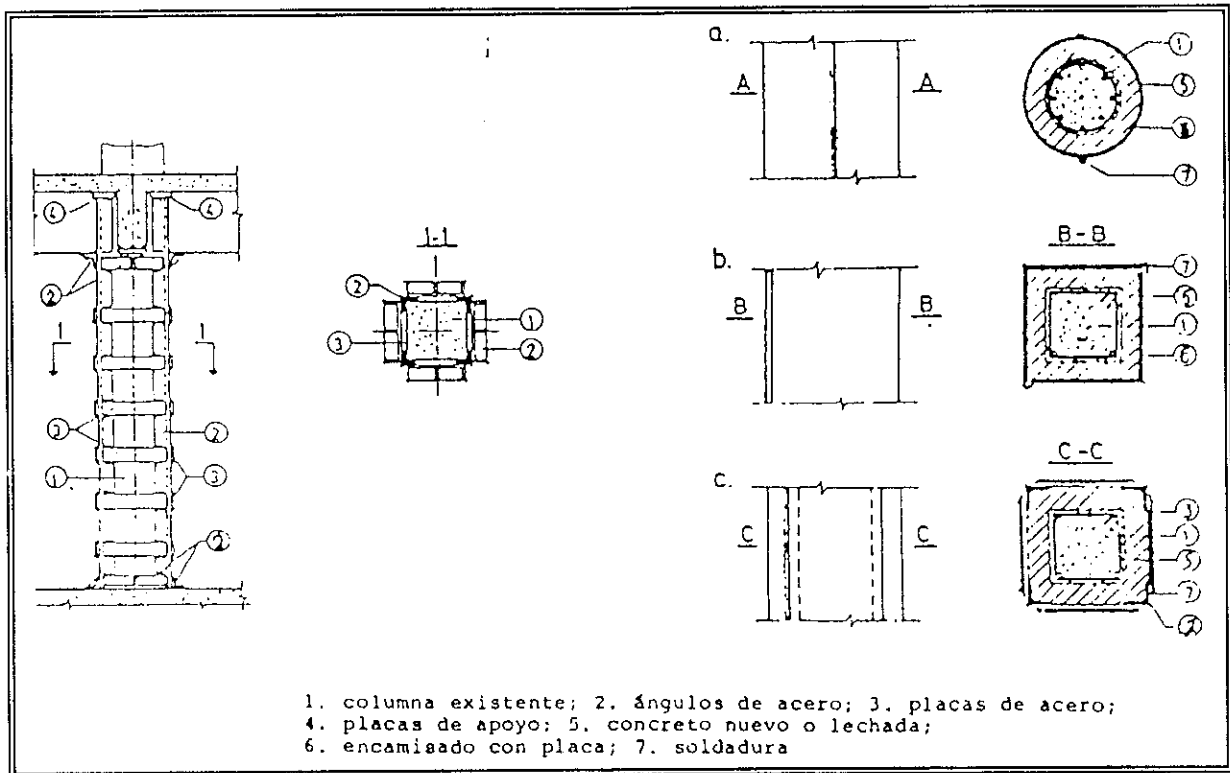


Fig. 17: Encamisado parcial de columnas que utilizan concreto reforzado.

b. **Encamisado metálico :**

El encamisado metálico se puede efectuar mediante un esqueleto de perfiles unidos entre sí con soleras o varillas soldadas o bien, con el recubrimiento total de la columna a base de placas (fig. 18b). En ambos casos se requiere especial atención para el diseño de la unión con las losas, que puede resolverse mediante un collar de ángulos (ref. 9) (fig. 18a).



**FIG. 18:** Encamisado metálico de columnas.

El espacio entre la camisa y la columna se debe rellenar con un mortero con aditivo expansivo o a base de resinas. El recubrimiento final a base de concreto reforzado y malla electrosoldada otorga cierta protección contra la corrosión y el fuego, y constituye un buen acabado (ref. 9).

La dificultad de prolongar la camisa metálica a través de las losas, limita su efectividad a un mejoramiento de la resistencia a carga axial y

fuerza cortante, así como de la ductilidad de la columna, sin modificar la resistencia a flexión en los extremos (ref. 9).

### 3. REFUERZO DE VIGAS

#### a. Encamisado de concreto reforzado:

De manera similar a lo descrito para columnas, también se pueden reforzar las vigas con un encamisado de concreto y tener las mismas precauciones que en el caso mencionado. Si solamente se requiere reforzar la resistencia a flexión, se puede recurrir al encamisado de la cara inferior, usando conectores soldados para unir el nuevo refuerzo al viejo, así como estribos adicionales que también serán soldados a los originales. Para proporcionar el anclaje adecuado en los extremos, se puede recurrir a un collar de ángulos alrededor del extremo de la columna (fig. 19).

