

GUÍA DE INTERVENCIÓN A VIVIENDAS VULNERABLES UBICADAS EN LA  
CIUDAD DE MEDELLÍN

Brayan Yepes Atehortúa

[yepesyo@gmail.com](mailto:yepesyo@gmail.com)

Hampdent Ulrick Huffington Martínez

[Hampdent.huffingtonma@amigo.edu.co](mailto:Hampdent.huffingtonma@amigo.edu.co)

Universidad Católica Luis Amigó

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Ingeniería civil

2022





GUÍA DE INTERVENCIÓN A VIVIENDAS VULNERABLES UBICADAS EN LA  
CIUDAD DE MEDELLÍN

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil

Brayan Yepes Atehortua y Hampdent Ulrick Huffington Martínez

Asesora: Leslie Milena Arrubla Valencia

Universidad Católica Luis Amigó

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Ingeniería civil

2022



## Tabla de contenido

Resumen .....	9
Planteamiento del problema .....	10
Justificación .....	11
Objetivos.....	12
Objetivo General .....	12
Objetivos Específicos .....	12
Marco teórico.....	13
Metodología.....	19
Alcance.....	20
Resultados.....	21
Guía de intervención a viviendas vulnerables ubicadas en la ciudad de Medellín.....	22
Etapa 1 (Recolección, análisis y validación de información suministrada).....	22
Recolección de información .....	22
Análisis de información .....	23
Validación de información.....	23
Registro fotográfico.....	24
Etapa 2 (definir el tipo de material constructivo) .....	25
Materiales constructivos .....	25
2.A Mampostería.....	25
Muros en arcilla macizos .....	26
Muros con bloques estructurales en arcilla .....	26
2.A.1 Mampostería reforzada .....	27
2.A.2 Mampostería no reforzada.....	27
2.A.3 Mampostería confinada .....	28
2.B Concreto .....	29
2.B.1 Sistema de pórtico.....	29
2.B.2 Sistema dual o combinado .....	29
2.B.3 Losas de entrepiso .....	30
2.B.3.1 Losas aligeradas.....	30
2.B.3.1.1 Losa en una dirección .....	31
2.B.3.1.2 Losas en dos direcciones.....	31
2.B.3.2 Losas macizas .....	31
2.B.3.3 Láminas colaborantes de sección compuesta en acero y concreto. ....	32
2.B.3.4 Placa fácil .....	33
Etapa 3 (Lesiones) .....	33
Lesiones .....	33
3.A.1 Mampostería.....	34
3.A.1.1 Por malos procesos constructivos .....	34
3.A.1.1.1 Mala colocación del mampuesto .....	34
3.A.1.1.2 Falta de traba en las esquinas .....	35
3.A.1.1.3 Mala adherencia .....	36
3.A.1.1.4 Uniones entre paredes.....	37
3.A.1.1.5 Conexiones entre materiales (juntas).....	38

3.A.1.1.6 Ausencia de acero de refuerzo.....	39
3.A.1.1.7 Colocación Inadecuada del acero de refuerzo respecto a la pega ..	40
3.A.1.1.8 Insuficiencia de mortero en las juntas .....	41
3.A.1.1.9 Regatas excesivas .....	42
3.A.1.1.10 Ausencia de grouting en dovelas .....	43
3.A.1.2 Por errores en los diseños o falta de diseño .....	44
3.A.1.2.1 Giros en zapatas.....	44
3.A.1.2.2 Rotaciones.....	45
3.A.1.2.2.1 Rotación interna.....	45
3.A.1.2.3 Pandeo .....	46
3.A.1.2.4 Aplastamiento (falla a compresión) .....	47
3.A.1.2.5 Cargas uniformes sobre muros de sección variable .....	48
3.A.1.2.6 Falla a cortante .....	49
3.A.1.2.7 Cargas perpendiculares al muro .....	50
3.A.1.2.7.1 Muro sin soporte superior.....	50
3.A.1.2.7.2 Muro con soporte superior .....	51
3.A.1.2.7.3 Muro con soportes laterales (sin apoyo en la base) .....	52
3.A.1.2.7.4 Muro con soportes laterales y empotrado en la base .....	53
3.A.1.2.7.5 Muro con soporte en todas sus direcciones .....	54
3.A.1.2.8 Asentamientos diferenciales .....	55
3.A.1.2.9 Fallas por tensión diagonal .....	56
3.A.1.2.10 Fallo por tracción.....	57
3.A.1.2.11 Fallo por efectos combinados (pandeo y cortante).....	58
3.A.1.2.12 Distribución inadecuada de muros en planta.....	59
3.A.1.2.13 Falta de continuidad en la altura .....	60
3.A.1.2.14 Bajo espesor de muros .....	61
3.A.1.2.15 Falla de corte por deslizamiento.....	62
3.A.1.2.16 Muros no confinados.....	62
3.B.1 Concreto .....	64
3.B.1.1 Por malos procesos constructivos .....	64
3.B.1.1.1 Elementos embebidos en vigas, columnas o losas .....	64
3.B.1.1.2 Despiece inapropiado del acero (vigas, columnas y losas) .....	66
3.B.1.1.3 Disgregación del concreto.....	68
3.B.1.1.4 Carbonatación.....	69
3.B.1.1.5 Corrosión del acero.....	70
3.B.1.1.6 Cambio de sección en elementos estructurales .....	72
3.B.1.2 Por errores en los diseños o falta de diseño .....	73
3.B.1.2.1 Columna corta.....	73
3.B.1.2.2 Columna débil y viga fuerte.....	75
3.B.1.2.3 Excentricidad .....	76
3.B.1.2.4 Viviendas que no tienen separaciones.....	77
3.B.1.2.5 Piso débil .....	78
3.B.1.2.6 Falla por esfuerzos a compresión .....	80
3.B.1.2.7 Falla por esfuerzos de flexión .....	81
3.B.1.2.8 Falla por esfuerzos cortantes .....	84

3.B.1.2.9 Falla por efecto de torsión.....	86
3.B.1.2.10 Falla por pandeo .....	87
3.B.1.2.11 Punzonamiento .....	89
3.B.1.2.12 Curado inadecuado.....	90
3.B.1.2.14 Falla en los nudos .....	92
Etapa 4 (Monitoreo de las fisuras y grietas) .....	94
Monitoreo de las fisuras y grietas .....	94
4.1 Fisuras .....	95
4.2 Grietas .....	95
Etapa 5 (Ensayos).....	96
Ensayos.....	96
5.B.4 Ensayos para elementos de concreto .....	96
5.B.4.1 Ensayos no destructivos.....	96
5.B.4.1.1 Esclerómetro.....	96
5.B.4.1.2 Ultrasonido.....	97
5.B.4.1.3 Ferroskan.....	98
5.B.4.1.4 Pistola Windsor .....	98
5.B.4.2 Ensayos destructivos.....	98
5.B.4.2.1 Extracción de núcleos .....	98
5.B.4.2.2 Regatas y carbonatación.....	99
5.B.4.2.3 Pruebas de carga.....	99
5.B.4.2.4 Resistencia a cohesión y de adherencia .....	100
5.B.4.2.5 Tracción al acero de refuerzo.....	100
5.B.4.2.6 Petrográfica.....	100
5.B.4.1.5 Potenciales de corrosión de acero de refuerzo .....	101
5.A.4 Ensayos en mampostería .....	102
5.A.4.1 Ensayos destructivos.....	103
5.A.4.1.1 Pruebas de extracción .....	103
5.A.4.1.2 Prueba de penetración.....	103
5.A.4.1.3 Ensayos a corte .....	103
5.A.4.1.4 Adherencia mortero.....	104
5.A.4.1.5 Petrografía .....	104
5.A.4.1.6 Pruebas de carga.....	104
5.A.4.1.7 Regatas y corrosión .....	104
5.A.4.2 Ensayos no destructivos.....	105
5.A.4.2.1 Ultrasonido.....	105
5.A.4.2.2 Ferroskan.....	105
5.A.4.2.3 Esclerómetro.....	106
Etapa 6 (Intervención) .....	108
6.1 Demolición de la vivienda .....	108
6.2 Intervención a una estructura.....	108
6.A Intervención de lesiones en mampostería .....	109
6.A.1 Sustitución de elementos de mampostería.....	109
6.A.2 Reducción de sobrecarga .....	109
6.A.3 Reemplazar cimentación por asentamiento .....	110

6.A.4 Adición de una estructura paralela .....	110
6.A.5 Adición de elementos estructurales.....	111
6.A.6 Corrección al efecto torsional.....	111
6.A.7 Incremento del Índice de sobreesfuerzo.....	112
6.A.8 Pasadores transversales.....	113
6.A.9 Encamisado con malla electrosoldada .....	113
6.A.10 Inyección de resinas epóxicas .....	114
6.A.11 Inyección de morteros de cementos.....	115
6.A.12 Fibras de carbono .....	116
6.A.13 Confinamiento del elemento.....	116
6.B Intervención a lesiones en concreto .....	119
6.B.1 Sustitución del hormigón afectado por la corrosión .....	119
6.B.1.1 Sustitución de acero corroído.....	120
6.B.2 Arriostramiento con elementos de acero.....	120
6.B.3 Aumento de sección de elementos (encamisados en concreto).....	121
6.B.3.1 Columna.....	121
6.B.3.2 Vigas .....	122
6.B.4 Recubrimiento con fibras de carbono.....	123
6.B.5 Inyección por gravedad.....	124
6.B.6 Encamisado con perfiles metálicos .....	124
6.B.6.1 Para las columnas .....	124
6.B.6.2 Para las vigas.....	125
6.B.7 Reducción de sobrecarga .....	126
6.B.8 Sustitución de viga y columna.....	126
6.B.9 Inyección de resinas epóxicas .....	127
6.B.10 Grapas metálicas .....	128
6.B.11 Grapado con fibras de carbono.....	129
6.B.12 Recubrimiento con mortero .....	130
6.B.13 Aplicación de mortero seco .....	131
6.B.14 Intervención en las columnas cortas .....	131
6.B.15 Reemplazo y adición de estribos.....	132
6.B.16 Separación entre viviendas .....	133
6.B.17 Intervención para punzonamiento .....	133
6.B.18 Igualación de rigidez del sistema estructural .....	134
Conclusiones .....	136
Bibliografía.....	139

### Tabla de figuras

<b>Figura 1.</b> Ruta crítica .....	21
<b>Figura 2.</b> Unidades de mampostería maciza .....	26
<b>Figura 3.</b> Unidades de mampostería de perforación vertical.....	26
<b>Figura 4.</b> Mampostería reforzada .....	27
<b>Figura 5.</b> Vivienda en mampostería no reforzada.....	28
<b>Figura 6.</b> Vivienda en mampostería confinada .....	28
<b>Figura 7.</b> Sistema de pórtico .....	29
<b>Figura 8.</b> Sistema combinado.....	30
<b>Figura 9.</b> Losa aligerada .....	31
<b>Figura 10.</b> Losa maciza.....	32
<b>Figura 11.</b> Losa en metaldeck .....	32
<b>Figura 12.</b> Losa placa fácil .....	33
<b>Figura 13.</b> Mala colocación del mampuesto .....	34
<b>Figura 14.</b> Colocación de trabas.....	35
<b>Figura 15.</b> Falta de trabas en esquina de muro .....	36
<b>Figura 16.</b> Mala adherencia entre el mortero y la mampostería.....	37
<b>Figura 17.</b> Mala aplicación del mortero de pega.....	37
<b>Figura 18.</b> Unión entre una pared existente y una nueva .....	38
<b>Figura 19.</b> Separación de muro y columna.....	39
<b>Figura 20.</b> Insuficiente acero de refuerzo en muros de mampostería .....	40
<b>Figura 21.</b> Inadecuada colocación de acero de refuerzo .....	41
<b>Figura 22.</b> Discontinuidad del acero de refuerzo .....	41
<b>Figura 23.</b> Ausencia de mortero de pega en juntas de mampostería.....	42
<b>Figura 24.</b> Regatas excesivas en la mampostería.....	43
<b>Figura 25.</b> Ausencia de Grouting para dovelas.....	44
<b>Figura 26.</b> Fenómeno del giro .....	45
<b>Figura 27.</b> Rotación interna .....	46
<b>Figura 28.</b> Pandeo .....	47
<b>Figura 29.</b> Pandeo .....	47
<b>Figura 30.</b> Fisuras debido a sobrecargas .....	48
<b>Figura 31.</b> Cargas uniformes.....	49
<b>Figura 32.</b> Falla a cortante .....	50
<b>Figura 33.</b> Fisuras en muros sin soporte superior .....	51
<b>Figura 34.</b> Fisuras en muros con soporte superior .....	52
<b>Figura 35.</b> Fisuras en muros con soportes laterales.....	53
<b>Figura 36.</b> Fisuras en muros con soportes en sus laterales y que se encuentra empotrado en la base.....	54
<b>Figura 37.</b> Fisuras en muro el cual posee soporte en cada una de sus direcciones .....	55
<b>Figura 38.</b> Asentamiento diferencial .....	56
<b>Figura 39.</b> Tensión diagonal.....	57
<b>Figura 40.</b> Falla por tracción.....	58
<b>Figura 41.</b> Falla por efectos combinados.....	59
<b>Figura 42.</b> Distribución adecuada de muros en planta.....	60
<b>Figura 43.</b> Discontinuidad en altura.....	61
<b>Figura 44.</b> Falla de corte por deslizamiento.....	62
<b>Figura 45.</b> Falla en muros no confinados .....	63
<b>Figura 46.</b> Falla en muros no confinados .....	64
<b>Figura 47.</b> Tubería de desagüe embebida a viga .....	65
<b>Figura 48.</b> Grietas en losa de entrepiso por el paso de tuberías .....	66
<b>Figura 49.</b> Despiece inapropiado del acero en una columna.....	67
<b>Figura 50.</b> Despiece inapropiado del acero en una viga.....	68
<b>Figura 51.</b> Disgregación en columna.....	69
<b>Figura 52.</b> Carbonatación en columna .....	70
<b>Figura 53.</b> Corrosión del acero en columna.....	71
<b>Figura 54.</b> Corrosión del acero de refuerzo en una losa.....	72
<b>Figura 55.</b> Cambio de sección en la estructura .....	73
<b>Figura 56.</b> Cambio de sección en los elementos estructurales.....	73
<b>Figura 57.</b> Falla de columna corta en una estructura.....	74
<b>Figura 58.</b> Falla de elemento en estructura por columna corta.....	75

<b>Figura 59.</b> Columna débil viga fuerte en una estructura .....	76
<b>Figura 60.</b> Excentricidad en elementos estructurales .....	77
<b>Figura 61.</b> Golpeteo en estructuras .....	78
<b>Figura 62.</b> Lesión por golpeteo entre estructuras existentes .....	78
<b>Figura 63.</b> Piso débil en planta baja de una estructura.....	79
<b>Figura 64.</b> Fisuramiento por efectos de compresión en losas.....	81
<b>Figura 65.</b> Falla por compresión de una columna.....	81
<b>Figura 66.</b> Falla a flexión en viga.....	83
<b>Figura 67.</b> Falla a flexión en columna.....	83
<b>Figura 68.</b> Flexión en losas .....	84
<b>Figura 69.</b> Falla a flexión en losas.....	84
<b>Figura 70.</b> Falla por cortante en columnas .....	85
<b>Figura 71.</b> Falla por cortante en viga.....	85
<b>Figura 72.</b> Efecto de torsión en vigas .....	86
<b>Figura 73.</b> Efectos de torsión en losas .....	87
<b>Figura 74.</b> Pandeo en una columna .....	88
<b>Figura 75.</b> Fisuras en columna por pandeo .....	88
<b>Figura 76.</b> Fisuras por punzonamiento en losas.....	89
<b>Figura 77.</b> Falla por punzonamientos en losas.....	90
<b>Figura 78.</b> Efectos por curado inadecuado.....	91
<b>Figura 79.</b> Fisuras por contracción .....	92
<b>Figura 80.</b> Fisuras por retracción.....	92
<b>Figura 81.</b> Falla en los nudos .....	93
<b>Figura 82.</b> Testigos de yeso .....	94
<b>Figura 83.</b> Fisurómetro.....	95
<b>Figura 84.</b> Ensayos en el concreto .....	102
<b>Figura 85.</b> Ensayos en la mampostería .....	107
<b>Figura 86.</b> Sustitución de elementos en la mampostería .....	109
<b>Figura 87.</b> Reemplazo de cimentación por pilotes.....	110
<b>Figura 88.</b> Adición de muro paralelo al existente.....	111
<b>Figura 89.</b> Adición de elementos en altura .....	111
<b>Figura 90.</b> Adición de elementos en planta .....	112
<b>Figura 91.</b> Inyección de resina sintética .....	112
<b>Figura 92.</b> Pasadores transversales.....	113
<b>Figura 93.</b> Encamisado de muro con malla electrosoldada .....	114
<b>Figura 94.</b> Inyección de resinas epóxicas.....	115
<b>Figura 95.</b> Inyección de morteros de cemento.....	115
<b>Figura 96.</b> Colocación de fibras de carbono .....	116
<b>Figura 97.</b> Método de prueba de la mampostería.....	118
<b>Figura 98.</b> Preparación del elemento para sustituir hormigón afectado .....	119
<b>Figura 99.</b> Arriostramiento con elementos metálicos .....	121
<b>Figura 100.</b> Encamisados en columnas.....	122
<b>Figura 101.</b> Encamisado en viga .....	123
<b>Figura 102.</b> Recubrimiento con fibras de carbono .....	123
<b>Figura 103.</b> Inyección por gravedad .....	124
<b>Figura 104.</b> Encamisado de perfiles metálicos en columnas .....	125
<b>Figura 105.</b> Encamisado con perfiles metálicos en vigas .....	126
<b>Figura 106.</b> Apuntalamiento de columna para intervención .....	127
<b>Figura 107.</b> Inyección de resinas epóxicas.....	128
<b>Figura 108.</b> Grapas metálicas .....	129
<b>Figura 109.</b> Grapado con fibras de carbono .....	130
<b>Figura 110.</b> Recubrimiento con mortero .....	130
<b>Figura 111.</b> Aplicación de mortero seco .....	131
<b>Figura 112.</b> Intervención a columna corta .....	132
<b>Figura 113.</b> Intervención para punzonamiento .....	134
<b>Figura 114.</b> Igualación de rigidez en edificación.....	134
<b>Figura 115.</b> Intervenciones en el concreto.....	135

## Resumen

Se presenta la elaboración de una guía técnica para intervenir viviendas previamente diagnosticadas con vulnerabilidad estructural alta o con un alto riesgo de colapso ante un efecto sísmico. El principal objetivo es presentar de forma preliminar una serie de pasos a tener en cuenta en una intervención desde la primera visita en campo hasta determinar las lesiones, verificar su causa por medio de ensayos y su posible solución.

El desarrollo de esta guía, es una fuente de información técnica para empresas del sector constructivo, tanto entidades públicas como privadas con el fin de lograr que las intervenciones se realicen en un menor tiempo.

## Planteamiento del problema

En Colombia se han presentado cambios desde las publicaciones de las normativas sismorresistentes (NSR-98 y NSR-10) sobre la manera correcta de construir viviendas resistentes a sismos de baja, media y gran magnitud, dado que han entrado conceptos clave que antes no se evaluaban con la misma rigurosidad, como pueden ser el tipo de material a utilizar, el suelo donde se realizará el proyecto y el riesgo sísmico. Es posible que existan viviendas que presenten lesiones por un mal proceso constructivo o un diseño basado en una normativa antigua.

Parte de las viviendas informales carecen de la aplicación de la Normativa Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), porque fueron construidas anterior a la publicación del mismo o en el periodo de su transición en donde aún no era obligatorio cumplir con sus requisitos mínimos, por lo que es requerido realizar una intervención preventiva para evitar el colapso de la edificación y que pueda cobrar vidas por un mal funcionamiento. Algunas de estas viviendas pueden no presentar daños al día de hoy, pero no significa que su diseño estructural va a comportarse acorde a lo requerido ante un evento sísmico de gran magnitud.

En la actualidad existen análisis, ensayos y metodologías para intervenir una vivienda que presente problemas estructurales, estos referentes teóricos tiene gran variedad de información, pero esta misma se encuentra dispersa, porque no se cuenta con las mismas consideraciones, enfoques o realizan los mismos ensayos, de ahí que al momento de consultar información referente se debe hacer varias búsquedas para poder tener a la mano gran parte de los medios requeridos para repotenciar una vivienda.

Otro inconveniente que se puede presentar al momento de consultar dichos documentos, es cuando al ingeniero a cargo se le puede generar una duda de cuáles son los pasos a seguir antes de llegar a la conclusión de cuál ensayo o metodología debe realizar.

Por otra parte, cuando es necesario realizar una visita a la vivienda no se tiene conocimiento previo de las herramientas o personal requerido, por lo que no se llega preparado y no se recolectan los datos necesarios.

Es por esto que se requiere la implementación de una guía de intervención a viviendas que presenten lesiones, por medio de una serie de pasos que le faciliten y optimicen el trabajo al ingeniero civil.

## Justificación

Medellín está ubicada en zona de amenaza sísmica intermedia donde al día de hoy no han ocurrido eventos sísmicos de gran proporción que sobrepasen los parámetros esperados, por lo tanto, las viviendas que fueron construidas bajo la normativa actual NSR-10 no deberán presentar problemas estructurales, sin embargo existen viviendas que a pesar de no cumplir con los requisitos mínimos de diseño sismo resistente, por motivos como los antes mencionados en la problemática, no han evidenciado lesiones pero si las pueden estar presentando, es por esto que es necesario una pronta intervención porque el día en que se presente un sismo, producirá un colapso masivo en estas edificaciones porque no fueron previamente adecuadas.

Es imperativo brindar una solución a través de una serie de pasos para aquellas que presenten lesiones, y así, la persona a cargo tenga claro las actividades a desarrollar en la recolección de datos antes de realizar la visita y esté preparado con las herramientas y el personal capacitado para la actividad requerida.

Es necesario unificar en lo posible los conceptos de análisis, ensayos y métodos de repotenciación ya que hace falta una guía que oriente al ingeniero civil en el momento de realizar o requerir una intervención y así podrá saber cuál es la instrumentación adecuada ya que no todos cuenta con una amplia experiencia en la práctica profesional y pueden desconocer la funcionalidad de alguna herramienta para el análisis de la lesión que genera la vulnerabilidad de la vivienda o que no tenga disponible más opciones de reforzamiento.