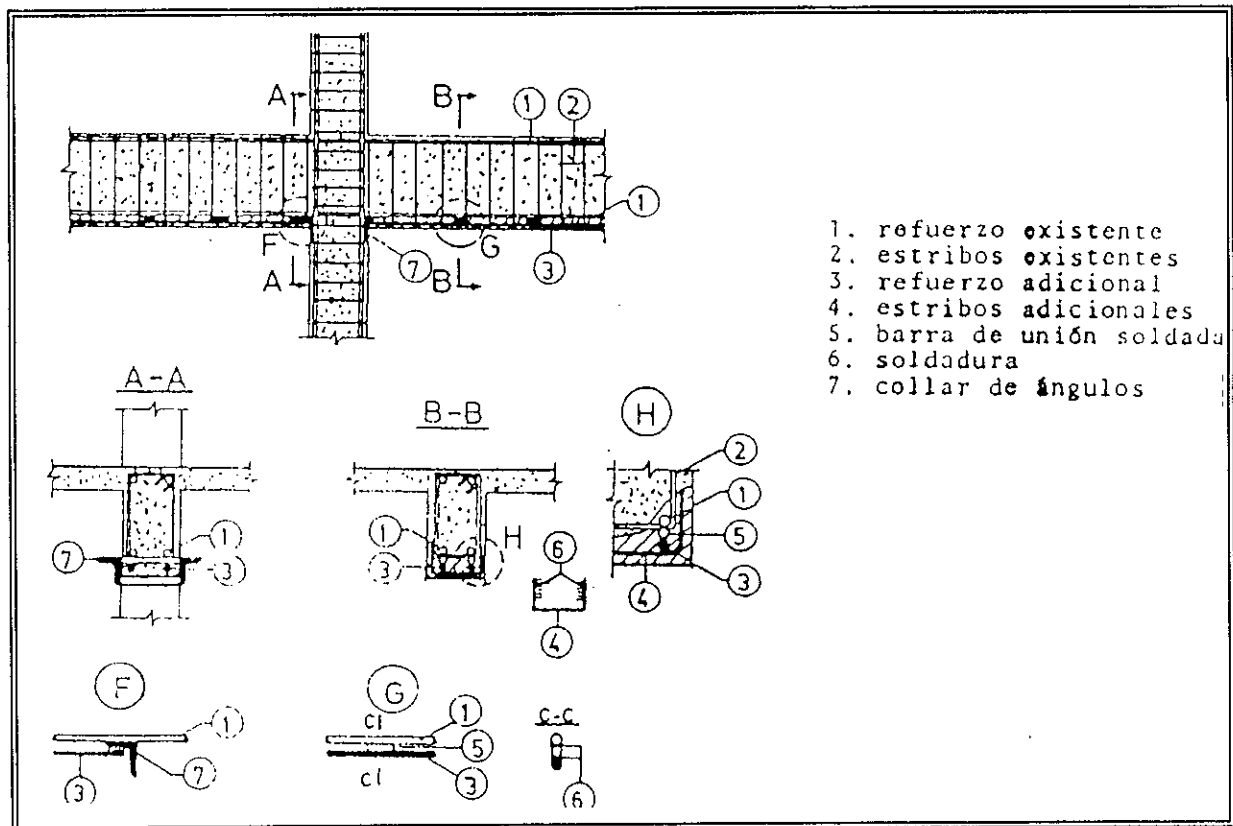
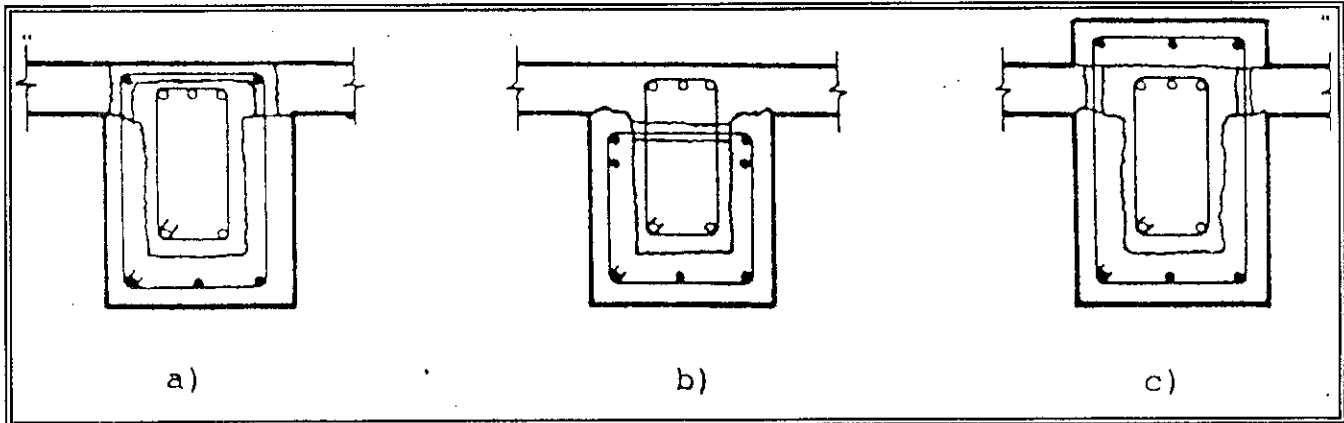


FIG. 19: Encamisado de concreto reforzado por flexión.

Cuando se requiere reforzar tanto para flexión como para cortante, el encamisado se puede efectuar en tres caras (fig. 20a y b), o todo alrededor de las vigas (fig. 20c). En este último caso resulta factible añadir refuerzo por momento negativo. La perforación de la losa es necesaria tanto para pasar los estribos como para facilitar el colado (ref. 9).



**Fig. 20:** Encamisado por flexión y cortante de vigas con concreto reforzado.

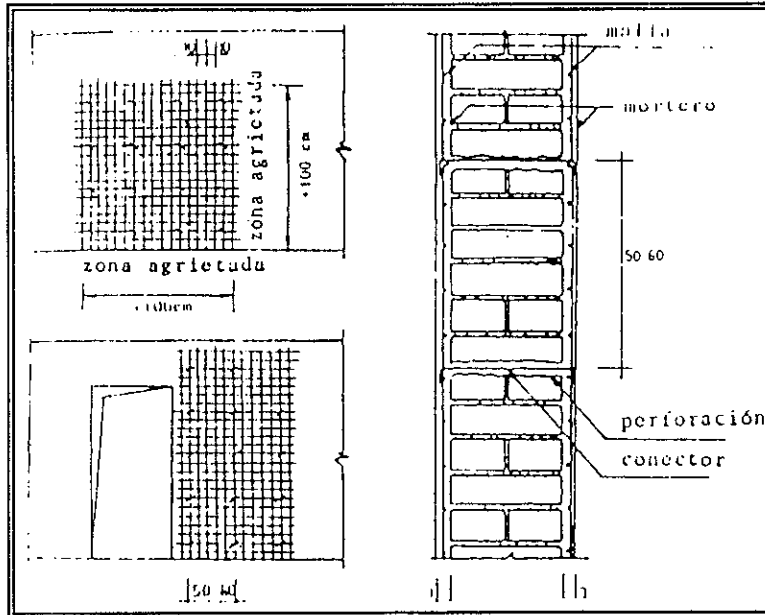
**b. Encamisado metálico :**

Para el refuerzo de vigas por flexión o cortante, se puede hacer uso de placas metálicas adheridas con resinas epóxicas y conectores mecánicos a las caras del elemento. Otra alternativa de refuerzo la constituye el empleo de estribos post-tensados exteriores que aumenten la capacidad a cortante (ref. 9).