En tal sentido, existe la necesidad de realizar un instructivo con procedimientos claros y sistematizados que permitan dar un diagnóstico más acertado y que a su vez le permita al ingeniero optimizar tiempo y dinero en encontrar la solución a la lesión y de este modo evitar reprocesos como realizar más visitas a la vivienda o realizar más ensayos por obviar un detalle o por no tomar los datos suficientes.

Por medio de la siguiente guía se espera aportar un documento de apoyo y consulta para ingenieros, constructores, arquitectos, áreas afines y entidades públicas como la Subsecretaría de Gestión del Riesgo, Desastres y Emergencias de cada municipio. Estas podrán mejorar la estrategia de intervención a varias viviendas con vulnerabilidad alta y a su vez optimicen tiempo y dinero. Se espera que de la mano de entidades públicas como las anteriores, se puedan crear escenarios de seguridad, mitigando futuras situaciones de riesgos ante eventos sísmicos significativos como por ejemplo ofrecer la guía como herramienta de ayuda para aquellas que estén en inspección por diferentes alcaldías, convirtiéndose en una respuesta rápida y eficaz para una pronta rehabilitación y retorno a su funcionalidad o habitabilidad.

## Objetivos

### Objetivo General

Proporcionar una guía de intervención para viviendas vulnerables ubicadas en la ciudad de Medellín.

### Objetivos Específicos

- Definir las lesiones estructurales que se presentan en viviendas vulnerables.
- Describir el procedimiento sistemático de intervención estructural a viviendas vulnerables.
- Definir las intervenciones que den solución a las lesiones estructurales que se presentan en una vivienda vulnerable.

## Marco teórico

Las grandes ciudades han sufrido cambios notorios con el tiempo en cuanto a su infraestructura y la forma en que su área urbana ha sido reorganizada. Estos avances en su mayoría han sido acompañados de la arquitectura e ingeniería que han jugado un papel fundamental en los diferentes aspectos como: zonas más espaciosas, zonas verdes, edificaciones de gran altura, corredores ecológicos entre otros aspectos que cumplen con el desarrollo de las ciudades.

Debido a la demanda poblacional, se ha generado la necesidad de adecuar los diseños estructurales, consiguiendo a su paso avances en la construcción de viviendas implementando nuevos materiales, aplicando diferentes sistemas estructurales y mayor rigurosidad en estudios de diseño.

Gracias a esos avances, se puede garantizar menos riesgos en las viviendas actuales y por eso mismo se han podido potenciar viviendas ubicadas en Medellín que presentan irregularidades o lesiones estructurales, ya que estas fueron construidas bajo una normativa antigua o en el periodo de transición de la NSR-10 (Moreno González & Bairán García, 2012).

Adicionalmente, está claro que realizar construcciones de edificaciones sin ningún permiso y excluyendo los parámetros legales necesarios, ponen en riesgo la vida de muchas personas. En Medellín como tal hay muchos sectores donde se presentan este tipo de situaciones ya sea por razones económicas, por querer reducir costos o por tratar de ahorrarse tiempo y/o trámites en la legalización de los permisos (Vallejo, 2007).

De igual forma, se presenta en algunos casos malos procesos en la obtención de licencias y/o permisos de construcción, ya sea por la falta de ética de quienes deben otorgar las licencias de construcción o muchos de estos se solucionan con el pago de una multa por no realizar los trámites requeridos y se legalizan construcciones no congruentes con las normas vigentes. Actos como los mencionados anteriormente, no son apropiados debido al riesgo que presentan las viviendas al no seguir los parámetros establecidos en la normatividad o no tener quien supervise que todo se esté cumpliendo como debería de ser. En estas situaciones las vidas de las personas son las que están principalmente en riesgo (Santiago Alfredo Perez Plazas, 2004).

Como fue mencionado anteriormente, existen viviendas que han sido construidas de acuerdo a códigos sísmicos obsoletos o sin ningún tipo de provisión sismo resistente, por lo que es importante realizar una revisión de habitabilidad y reparabilidad en donde no solo se tiene en cuenta el nivel de daño que ha dejado no solo el evento sísmico sino la imposición de cargas vivas y muertas ya que en el caso de no hacerlo se estaría permitiendo la ocupación peligrosa o la demolición innecesaria de edificios (Vargas et al., 2013).

Por razones como estas, se crean varias metodologías para analizar estos riesgos que van desde expertos en el campo que elaboran herramientas de toma de datos o registro de información para posterior análisis de matrices de riesgo para medir cualitativamente la

vulnerabilidad. Pero incluso la toma de decisiones sobre la habitabilidad y la reparabilidad puede llegar a ser desafiante para los profesionales inexpertos. Por eso se implementan guías que facilitan la intervención de las estructuras vulnerables (Vargas et al., 2013).

Antes de determinar cuál metodología utilizar para la intervención de una vivienda con vulnerabilidad estructural alta se debe de realizar una serie de pasos los cuales ayudarán a identificar las lesiones que sufre dicha vivienda, por lo que se debe de comenzar realizando una recopilación de datos como planos y memorias de diseños. Luego realizar mediciones de campo con el fin de recolectar información relevante y poder realizar un registro fotográfico de las características relevantes de la vivienda o posibles lesiones, entre otros caminos. Todos los parámetros anteriores se realizan para tener una conclusión más clara y resumida en el informe final y poder generar recomendaciones de los ensayos a realizar (DELGADO, 2018).

Se especifican los dos tipos de materiales constructivos a tener en cuenta a lo largo del documento e igualmente los sistemas estructurales y sus derivados:

El concreto: dentro de este tipo de material se abarcarán a lo largo del texto los sistemas estructurales tales como pórticos, dual o combinado, y de igual forma se tienen en cuenta las losas de entrepiso tales como aligeradas, en una dirección, en dos direcciones, macizas, placa fácil y láminas colaborantes de sección compuesta en acero y concreto.

Sistema de pórtico: Según la NSR-10 en el apartado A.3.2.1.3 lo define como un sistema estructural conformado por vigas y columnas, compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Sistema dual: El dual es un sistema estructural que tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales. Para que el sistema estructural se pueda clasificar como sistema dual se deben cumplir los requisitos de la norma NSR-10 en el apartado A.3.2.1.4 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Sistema combinado: Según la NSR-10 Título A en la tabla A.3-2, el sistema estructural combinado es un sistema, en el cual las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, o donde las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, y que no cumple los requisitos de un sistema dual (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Losas aligeradas: Las losas aligeradas son utilizadas para salvar luces más grandes que las losas macizas. Este sistema reemplaza parte de la sección de concreto por material

aligerar, el cual puede ser de cajones de madera, casetones de esterilla de guadua, ladrillos o bloques. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Losa en una dirección:** Una losa se considera que trabaja en una dirección cuando tiene dos bordes libres, sin apoyo vertical, y tiene vigas o muros, en los otros dos bordes opuestos aproximadamente paralelos, cuando el panel de losa tiene forma aproximadamente rectangular con apoyo vertical en sus cuatro lados, con una relación de la luz larga a la luz corta mayor que 2 o cuando una losa nervada tiene sus nervios principalmente en una dirección. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Losas en dos direcciones:** Complementario a la losa en una dirección, aparte de poder estar sobre vigas y muros, este tipo de losa permite adicionalmente poder apoyarse en columnas y los elementos del acero se conectan entre sí en dos direcciones (Soler Vega y otros, 2019, pág. 18).

**Losas macizas:** Las losas macizas están conformadas por una sola sección de concreto, el cual se encuentra reforzado en ambas direcciones. La losa debe tener por lo menos dos muros de apoyo y estos siempre deben ser opuestos. Para losas apoyadas en sus cuatro lados la dirección principal será del sentido más corto (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**placa fácil:** La placa fácil corresponde a una losa aligerada con ladrillo de arcilla cocida, apoyado sobre perfiles metálicos. Los perfiles metálicos, entre sus ranuras llevan acero de refuerzo las cuales se conectan con las vigas perimetrales. Los ladrillos que actúan como elementos aligerantes, van apoyados entre las pestañas de los perfiles de tal forma que se conectan uno con el otro hasta cubrir toda el área para luego ser vaciadas en concreto.

**Losas en láminas colaborantes de sección compuesta en acero y concreto:** Este tipo de losas ya es muy común hoy en día debido a su practicidad y fácil manejo. Es un tipo de losa que tiene como base varias láminas nervadas de acero, las cuales pueden ir en una sola dirección y sobre ella va colocada la maya electrosoldada permitiendo así un trabajo en un menor tiempo. Existen diferentes empresas que suministran este tipo de materiales, por lo tanto, dependiendo del tipo de fabricante se deberá tener en cuenta la ficha técnica y su forma de instalar para así garantizar que el elemento trabaje acorde a lo cual fue fabricado (Soler Vega y otros, 2019, pág. 22).

**La mampostería:** Dentro de la mampostería, solo se abarca a lo largo del documento la reforzada, no reforzada y confinada. De igual forma, será necesario entender que es el mampuesto.

**Mampostería reforzada:** El sistema de mampostería reforzada se fundamenta en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical (de arcilla o de concreto) unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con barras y/o alambres de acero. Este sistema permite la inyección de todas sus celdas con mortero de relleno, o

de solo las celdas verticales que llevan refuerzo. El refuerzo se distribuye dependiendo de la demanda impuesta al muro en cuanto a cargas externas (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, 2001, pág. 63).

**Mampostería no reforzada:** Es la construcción de muros compuestos de mampostería unidos por medio de mortero, pero con ausencia de acero de refuerzo. Este sistema estructural es muy utilizado en viviendas de años remotos y de bajos niveles por su fácil implementación.

**Mampostería confinada:** “El método de construcción de mampostería de muros confinados se basa en la colocación de unidades de mampostería conformando un muro que luego se confina con vigas y columnas de concreto reforzado vaciadas en el sitio” (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, 2001, pág. 63).

**Mampuesto:** Son piezas unitarias que se disponen para la elaboración de la mampostería estructural y no estructural, donde estos pueden encontrarse en diferentes materiales, tales como arcilla, concreto, barro, entre otras.

Ahora bien, es necesario entender en qué consiste una lesión, donde esta se entiende como los síntomas que puede presentar una edificación debido a ciertos aspectos que no fueron tenido en cuenta en el diseño o por problemas constructivos en su ejecución. Algunas lesiones se presentan de manera inmediata y pueden ser el origen de las denominadas lesiones secundarias (una lesión origina otra), mientras que otras pueden presentarse al transcurrir días, meses e incluso años.

El tipo de lesiones que se puedan presentar en una vivienda puede variar según el material en que fue construida, ya que no es lo mismo una lesión en la mampostería a una lesión en el concreto, teniendo en cuenta que existe uno o varios posibles factores que las generan.

Existen lesiones de origen físicas, mecánicas y químicas, las cuales pueden manifestarse en viviendas de distintas formas dependiendo del tipo de material. Es necesario conocer la evolución, el origen, las causas, síntomas y el estado en que se encuentra la lesión, para así poder determinar de qué forma poder intervenir (Broto, 2005).

**Lesiones físicas:** De origen por humedad, suciedad, erosión entre otras.

**Lesiones mecánicas:** Predomina un factor mecánico que puede provocar movimientos, desgastes, aberturas, separación de los materiales o elementos constructivos. Este tipo de lesiones se presentan por medio de:

- Deformaciones, las cuales a su vez se pueden diferenciar como flechas, pandeos, desplomes y alabeos.
- Grietas, donde las grietas pueden ser por origen de exceso de carga y por dilataciones o contracciones higrotérmicas.

- Fisuras, que pueden ser ocasionadas por discontinuidad de juntas, por mala adherencia y/o deformación, por sobrecargas, por malos procesos en el acabado donde se presentan fenómenos de contracción y retracción.
- Desprendimientos, ocasionados por separaciones entre el acabado y el soporte al que se encuentra aplicado debido a una mala adherencia.

Lesiones químicas: suelen generarse por la presencia de sales, ácidos o álcalis que al entrar en contacto con el material, reaccionan quitando resistencia y reduciendo su durabilidad. Se pueden presentar por medio de eflorescencias, oxidaciones, corrosiones, organismos y erosiones.

En algunos casos, no se puede determinar con una inspección visual la severidad o el origen de la lesión, es por esto que se deben de implementar una serie de análisis cuantitativos denominados monitoreo de grietas y ensayos.

Antes de realizar un ensayo, es necesario realizar un monitoreo de grietas, el cual nos podrá ayudar a identificar dos características importantes de la lesión, como puede ser la severidad y si se tiene una grieta viva (es cuando varían de espesor) o muerta (cuando permanecen estables sin sufrir cambios) (Huacho Ochoa, 2021).

Para su análisis, se utiliza un rastreador con el fin de determinar si la fisura o grieta se continúa prolongando o contrayendo y se complementa con la medición de su espesor por medio de un fisurómetro u otro equipo. Conocer la distinción entre las fisuras a partir de su espesor permitirá diferenciar la urgencia con que se debe intervenir la vivienda (Huacho Ochoa, 2021):

- Micro fisuras:  $e < 0.05\text{mm}$  en general, carecen de importancia.
- Fisura:  $0.1\text{mm} < e < 0.2\text{mm}$  en general, son poco peligrosas. En ambientes agresivos como lo es cerca al mar, pueden permitir la corrosión.
- Macro fisuras:  $0,2 < e > 0.4\text{mm}$  pueden tener repercusiones estructurales importantes.
- Grietas:  $0.4 < e < 1.0\text{mm}$  o  $e > 1.0\text{mm}$  aparte de tener repercusiones estructurales importantes y de un alto nivel, se requiere una intervención de inmediato.

Algunas lesiones deben de identificarse por medio de diversos ensayos estructurales ya sean no destructivos (ensayo realizado sobre el material sin afectar la estructura o funcionamiento) o destructivos (Cuando se tiene una duda de la resistencia del elemento y se necesita mayor información se debe realizar una extracción del material que arroje mayor detalle por lo que también se extrae parte del refuerzo), para determinar la resistencia del concreto, entre otras características. Todo esto es necesario para determinar el origen de la lesión y brindar una información más detallada para la realización de un diseño de intervención más conveniente (ASCE, 2000).

A partir de la inspección visual o de ensayos, se realiza una intervención estructural a la vivienda, siendo la fase donde se da solución a las lesiones encontradas. Dependiendo del estado de la misma, se procede a realizar una intervención de conservación, reparación, refuerzo o sustitución de los elementos estructurales (Helene & Pereira, 2003).

Existen 2 fases para la intervención de una vivienda (ASCE, 2000):

- Reparación y reforzamiento para edificios dañados por sismo.
- Reparación y reforzamiento de estructuras vulnerables que aún no han experimentado sismos severos.

Se hace esta aclaración ya que en el segundo caso, son viviendas que al día de hoy no cumplen con los requerimientos mínimos estipulados por la normativa, igual que en el primer caso, pero se diferencian debido a que en estas pueda que se presenten lesiones muy leves, sin embargo es requerida una intervención temprana para prevenir que los daños se agraven y puedan generar futuras fallas estructurales, garantizando así reducir el costo de la repotenciación, ya que no es lo mismo reparar una columna, viga o muro que tenga una fisura por un sobre esfuerzo, falta de diseño o mal proceso constructivo a que uno de estos elementos ya haya fallado (ASCE, 2000).

Algunos autores resaltan las fallas y factores principales que influyen en los sistemas estructurales de pórticos y también describen algunos daños estructurales a un nivel general.

En sistemas estructurales tipo pórticos resistentes a momentos, los factores que afectan principalmente a la estructura son (Buitriago, Giraldo Agudelo, & Vanegas Gallo, 2017):

- Irregularidad
- Proximidad a las estructuras adyacentes
- Conexiones

Finalmente, los daños estructurales que se pueden presentar desde una perspectiva más general son (Buitriago, Giraldo Agudelo, & Vanegas Gallo, 2017):

- Colapso total de la estructura.
- Daños estructurales que económicamente son irreparables, lo que implica su posterior demolición.

Por otra parte, algunos ejemplos sobre cómo se evidencian los daños generados por sismos fuertes en construcciones de hormigón armado es que, “en los pilares aparecen grietas diagonales a causa del cortante o torsión, mientras que las grietas verticales, fallos longitudinales del acero y aplastamiento del hormigón debido a la flexión a cargas alternantes. Las uniones viga-pilar usualmente muestran grietas diagonales como resultado del cortante y su fallo se debe comúnmente a la falta de anclaje de la armadura longitudinal de las vigas en el nudo o debido a la flexión excesiva. Los forjados pueden presentar fisuras

cortantes alrededor de los pilares y grietas longitudinales debidas a la flexión excesiva. El daño en los elementos no estructurales representa un gran porcentaje del daño total causado por un terremoto. Habitualmente esto se debe a la falta de conexiones apropiadas entre los tabiques, instalaciones u otros componentes no estructurales y la estructura.” Así como estos, existen también otras características que nos pueden brindar un análisis de qué patologías se presentan en la edificación (Vargas et al., 2013).

En la actualidad, el criterio de diseño que estipula la normativa de construcción sismo resistente tiene como objetivo proporcionar a los edificios suficiente resistencia para evitar colapsos en caso de un evento sísmico. Por lo tanto, la misma normativa acepta incluso daños severos sin colapso de los edificios en caso de un sismo fuerte. (NSR-10, título A)

Debido a lo anterior, se implementan metodologías de análisis de vulnerabilidad cuantitativa para describir el nivel de daño actual en las viviendas, se trabajan características más simples sobre la densidad de los muros, el tipo de material de construcción o el sistema de construcción, el área de la vivienda, coincidencia entre muros y entre otros aspectos. Estas metodologías son implementadas por entidades públicas como El Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático (IDIGER) (Vargas et al., 2013).

## **Metodología**

A continuación, se presenta la metodología a seguir con el fin de proceder correctamente en la investigación:

1. Revisar bibliografía de las lesiones estructurales más comunes en viviendas.
2. Investigar los métodos de ensayos para determinar una lesión y repotenciación de la misma.
3. Organizar de manera secuencial los pasos a seguir en las situaciones que se puedan presentar en una intervención.
4. Elaborar una guía para intervenciones a viviendas con un grado de vulnerabilidad alto.

## **Alcance**

Se definen los alcances de esta guía, debido a que existen una gran cantidad de técnicas de intervenciones. Se centra solamente en las lesiones estructurales que se puedan presentar en viviendas previamente caracterizadas con alta vulnerabilidad. Las viviendas que se analizan son de materiales de mampostería y concreto, siendo los materiales más comunes para construcciones en la ciudad de Medellín.

Por la gran variedad de lesiones existentes, se consideran entonces sólo aquellas que produzcan fallas mecánicas en la estructura y algunas químicas por contacto con el agua.

Los agrietamientos se pueden agrupar por: grietas estructurales, térmicas, por asentamiento o por fraguado. Solo se tiene en cuenta aquellas que tienen inferencia en el comportamiento o desempeño estructural. De los asentamientos, se describen como se puede evidenciar cualitativamente las lesiones más comunes en ambos materiales antes descritos. Se dejan indicados los apartados para su profundización, ya que la guía no abarca las fallas producidas por daños en las cimentaciones.

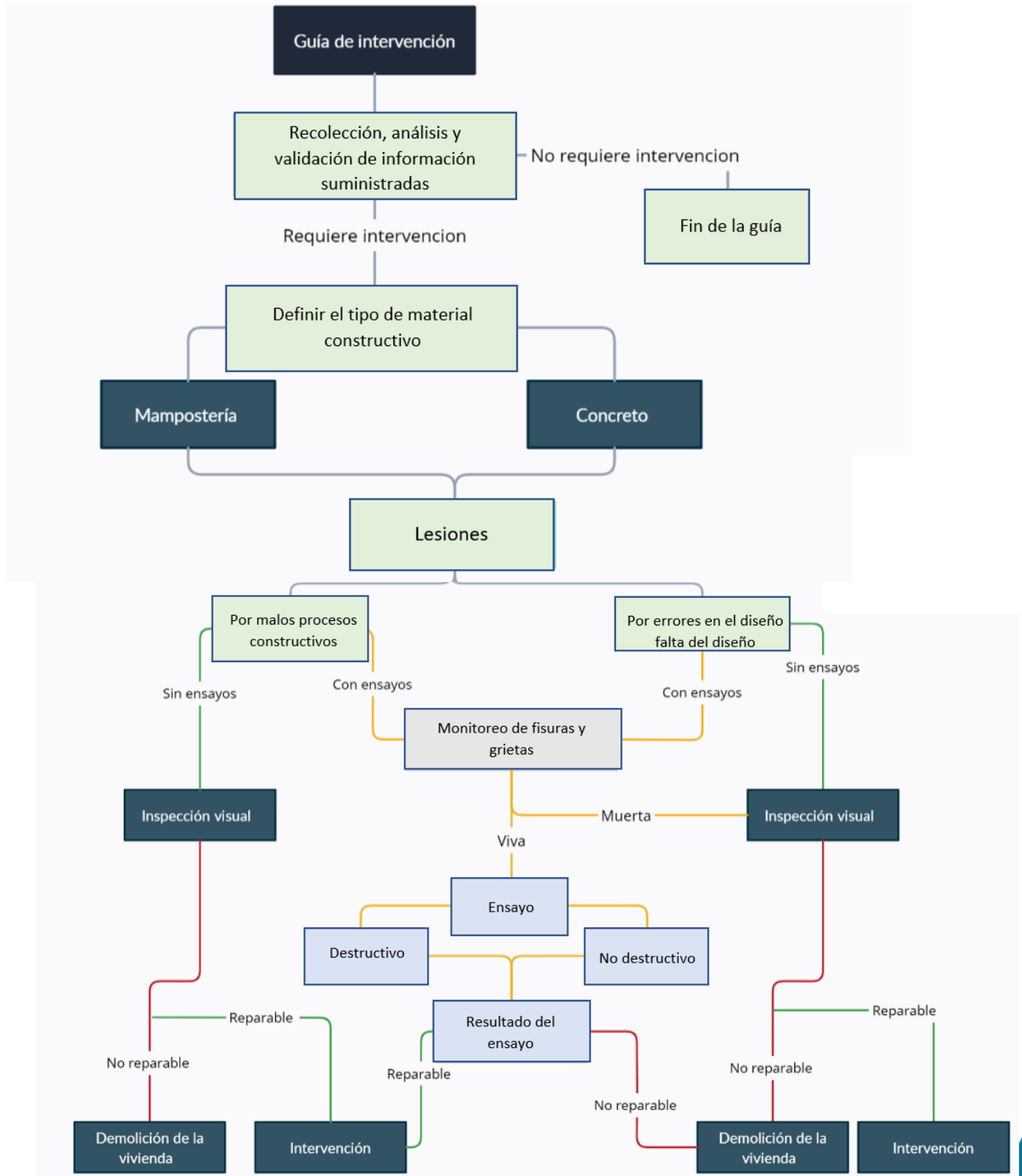
Para el apartado de intervenciones, en algunas lecciones que presentan fisuras o grietas se incluirá el uso de inyección de resinas epoxi o mortero, sin embargo, todas las lesiones que presenten fisuramiento o agrietamiento pueden implementar dichas intervenciones, siempre y cuando estas cumplan los espesores establecidos en cada apartado.

Finalmente, en el apartado de las intervenciones, solo se definirá el concepto de cada una de las intervenciones planteadas.

## Resultados

En el siguiente diagrama se muestra la división secuencial de la guía y la ruta crítica que se debe de tomar para llegar a la intervención de una vivienda.

Figura 1. Ruta critica



Elaboración propia.

## **Guía de intervención a viviendas vulnerables ubicadas en la ciudad de Medellín**

La presente guía tiene como fin instruir al ingeniero civil sobre los pasos a seguir del cómo y cuáles son los factores a tener en cuenta al momento de intervenir una vivienda con vulnerabilidad estructural alta. Las intervenciones sólo cuentan con una breve descripción de su funcionalidad. De igual forma, la guía está estructurada por etapas, de manera que sea clara la interpretación de la misma y si se llegase a presentar un caso particular de algún tipo de lesión, sea de fácil entendimiento o utilizando las metodologías a emplear.

### **Viviendas vulnerables**

#### **Etapa 1 (Recolección, análisis y validación de información suministrada)**

##### **Recolección de información**

En primera instancia se requiere de una recolección de datos que faciliten el trabajo en campo e igualmente la identificación del lugar donde se encuentre la vivienda, para esto es necesario que se realice una revisión preliminar, la cual consta de un equipo de trabajo conformado por un ingeniero civil y un auxiliar, los cuales se encargan de recolectar información preliminar. Para su obtención, será necesario el apoyo de los propietarios y/o vecinos y así agilizar el proceso de recolección de información. Es necesario saber de entrada alguno factores como:

- El tipo de uso actual de la edificación y si en algún momento tuvo algún uso diferente.
- Si la vivienda cuenta con planos estructurales y memorias de cálculo
- Año de construcción de la edificación y si antes ya había tenido intervenciones.
- Si se realizó alguna remodelación que haya modificado el sistema estructural, como vigas, columnas y muros.

Existen más datos que se pueden considerar por el ingeniero, los anteriores son solo algunos ejemplos

### **Análisis de información**

Luego de realizada la recolección de información, se procede a analizarla y verificar, que la vivienda si tenga una vulnerabilidad estructural alta y así poder determinar si es requerido intervenir o no la vivienda, para esto es necesario que se tengan en cuenta todas las observaciones realizadas y aquellas irregularidades o características que den indicio de que se están presentando daños y así lograr de manera eficaz definir si las lesiones que existen se dan en los elementos estructurales o de carga de la vivienda.

### **Validación de información**

Una vez hayan realizado el respectivo análisis de la información, a criterio del ingeniero civil se determinará si es requerido proceder con la guía (Ver figura 1).

Según lo anterior, si se procede con la guía, es requerido que como mínimo se presenten al lugar el ingeniero, uno o dos auxiliares (según el área de la vivienda) y las siguientes herramientas de trabajo para realizar el levantamiento estructural de la vivienda:

- Flexómetro.
- Plomada.
- Calibrador.
- Nivel.
- Base de apoyo con hojas donde anotar.
- Fisurómetro.
- En caso de tener un metro digital es recomendable llevarlo.
- Tener a la mano algún elemento tipo espátula, en ocasiones es recomendable para poder retirar un poco la pintura en aquellos lugares donde se evidencian fisuras, descascaramientos y donde no se está del todo seguro si es por el acabado o proviene de un deterioro estructural.

Queda a consideración del profesional a cargo llevar algún otro implemento que no se mencione y crea necesario.

Durante el levantamiento estructural de la vivienda es necesario definir el material constructivo y sistema estructural de la vivienda, luego se procede a realizar el

levantamiento en planta y en altura, donde es requerido determinar la ubicación de los elementos estructurales (como las columnas, vigas o muros con sus respectivos ejes y medidas), la altura de entepiso y total de pisos, el área de la vivienda, las áreas con mayores afectaciones e igualmente todos los puntos donde se encontraron otras irregularidades que posiblemente estén afectando a la vivienda o donde se hayan evidenciado presencia de lesiones.

Por otro lado, el ingeniero junto a su equipo de trabajo debe de tomar las medidas de separación entre las edificaciones aledañas para luego poder verificar si cumplen con la deriva máxima o indicar que no existe dicha separación.

### **Registro fotográfico**

Este será un material de soporte que respalda toda la información recopilada y ayudará a entender de una manera más detallada ciertos aspectos que no se tuvieron en cuenta a la hora de realizar el levantamiento en planta a la vivienda. Por lo tanto, se requiere una serie de fotografías que ayuden a identificar daños en puntos específicos y entender que es lo que sucede.

A continuación, se deja indicado los parámetros importantes al momento de realizar las tomas fotográficas.

**Nota:** Todas las fotografías deben tomarse de forma horizontal y con una breve descripción, considerando lo siguiente:

1. Del frente de la edificación para poder verificar si hay viviendas aledañas y si existe posibilidad de golpeteo.
2. En donde se evidencie una fisura, colocar un objeto común con una medida estándar, como lo es un bolígrafo de tal forma que se pueda dimensionar su espesor y longitud.
3. Con la ayuda de un fisurómetro para dejar indicado el espesor de la fisura.
4. De las columnas y vigas que estén a la vista.
5. De todas las lesiones e irregularidades y todos aquellos elementos que sean difíciles de identificar y explicar en oficina al momento de estar trabajando sobre el

plano de levantamiento (en planta y en altura. Para profundizar más, consultar en la NSR-10 título A figura A.3-1).

6. Y cualquier otro aspecto que no se haya mencionado y que sea considerado por el equipo de trabajo como importante.

Las fotos deberán estar rotuladas con su respectiva fecha (día/mes/año), número y localización.

## **Etapa 2 (definir el tipo de material constructivo)**

Posteriormente de que hayan realizado la revisión y verificación de información, sólo se tendrán en cuenta aquellos elementos o el sistema que presenta alta vulnerabilidad estructural, para luego definir los pasos a seguir y su respectiva solución.

### **Materiales constructivos**

Dependiendo del tipo de material constructivo empleado en la edificación se dividirán las lesiones que cada uno pueda presentar.

#### **2.A Mampostería**

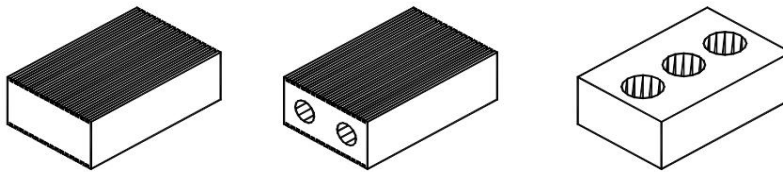
Dentro de los sistemas estructurales avalados por la NSR-10 capítulo D.2, se encuentran los muros de carga, los cuales se pueden desarrollar por sistemas constructivos tanto en mampostería como en concreto. Para analizar si la vivienda que se está analizando cuenta con algún tipo de mampostería se deberá verificar cual es, ya que existen las mampostería reforzadas, parcialmente reforzadas, no reforzadas, de cavidad reforzada, de muros confinados, de muros en diafragma y reforzada externamente. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

En esta guía solo se tendrán en cuenta la mampostería reforzada, no reforzada y confinada. Algunos ensayos e intervenciones se pueden asemejar a los otros tipos de mampostería, pero quedará a criterio del ingeniero civil su implementación.

### Muros en arcilla macizos

Este tipo de muros, como su nombre lo indica el mampuesto es macizo y pueden tener pequeñas perforaciones que no superen el 25% de su volumen o incluso no tener aberturas. Es común verlo en viviendas con varios niveles e incluso en viviendas de un solo nivel. Debido a las diferentes cargas que son generadas en la estructura, en ocasiones estas logran afectar a la mampostería estructural ya que, si el material no es de muy buena calidad, dichas afectaciones se presentan por medio de fisuras y grietas (NORMA TÉCNICA NTC 4205, 2000).

**Figura 2.** *Unidades de mampostería maciza*

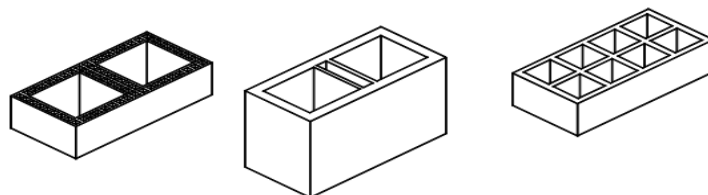


Tomada de (NORMA TÉCNICA NTC 4205, 2000).

### Muros con bloques estructurales en arcilla

Este tipo de muros, se caracteriza por tener bloques o ladrillos que contienen orificios en sentido vertical, donde estos resultan ser perpendiculares a la superficie en la que son colocados. Esto permite que se puedan realizar refuerzos con aceros verticales en su interior (dovelas) y posteriormente ser vaciados (NORMA TÉCNICA NTC 4205, 2000).

**Figura 3.** *Unidades de mampostería de perforación vertical*

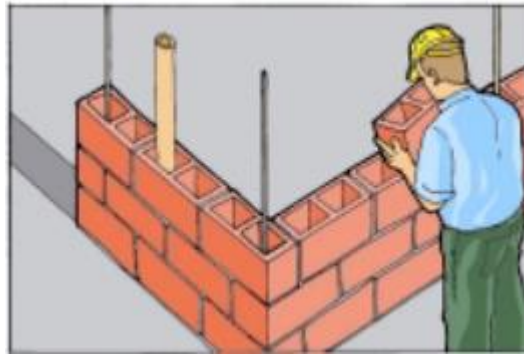


Tomada de (NORMA TÉCNICA NTC 4205, 2000).

### 2.A.1 Mampostería reforzada

El sistema de mampostería reforzada se fundamenta en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical (de arcilla o de concreto) unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con barras y/o alambres de acero. Este sistema permite la inyección de todas sus celdas con mortero de relleno, o de solo las celdas verticales que llevan refuerzo. El refuerzo se distribuye dependiendo de la demanda impuesta al muro en cuanto a cargas externas (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, 2001, pág. 63).

**Figura 4.** *Mampostería reforzada*



Tomada de (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, 2001.)

### 2.A.2 Mampostería no reforzada

Es la construcción de muros compuestos de mampostería unidos por medio de mortero, pero con ausencia de acero de refuerzo. Este sistema estructural es muy utilizado en viviendas tradicionales y de bajos niveles por su fácil implementación.

**Figura 5.** *Vivienda en mampostería no reforzada*



Nota. Viviendas tradicionales de Medellín elaboradas en mampostería no reforzada. Adaptada de (NOTICIAS CARACOL, 2021).

### **2.A.3 Mampostería confinada**

“El método de construcción de mampostería de muros confinados se basa en la colocación de unidades de mampostería conformando un muro que luego se confina con vigas y columnas de concreto reforzado vaciadas en el sitio” (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, 2001, pág. 63).

**Figura 6.** *Vivienda en mampostería confinada*



Nota. Viviendas en mampostería confinada. Tomada de (Martirena, 2022).

## 2.B Concreto

De igual forma como en la mampostería, se debe de realizar una inspección y verificar los elementos estructurales de la vivienda para determinar en qué tipo de sistema estructural está construido.

### 2.B.1 Sistema de pórtico

Según la NSR-10 en el apartado A.3.2.1.3 lo define como un sistema estructural conformado por vigas y columnas, compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Figura 7.** *Sistema de pórtico*



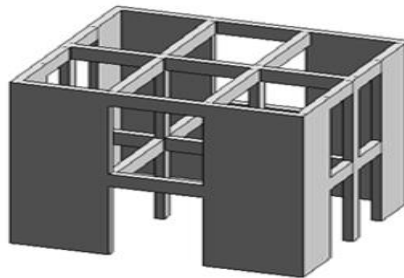
Nota. Estructura de pórtico en concreto. Tomada de (Olejua Castillo, 2022).

### 2.B.2 Sistema dual o combinado

El dual es un sistema estructural que tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales. Para que el sistema estructural se pueda clasificar como sistema dual se deben cumplir los requisitos de la norma NSR-10 en el apartado A.3.2.1.4 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Según la NSR-10 Título A en la tabla A.3-2, el sistema estructural combinado es un sistema, en el cual las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, o donde las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, y que no cumple los requisitos de un sistema dual (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Figura 8.** *Sistema combinado*



Nota. Esquema de estructura en sistema dual y combinado. Adaptada de (Caballos, 2019).

## **2.B.3 Losas de entepiso**

### **2.B.3.1 Losas aligeradas**

Las losas aligeradas son utilizadas para salvar luces más grandes que las losas macizas. Este sistema reemplaza parte de la sección de concreto por material aligerar, el cual puede ser de cajones de madera, casetones de esterilla de guadua, ladrillos o bloques. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Figura 9.** *Losa aligerada*



Nota. Losas aligeradas con ladrillos de arcilla. Adaptada de (Cejudo, 2019).

#### **2.B.3.1.1 Losa en una dirección**

Una losa se considera que trabaja en una dirección cuando tiene dos bordes libres, sin apoyo vertical, y tiene vigas o muros, en los otros dos bordes opuestos aproximadamente paralelos, cuando el panel de losa tiene forma aproximadamente rectangular con apoyo vertical en sus cuatro lados, con una relación de la luz larga a la luz corta mayor que 2 o cuando una losa nervada tiene sus nervios principalmente en una dirección. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

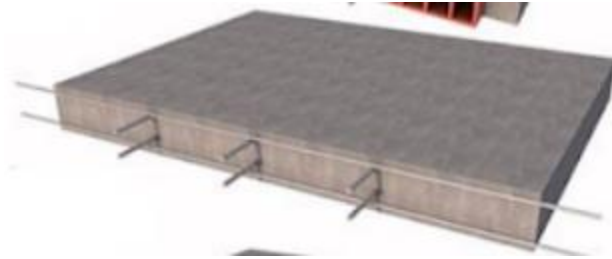
#### **2.B.3.1.2 Losas en dos direcciones**

Complementario a la losa en una dirección, aparte de poder estar sobre vigas y muros, este tipo de losa permite adicionalmente poder apoyarse en columnas y los elementos del acero se conectan entre sí en dos direcciones (Soler Vega y otros, 2019, pág. 18).

#### **2.B.3.2 Losas macizas**

Según la NSR-10 título E en el apartado E.5.1.4 Las losas macizas están conformadas por una sola sección de concreto, el cual se encuentra reforzado en ambas direcciones. La losa debe tener por lo menos dos muros de apoyo y estos siempre deben ser opuestos. Para losas apoyadas en sus cuatro lados la dirección principal será del sentido más corto (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Figura 10.** Losa maciza

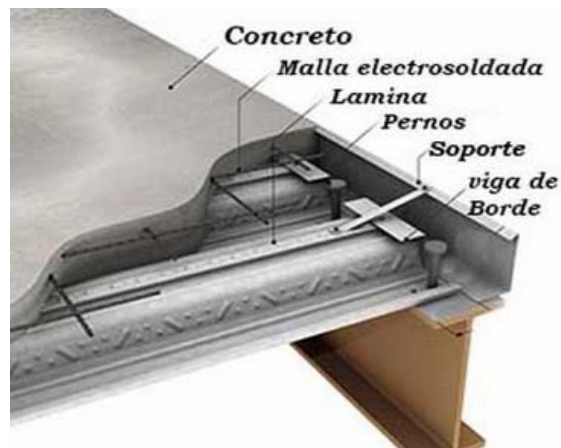


Adaptada de (Cejudo, 2019).

### **2.B.3.3 Láminas colaborantes de sección compuesta en acero y concreto.**

Este tipo de losas ya es muy común hoy en día debido a su practicidad y fácil manejo. Es un tipo de losa que tiene como base varias láminas nervadas de acero, las cuales pueden ir en una sola dirección y sobre ella va colocada la maya electrosoldada permitiendo así un trabajo en un menor tiempo. Existen diferentes empresas que suministran este tipo de materiales, por lo tanto, dependiendo del tipo de fabricante se deberá tener en cuenta la ficha técnica y su forma de instalar para así garantizar que el elemento trabaje acorde a lo cual fue fabricado (Soler Vega y otros, 2019, pág. 22).

**Figura 11.** Losa en metaldeck



Nota. Componentes de una losa en lamina colaborante de Metaldeck. Tomada de (Construyendo, 2022).

#### 2.B.3.4 Placa fácil

La placa fácil corresponde a una losa aligerada con ladrillo de arcilla cocida, apoyado sobre perfiles metálicos. Los perfiles metálicos, entre sus ranuras llevan acero de refuerzo las cuales se conectan con las vigas perimetrales. Los ladrillos que actúan como elementos aligerantes, van apoyados entre las pestañas de los perfiles de tal forma que se conectan uno con el otro hasta cubrir toda el área para luego ser vaciadas en concreto.

**Figura 12.** *Losa placa fácil*



Tomada de (TITAN, 2022).

### Etapa 3 (Lesiones)

#### Lesiones

En la actualidad, en la construcción existe una gran cantidad de diferentes lesiones que se pueden presentar en la ejecución o incluso en el transcurso de la vida útil de la vivienda. Es por esta razón que solo se mencionan algunas de las más comunes que abarcan el comportamiento estructural.

A continuación, se dejará indicado cómo se pueden identificar dichas lesiones durante la intervención a la vivienda y su posterior solución con los diferentes métodos que hoy por hoy existe en el medio. Cada una de las lesiones desarrolladas a continuación, se relacionan con su respectivo método de monitoreo, ensayos y posible intervención.

### 3.A.1 Mampostería

#### 3.A.1.1 Por malos procesos constructivos

##### 3.A.1.1.1 Mala colocación del mampuesto

Cuando en el proceso de levantamiento del muro, no se tienen en cuenta las nivelaciones requeridas por cada hilada entre el mortero de pega y el bloque, esto puede ocasionar que luego de que ya se encuentre el muro terminado y empiece a cargar su propio peso o esfuerzos ocasionados por otros elementos, tiende a fisurarse o agrietarse (ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, 2001, págs. 1-27).

Adicionalmente, según la NSR-10 Capítulo D.4.2.2.2, es importante tener en cuenta que “el espaciamiento mínimo debe ser de 4mm y el diámetro del refuerzo no puede exceder la mitad del espesor del mortero de pega” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

A Continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.1.

**Figura 13.** *Mala colocación del mampuesto*



Nota. Desnivel y espesor excesivo entre las juntas del mampuesto. Fuente propia.

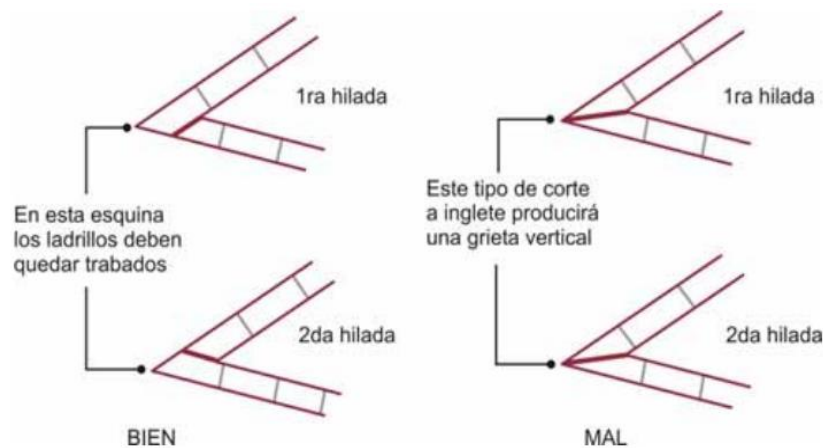
### 3.A.1.1.2 Falta de traba en las esquinas

Se denomina traba de colocación de los ladrillos a la forma habitual de solape de 1/2 ladrillo o bloque entre hilada e hilada. Cuando se trata de esquinas con ángulos diferentes a 90° los ladrillos suelen ser cortados a 45°, marcándose una grieta en la arista del ángulo. Debe construirse de manera que todos los ladrillos queden trabados especialmente en las esquinas (CÁMARA INDUSTRIAL DE CERAMICA ROJA, 2022, pág. 4).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.8.

**Figura 14.** Colocación de trabas



Nota. Se presenta la forma correcta e incorrecta de colocar trabas en esquineras. Tomada de (CÁMARA INDUSTRIAL DE CERAMICA ROJA, 2022).

**Figura 15.** *Falta de trabas en esquina de muro*



Nota. Se presenta la separación de los muros en las esquinas por la ausencia de trabas de los mismos. Tomada de (Marín Martínez, 2021).

### **3.A.1.1.3 Mala adherencia**

Debido a la mala adherencia entre el mortero y el ladrillo se pueden presentar fisuras y grietas entre la separación de las piezas del mampuesto por las fuerzas que interactúan sobre el elemento e incluso por su propio peso. Este tipo de lesiones se presentan en el proceso de la colocación de las piezas de la mampostería, debido a que estas no se humedecen, no se le retira el polvillo o no se aplica correctamente el mortero de pega o la mezcla no tenga la dosificación adecuada de la norma NSR-10 en la tabla D.3.4-1. Se evidencian casos de separación entre la pieza de mampuesto y el mortero de pega, y generan fallas a cortante (Véase en 3.A.1.2.6) (PROCEMCO, 2020).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

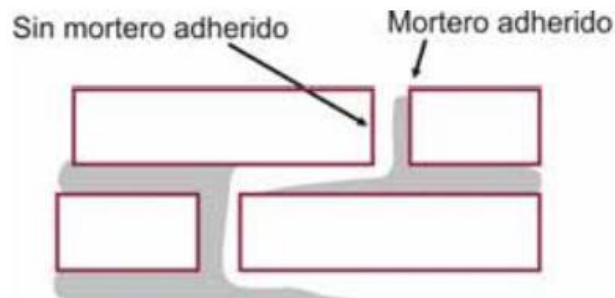
- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y ensayos en véase en 5.A.4.1.3 y 5.A.4.1.4.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.10 y 6.A.11.

**Figura 16.** *Mala adherencia entre el mortero y la mampostería*



Nota. Se presenta una separación entre el mampuesto y el mortero de pega debido a su mala adherencia. Adaptada de (PROCEMCO, 2020).