**4. REFUERZO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA**

**a. Recubrimiento con mortero reforzado :**

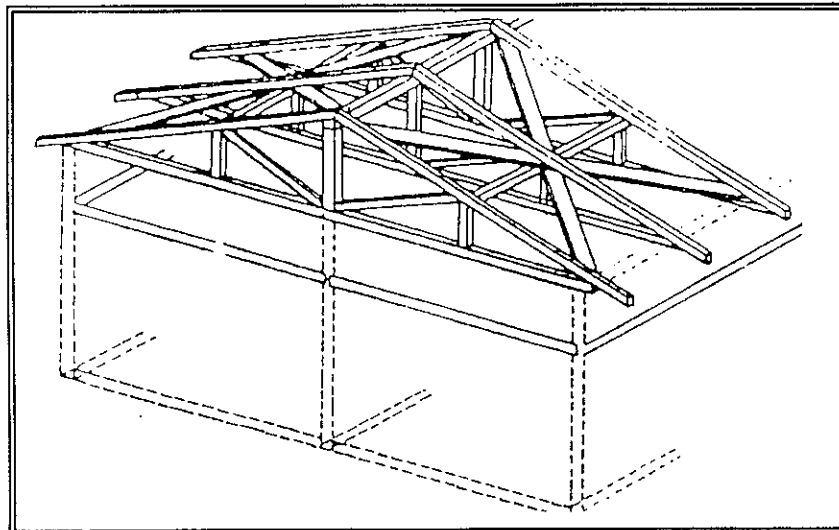
Este tipo de refuerzo se efectúa al recubrir el muro con malla electro-soldada o malla de alambre y un aplanado de mortero. La malla deberá unirse al muro mediante conectores espaciados de 50 a 60 cm en ambas direcciones. Aunque se puede trabajar en una sola cara, los mejores resultados se obtienen cuando el recubrimiento se coloca en las dos y los conectores atraviesan el muro (fig. 21).



**Fig. 21:** Recubrimiento de muros de mampostería.

**b. Refuerzo de uniones :**

En estructuras de mampostería con techos de armaduras de madera o acero, es posible reforzar la liga entre el techo y los muros para evitar su volteo, al volver rígido el techo mediante contraventeo en su plano y reforzando su anclaje a los muros (fig. 22). También se puede recurrir a fajas de mortero reforzado similares en su fabricación al recubrimiento, y cuidar de mantener la continuidad de la malla de alambre en las esquinas (ref. 8) (fig. 23).



**Fig. 22:** Rigidez de techos de armaduras.

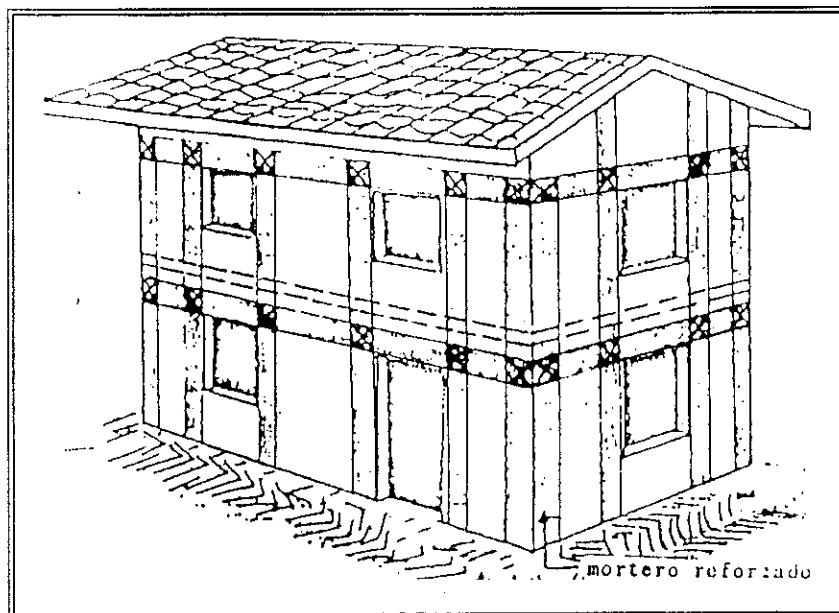


Fig. 23: Confinamiento de muros de mampostería con fajas de mortero reforzado.

## 5. REFUERZO DE LOSAS

Es posible que en viviendas que tengan muros de rigidez colocados simétricamente y diseñados adecuadamente para resistir cargas laterales, se presenten fallas en las losas causadas por su excesiva flexibilidad. Esto hace que se deformen en su plano, introduciéndose esfuerzos que no han sido tomados en cuenta.

Las losas que comúnmente presentan este problema, son del tipo reticular con nervios en dos direcciones perpendiculares entre sí, formando cajones huecos (losas encasetonadas). Si la vivienda está estructurada de manera que posea muchos elementos de rigidez en sus extremos y pocas o ninguno en el centro y tiene éste tipo de losas, seguramente fallarán éstas en forma sistemática (ref. 9).

Dependiendo de la magnitud de su daño, las losas se pueden reparar localmente, al rellenar las grietas con resinas epóxicas. Se pueden reforzar

además, al colocar mallas de hierro electro-soldadas, incrementar ligeramente su peralte y consecuentemente su capacidad. Esto incidirá en las vigas y columnas que como hemos visto, habrá que reforzarlas. Si se presentan deformaciones permanentes en las losas, se utilizan gatos hidráulicos para regresarlas a su posición original, dándoles una pequeña contra-flecha; luego se colocan mallas de acero (ref. 9).