**Figura 17.** *Mala aplicación del mortero de pega*



Nota. Ilustración de cómo se evidenciaría internamente la mala aplicación del mortero de pega en su proceso constructivo. Tomada de (CÁMARA INDUSTRIAL DE CERAMICA ROJA, 2022).

#### **3.A.1.1.4 Uniones entre paredes**

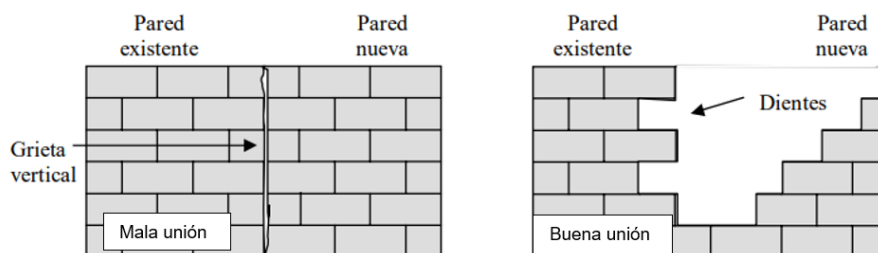
Cuando se realiza la unión entre dos muros, uno nuevo y otro ya existente, si no se realiza de manera adecuada los trabes y/o conexiones entre los mampuestos del muro ya existente y el que se va a realizar, este puede presentar un fisuramiento de forma vertical justamente en donde se da la unión entre las dos paredes, que a largo plazo se expande

convirtiéndose en una grieta, la cual si no se interviene pueden terminar en un colapso de ambos muros (CAEZ PEREZ, 2004, pág. 100).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.10 y 6.A.11.

**Figura 18.** Unión entre una pared existente y una nueva



Nota. Se presenta la forma en la que se requiere colocar los traveses entre los dos muros para que no se presente una grieta vertical donde ocurre la unión. Adaptada de (CAEZ PEREZ, 2004).

### 3.A.1.1.5 Conexiones entre materiales (juntas)

Ante la existencia de un material diferente a la mampostería, donde se esté realizando la unión, puede ocurrir que entre los dos materiales no se deje un espaciamiento a través de una junta vertical de mortero, este tiende a fisurarse, debido a que no logra la adecuada adherencia a él y debido a que no hay elementos longitudinales como el acero para que estos trabajen juntos (Instituto del cemento y del hormigón, 2022).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.10 y 6.A.11.

**Figura 19.** Separación de muro y columna



Nota. Se presenta la separación entre muro y columna por ausencia de junta. (Marín Martínez, 2021).

#### **3.A.1.1.6 Ausencia de acero de refuerzo**

Cuando se realiza el montaje de los muros de mampuesto y a estos no se le colocan aceros de refuerzo cada 3 hiladas, quedan expuestos que ante cargas o asentamientos diferenciales estos puedan fallar manifestándose por medio de grietas (PROCEMCO, 2020). La falta de cumplimiento de estas especificaciones puede repercutir en una falla por aplastamiento (véase en 3.A.1.2.4)

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Véase en 5.A.4.2.3, 5.A.4.2.2 y 5.A.4.1.7.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9 y 6.A.12.

**Figura 20.** *Insuficiente acero de refuerzo en muros de mampostería*



Nota. Fallas en muros de mampostería con refuerzo interior deficiente. Tomada de (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

#### **3.A.1.1.7 Colocación Inadecuada del acero de refuerzo respecto a la pega**

Este tipo de lesión se presenta en el momento en que se está realizando el levantamiento del muro, de forma tal que, al pegar los bloques, el acero de refuerzo se encuentre en contacto directo con el mampuesto y no sobre el mortero de pega impidiendo que este quede embebido, o de igual forma, si no se respeta el espaciamiento y las conexiones debidas entre refuerzos, esto repercute que con el tiempo se evidencian fallas en la mampostería tales como fisuras y grietas (PROCEMCO, 2020).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Véase en 5.A.4.2.2 y 5.A.4.1.7.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9 y 6.A.12.

**Figura 21.** *Inadecuada colocación de acero de refuerzo*



Nota. Evidencia de un error que se comete en el proceso constructivo donde el acero de refuerzo se encuentra en contacto directo con el mampuesto. Adaptada de (PROCEMCO, 2020).

**Figura 22.** *Discontinuidad del acero de refuerzo*



Nota. Se evidencia una falta de continuidad y traslapeo del acero de refuerzo. Adaptada de (PROCEMCO, 2020).

### **3.A.1.1.8 Insuficiencia de mortero en las juntas**

En el proceso de colocación del mortero de pega se puede presentar que, entre las juntas de separación o la base del bloque, no se le agrega el suficiente mortero de pega. Esto tiende a dejar espaciamentos que luego de que se encuentre el muro completamente armado permite ver luces de un lado hacia el otro, ocasionando que a futuro ese muro se

fisura y posteriormente se agriete (PROCEMCO, 2020). La lesión también genera falla a cortante (véase en 3.A.1.2.6).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y en ensayos véase en 5.A.4.1.2 y 5.A.4.1.3.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.10 y 6.A.11.

**Figura 23.** *Ausencia de mortero de pega en juntas de mampostería*



Nota. Se presentan luces entre el espaciamiento de la mampostería por falta de mortero en juntas de separación. Adaptada de (PROCEMCO, 2020).

#### **3.A.1.1.9 Regatas excesivas**

Cuando el muro de mampostería ha sufrido demasiados cortes entendiéndose como regatas ya sea para el paso de alguna tubería u otro elemento, esto suele disminuir la rigidez y resistencia al mampuesto, ya que está resistiendo el peso de los elementos superiores. Las grietas suelen presentarse en la misma área donde se realizó este tipo de mal proceso constructivo (PROCEMCO, 2020).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere
- **Ensayo:** Véase en 5.A.4.2.3, 5.A.4.2.1 y 5.A.4.1.7
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9 y 6.A.1

**Figura 24.** *Regatas excesivas en la mampostería*



Nota. Exceso de regata para el paso de la acometida eléctrica a la caja de inspección (Repositorio Institucional, 2017).

#### **3.A.1.1.10 Ausencia de grouting en dovelas**

Este tipo de lesiones suele suceder durante el montaje del mampuesto, donde en este proceso en aquellos lugares donde según el plano contiene dovelas y su respectivo acero de refuerzo, se omite realizar el vaciado de concreto (grouting) y/o colocación del acero, dejando ese espacio en vacío (PROCENCO, 2020). La lesión producida por esta causa pasa a ser una falla por aplastamiento (véase en 3.A.1.2.4).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Véase en 5.A.4.2.3, 5.A.4.2.1, 5.A.4.1.6 y 5.A.4.1.7.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.10 y 6.A.11.

**Figura 25.** Ausencia de Grouting para dovelas



Nota. En el proceso constructivo no se verificó por la celda de inspección que durante el vaciado el grouting llegará hasta la base, por lo que se presenta una insuficiencia de grouting al interior de la dovela. Adaptada de (PROCEMCO, 2020).

### **3.A.1.2 Por errores en los diseños o falta de diseño**

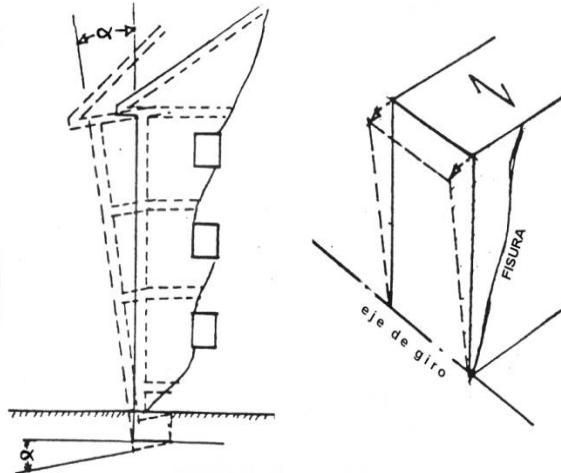
#### **3.A.1.2.1 Giros en zapatas**

Es común en viviendas muy esbeltas (con una altura muy alta y un área muy pequeña), las cuales tienen una altura muy alta y es generada por el giro de una zapata de cimentación que produce una fisura diagonal. En la parte interna de la vivienda, las vigas presentan una grieta horizontal (LOPEZ RODRÍGUES y otros, 2004, pág. 38). Esta lesión se puede evidenciar en el apartado 3.A.1.2.8.

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.3.

Figura 26. Fenómeno del giro



Nota. Se presenta la forma en que se genera el fenómeno del giro respecto a su eje. Tomada de (LOPEZ RODRÍGUES y otros, 2004).

### 3.A.1.2.2 Rotaciones

Esta lesión es causada por los empujes que puede generar una cubierta o losa de entrepiso. Esto se dividen en (LOPEZ RODRÍGUES y otros, 2004):

#### 3.A.1.2.2.1 Rotación interna

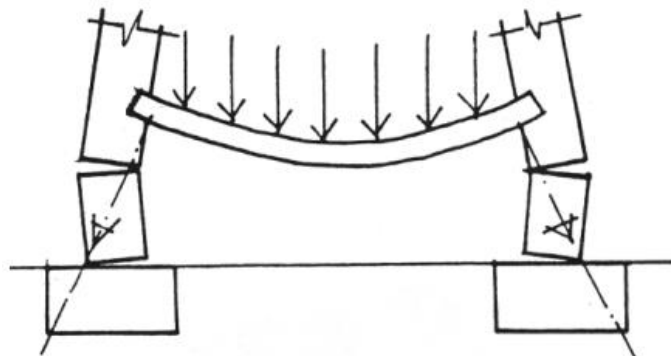
Son generadas por problemas de sobrecarga en las losas de entrepiso, por lo que se genera una rotación en los muros hacia el interior. Estos empujes verticales provocan grietas parabólicas con forma de arco o semi arco ubicadas según la ubicación del esfuerzo. Esta lesión puede provocar aplastamiento (véase en 3.A.1.2.4) o pandeo (véase en 3.A.1.2.3) en el muro, siendo el segundo más común. La ocurrencia de esta lesión suele ser por luces muy grandes de las vigas y poca rigidez (LOPEZ RODRÍGUES y otros, 2004, pág. 43).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.

- **Ensayo:** Inspección visual y en ensayo véase en 5.A.4.1.6.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.4

**Figura 27.** *Rotación interna*



Nota. Ilustración de la forma en que se puede presentar la rotación interna. Tomada de (LOPEZ RODRÍGUES y otros, 2004).

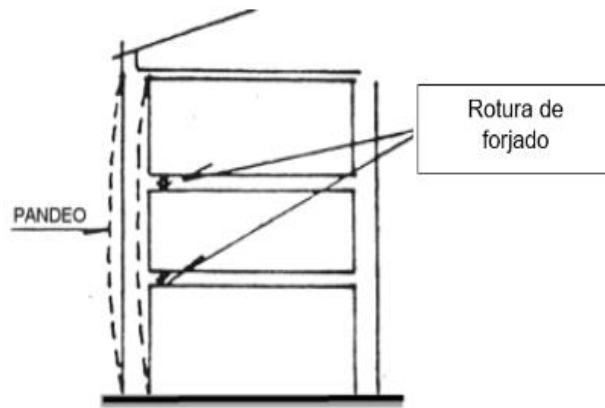
### 3.A.1.2.3 Pandeo

Es ocasionado por falla en las losas de entrepiso o por rotura de los mismos. Es una de las lesiones más frecuentes en la mampostería y se evidencia con grietas horizontales. Para dar un dictamen más exacto se puede realizar un ensayo de ferrosacan (ver 5.B.4.1.3) o regatas y carbonatación (ver 5.B.4.2.2) a las losas de entrepiso aledaña al mampuesto pandeado (LOPEZ RODRÍGUES y otros, 2004, pág. 44).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

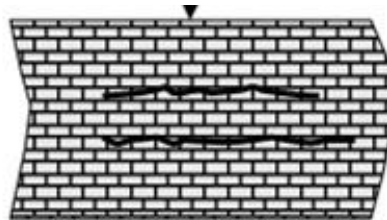
- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y en ensayos véase en 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.2.
- **Intervenciones:** Para este caso las intervenciones se deberán realizar al entrepiso causante de la falla (véase en 6.B.3, 6.B.4, 6.B.8 y 6.B.6) y al mampuesto afectado (véase en 6.A.9 y 6.A.12).

**Figura 28.** *Pandeo*



Tomada de (LOPEZ RODRÍGUES y otros, 2004).

**Figura 29.** *Pandeo*



Tomada de (CAEZ PEREZ, 2004).

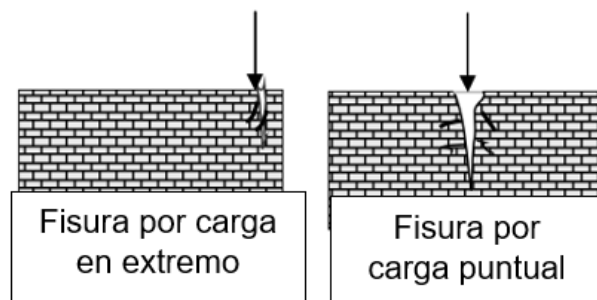
#### **3.A.1.2.4 Aplastamiento (falla a compresión)**

Se presenta por sobrecarga aplicada sobre el elemento. Estas cargas pueden generar diferentes agrietamientos en el elemento. Cuando la carga es concentrada se evidencia una grieta vertical acompañada por ramificaciones laterales. Cuando esta carga es aplicada en un extremo de la estructura aparecerá una fisura de  $45^\circ$ . Finalmente, cuando la carga es distribuida genera un aplastamiento y se presentan fisuras horizontales. Adicionalmente, es importante resaltar que a mayor esbeltez (la relación de esbeltez entre altura de un muro y su sección transversal) mayor posibilidad de pandeo (CAEZ PEREZ, 2004, pág. 102).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y en ensayos véase en 5.A.4.1.1, 5.A.4.2.1, 5.A.4.2.2 y 5.A.4.1.6. No se pondrá nombre
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.7, 6.A.9, 6.A.11 y 6.A.12.

**Figura 30.** *Fisuras debido a sobrecargas*



Nota. Fisuras ocasionadas por sobrecargas en la mampostería. Tomada de (CAEZ PEREZ, 2004).

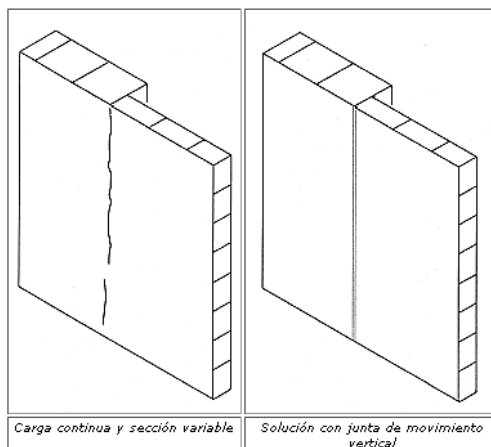
### 3.A.1.2.5 Cargas uniformes sobre muros de sección variable

Como su nombre lo indica ocurre cuando en planta hay una variación de espesores de los muros, por lo que puede ocasionar que el muro de menor espesor sufra mayores deformaciones. La falla procede a la mala colocación o falta de juntas (CAEZ PEREZ, 2004, pág. 103). Falla también en conexiones entre materiales (véase en 3.A.1.1.5).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.10 y 6.A.11.

**Figura 31.** *Cargas uniformes*



Nota. Se ilustra la forma en que se presentan las deformaciones por cargas uniformes sobre muros de sección variable. Tomada de (CONSTRUMÁTICA, 2018).

### **3.A.1.2.6 Falla a cortante**

Se presentan grietas verticales y diagonales en forma de escalera por toda la junta del mortero. Las fisuras de menor tamaño (menor de 1.5875 mm) no presentan un gran riesgo. Estas grietas generalmente se presentan por tensión y compresión (Páez Moreno y otros, 2009, pág. 54).

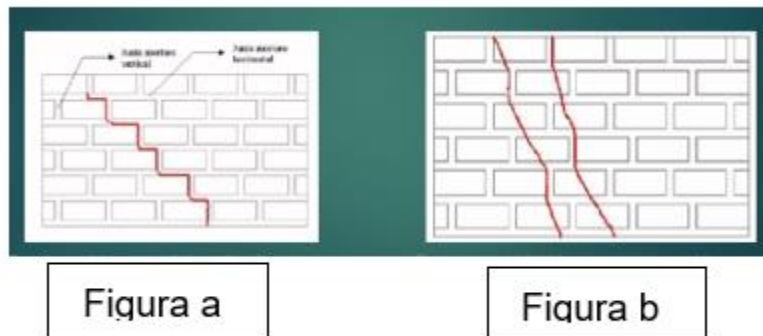
Cuando las grietas son diagonales indican que ha ocurrido o está ocurriendo un asentamiento (véase en 3.A.1.2.8).

Si la grieta o fisura presente tiene una separación limpia entre el mampuesto y el mortero de pega es por mala adherencia (figura a). Según la calidad del mortero de pega se presentará las fisuras por ejemplo si la carga es excesiva y la adherencia es buena, se observa que se rompe el mortero y ladrillos (figura b) (CÁMARA INDUSTRIAL DE CERAMICA ROJA, 2022, pág. 3).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayos véase en 5.A.4.1.3 y 5.A.4.1.4.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9, 6.A.12 y 6.A.1.

**Figura 32.** *Falla a cortante*



Nota. Se ilustra la forma en que se presenta la falla por cortante en un muro de mampostería. Tomada de (Tapia Mera, 2016).

### 3.A.1.2.7 Cargas perpendiculares al muro

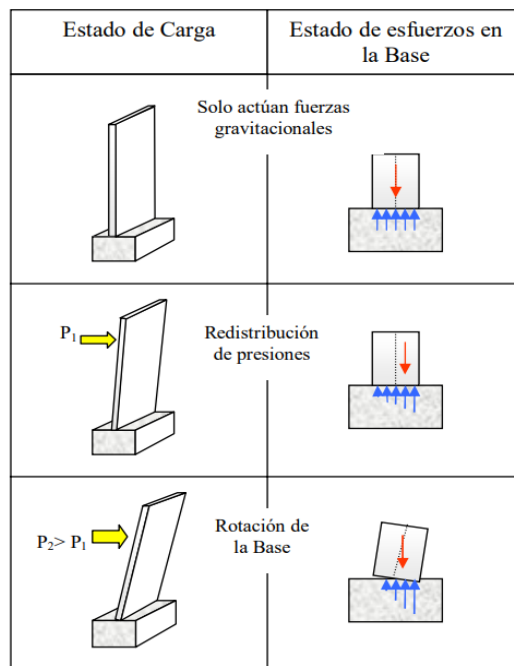
#### 3.A.1.2.7.1 Muro sin soporte superior

Se presenta en antepechos muy altos (espacio entre una ventana y el suelo o entre piso), que, al imponerse una fuerza horizontal sobre el mampuesto, este se empezará a deflectar en dirección de la fuerza aplicada y en la base tendrá la flexión máxima, por lo tanto, si “se presenta una rotación, grietas y mortero fisurado en las juntas horizontal inferior del muro se presentará un colapso del elemento” (CAEZ PEREZ, 2004, pág. 107).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.13, 6.A.1 y 6.A.9.

**Figura 33.** Fisuras en muros sin soporte superior



Nota. Esquema de fisuración en muro sin soporte superior. Tomada de (CAEZ PEREZ, 2004).

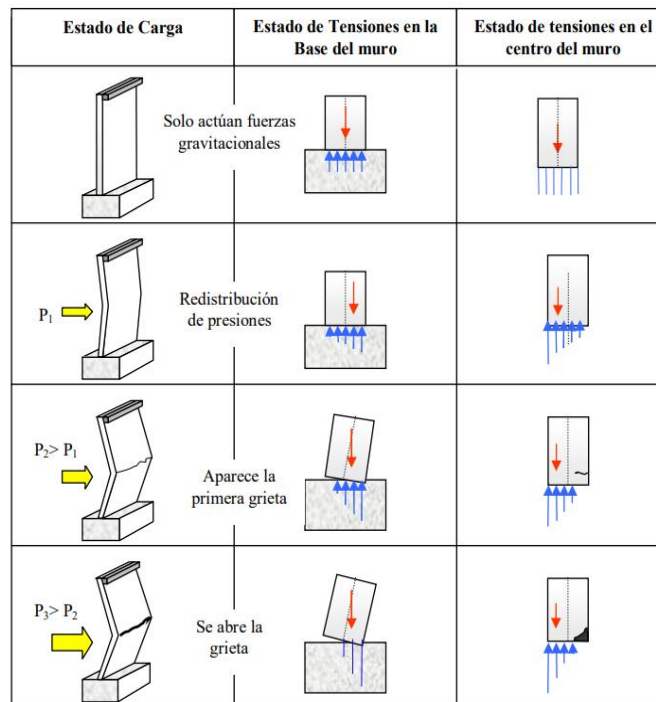
### 3.A.1.2.7.2 Muro con soporte superior

“Es común en viviendas de máximo 2 niveles con muros esbeltos que se encuentran conectados a un sistema de losa o viga de coronación (vigas que soportan la cubierta y van alrededor de los muros perimetrales). En este caso se podrá tener problemas de pandeo” (CAEZ PEREZ, 2004, pág. 109) (3.A.1.2.3).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9 y 6.A.1.

**Figura 34.** Fisuras en muros con soporte superior



Nota. Esquema de fisuración en muro con soporte superior. Tomada de (CAEZ PEREZ, 2004).

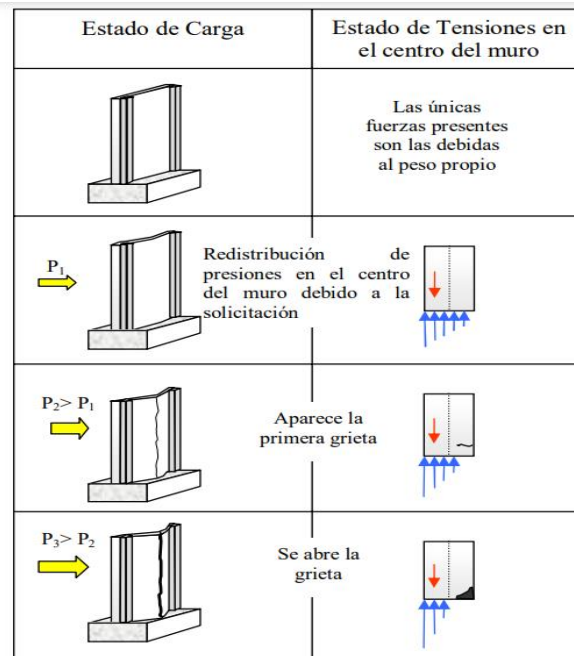
### 3.A.1.2.7.3 Muro con soportes laterales (sin apoyo en la base)

Es frecuente en muros de cerramiento, donde es sostenido el elemento por columnas. Ocurre cuando se le aplica una fuerza horizontal al muro en el centro, al intentar distribuir la carga comienza aparecer una grieta vertical en el centro y se genera un máximo de deflexión. Cuando la grieta tiene un espesor demasiado grande se presenta el colapso (CAEZ PEREZ, 2004, págs. 110-111).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.1 y 6.A.13.

**Figura 35.** Fisuras en muros con soportes laterales



Nota. Esquema de fisuración en muro con soportes laterales. Tomada de (CAEZ PEREZ, 2004).

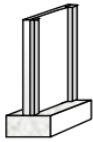

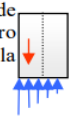
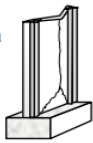
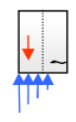
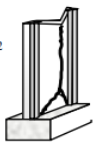

### 3.A.1.2.7.4 Muro con soportes laterales y empotrado en la base

Cuando se le aplica una fuerza horizontal significativa al elemento, este presenta una grieta vertical hasta la base y en la base se presentan fisuras por corte (3.A.1.2.6). Se presenta colapso cuando la grieta tiene un espesor demasiado grande (CAEZ PEREZ, 2004, pág. 112).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y en ensayos véase en 5.A.4.1.4.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9, 6.A.12 y 6.A.1.

**Figura 36.** Fisuras en muros con soportes en sus laterales y que se encuentra empotrado en la base.

Estado de Carga	Estado de Tensiones en el centro del muro
	<p>Las únicas fuerzas presentes son las debidas al peso propio</p>
<p><math>P_1</math></p> 	<p>Redistribución de presiones en el centro del muro debido a la sollicitación</p> 
<p><math>P_2 &gt; P_1</math></p> 	<p>Aparece la primera grieta</p> 
<p><math>P_3 &gt; P_2</math></p> 	<p>Mecanismo de colapso en forma de bolsillo</p> <p>Se abre la grieta</p> 

Nota. Esquema de fisuración en muro con soportes laterales y empotrado en las bases. Tomada de (CAEZ PEREZ, 2004).

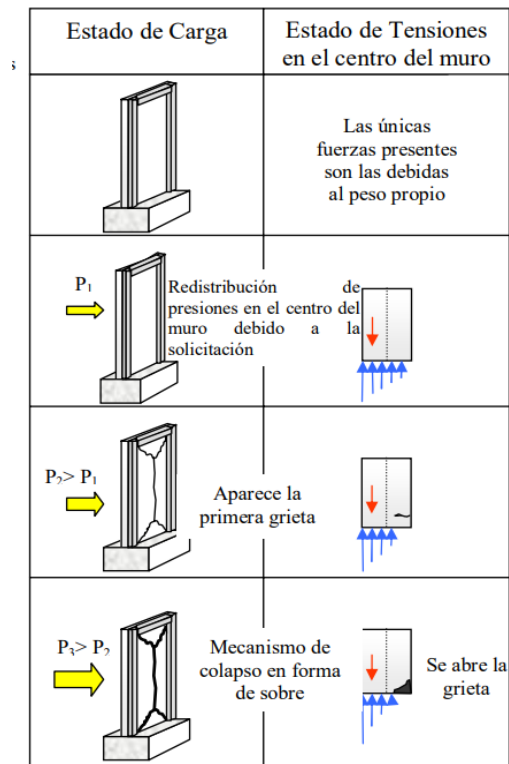
### 3.A.1.2.7.5 Muro con soporte en todas sus direcciones

Cuando se le ha aplicado una fuerza horizontal significativa al elemento, este presentara las grietas mencionadas en el apartado 3.A.1.2.7.4 y grietas por cortante 3.A.1.2.6 desde la base de la columna. Se presenta colapso cuando la grieta tiene un espesor demasiado grande (CAEZ PEREZ, 2004, pág. 113).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayos véase en 5.A.4.1.4 y 5.A.4.2.2.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9, 6.A.12 y 6.A.1.

**Figura 37.** Fisuras en muro el cual posee soporte en cada una de sus direcciones



Nota. Esquema de fisuración en muro con soporte en todas las direcciones. Tomada de (CAEZ PEREZ, 2004).

### 3.A.1.2.8 Asentamientos diferenciales

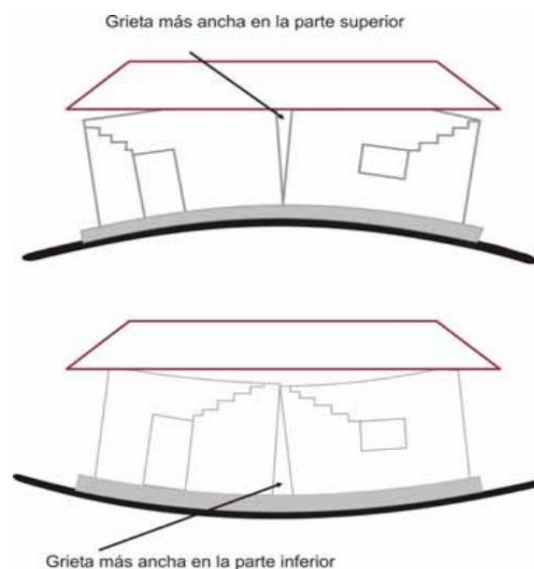
Este tipo de lesiones se puede presentar por errores dentro del diseño donde no se tuvieron en cuenta las condiciones del suelo donde fue construida la vivienda, ocasionando que la vivienda presente un hundimiento en alguno de sus costados y esto repercute en que se evidencian otra serie de lesiones como grietas y fisuramiento en elementos estructurales tales como vigas, columnas y muros. Generalmente se evidencia una fisura en diagonal en sentido al asentamiento (ZAIKO, 2019).

Para el análisis del diseño de las cimentaciones verificar los aspectos mínimos requeridos de la norma NSR-10 Capítulo H (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.3

**Figura 38.** *Asentamiento diferencial*



Nota. Se ilustra la forma en la que la vivienda puede sufrir daños a causa del asentamiento diferencial. Tomada de (CÁMARA INDUSTRIAL DE CERAMICA ROJA, 2022).

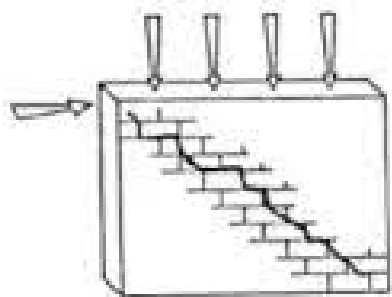
### 3.A.1.2.9 Fallas por tensión diagonal

En comparación a las fallas de pega estas son más frecuentes. Por lo que su intervención se basa en mejorar la resistencia por adherencia de la mampostería a esfuerzos de corte. En el caso de que se tenga una mampostería reforzada esta tendrá una capacidad adicional antes de un colapso ya sea del elemento o de la estructura completa (CAEZ PEREZ, 2004). También falla por asentamientos diferenciales (Véase en 3.A.1.2.8).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayos véase en 5.A.4.1.3 y 5.A.4.1.4.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9, 6.A.12 y 6.A.1.

**Figura 39.** *Tensión diagonal*



**Tensión diagonal**

Nota. Se presenta la manera en que se presentaría la falla en la mampostería causada por las tensiones diagonales. Tomada de (CAEZ PEREZ, 2004).

### **3.A.1.2.10 Fallo por tracción**

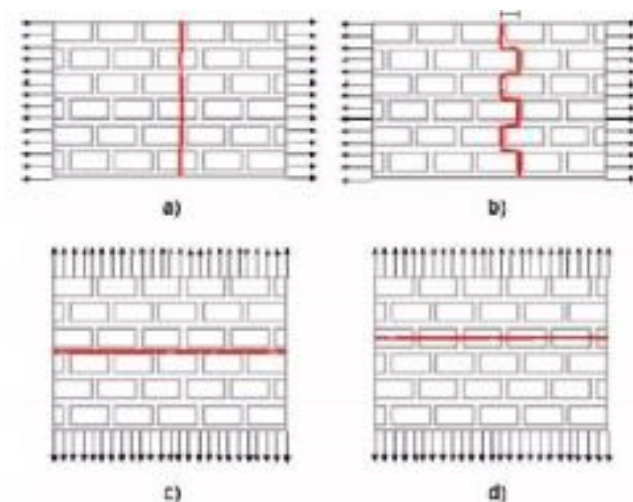
Es común que esta lesión aflore cuando se sobrepasa la capacidad a tracción por efectos de flexión de la vigueta inferior (3.B.1.2.7), es más frecuente en muros esbeltos (la relación de esbeltez entre altura de un muro y su sección transversal).

Se puede evidenciar por una grieta o fisura horizontal a lo largo del mortero de pega o que rompe tanto el mortero como el mampuesto (en las figuras c y d) por cargas horizontales o se presentan grietas o fisuras verticales por cargas en esa misma dirección por aplastamiento o compresión (véase en 3.A.1.2.4 las figuras a y b) (CONSTRUMÁTICA, 2018).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y se debe verificar que ocasionó el fallo en el elemento de concreto véase en 5.B.4.1.1, 5.B.4.2.1, 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.3, 5.B.4.2.5, 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.3 y 5.B.4.2.1.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.13 y 6.A.1.

**Figura 40.** *Falla por tracción*



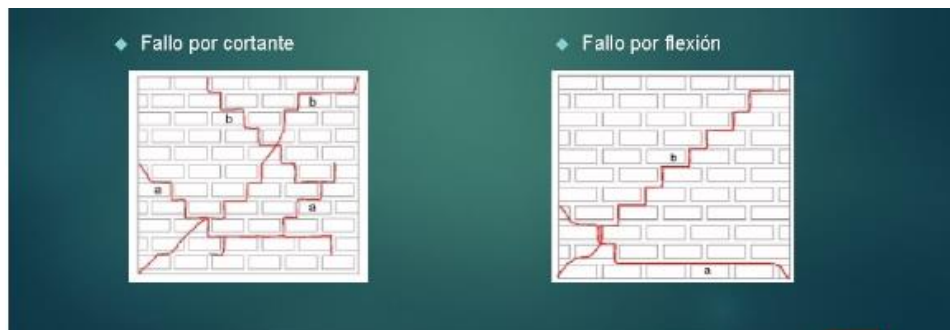
Nota. Se ilustra la manera en la que puede fallar el muro por falla a tracción dependiendo su dirección. Tomada de (Tapia Mera, 2016).

### 3.A.1.2.11 Fallo por efectos combinados (pandeo y cortante)

Como su nombre lo dice los elementos de mampostería fallan por la combinación de las fallas anteriormente mencionadas.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayos véase en 5.A.4.1.3, 5.A.4.1.4, 5.A.4.2.2 y 5.A.4.1.6.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9, 6.A.12 y 6.A.1.

**Figura 41.** *Falla por efectos combinados*



Nota. Falla por efectos combinados en la mampostería los cuales pueden ser por pandeo y cortante. Tomada de (Tapia Mera, 2016).

### 3.A.1.2.12 Distribución inadecuada de muros en planta

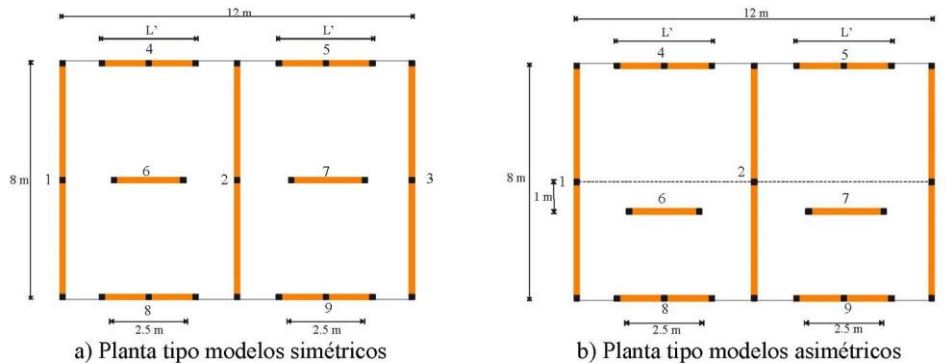
Por requisitos arquitectónicos, la distribución de muros en planta puede no conservar simetría en una o ambas direcciones, aun cumpliendo con una relación largo/ancho en planta adecuada. Una distribución asimétrica de muros conduce a problemas como las fuerzas cortantes (véase en 3.A.1.2.6) y las deformaciones que actúan sobre cada muro durante un evento sísmico (véase en 3.A.1.2.3) (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

Esta lesión se puede evidenciar a partir de un buen levantamiento de la vivienda.

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.5 y 6.A.6.

**Figura 42.** Distribución adecuada de muros en planta



Nota. Se presenta un levantamiento en planta de la forma en que se presenta una adecuada e inadecuada distribución de muros en planta. Adaptada de (Tena Colunga y otros, 2010).

### 3.A.1.2.13 Falta de continuidad en la altura

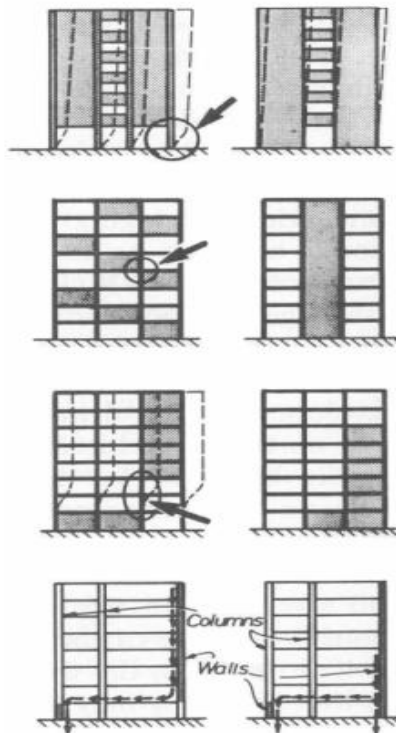
“Deben evitarse cambios bruscos de rigidez y resistencia en altura, es decir, evitar la concentración o ausencia de muros en un solo nivel. Las discontinuidades conducen a la formación de mecanismos de piso débil (3.B.1.2.5)” (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 183).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.5.

**Figura 43.** *Discontinuidad en altura*

**No recomendable**    **Deseable**



Nota. Se presenta mediante un esquema de una estructura la forma en la que no y en la que sí se recomienda la continuidad respecto a la altura. Tomada de (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

### 3.A.1.2.14 Bajo espesor de muros

Según el apartado C.14.5.3.1 de la NSR-10 dice que: “El espesor de muros de carga no debe ser menor de  $1/25$  de la altura o longitud del muro, la que sea menor, ni tampoco puede ser menor que 100 mm” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9

### 3.A.1.2.15 Falla de corte por deslizamiento

Se presenta a lo largo de la junta horizontal de mortero como consecuencia de una falla de adherencia, ocasionada por la poca adhesión entre las unidades y el mortero (3.A.1.1.3) (Páez Moreno y otros, 2009, pág. 53).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y en ensayos véase en 5.A.4.1.4.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.9 y 6.A.12.

**Figura 44.** *Falla de corte por deslizamiento*



Nota. Se evidencia la falla de corte por deslizamiento en sentido horizontal. Tomada de (Páez Moreno y otros, 2009).

### 3.A.1.2.16 Muros no confinados

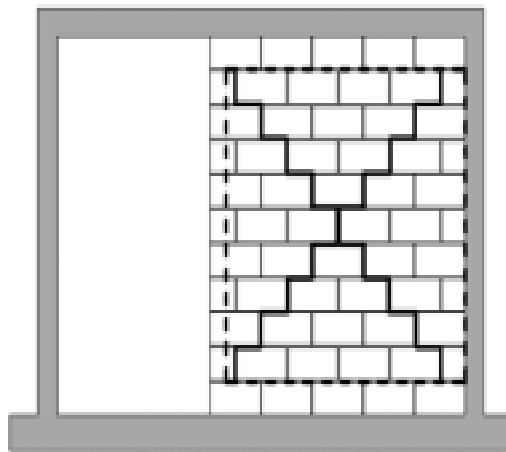
Este tipo de lesiones se presenta cuando el muro estructural está sometido a soportar cargas para las cuales no fue diseñado y debido a como su nombre lo indica, no se encuentra confinado o rodeado en sus extremos por vigas y columnas o presentan

vacíos como puertas o ventanas que interrumpen su confinamiento. Este puede terminar presentando diferentes lesiones como lo es el caso del agrietamiento o fisuras, a causa de la pérdida de rigidez y ante un evento sísmico su deterioro puede ser tan grande que puede colapsar el elemento. Igualmente, podemos observar en la figura 39 cómo reacciona la columna frente a un mal confinamiento.

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y en ensayos véase en 5.A.4.1.4.
- **Intervenciones:** Véase en 6.A.13

**Figura 45.** *Falla en muros no confinados*



Nota. Se presenta la forma en la que se pueden presentar las fallas en los muros debido a que estos no se encuentren confinados. Tomada de (Varela Rivera y otros, 2015).

**Figura 46.** *Falla en muros no confinados*



Nota. Se ilustra la forma en la que fallaron los muros de una edificación debido a un mal confinamiento. Tomada de (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

### **3.B.1 Concreto**

#### **3.B.1.1 Por malos procesos constructivos**

##### **3.B.1.1.1 Elementos embebidos en vigas, columnas o losas**

Es requerible verificar por dentro y fuera de la edificación, si no existen elementos o tuberías que están traspasando y posiblemente afectando a la estructura (vigas o columnas) de manera inadecuada quitándoles sección y bajando su resistencia a cortante debido a que su diámetro no es el permitido y dentro del diseño no se tuvieron en cuenta (3.B.1.2.8). Este tipo de errores se puede interpretar para un caso en específico como las columnas o vigas que en su interior suelen embeber ductos de desagüe, donde a largo plazo si éstas llegasen a sufrir taponamientos o algún agrietamiento que permita filtraciones de agua justo por el paso del elemento, será difícil de identificar el lugar exacto y reparar dicho daño. De igual forma se generarían deflexiones y fallos a cortantes por la sección que la tubería le quita al elemento, lo que conlleva a que se evidencie fisuras, agrietamientos entre otras posibles lesiones (Martínez G, 2009).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.

- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayos véase en 5.B.4.1.2, 5.B.4.2.3 y 5.B.4.2.2.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3.

**Figura 47.** *Tubería de desagüe embebida a viga*



Tomada de (Martínez G, 2009).

En el caso de las losas, es recomendable que este tipo de elementos no estén embebidos en lugares específicos del acero de refuerzo, donde el esfuerzo es máximo. Este tipo de lesión afecta a la estructura debido a que le quita la capacidad de resistir a los esfuerzos cortantes (3.B.1.2.8). Se manifiestan en la estructura mediante fisuras que posteriormente conllevan al agrietamiento, y en ocasiones estas se ven en la parte inferior de la losa de la misma manera en que se encuentran los elementos embebidos en la parte superior (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Nota: Verificar NSR-10 título C.6.3

**Figura 48.** *Grietas en losa de entrepiso por el paso de tuberías*



Nota. Se presentan grietas en la parte inferior de la losa por tuberías embebidas en la parte superior de la losa. Las líneas rojas representan la dirección en que se está presentando la fisura. Tomada de (PROCEMCO, 2022).

### **3.B.1.1.2 Despiece inapropiado del acero (vigas, columnas y losas)**

Determinar la existencia de esta lesión a simple vista en una vivienda ya construida es difícil, pero deben tener presente que existe la posibilidad de poder analizarla. En caso tal de que se tenga que realizar un estudio más a fondo, donde se debe determinar si el elemento carece de estribos o la separación de estos mismos es muy exagerada e incluso si la separación y los traslapes del acero longitudinal no es el adecuado, para ello existen equipos que te permiten determinar la posición del acero de refuerzo con su respectivo despiece y recubrimiento. Este tipo de lesiones deben de considerarse y tenerse presentes como una de las principales, ya que por medio de esta es que se ven en ocasiones las fallas en las columnas, vigas y losas donde el mal cálculo, ha llevado a la aparición de fisuras y posterior colapso de algunas estructuras, debido a que puede ocasionar que el elemento no obtenga la adecuada resistencia para las fuerzas cortantes (3.B.1.2.8) y torsión e incluso puede generar que el elemento se pandee (3.B.1.2.10) (Astorga & Rivero, 2009, pág. 7).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.

- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayos véase en 5.B.4.2.1, 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.5 y 5.B.4.2.2.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3, 6.B.4, 6.B.6, 6.B.8 y 6.B.15.

**Figura 49.** *Despiece inapropiado del acero en una columna*



Nota. Se presenta la forma en que falla una columna debido a un despiece inapropiado del acero. Adaptada de (Mediavilla, 2021).

Para el caso de las vigas, el mal despiece puede ocasionar que no logre soportar esfuerzos cortantes y a torsión.

**Figura 50.** *Despiece inapropiado del acero en una viga*



Nota. Se logra evidenciar que la viga presenta lesiones, donde una de ellas es el despiece inapropiado del acero e incluso es notorio la falta del mismo. Tomada de (Alario Catalá, 2015).

En el caso de las losas, cuando esta requiere ser reforzada en sus dos direcciones debido a la sección que presenta y los esfuerzos a flexión que se generan, es necesario tener en cuenta que no se puede reforzar en una sola dirección. Si se omite lo anteriormente mencionado, una vez la losa se encuentre en funcionamiento, presentará fisuras paralelas al sentido en que se encuentran las viguetas debido a la ausencia de acero de refuerzo en el sentido perpendicular que ayuda a absorber los esfuerzos de tracción (Santos y otros, 2021, pág. 748).

### **3.B.1.1.3 Disgregación del concreto**

Se puede entender como el deterioro del material en pequeñas partículas y se logra evidenciar en los elementos estructurales de concreto e incluso los muros donde debido a malos procesos constructivos o la calidad del material estos empiezan a desintegrarse en forma de migajas, a causa de una mala dosificación la cual no permitió su buena adherencia o debido a la corrosión del acero desde la parte interna del elemento. A largo plazo puede presentarse una corrosión en los refuerzos (3.B.1.1.5) (Broto, 2005, pág. 41).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayos véase en 5.B.4.2.1, 5.B.4.1.1 y 5.B.4.2.6.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.1, 6.B.12 y 6.B.13.

**Figura 51.** *Disgregación en columna*



Nota. La columna presenta disgregación en la parte baja donde se evidencian las partículas que de la misma se desprenden. Tomada de (Villarreal Castro, 2009).