Se pueden presentar además, fallas ó agrietamientos en losas debido a asentamientos diferenciales; y se menciona que la manera de reparar y reforzar es similar a la anterior (ref.16).

#### **H. RESTAURACIÓN Y REFUERZO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES E INSTALACIONES**

Los elementos no estructurales están constituidos por el equipo y las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la vivienda, así como por los elementos arquitectónicos. La reparación de estos elementos implica en la mayoría de los casos la restauración y el refuerzo de sí mismos y de sus uniones con la estructura, teniendo en cuenta su interacción con esta última. Si se ha optado por desligar dichas uniones, de manera tal que el movimiento de la estructura no introduzca distorsiones en los elementos no estructurales, deberán restaurarse las juntas al mantener holguras adecuadas a los desplazamientos esperados y además será necesario revisar la estabilidad de los elementos ante el sismo para restaurar y reforzar sus anclajes (ref. 16).

Si la solución consiste en integrar los elementos no-estructurales a la estructura, estos deberán tenerse en cuenta para el análisis de la distribución de las fuerzas, de donde deberán obtenerse los elementos mecánicos para plantear su restauración y refuerzo. La gran diversidad de elementos no estructurales hace difícil detallar cada caso en particular. Sin embargo, a continuación se presentan recomendaciones para los factores evaluados en el DIV:

## 1. Muros divisorios :

El tipo más común de elementos divisorios en nuestro medio lo constituyen los muros de mampostería; estos en general son elementos muy rígidos, que tienden a trabajar estructuralmente al absorber buena parte de las fuerzas sísmicas cuando se encuentran ligados a la estructura; sin embargo, son también muy frágiles y sufren daños ante deformaciones pequeñas. Por esta razón, no conviene integrarlos a la estructura, a menos que también ella, sea muy rígida (ref. 16).

Debe tenerse especial cuidado en evitar ligar a la estructura muros que no cubran toda la altura y que propicien la falla de las columnas como "columnas cortas". Asimismo, debe evitarse que la ubicación de los muros que se ligen origine excentricidades importantes, como es el caso con los muros de colindancia en edificios en esquina. Si el daño ocurrió en el muro, se puede recurrir a las mismas técnicas de restauración y refuerzo descritas anteriormente (ref. 16).

Si el problema se presentó en la unión con la estructura en muros desligados, o bien, el criterio de reparación exige el desligue de algunos muros, debe proporcionarse una separación mínima de 2 cm respecto de las columnas y a la losa superior, cuidando de garantizar la estabilidad del muro contra el volteo. Las holguras en los extremos de los muros se deben rellenar con algún material flexible y aislante como "la espuma de poliestireno" o "el celotex" (ref. 9).

Cuando los elementos divisorios son productos comerciales del tipo de los constituidos por un armazón de madera o metálico con recubrimientos de madera o yeso, se tienen muros más flexibles, que de todas formas conviene desligar de la estructura mediante detalles que dependen de cada producto en particular (ref. 9).

## **2. Recubrimientos :**

En el caso de recubrimientos prefabricados, además de detallar los anclajes, será necesario proveer las holguras necesarias entre ellos para evitar que los afecten los movimientos laterales de la construcción. Deberá tenerse en cuenta que dependiendo del tipo de anclaje, estos elementos pueden introducir modificaciones importantes en la rigidez de la estructura (ref. 9).

## **3. Ventanas :**

Para la reparación de la ventanería, además de sustituir los vidrios rotos, debe verificarse que exista una holgura entre los marcos de las ventanas y la estructura o entre ellos y los vidrios. Esta holgura debe rellenarse con un sellador que permanezca flexible con el tiempo (ref. 9).