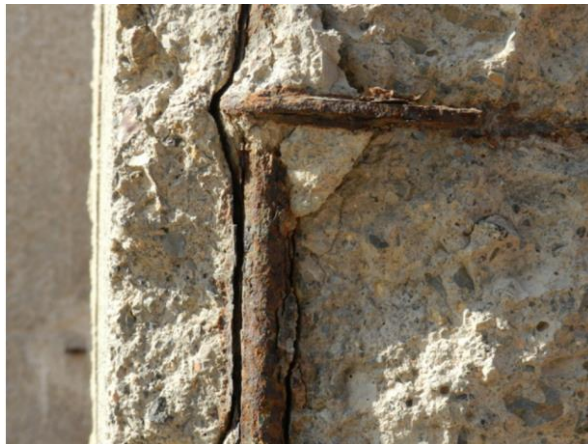
#### **3.B.1.1.4 Carbonatación**

Este tipo de lesiones se presenta luego de que penetre el dióxido de carbono y la humedad en el concreto, como consecuencia el acero empieza a corroerse (3.B.1.1.5). Esto ocurre en losas, columnas y vigas. Se puede observar con un peculiar color café en el refuerzo. En ocasiones logra evidenciarse acompañadas de grietas y fisuras que con el tiempo conlleva a la debilitación de la estructura y puede llegar a ocasionar fallas en otros elementos (Dirigirse a 3.B.1.1.5) (ARQUITECTURA Y EDIFICACIÓN, 2015).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual y en ensayos véase en 5.B.4.2.2.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.1.

**Figura 52.** *Carbonatación en columna*



Nota. La imagen evidencia la lesión por carbonatación que ha sufrido una columna. Tomada de (COROBRA, 2021).

### **3.B.1.1.5 Corrosión del acero**

Este tipo de lesión es ocasionada luego de que el acero dentro de la estructura entre en contacto con algún factor externo del medio ambiente como lo puede ser el agua, lo que ocasiona su desintegración (3.B.1.1.3). Se logra evidenciar en aquellos lugares de la estructura donde se presenten manchas de color café, ya sean en vigas, columnas, dinteles, losas, entre otros elementos que en su interior contengan acero y estén expuestos a la intemperie. Por consiguiente, esto puede causar que el acero pierda su capacidad de resistencia y ante cualquier esfuerzo de tracción pueda romperse, generando que el concreto que se encuentra a su alrededor presente fisuras o grietas dependiendo del nivel de corrosión que presenta la zona afectada y con el tiempo conlleva a la debilitación de la estructura donde ante cargas de compresión esta no será capaz de resistir (Broto, 2005, pág. 154).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayos véase en 5.B.4.2.2 y 5.B.4.1.5.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.1.

**Figura 53.** *Corrosión del acero en columna*



Nota. Evidencia de corrosión del acero de refuerzo en el concreto. Tomada de (Sierra Poveda, 2005).

**Figura 54.** *Corrosión del acero de refuerzo en una losa*



Nota. Evidencia de corrosión del acero de refuerzo en el concreto en la parte inferior de una losa de entrepiso. Tomada de (POLICIACA, 2019).

#### **3.B.1.1.6 Cambio de sección en elementos estructurales**

Este tipo de lesiones se caracteriza debido a los malos procesos constructivos empleados en obra, en donde se evidencia un cambio brusco en las medidas y geometría de las secciones en los diferentes elementos estructurales tales como columnas, vigas y muros. En las edificaciones, se logra evidenciar en aquellos lugares donde no se conserva la misma sección respecto al primer piso y se prolonga a otro piso con una medida mayor o diferente a la del piso anterior. Esto suele ocasionar irregularidades y aumenta la probabilidad de que ocurra un volcamiento (Astorga & Rivero, 2009, pág. 19).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3.

**Figura 55.** *Cambio de sección en la estructura*



Nota. Cambio de geometría en los pisos superiores respecto al primero, y aumento de sección en las losas. Tomada de (ASOCRETO, 2020).

**Figura 56.** *Cambio de sección en los elementos estructurales*



Nota. Cambio de sección en una columna aumentando sus medidas en la parte superior. Tomada de (Pinto, 2022).

### **3.B.1.2 Por errores en los diseños o falta de diseño**

#### **3.B.1.2.1 Columna corta**

Este tipo de lesiones se puede identificar luego de que el elemento estructural, para este caso una columna, no alcanza una distancia libre considerable ocasionando discontinuidades ya sea por no tenerse en cuenta en el diseño, o es debido a que su

reducción se presenta en ocasiones por la presencia de la mampostería. Este efecto ocasiona que la columna ante una acción externa de esfuerzos cortantes excesivos impida que se deforme hasta la altura del mampuesto y a su vez, que la edificación se encuentre expuesta ante eventos sísmicos (Gallego Silva, 2022).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.14.

**Figura 57.** *Falla de columna corta en una estructura*



Nota. Se evidencia la falla de columna corta en una estructura. Tomada de (DRM, 2001).

**Figura 58.** *Falla de elemento en estructura por columna corta*



Nota. Se presenta la falla de una columna, por efecto de columna corta. Tomada de (Quiun, 2005).

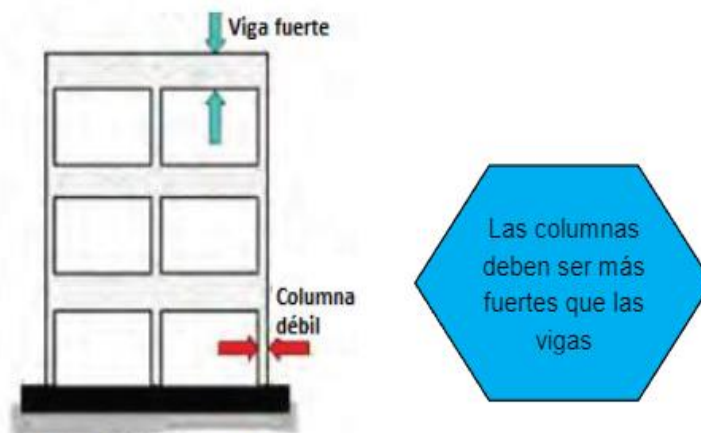
### **3.B.1.2.2 Columna débil y viga fuerte**

Este tipo de lesiones se presenta cuando la sección de las columnas es más reducida que en la sección de las vigas. De este modo, no son capaces de resistir el sobre esfuerzo que se le transmite, ocasionando que en los nudos sufran rotaciones antes que la flexión, y esto repercute en lesiones como fisuras o grietas, avisando de que algo ocurre y en el peor de los casos se presenta el colapso (Astorga & Rivero, 2009, pág. 20).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3

**Figura 59.** Columna débil viga fuerte en una estructura



Nota. Ejemplificación de columna débil- viga fuerte en una estructura de 3 niveles. Tomada de (Suárez Ortiz, 2018).

### 3.B.1.2.3 Excentricidad

Los elementos estructurales tales como vigas y columnas, se deberán conectar de manera adecuada sin presentar discontinuidades, si no están conectadas, se puede provocar que no haya una correcta transmisión de las cargas, lo que genera un momento adicional y se evidencia mediante daños y una reducción en la resistencia del elemento por medio de fallas a cortantes (véase en 3.B.1.2.10) , efectos torsionales (véase en 3.B.1.2.11) e incluso ante efectos de compresión podría fallar el elemento (véase en 3.B.1.2.8). Los daños se pueden ver representados mediante fisuras, grietas y desprendimientos, indicando que existe una lesión que lo está generando y en el peor de los casos se puede presentar el colapso (Torres Castellanos & Quiroga Savedra, 2014).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3.

**Figura 60.** *Excentricidad en elementos estructurales*



Nota. Se presenta excentricidad en uniones entre viga y columna. Tomada de (Torres Castellanos & Quiroga Savedra, 2014).

#### **3.B.1.2.4 Viviendas que no tienen separaciones**

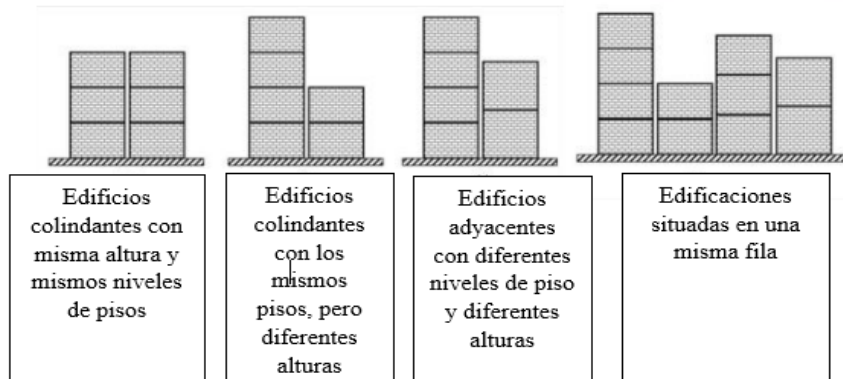
Este tipo de lesiones suele presentarse, luego de que junto a la vivienda se construya una vivienda nueva, la cual incumpla con la separación mínima dependiendo de la cantidad de pisos. De este modo, ante algún evento sísmico si no presentan la separación adecuada, se chocan la una con la otra (Golpeteo) debido a que cada una tendrá un comportamiento distinto ocasionando daños significativos o posiblemente el colapso.

El golpeteo en una edificación es un fenómeno dinámico y va a depender de muchos factores tales como la altura y masa de la estructura, entre otros; y se puede presentar ante las siguientes circunstancias: en edificios colindantes con las mismas alturas y los mismos niveles de piso, en edificios colindantes con los mismos pisos, pero diferentes alturas, en edificios adyacentes con diferentes niveles de piso y diferentes alturas, en edificaciones continuas una tras de otra. Ver figura 61 (Castillo Moscoso & Flórez Hernández, 2022, pág. 2).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

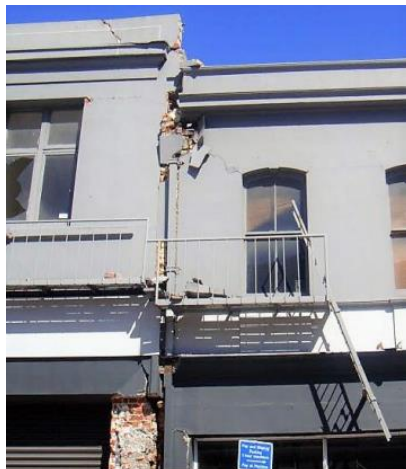
- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.16.

**Figura 61.** *Golpeteo en estructuras*



Nota. Se esquematiza los posibles escenarios en los que se puede presentar el fenómeno de golpeteo según su altura y nivel de pisos. Tomada de (Castillo Moscoso & Flórez Hernández, 2022).

**Figura 62.** *Lesión por golpeteo entre estructuras existentes*



Nota. Se presenta una falla por el fenómeno de golpeteo en estructuras adyacentes. Tomada de (Suárez, 2020).

### 3.B.1.2.5 Piso débil

Este tipo de lesiones se presenta cuando en el nivel inferior se dejan espaciamientos entre columnas sin muros y a partir del segundo nivel se incluyen muros sin aislamiento a

las columnas o sistemas de muros de carga, las cuales aportan una mayor rigidez comparadas con las del nivel inferior. Esto suele suceder ya sea que utilicen el primer nivel para un salón social, permitir el ingreso de carros o tener una mayor área de fácil acceso o para alguna otra actividad, sin tener en cuenta que así, los elementos estructurales del primer nivel aportan una menor rigidez al sistema comparada con la de los pisos superiores que él se encuentra cargando, donde genera así, deformaciones en las columnas debido a su poca capacidad de aportar rotaciones, presentando así fallos de ductilidad (Gallego Silva & Sarria Molina, El Concreto y los TERREMOTOS, pág. 331).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** No requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.2 y 6.B.18.

**Figura 63.** *Piso débil en planta baja de una estructura*



Nota. Columnas de la planta inferior de una estructura de 3 niveles sufriendo los efectos de piso débil. Tomada de (Soto Rodríguez, 2006).

### 3.B.1.2.6 Falla por esfuerzos a compresión

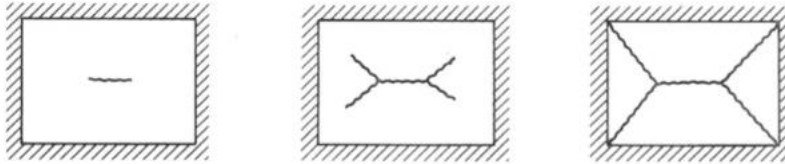
Este tipo de falla ocurre luego de que el elemento se encuentre sometido a esfuerzos de compresión las cuales actúan hacia su centro de gravedad. Se evidencian normalmente en elementos como columnas, pero de igual forma en vigas presentándose en sentido vertical en forma de fisuras y grietas, dando indicios de que se encuentra sometido a una sobrecarga que está aplastando al elemento y si no se interviene, el elemento termina fallando o puede terminar colapsando. Este tipo de fisuras y grietas a pesar de poder presentarse igualmente en las vigas, en el caso de las columnas es mucho más grave debido a que indica problemas de capacidad de carga de forma vertical en el elemento (Culma Rodríguez & Forero Osorio, 2021, pág. 41).

En las losas se puede presentar que por un exceso de carga se redistribuyen los momentos, y las líneas de fluencia se van evidenciando prolongadamente ocasionando que llegue un punto donde se generen demasiadas hasta seccionar la losa en segmentos dando la posibilidad de que se observen tanto en la parte superior de la losa como en la parte posterior, donde ante la acción de un sismo se comportan como cuerpos rígidos en el momento del colapso. Por consiguiente, si la losa llegase a presentar este tipo de lesiones, esta no será capaz de soportar más carga (Llopiz, 2016).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayo véase en 5.B.4.2.1, 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.3, 5.B.4.1.4 y 5.B.4.1.1.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3, 6.B.4, 6.B.7, 6.B.6 y 6.B.8.

**Figura 64.** Fisuramiento por efectos de compresión en losas



Nota. Se presenta el avance de fisuramiento por efectos de compresión en losas. Tomada de (Ricardo Llopiz, 2016).

**Figura 65.** Falla por compresión de una columna



Nota. Se presentan grietas en sentido vertical debido a falla por compresión en columna de una edificación. Tomada de (Culma Rodríguez & Forero Osorio, 2021).

### **3.B.1.2.7 Falla por esfuerzos de flexión**

Se puede generar tanto en vigas, columnas y losas. Suele ser más común en vigas y losas, donde para las vigas, se presenta luego de que se le esté aplicando una sobrecarga al elemento, y debido a las fuerzas de acción y reacción que tratan de impedir este sobre esfuerzo, genera que en el centro de la parte inferior de la viga se presente una tensión y es ahí donde se originan las fisuras de forma perpendicular, debido a que internamente se presentan fuerzas de tracción. Este tipo de lesión no evidencia un peligro inminente ya que

avisa con tiempo suficiente como para intervenir (Culma Rodríguez & Forero Osorio, 2021, pág. 41).

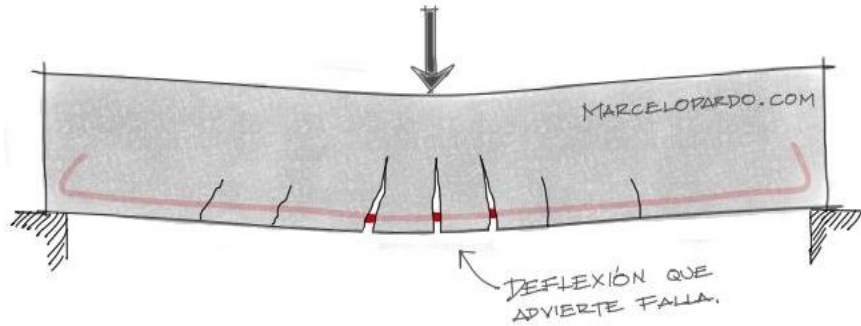
Para el caso de las losas, se presenta de forma similar a las vigas donde por sobrecargas, una mala distribución de los aceros de refuerzos y luces muy grandes, es decir existe una disminución en el esfuerzo cortante en comparación a los esfuerzos de flexión (LOSAS MIXTAS: MECÁNICA DE FLEXIÓN Y MÉTODOS DE CÁLCULO, 2022).

Aquellas losas que tengan láminas colaborantes o en secciones compuestas, puede presentarse que en su montaje no se haga la correcta fijación al perfil, e incluso no se seccionan bien la separación de los perfiles que soportan la losa. Esto puede ocasionar que se pandee debido a las separaciones entre cada elemento que actúa como soporte de la losa, y se logra evidenciar mediante una curvatura cóncava hacia arriba (Ver figura 68). Por este efecto, la losa no cumple la función de transmitir las cargas a los otros elementos estructurales, ocasionando así que ésta se defleccione (Santos y otros, 2021, págs. 755-758).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayo véase en 5.B.4.2.1, 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.3, 5.B.4.2.5 y 5.B.4.1.1.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3, 6.B.4, 6.B.7, 6.B.6, 6.B.5, 6.B.8 y 6.B.15.

**Figura 66.** *Falla a flexión en viga*



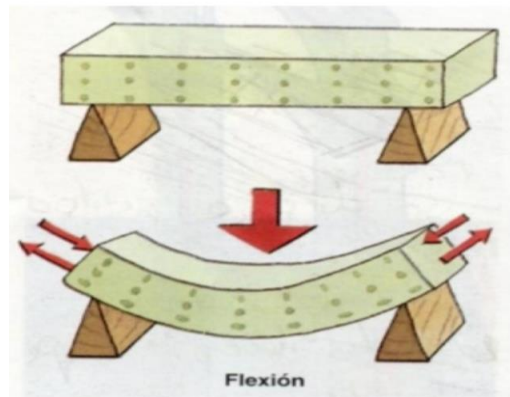
Nota. Se esquematiza la forma en que falla por flexión una viga. Tomada de (Pardo, 2019).

**Figura 67.** *Falla a flexión en columna*



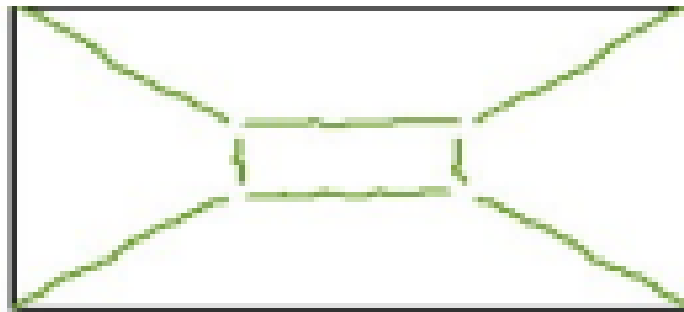
Nota. Se esquematiza como posiblemente se podría evidenciar una falla por flexión en columnas. Tomada de (Gálvez, 2017).

**Figura 68.** *Flexión en losas*



Nota. Se esquematiza la forma en que se puede presentar una flexión en la losa, siendo ésta muy similar a como ocurre en las vigas. Tomada de (Apuntes de ingeniería Civil, 2022).

**Figura 69.** *Falla a flexión en losas*



Nota. Se esquematiza la forma en que se presentan las fisuras a flexión en losas, donde esta se genera a 45°. Tomada de (Quispe Napanga, 2018).

### **3.B.1.2.8 Falla por esfuerzos cortantes**

Este tipo de lesiones suele presentarse cuando en un elemento actúan fuerzas perpendiculares en el mismo plano de acción en elementos como vigas o columnas, donde los efectos de compresión y tensión intentan dividir el elemento en dos partes. Esto genera tensiones de compresión en una dirección y de forma perpendicular las de tracción. Se logra evidenciar mediante grietas en los elementos estructurales de manera diagonal

formando ángulos de  $45^\circ$  y en ciertas ocasiones suelen ser muy peligrosas (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayo véase en 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.3, 5.B.4.1.1 y 5.B.4.2.5.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3, 6.B.4, 6.B.6, 6.B.15 y 6.B.8.

**Figura 70.** *Falla por cortante en columnas*



Nota. Se presenta la forma en que falló una columna por efectos cortantes. Tomada de (Culma Rodríguez & Forero Osorio, 2021).

**Figura 71.** *Falla por cortante en viga*



Nota. Se presenta la forma en que falla una viga por efectos cortantes. Tomada de (Helene & Pereira, 2003).

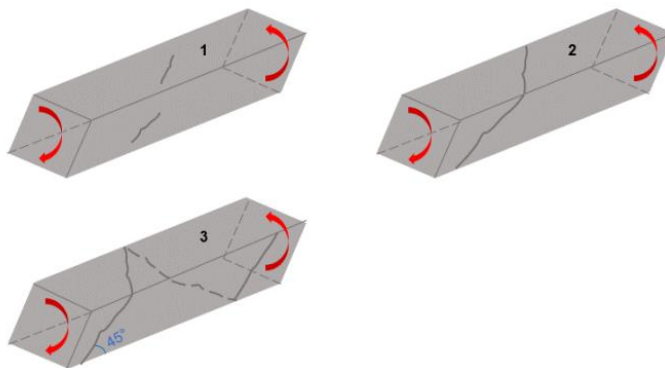
### 3.B.1.2.9 Falla por efecto de torsión

Este tipo de fisuras se presentan luego de que, a la columna o viga, le están llegando fuerzas externas que van en sentido contrario una de la otra ocasionando la torsión de la misma. Es ahí donde se presentan las fisuras, las cuales se logran observar con ángulos de  $45^\circ$  en forma de espiral sobre el área afectada (Culma Rodríguez & Forero Osorio, 2021, pág. 41).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayo véase en 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.3, 6.B.4.1.1 y 5.B.4.2.5.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3, 6.B.4, 6.B.6 y 6.B.8.

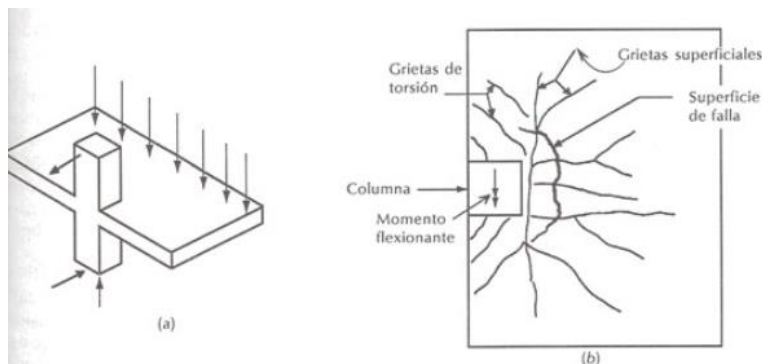
**Figura 72.** Efecto de torsión en vigas



Nota. Se esquematiza la forma en que se presentan las fisuras por efecto de torsión en una viga. Tomada de (Culma Rodríguez & Forero Osorio, 2021).

En las losas, si el centro de masa no coincide con el centro de rigidez del entrepiso, se producen efectos torsionales debido a que este no se mantiene en equilibrio por fuerzas horizontales que están siendo aplicadas en la estructura (sismos) (Gómez Rueda & Maldonado Rendon, 2005, pág. 162).

**Figura 73.** Efectos de torsión en losas



Nota. Se esquematiza la forma en que se presentan las grietas a torsión en losas. Tomada de (Quintana, 2014).

### 3.B.1.2.10 Falla por pandeo

El pandeo ocurre luego de que, a los elementos verticales como columnas, no tengan ningún tipo de restricción transversal y están sometidos a esfuerzos de compresión los cuales sobrepasan la capacidad de deformarse. Este tipo de fisuras se logran evidenciar ya que aparecen agrupadas en la mitad del elemento en sentido perpendicular al eje longitudinal y de forma horizontal.

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayo véase en 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.3 y 5.B.4.1.1.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.3, 6.B.4, 6.B.6, 6.B.15 y 6.B.7.

El pandeo es la deformación que sufre un elemento producido por una excentricidad o desviación excesiva del punto de aplicación de la resultante de las cargas respecto del eje del mismo. Esta excentricidad provoca en el elemento un momento flector. Cuando el pandeo es excesivo, se produce en el elemento la deformación y las fisuras propias de un esfuerzo flector y sintomáticas de este proceso patológico. El pandeo es pues una

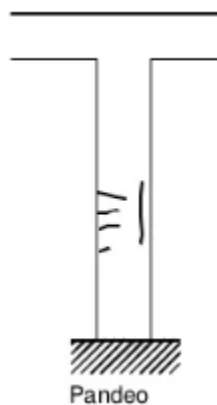
combinación de esfuerzo normal a compresión y momento flector que puede llegar a un punto de inestabilidad que provoque la rotura. Es natural que inevitables imperfecciones en el proceso constructivo den lugar a pequeñas excentricidades. Excentricidades que se acentúan cuanto más esbeltas sean las proporciones del elemento (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001, pág. 277).

**Figura 74.** *Pandeo en una columna*



Nota. Se esquematiza la forma que toma la columna hasta fallar por efectos de pandeo. Tomada de (Culma Rodríguez & Forero Osorio, 2021).

**Figura 75.** *Fisuras en columna por pandeo*



Nota. Se esquematiza la forma en que se manifiestan las fisuras en la columna al fallar por efectos de pandeo. Tomada de (Aguilar Perez, 2015).

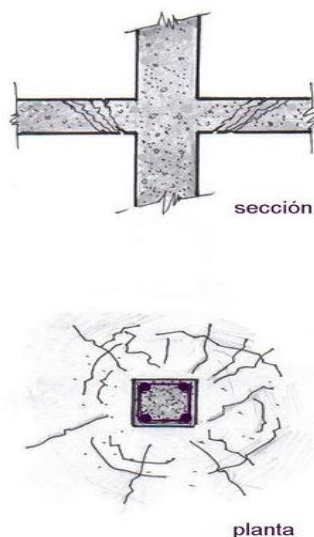
### 3.B.1.2.11 Punzonamiento

Para la lesión de falla por punzonamiento “La losa falla en torno a la carga o reacción concentrada. La sección crítica se extiende alrededor de la carga concentrada o de la columna. La falla ocurre describiendo un cono truncado o pirámide, formados por la grieta crítica a tensión diagonal alrededor de la carga concentrada o del apoyo”. Generalmente las primeras grietas suelen presentarse de manera superficial, circular y tangencial al perímetro del área cargada (Alcocer, 2022, pág. 259).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

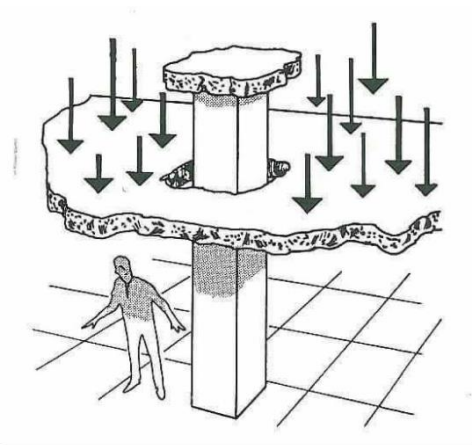
- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayo véase en 5.B.4.1.2, 5.B.4.1.3, 5.B.4.1.1 y 5.B.4.2.3.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.7 y 6.B.17.

**Figura 76.** *Fisuras por punzonamiento en losas*



Nota. Se evidencia mediante un esquema, cómo se presentan las fisuras en la losa por una falla de punzonamiento y su área de afectación alrededor de la columna. Tomada de (CONSTRUMÁTICA, 2021).

**Figura 77.** *Falla por punzonamientos en losas*



Nota. Se esquematiza la forma en que falla una losa por efectos de punzonamiento. Tomada de (Belfort, 2021).

#### **3.B.1.2.12 Curado inadecuado**

Posteriormente al vaciado de la losa, suele evidenciarse una serie de fisuras superficiales en diferentes zonas, debido a que dentro de los primeros 7 días no se le aplicó un correcto curado humedeciendo el área de la losa. Cabe resaltar que este tipo de fisuras no son del todo estructurales, pero si no se tienen en cuenta y no se realiza su respectivo curado, pueden generar efectos de corrosión dependiendo de la magnitud de la fisura. Cuando la fisura se prolonga y es continua se convierte en una falla estructural ya que se debilita el concreto y puede llegar a afectar el acero de refuerzo (Construye con ingeniero, 2021).

Las fisuras se pueden presentar por retracción o por contracción en vigas, columnas y losas, donde la retracción es debida a una pérdida de volumen en el concreto en su etapa de fraguado, y la pérdida de agua en la mezcla (exudación) generan tensiones internas en el elemento ocasionando que se evidencie fisuras superficiales en forma de mapeo las cuales pueden aparecer desde el momento en que se termina el vaciado, y la contracción casi similar a la retracción, es ocasionada por una pérdida de humedad en el material debido a que internamente en el núcleo del concreto se generan calores que ocasiona una pérdida de hidratación, y se logra evidenciar mediante fisuras superficiales de forma lineal las cuales

aparecen desde el primer al quinto día después de haber realizado el vaciado (Huerta Maza, 2014).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayo véase en 5.B.4.1.1, 5.B.4.2.6, 5.B.4.2.3 y 5.B.4.2.2.
- **Intervenciones:** Véase en 6.B.5 y 6.B.1.

**Figura 78.** *Efectos por curado inadecuado*



Nota. Debido a un curado inadecuado el concreto tiende a fisurarse cómo se logra evidenciar en la imagen. Tomada de (Structuralia, 2018).

**Figura 79.** *Fisuras por contracción*



Nota. Se evidencia la forma en que se presentan las fisuras por efectos de contracción en placa de entrepiso debido a un mal curado. Tomado de (Moreno, 2022).

**Figura 80.** *Fisuras por retracción*



Nota. Se logra ver en la imagen la forma en que se presentan las fisuras por retracción en el concreto debido a un mal curado. Tomado de (Huerta Maza, 2014).

#### **3.B.1.2.14 Falla en los nudos**

Este tipo de lesiones ocurre cuando al elemento no se le agrega la cantidad de acero que requiere para trabajar ante posibles efectos de torsión (3.B.1.2.9), compresión (3.B.1.2.6) y cortante (3.B.1.2.8) generando así que en las uniones viga columna estas

presenten una deficiencia en los nudos, y ante la acción de cargas en la estructura no sean capaces de resistir, ocasionando que el elemento falle. En ocasiones las fallas no son tan graves y tienen solución, pero existen ocasiones donde la falla sobrepasa el límite de reparación y es requerible la demolición (Gallego Silva & Sarria Molina, El Concreto y los TERREMOTOS, pág. 306).

A continuación, se indican los pasos que se deben seguir para encontrar las consideraciones para monitoreo de fisuras, ensayos e intervenciones.

- **Monitoreo de fisuras:** Requiere.
- **Ensayo:** Inspección visual, en ensayo véase en 5.B.4.2.1, 5.B.4.1.3, 5.B.4.2.5 y 5.B.4.2.2.
- **Intervenciones:** Véase en 6. B.3 y 6.B.6.

**Figura 81.** *Falla en los nudos*



Tomada de (Ortega Serrano, 2016).

## Etapa 4 (Monitoreo de las fisuras y grietas)

### Monitoreo de las fisuras y grietas

A partir de ensayos para el rastreo o monitoreo de fisuras, se podrá determinar si una grieta o fisura se encuentra en estado activo (aquellas que, por un impacto, movimiento o variación, van a variar en su geometría) y pasivas (lo contrario, no se evidencian cambios), durante un periodo de tiempo. Este monitoreo se puede realizar aplicando los siguientes métodos:

Testigos de yeso: Pequeña superficie de yeso que se aplica sobre la grieta y se le marca con la fecha de aplicación.

**Figura 82.** *Testigos de yeso*



Tomada de (Roman, 2008).

Fisurómetros de regleta: Es más exacto y determina el grado de inclinación de la fisura o grieta.

Figura 83. Fisurómetro



Tomada de (Alario Catalá, 2011).

#### 4.1 Fisuras

Existen demasiados tipos de fisuras por diferentes causas, por lo cual no es el mismo proceso de reparación para todas. De este modo, lo primero que se debe analizar es; identificar el lugar donde se presenta y definir si la fisura se encuentra en estado activo o inactivo y esto se logra monitoreando por medio de un rastreador con el fin de determinar si la fisura se continúa prolongando o contrayéndose.

A continuación, se definen según su espesor y dependiendo de éste como se clasifican (Huacho Ochoa, 2021):

- **Micro fisuras:**  $e < 0.05\text{mm}$  En general, carecen de importancia.
- **Fisura:**  $0.1\text{mm} < e < 0.2\text{mm}$  En general, son poco peligrosas. En ambientes agresivos como lo es cerca al mar, pueden permitir la corrosión.
- **Macro fisuras:**  $0.2 < e > 0.4\text{mm}$  Pueden tener repercusiones estructurales importantes.

#### 4.2 Grietas

Si la vivienda presenta grietas, deben identificar dirección, espesor y su grado de inclinación para determinar si es altamente peligrosa o no.

A continuación, se le indica el espesor (Huacho Ochoa, 2021):

- **Grietas:**  $0.4 < e < 1.0 \text{ mm}$  o  $e > 1.0 \text{ mm}$  Aparte de tener repercusiones estructurales importantes y de un alto nivel, se requiere una intervención de inmediato.

Tengan en cuenta que muchas de las grietas se presentan por sobrecargas, malos procesos constructivos o incluso otras lesiones las pueden estar ocasionando.

## Etapa 5 (Ensayos)

### Ensayos

A partir del análisis cualitativo que se realizó previamente el ingeniero civil debe decidir si no es necesario realizar una intervención, si es requerido una evacuación de la vivienda para continuar los análisis, si es necesario un apuntalamiento preventivo o si se debe de optar por la demolición parcial o total de la vivienda.

De ser el caso de que no se esté seguro de la razón por la cual se origina la lesión se deberán realizar los ensayos necesarios para poder dar un dictamen más exacto de las correcciones que se le deben aplicar al elemento o al sistema. En esta etapa se encuentran dos tipos de ensayos destructivo y no destructivo, donde los ensayos se realizan según las recomendaciones establecidas para cada lesión analizada. Cabe relatar que los ensayos destructivos a pesar de que afectan la estructura, permiten tener un análisis más detallado del elemento construido.

### 5.B.4 Ensayos para elementos de concreto

#### 5.B.4.1 Ensayos no destructivos

##### 5.B.4.1.1 Esclerómetro

Es utilizado para medir la uniformidad del concreto y determinar los puntos de extracción del núcleo (regiones de menor calidad o de concreto deteriorado). Su función es enviar un impacto a la superficie de hormigón, donde dependiendo de la dureza de la misma ésta rebotara con mayor o menor fuerza. La respuesta se puede observar mediante un visor escalado de 10 a 100, siendo su respuesta adimensional (DAVINCI, 2020).

Nota: la superficie debe de estar perfectamente lisa. Todas las pruebas deben realizarse con el mismo martillo y con el mismo operario para garantizar una homogeneidad de los datos obtenidos.

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM C805 -NTC 3692.

Cibergrafía complementaria: <https://www.youtube.com/watch?v=792yjFBO0IY>  
(27/10/2022)

#### **5.B.4.1.2 Ultrasonido**

Es una herramienta que propaga ondas con el fin de determinar la densidad del material y tipo de agregado. “En términos generales se puede decir que, a mayor velocidad de propagación del impulso ultrasónico, mayor será la resistencia mecánica del hormigón” (Eyherregaray Badilla, 2014, págs. 39-40). El ensayo se verá afectado por vacíos o porosidades y la presencia de grietas o fisuras (DAVINCI, 2020).

Normativa de aplicación del ensayo: 4325 de la NTC y ASTM C 597.

Existen tres maneras de realizar el ensayo:

##### **5.B.4.1.2.1 Directa**

Se ubican los sensores en una columna o viga de manera que las ondas choquen directamente, en caras opuestas del elemento.

##### **5.B.4.1.2.2 Semidirecta**

Se localiza en terminales adyacentes (90°). Comúnmente en vigas

##### **5.B.4.1.2.3 Transmisión indirecta o superficial**

Se posicionan en las mismas superficies del elemento. Para placas y muros.

Normativa de aplicación del ensayo: 4325 de la NTC y ASTM C 597.

Cibergrafía complementaria: <https://www.youtube.com/watch?v=VSnmDihwGV8> (27/10/2022).

#### **5.B.4.1.3 Ferroskan**

Determina la ubicación, cantidad y diámetros del acero al interior del elemento. El ensayo consiste en colocar el equipo sobre un plano cartesiano que estará ubicado en la superficie del elemento afectado. Este ensayo no tiene requerimientos técnicos bajo normas, por lo que se debe consultar el manual de usuario del equipo que puede variar según la proveniencia del fabricante (DAVINCI, 2020).

Cibergrafía complementaria: [https://kipdf.com/ferroskan-fs10-manual-de-instrucciones-47-91\\_5b2e8225097c4751538b48f6.html](https://kipdf.com/ferroskan-fs10-manual-de-instrucciones-47-91_5b2e8225097c4751538b48f6.html) (27/10/2022).

#### **5.B.4.1.4 Pistola Windsor**

Determina la resistencia superficial del elemento in situ del hormigón y se deberá establecer una correlación entre la resistencia y el número de rebote. Este ensayo no permite aclarar si un hormigón es aceptado o rechazado. Los resultados de este ensayo son muy ambiguos por lo que queda a criterio del ingeniero su implementación (Realpe, 2016).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM C-803.

### **5.B.4.2 Ensayos destructivos**

#### **5.B.4.2.1 Extracción de núcleos**

Es utilizado para realizar ensayos a compresión o tracción, pero para este es requerido extraer parte del refuerzo en la misma muestra del elemento. Debe ser un corte muy limpio por lo que muchas veces debe de utilizarse brocas de diamante y generalmente se extraen 3 núcleos por muestra en duda. Este ensayo brindará un resultado más real del comportamiento del elemento insitu (DAVINCI, 2020).

A partir de la extracción de núcleos se pueden realizar ensayos de resistencia a compresión donde la muestra cilíndrica que es retirada del elemento se lleva a un laboratorio para determinar su resistencia a una fuerza aplicada a compresión (NTC 673).

En algunos casos se debe adecuar el espécimen por medio de yesos de alta resistencia o con mortero de sulfato, debido a la irregularidad de la base del espécimen, por lo que se debe regir la normativa ASTM C617.

Normativa de aplicación del ensayo: NTC-3658, ASTM-C42, C39 y ASTM C900.

#### **5.B.4.2.2 Regatas y carbonatación**

##### **5.B.4.2.2.1 Regatas**

Es un ensayo muy limpio que permite evidenciar los refuerzos, su separación o si de pronto no cuenta con aceros longitudinales o transversales, además, si se cuenta con un acero liso o corrugado en vivienda antiguas, pero es de mucho cuidado a la hora de realizar el resane del elemento ya que se puede generar un daño adicional en la estructura. A partir de este ensayo también se puede tomar una muestra del refuerzo para determinar su resistencia actual y compararla con la del diseño (DAVINCI, 2020).

##### **5.B.4.2.2.2 Carbonatación**

Luego de haber hecho el ensayo de regatas se puede aprovechar la exposición del acero para realizar un ensayo de carbonatación para determinar la corrosión del acero por medio de una solución de fenolftaleína al 1% (DAVINCI, 2020).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM-D1293.

Cibergrafía complementaria: [https://www.youtube.com/watch?v=opt\\_D9Yo-qIU](https://www.youtube.com/watch?v=opt_D9Yo-qIU) (27/10/2022).

##### **5.B.4.2.3 Pruebas de carga**

Es la aplicación de carga sobre el elemento a analizar para verificar si las fisuras presentadas se encuentran activas, esta metodología se aplica cuando se requiere un resultado temprano, de lo contrario se puede realizar un monitoreo por un periodo de tiempo largo.

Normativa de aplicación del ensayo: NSR 2010 TITULO C.20.3.

#### **5.B.4.2.4 Resistencia a cohesión y de adherencia**

En el caso de querer implementar fibras de carbono es bueno realizar una prueba de la adherencia del material previamente, ya que así se podrá garantizar un óptimo funcionamiento de las fibras. Para profundizar más en el ensayo puede consultar la normativa de aplicación del ensayo ASTM C633-01.

#### **5.B.4.2.5 Tracción al acero de refuerzo**

A partir de la extracción de uno de los refuerzos ya se consecuente de un ensayo de núcleos o de regatas se puede efectuar este ensayo para determinar si la calidad del refuerzo es el mínimo requerido para el diseño. Para profundizar más en el ensayo puede consultar la norma NTC 2289 (DAVINCI, 2020).

#### **5.B.4.2.6 Petrográfica**

Es una evaluación compleja en la que los encargados de realizar el ensayo muchas veces carecen del conocimiento suficiente de cementantes, adiciones del concreto y sus lesiones, por lo que es requerido que el ingeniero civil esté en constante comunicación para indicarle que se está buscando o que se necesita, entre más detallada sea la descripción de la lesión mejor será el análisis brindado por el encargado (también debe de tener un leve conocimiento del ensayo). Por otro lado, este ensayo es muy completo y da datos muy detallados como: proporciones de componentes, porosidad, origen de fisuración, entre otros (PROCEMCO, 2022).

La Petrografía es aplicable a los agregados del concreto: al concreto como, mortero, yeso, estuco, ladrillo, grouting y mezclas similares del cemento de Pórtland. La interpretación de lo encontrado proporciona ayuda valiosa en el desarrollo de soluciones prácticas a los problemas que se presentan en las construcciones. La información que se determina en el estudio petrográfico del concreto se hace usando las pautas dadas en la norma ASTM C 856 (norma para la examinación por microscopio petrográfico del concreto endurecido) (Lozano Peña, 2022).

Este ensayo te permite determinar: las condiciones del material, causas del deterioro del concreto, probable comportamiento futuro, descripción del concreto (Lozano Peña, 2022).

Se debe extraer parte del material de concreto del elemento analizado (extracción de núcleo) y la superficie de dicha muestra debe de estar pulida para su análisis en el microscopio (Narvaez Chavez & González Pérez, 2018).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM C295.

#### **5.B.4.1.5 Potenciales de corrosión de acero de refuerzo**

Es rápido y facilita el cubrimiento total de la superficie del concreto. Ayudan a detectar aparte de la corrosión, su condición y la causa. Consiste en la estimación de la energía eléctrica potencial de corrosión en el acero de refuerzo.

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM C876-15.

A continuación, se presenta la correlación lesión-ensayo donde a partir de las definiciones de las lesiones en el concreto y la funcionalidad de los ensayos se identificó su relación entre sí.



Figura 84. Ensayos en el concreto

	5.B.4.1.1	5.B.4.2.1	5.B.4.1.2	5.B.4.1.3	5.B.4.2.6	5.B.4.2.3	5.B.4.2.5	5.B.4.2.2	5.B.4.1.4	5.B.4.1.5	
Ensayos en el concreto											
Condicion	Inspeccion visual	Esclerometro	Extracción de núcleos	Ultrasonido	Ferroscañ	Petrografia	Prueba de Carga	Tracción al acero	Regatas y carbonatacion	Pistola windsor	Potenciales de corrosión de acero de refuerzo
Elementos embebidos en vigas, columnas o losas	x			x			x		x		
Despiece inapropiado del acero (Vigas columnas y losas)	x		x		x			x	x		
Disgregacion del concreto	x	x	x			x					
Carbonatación	x								x		
Corrosión del acero	x								x		x
Cambio de sección en elementos estructurales	x										
Columna corta	x										
Columna débil y viga fuerte	x										
Excentricidad	x										
Separación de edificaciones	x										
Piso débil	x										
Falla por esfuerzo a compresión	x	x	x		x		x			x	
Falla por esfuerzos de flexión	x	x	x		x		x	x			
Falla por esfuerzos cortantes	x	x			x		x	x			
Falla por efecto de torsión	x	x			x		x	x			
Falla por pandeo	x	x			x		x				
Punzonamiento	x	x		x	x		x				
Por curado inadecuado	x	x				x	x		x		
Falla en los nudos	x		x		x			x	x		

Nota. Correlación lesiones-ensayos en el concreto. Elaboración propia.

### 5.A.4 Ensayos en mampostería

Para la mampostería se podrán implementar algunas pruebas derivadas del ensayo de extracción de núcleos previamente analizado en el concreto, como compresión, tracción, flexión entre otros. Existen algunos casos especiales en los que es necesario aplicar unos ensayos sólo admisibles para la mampostería.

#### **5.A.4.1 Ensayos destructivos**

##### **5.A.4.1.1 Pruebas de extracción**

Determina la resistencia a tensión o cortante según sea aplicado el equipo y se evalúa basándose en niveles de desplazamiento del conector (la fuerza aplicada en la extracción y el cono formado indican la resistencia del mampuesto). El daño en la mampostería puede llegar a ser nulo o muy reducido, debido a que dejan marcas en forma de cono. (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 480).

También se le pueden aplicar ensayos a compresión a partir de la norma ASTM C-109 y para ensayos a flexión la norma ASTM C-348

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM E 488-90.