## VIII. CONCLUSIONES

1. No todos los daños que pudiera sufrir una vivienda se mencionan en el presente trabajo, pero sí los más comunes. Es por eso que los inspectores, en ocasiones, deberán usar su propio criterio, basándose en los parámetros dados.
2. Bandera VERDE para los factores y criterios de evaluación simboliza sin daño visible en los elementos estructurales, así como posibles fisuras en los repellos de paredes, losas y en elementos estructurales. Desprendimiento de recubrimientos y acabados, problemas no importantes de humedad. Se observan pocos daños en la construcción.
3. Bandera AMARILLA para los factores y criterios de evaluación simboliza fisuras diagonales y de otro tipo en paredes y aberturas, fisuras grandes en elementos estructurales de concreto reforzado (columnas, vigas, losas, paredes) que pueden repararse sin necesidad de refuerzo, problemas importantes de humedad.
4. Bandera ANARANJADA para los factores y criterios de evaluación simboliza grietas grandes con o sin separación de las paredes y con trituración del material. Grandes grietas con trituración del material de las paredes entre las aberturas de los elementos estructurales. Grietas grandes con pequeñas dislocaciones de elementos de concreto reforzado (columnas, vigas, losas, paredes). Fracturas que disminuyen la resistencia y rigidez del elemento. Problemas de estabilidad del elemento.
5. Bandera ROJA para los factores y criterios de evaluación simboliza que los elementos estructurales están muy dañados, con un número grande de ellos destruidos, colapsos o derrumbes. Las construcciones presentan ruina parcial o total.

6. En caso de incertidumbre para determinar la magnitud del daño en un elemento, se sugiere consultar con otros inspectores, para llegar a un dictamen más objetivo y en consenso.
7. Se elabora una matriz de coeficientes, tanto para el Dictamen Externo de la Vivienda, como para el Dictamen Interno de la Vivienda, tomando como base que la vivienda pueda soportar otro sismo de igual magnitud o inferior. Esto sin dejar de tomar en cuenta la magnitud del daño de cada factor, representado proporcionalmente en el Valor Total de la Evaluación.
8. Para una evaluación, con un Valor Total menor que 5, se concluye que: Las viviendas no presentan reducción en su capacidad sismoresistente y no son peligrosas para las personas. Pueden ser utilizadas inmediatamente o después de la reparación. Se les coloca bandera VERDE y son habitables.
9. Para una evaluación, con un Valor Total entre 5 y 10, se concluye que: Las viviendas no tienen disminuida su capacidad sismoresistente. El acceso a las mismas no es controlado, y la construcción se puede usar, pero debe ser reparada lo antes posible. Hay que evaluar la necesidad de delimitar áreas inseguras o apuntalar partes de la construcción. Se sugiere una evaluación adicional más detallada. Se les coloca bandera AMARILLA y son habitables.
10. Para una evaluación, con un Valor Total entre 10 y 15, se concluye que: Las viviendas tienen muy disminuida su capacidad sismoresistente. El acceso a las mismas es controlado y la construcción no se puede usar antes de ser reforzada y reparada. Se sugiere apuntalar la construcción y proteger estructuras vecinas. Necesita evaluación adicional más detallada por especialistas estructurales. Se les coloca bandera ANARANJADA y no es habitable.

- 11.** Para una evaluación, con un Valor Total mayor que 15, se concluye que: Las viviendas no son seguras y presentan peligro de derrumbe. El acceso está prohibido. Es necesario proteger la calle o accesos cercanos, o demoler la vivienda a la mayor brevedad posible. Las viviendas no son seguras y presentan peligro de derrumbe. Se les coloca bandera ROJA y no es habitable.
- 12.** El uso de resinas epóxicas en la reparación local de elementos dañados, puede garantizar la restauración casi total de su capacidad estructural original. Se emplean por lo general en la inyección de grietas en concreto de menos de 0.5 mm de ancho, o bien, como pegamento para unir elementos metálicos al concreto.
- 13.** La lechada de cemento o la lechada de mortero son recomendadas para el resane de huecos, tanto en concreto como en mampostería. Se recomienda recurrir al uso de morteros de cemento-arena en combinación con aditivos expansores que minimicen la contracción.
- 14.** El concreto como medio para reparar elementos de concreto, requiere de estabilizadores para evitar la contracción y de algún agente adhesivo para evitar la falta de adherencia que producen la pérdida de contacto con el concreto viejo.
- 15.** El refuerzo en elementos estructurales, se puede llevar a cabo de muchas maneras, entre las que sobresalen el encamisado y aumento de la sección de acero y/o concreto, recubrimiento con mortero reforzado, aumentar la cantidad de miembros, redistribución de los elementos y cargas. Sin embargo, es importante tener en cuenta la compatibilidad entre la rigidez de la estructura original y la de los nuevos elementos.

16. La reparación de los elementos no estructurales implica en la mayoría de los casos la restauración y el refuerzo de sí mismos y de sus uniones con la estructura, teniendo en cuenta su interacción con ésta última.
17. Se sugiere hacer más investigación sobre el tema de restauración y refuerzo, ya que no se tiene al alcance ningún criterio, más que el de la intuición.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. *ACI. BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE (ACI 318-95) AND COMMENTARY (ACI 318R-95)*. American Concrete Institute.
2. Alarcón, P., H. Hernández y M. Guzmán. Enero 2001. *CRITERIOS BÁSICOS PARA EVALUAR EDIFICACIONES DAÑADAS POR SISMO*. Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA).
3. *ATC 20. PROCEDURES FOR POSTEARTHQUAKE SAFETY EVALUATION BUILDINGS*. Applied Technology Council.
4. *ATC 20-1. FIELD MANUAL: POSTEARTHQUAKE SAFETY EVALUATION BUILDINGS*. Applied Technology Council.
5. «ESTRATEGIA DE DESARROLLO DEL SECTOR VIVIENDA 1996 – 2000». Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN). Ministerio de Economía Vice-ministerio de Vivienda.
6. *EUROPEAN MACROSEISMIC SCALE (EMS-98)*. Center Européen de Géodynamique et de Séismoogie.
7. Jerez, M.. 1998. *EVALUACIÓN POST-SÍSMICA DE LA SEGURIDAD DE CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO Y MAMPOSTERÍA REFORZADA*. Tesis de postgrado Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Valle de Guatemala.
8. «LOS TERREMOTOS». 1993. Geological Museum.
9. Iglesias, J., F. Robles, J. de la Cera y O. González. 1988. *REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y MAMPOSTERÍA*. Primera edición. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

10. Maldonado, C. 1991. *OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO EN MUROS DE MAMPOSTERÍA UTILIZANDO BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO PARA EL VALLE DE GUATEMALA*. Tesis de grado Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Valle de Guatemala.
  
11. Morales, R. 1998. *ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES VERTICALES DE UNA VIVIENDA APROBADA POR EL F.H.A.* Tesis de grado Departamento de Ingeniería Civil, Universidad del Valle de Guatemala.
  
12. «EARTHQUAKE IN GUATEMALA». NATIONAL GEOGRAPHIC. Vol. 149, No.6 Junio 1976.
  
13. *NEHRP HANDBOOK FOR THE SEISMIC EVALUATION OF EXISTING BUILDINGS*. Building Seismic Safety Council. Washington 1992.
  
14. Newmark, N. Y E. Rosenblueth. 1976. *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA SÍSMICA*. Primera edición. México.
  
15. *NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN RECOMENDADAS PARA LA REPÚBLICA DE GUATEMALA*. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). 1996.
  
16. Ohkubo, M. *SISTEMA DE EVALUACIÓN DE DAÑOS EN CASOS DE EMERGENCIA*. Instituto de Diseño de Kyushu.
  
17. «REPÚBLICA DE GUATEMALA». 1996. Instituto Nacional de Estadística INE, X Censo Nacional de Población y V de Habitación.
  
18. Salazar, L. F. Octubre 1997. *MÓDULO 6: CONSTRUCCIÓN DE ELEMNTOS DE CERRAMIENTO VERTICAL*. INTECAP.
  
19. Schöster, J. Noviembre 1977. *AUTOCONSTRUCCIÓN: UNA ALTERNATIVA*. INTECAP.
  
20. «THE GUATEMALAN EARTHQUAKE OF FEBRUARY 4, 1976, A PRELIMINARY REPORT». Geological Survey Professional Paper 1002.

## X. ANEXOS

### A. ANEXO 1: Formulario

#### 1. Formulario de Evaluación para Viviendas de Mampostería de Block

Fecha de Inspección: \_\_\_\_\_.

Inspector: \_\_\_\_\_.

No. Expediente: \_\_\_\_\_.

##### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA VIVIENDA:

1.1 Dirección: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

1.2 Propietario: \_\_\_\_\_.

1.3 Año de Construcción: \_\_\_\_\_.

1.4 Hay Planos Estructurales: 1. sí 2. no \_\_\_\_\_

##### 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA:

2.1 Número de Pisos: \_\_\_\_\_.

2.2 Forma de Planta: \_\_\_\_\_.

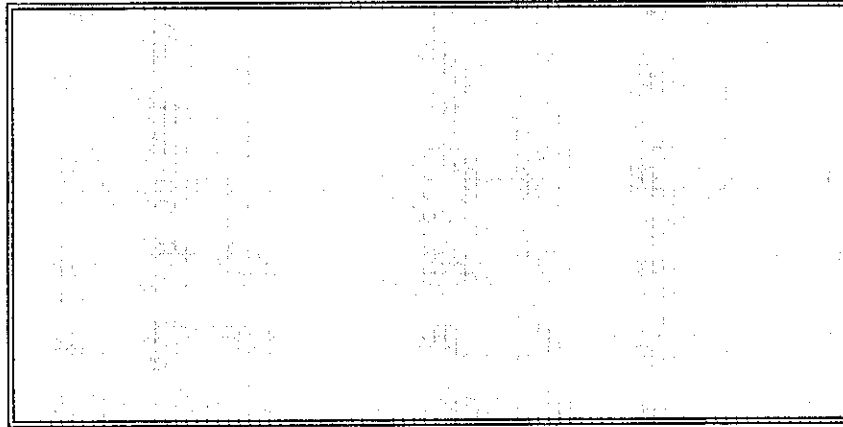
2.3 Área estimada de Planta: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>.

2.4 Sistema estructural de techo: \_\_\_\_\_   
1. concreto 2. acero 3. madera 4. otro: \_\_\_\_\_.

2.5 Material de cubierta: \_\_\_\_\_   
1. concreto 2. teja 3. lámina 4. otro: \_\_\_\_\_.

2.6 Material de acabado en paredes: \_\_\_\_\_   
1. cernido 2. fachaleta 3. rev. plástico 4. otro: \_\_\_\_\_.

2.7 Esquema planta de la vivienda:



2.8 Observaciones adicionales: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. EVALUACIÓN DE LA VIVIENDA:

3.1 Matriz de Riesgo y Daños DEV:

	FACTORES / DAÑO	Severo	Fuerte	moderado	leve
1.01	TOPOGRAFÍA	0	0	0	0
1.02	GEOLOGÍA	0	0	0	0
1.03	EXTERIOR ESTRUCT.	0	0	0	0
		TOTAL DEV			

3.2 Matriz de Coeficientes DEV:

MATRIZ DE COEFICIENTES DEV			
1	1.5	0.3	0
2	2	0.5	0
3	3	1	0.5
0			

3.3 Matriz de Riesgo y Daños DIV:

	FACTORES / DAÑO	Severo	Fuerte	moderado	leve
2.01	CIMENTACIÓN	0	0	0	0
2.02	COLUMNAS	0	0	0	0
2.03	VIGAS	0	0	0	0
2.04	LOSAS	0	0	0	0
2.05	MUROS	0	0	0	0
2.06	INSTALACIONES	0	0	0	0
2.07	ELEM. NO ESTRUCT.	0	0	0	0
		TOTAL DIV			

3.4 Matriz de Coeficientes DIV:

MATRIZ DE COEFICIENTES DIV			
3	3	1.5	0.75
4	4	2	1
1.5	1.5	0.75	0.25
2	2	1	0.5
3	3	1.5	0.75
0.25	0.2	0.1	0
0.75	0.5	0.25	0
0			

3.5 Valor Total de la Evaluación (DEV + DIV): \_\_\_\_\_.

3.6 Bandera de Evaluación:

Roja:  $15 < VTE$  \_\_\_\_\_  NO HABITABLE (demoler).

Anaranjada:  $10 < VTE < 15$  \_\_\_\_\_  NO HABITABLE (refuerzo).

Amarilla:  $5 < VTE < 10$  \_\_\_\_\_  HABITABLE (restauración).

Verde:  $VTE < 5$  \_\_\_\_\_  HABITABLE (inmediato).

3.7 Se tomaron fotos: 1. si 2. no \_\_\_\_\_

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

**EVALUÓ:**

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma Inspector

**B. ANEXO 2: Formato Banderas de Evaluación**

**1. Bandera Roja: DAÑO SEVERO**

<p style="text-align: center;"><b>NO HABITABLE</b></p> <p style="text-align: center;">( DAÑO SEVERO )</p> <p>Fecha de Evaluación: _____.</p> <p>Nombre Inspector: _____.</p> <p>No. Expediente: _____ VTE: _____.</p>
---

2. Bandera Anaranjada: DAÑO FUERTE

<b>NO HABITABLE</b>	
.....	
Fecha de Evaluación: _____.	
Nombre Inspector: _____.	
No. Expediente: _____, VTE: _____.	

3. Bandera Amarilla: DAÑO MODERADO

<b>HABITABLE</b>	
.....	
Fecha de Evaluación: _____.	
Nombre Inspector: _____.	
No. Expediente: _____, VTE: _____.	

4. Bandera Roja: DAÑO LEVE

<b>HABITABLE</b>	
( DAÑO LEVE )	
.....	
Fecha de Evaluación: _____.	
Nombre Inspector: _____.	
No. Expediente: _____, VTE: _____.	