##### **5.A.4.1.2 Prueba de penetración**

Ayuda a determinar la uniformidad de las piezas y las juntas. Es mucho más útil para determinar la resistencia del mortero que la resistencia a compresión (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 481).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM C 403.

##### **5.A.4.1.3 Ensayos a corte**

Es uno de los ensayos más recomendados para determinar la resistencia a cortante por medio de un gato hidráulico. Los resultados obtenidos se pueden extrapolar a la de todo el elemento de mampostería. Dichos resultados no son aplicables para obtener la resistencia de cargas laterales de muros esbeltos (falla más comúnmente por flexión) ni muros cuyas grietas sean inclinadas (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM E 519.

#### 5.A.4.1 Adherencia mortero

“Este ensayo consiste en aplicar esfuerzos a flexión a la junta del mortero. Para esto es necesario remover la pieza de mampostería de arriba de la que se va a cargar y remover sus juntas verticales” (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 486).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM C 1357 y ASTM C 270.

##### 5.A.4.1.5 Petrografía

“Por medio de un análisis microscópico se evalúa muestras de mortero y piezas de mampostería y se obtienen características del material como contenido de aire, carbonatación, adherencia, entre otros” (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 500).

Normativa de aplicación del ensayo: NTC 4026.

##### 5.A.4.1.6 Pruebas de carga

Su funcionalidad consiste en aplicar una carga que simule el límite de diseño, con la finalidad de observar mejor la capacidad del soporte que tiene el elemento o sistema (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 500).

“Ver en NSR 10- Título C - C.5.6.5.5 — Si los criterios de 5.6.5.4 no se cumplen, y si la seguridad estructural permanece en duda, la autoridad competente está facultada para ordenar pruebas de carga de acuerdo con el Capítulo C.20 para la parte dudosa de la estructura, o para tomar otras medidas según las circunstancias.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Cibergrafía complementaria: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1069> (27/10/2022).

##### 5.A.4.1.7 Regatas y corrosión

**5.A.4.1.7.1 Regatas:** Es un ensayo muy limpio que permite evidenciar los refuerzos, su separación o si de pronto no cuenta con aceros longitudinales o transversales, además, si se cuenta o no con acero liso o corrugado, pero es de mucho cuidado a la hora de realizar el resane del elemento ya que se puede generar un daño adicional en la estructura. A partir

de este ensayo también se puede tomar una muestra del refuerzo para determinar su resistencia actual y compararla con la del diseño (DAVINCI, 2020).

#### **5.A.4.1.7.2 Corrosión**

Para el caso de que el acero se encuentre expuesto por un desgaste o agrietamiento del mortero se debe realizar dicho ensayo con el fin de analizar de que el acero no se encuentre comprometido por una oxidación (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM G50-10.

#### **5.A.4.2 Ensayos no destructivos**

##### **5.A.4.2.1 Ultrasonido**

Su funcionalidad es igual a la explicada en el ensayo anterior al concreto, que consiste en transmitir una onda a través del mampuesto. Se recomienda el uso de grasa o cera en espesores menores que 1.5mm. En el caso especial de la mampostería con grietas severas o con gran cantidad de huecos, las lecturas tienen una variación (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, págs. 503-504).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM C 597.

##### **5.A.4.2.2 Ferrosan**

Localiza barras y otros elementos de acero mediante aparatos portátiles de tipo magnético, los cuales nos ayudan a determinar la distancia de la barra y el tamaño de esta. Este ensayo no cuenta con una normativa técnica que regule su operación por lo que se debe consultar el manual de usuario del equipo (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 495).

Cibergrafía complementaria: [https://kipdf.com/ferrosan-fs10-manual-de-instrucciones-47-91\\_5b2e8225097c4751538b48f6.html](https://kipdf.com/ferrosan-fs10-manual-de-instrucciones-47-91_5b2e8225097c4751538b48f6.html) (27/10/2022).

#### 5.A.4.2.3 Esclerómetro

Nos facilita determinar la uniformidad de la mampostería y delimitar zonas débiles o de baja calidad. La herramienta es posicionada contra la superficie del mampuesto. Es recomendado para piezas de arcilla para evitar que se dañe el instrumento.

Recomendaciones: Aplicar la descarga del rebote lejos de orillas, aberturas o agrietamientos y si es necesario lijar la superficie analizar (es necesario un plano liso). También se debe tener en cuenta las indicaciones del equipo (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 479).

Normativa de aplicación del ensayo: ASTM C805 y NTC 3692.

A continuación, se presenta la correlación lesión-ensayo donde a partir de las definiciones de las lesiones en la mampostería y la funcionalidad de los ensayos se identificó su relación entre sí.

Figura 85. Ensayos en la mampostería

Condicion	Inspección visual	5.A.4.2.3	5.A.4.1.1	5.A.4.1.2	5.A.4.1.3	5.A.4.1.4	5.A.4.2.1	5.A.4.2.2	5.A.4.1.5	5.A.4.1.6	5.A.4.1.7
		Esclerometro	Extracion	Penetracion	Ensayo a corte	Adherencia mortero	Ultrasonido	Ferroscon	Petrografia	Prueba de Carga	Regatas y carbonatacion
Mala colocacion del mampuesto	x										
Falta de trabas en las esquinas	x										
Mala adherencia	x				x	x					
Uniones entre paredes	x										
Conexiones entre materiales (juntas)	x										
Ausencia de acero de refuerzo								x			x
Colocacion inadecuada del acero de refuerzo respecto a la pega								x			x
Insuficiencia de mortero en juntas	x		x	x							
Regatas excesivas		x					x				x
Ausencia de grouting en dovelas		x					x			x	x
Giros en zapatas	x										
Ausencia de grouting en dovelas							x			x	x
Giros en zapatas	x										
Rotación interna	x									x	
Pandeo	x	x					x	x			
Aplastamiento (falla a compresión)	x		x				x	x		x	
Cargas uniformes sobre muros de sección variable	x										
Falla a cortante	x				x	x					
Muro sin soporte superior	x										
Muro con soporte superior	x										
Muro con soporte laterales (sin apoyo en la base)	x										
Muro con soporte laterales y empotrado en la base	x					x					
Muro con soporte en todas sus direcciones	x					x		x			
Asentamiento diferenciales	x										
Falla por tension diagonal	x				x	x					
Falla por traccion	x										
Falla por efectos combinados (pandeo y cortante)	x				x	x		x		x	
Distribucion inadecuada de muros en planta	x										
Falta de continuidad en altura	x										
Bajo espesor de muros	x										
Falla de corte por deslizamiento	x						x				
Muros no confinados	x						x				

Nota. Correlación lesiones-ensayos en la mampostería. Elaboración propia.

## Etapa 6 (Intervención)

### 6.1 Demolición de la vivienda

Si después de que el ingeniero a cargo haya analizado la lesión, considera que la opción más viable es la demolición de la estructura, ya sea por costos o por la gravedad de la misma, no se deberá continuar con este apartado.

Por otra parte, si los resultados de los ensayos muestran que la estructura se le puede implementar de una o varias técnicas de rehabilitación se continuará con los siguientes pasos:

- Evacuación de la vivienda si es requerido
- Implemento de equipos de seguridad.
- Apuntalamiento

### 6.2 Intervención a una estructura

Es una modificación mecánica a un elemento o estructura que evidencie una deficiencia para soportar las cargas ya sea por cargas de uso o por sísmicas. Al realizar una intervención en una vivienda se debe de tener en cuenta los siguientes conceptos (Aguirre López y otros, 2017):

**Reparación:** Consiste en una restauración de los elementos estructurales originales de la vivienda.

**Refuerzo:** Es el mejoramiento de los elementos estructurales que no necesariamente han sufrido daño por cargas u otros factores.

**Reconstrucción:** Este proceso se basa en la recuperación de elementos estructurales gravemente dañados que posiblemente ya hayan fallado por lo que se debe brindar una características iguales o mejores para garantizar un correcto funcionamiento a futuras cargas u otros factores.

Acorde los criterios del ingeniero civil deberá de analizar qué tipo de actividad es requerida para la rehabilitación de la vivienda, a partir de las lesiones previamente

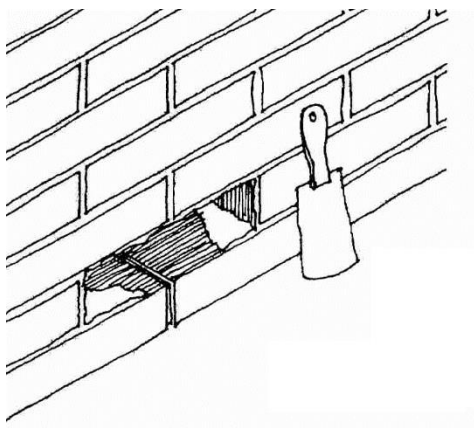
mencionadas anteriormente en la guía y si la fisura o grieta continua activa o si el elemento o sistema ya fallo.

## 6.A Intervención de lesiones en mampostería

### 6.A.1 Sustitución de elementos de mampostería

Para espacios zonas donde se presenten grietas con una gran abertura, se opta por retirar los elementos del mampuesto deteriorado uno a uno en tramos no muy grandes ya que podría generar que colapsó del muro. En su intervención se debe limpiar el área donde se colocarán los nuevos elementos, utilizar un mortero de buena calidad con características similares al original y garantizar que el nuevo elemento presente las mismas características de los ya colocados para así evitar que se presenten puntos débiles o de mayor rigidez en el muro que con el tiempo pueden fallar nuevamente (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001, pág. 148).

**Figura 86.** *Sustitución de elementos en la mampostería*



Tomada de (SENA, 2022).

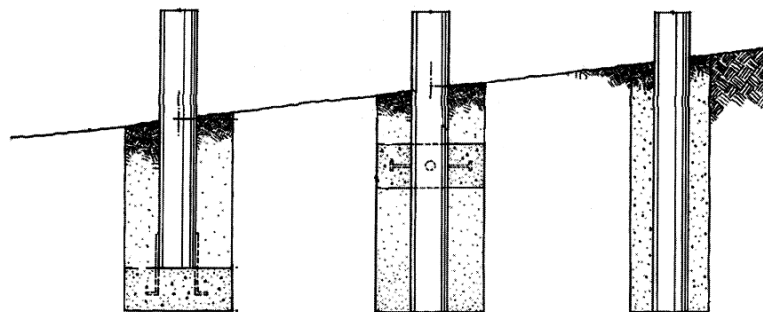
### 6.A.2 Reducción de sobrecarga

A sí mismo como se explicó en el apartado de concreto, en la mampostería cuando el elemento está fallando por flexión, pandeo, compresión se hace necesario reducir la carga que le está llegando al elemento y/o sistema, por lo que es necesario cambiar de uso o sustituir elementos no estructurales por unos más livianos como los prefabricados.

### 6.A.3 Reemplazar cimentación por asentamiento

Es necesario realizar una intervención directa en la cimentación ya que, si se ha presentado esta lesión, servirá muy poco aplicar un encamisado al muro debido que, si se presenta otro asentamiento, este fallará nuevamente. Es por eso que se deben de realizar más estudio sobre el estado del suelo y de la cimentación. Una de las soluciones es reemplazar la cimentación por pilotes ya que su proceso constructivo es más simple y requiere menos dinero en comparación de la elaboración de otro tipo de cimentaciones. (Quispe Napanga, 2018, pág. 28).

**Figura 87.** *Reemplazo de cimentación por pilotes*

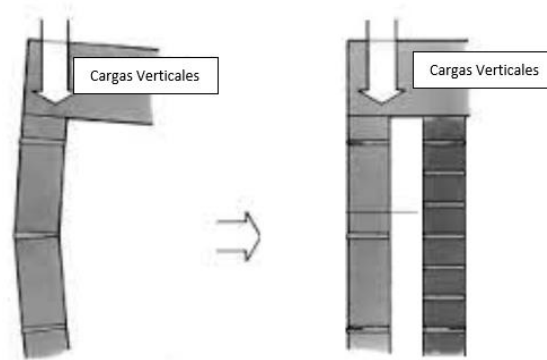


Nota: Ejemplificación de implementación de pilotes como cimentación. Tomada de (Constructor Civil, 2014).

### 6.A.4 Adición de una estructura paralela

Cuando se tenga un muro que sea incapaz de soportar las cargas de uso, puede optarse por la implementación de esta técnica de rehabilitación, la cual consiste en adicionar un nuevo elemento estructural paralelo al ya existente, con el fin de que absorba las cargas sobrantes y se pueda recuperar la seguridad de la vivienda. Esta técnica es útil para aquellas lesiones que ocurren por rotación interna (Broto, 2005, pág. 713).

**Figura 88.** Adición de muro paralelo al existente

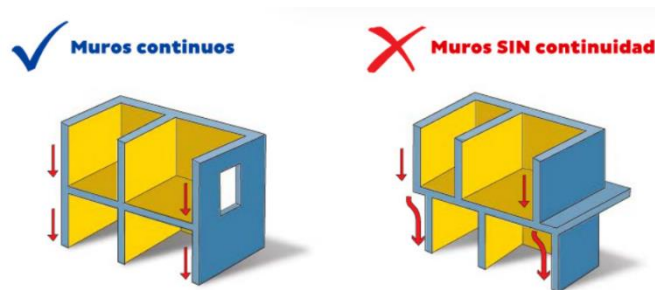


Tomada de (Hisपालyt, 2022).

#### 6.A.5 Adición de elementos estructurales

Si el edificio tiene irregularidades en la distribución de masa. Se pueden diseñar los elementos que ocasionan esto para que tengan la suficiente resistencia para asumir la demanda de cargas. Para evitar reforzar estos elementos estructurales se podría redistribuir la masa (Herrera Arroyave & González Restrepo, 2018, pág. 98).

**Figura 89.** Adición de elementos en altura



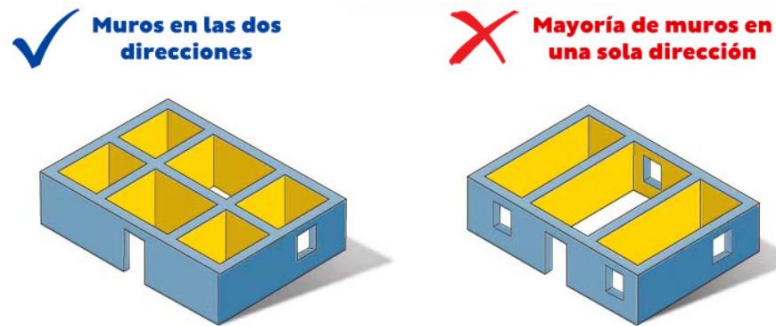
Nota: Distribución correcta de muros en altura. Tomada de (CONSTRUYENDO, 2022).

#### 6.A.6 Corrección al efecto torsional

Se presenta esta irregularidad por su configuración en planta y por la presencia de muros que no están bien distribuidos y están unidos a los diafragmas. Estos deben ser

aislados del sistema y se pueden diseñar muros que varíen los centros de rigidez (Herrera Arroyave & González Restrepo, 2018, pág. 98).

**Figura 90.** Adición de elementos en planta



Nota: Distribución correcta de muros en planta. Tomada de (CONSTRUYENDO, 2022).

### 6.A.7 Incremento del Índice de sobreesfuerzo

Esta técnica consiste en aumentar la capacidad del elemento de soportar las cargas verticales o aquellos que fallaron a compresión (Véase en 3.A.1.2.4), por medio de materiales ligantes en el interior del muro (inyección de resinas sintéticas). Debe ser aplicado por un personal capacitado ya que una aplicación excesiva puede provocar otros daños en el elemento. Su efectividad tiene un alto grado de incertidumbre (Broto, 2005, pág. 717).

**Figura 91.** Inyección de resina sintética

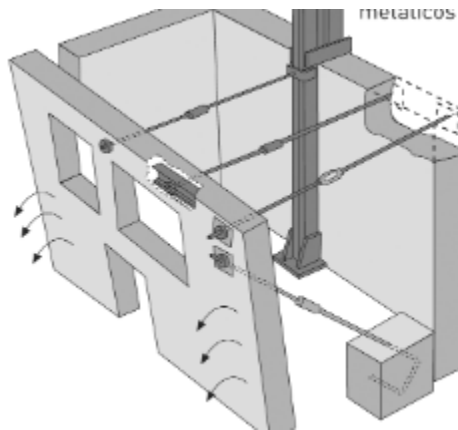


Tomada de (CONFORT HOME, 2022).

### 6.A.8 Pasadores transversales

Es útil cuando se tienen muros, cuyas trabes en las esquinas no fueron colocadas adecuadamente. Se colocan pasadores metálicos (tirantes) que atraviesan ambos muros y permiten atar las zonas que se encuentran debilitadas (Broto, 2005, pág. 718).

**Figura 92.** Pasadores transversales



Adaptada de (Broto, 2005).

### 6.A.9 Encamisado con malla electrosoldada

Es común este método de intervención por el cual se busca incrementar las características del elemento por medio de un aumento de sección con mallas electrosoldadas. Adicionalmente, es muy económico, versátil, confiable y no necesita de mano de obra calificada. Por el lado estético no es muy bien visto porque se modifica la apariencia de este (Broto, 2005):

1. Quitar el revoque viejo y dejar la mampostería a la vista,
2. limpiar grietas (aquellas que aparecieron por la lesión) y estucar las con mortero de pega.
3. Aplicación por ambas caras del muro de malla electro soldada.
4. Aplicación de recubrimiento en ambas caras con mortero de pega.

**Figura 93.** Encamisado de muro con malla electrosoldada



Tomada de (Saavedra, 2020).

Cibergrafía

complementaría:

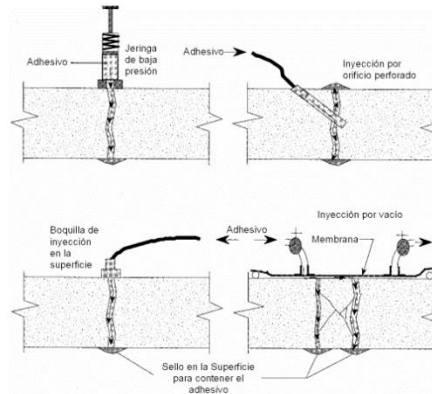
[https://www.evaluacionsismica.uagro.mx/uploads/articulos/EDIFICACIONESDEMAMPOSTERIAPARA\\_VIVIENDAS.pdf](https://www.evaluacionsismica.uagro.mx/uploads/articulos/EDIFICACIONESDEMAMPOSTERIAPARA_VIVIENDAS.pdf) (27/10/2022).

“Desde el punto de vista de comportamiento sísmico, el mejor sistema de refuerzo para la mampostería es el confinamiento mediante elementos de concreto reforzado y escalonada en las juntas de mortero para controlar el agrietamiento y el deterioro de las piezas” (Páez Moreno y otros, 2009, pág. 55).

#### **6.A.10 Inyección de resinas epóxicas**

La aplicabilidad de esta técnica está sujeta al espesor de la grieta, la cual si va a ser aplicada a presión no debe ser superior a 0.05mm y si es por gravedad a 0,3 mm. Se debe hacer limpieza de la zona y garantizar que esta no esté húmeda ya que los materiales epóxicos no se adhieren (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

**Figura 94.** *Inyección de resinas epóxicas*



Tomada de (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

#### 6.A.11 Inyección de morteros de cementos

La mezcla de mortero debe ser estable, resistente y con partículas pequeñas ya que debe de fluir fácilmente a través de las grietas. Adicionalmente, debe de tener una buena resistencia a compresión, tensión y adherencia entre las piezas de mampostería. Esta técnica es aplicable a grietas con espesores de 0.08mm a 12mm o mayores. La separación de las boquillas de inyección depende del espesor de las grietas. (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

**Figura 95.** *Inyección de morteros de cemento*



Tomada de (RPP, 2018).

Cibergrafía complementaria: (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003, pág. 507) (27/10/2022).

#### **6.A.12 Fibras de carbono**

La utilización de las fibras de carbono en la mampostería para dar solución a temas de fisuras y grietas, su aplicación tendrá mucho que ver en la dirección que estas se presenten. Las técnicas de aplicación del material que comúnmente se utiliza son los utilizados en x y en cruz. En caso tal de que se requiera subsanar la capacidad a cortante del mampuesto se requerirá colocar las tiras de fibra de carbono en sentido horizontal y en caso contrario que sea para mejorar su capacidad a flexión, estas deberán ir en sentido vertical. En caso tal de que se requiera dar solución tanto a las capacidades portantes como las de flexión será necesario realizar la combinación de ambas siguiendo las recomendaciones de uso del material para no sobrepasarse en la cantidad a utilizar y su separación la una con la otra (Leyva Hernandez & Urrego Ortiz, 2019, págs. 28-29).

**Figura 96.** *Colocación de fibras de carbono*



Tomada de (Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C., 2003).

#### **6.A.13 Confinamiento del elemento**

Esta intervención consiste en agregar elementos verticales de concreto denominados como columnetas con el fin de darle el confinamiento adecuado a los muros que se le realizaron perforaciones para una venta o puerta ya sea por una modificación u

otra razón. Para este caso se debe retirar parte del mampuesto con el fin de darle el espesor mínimo que deberá tener el elemento de concreto.

A continuación, se presenta la correlación lesión-intervención donde a partir de las definiciones de las lesiones en la mampostería y la funcionalidad de las intervenciones se identificó su relación entre sí.



Figura 97. Método de prueba de la mampostería

Intervenciones en la mampostería													
Condicion	Adición de una estructura paralela	Adición de elementos estructurales	Sustitución de elementos de mampostería	Corrección al efecto torsional	Incremento del índice de sobreesfuerzo	Pasadores transversales	Encamisado con malla electrosoldada	Inyección de resinas epoxicas	Inyección de mortero	Intervención de la cimentación por hundimientos	Reducción de sobrecarga	Fibras de carbono	Confinamiento del elemento
Mala colocacion del mampuesto		x											
Falta de trabas en las esquinas					x					x			
Mala adherencia							x	x					
Uniones entre paredes		x					x	x					
Conexiones entre materiales (juntas)							x	x					
Ausencia de acero de refuerzo						x						x	
Colocacion inadecuada del acero de refuerzo respecto a la pega						x						x	
Insuficiencia de mortero en juntas							x	x					
Regatas excesivas		x				x							
Ausencia de grouting en dovelas							x	x					
Giros en zapatas										x			
Ausencia de grouting en dovelas							x	x					
Giros en zapatas										x			
Rotación interna		x											
Pandeo											x	x	
Aplastamiento					x		x				x	x	
Secciones variables							x	x			x		
Falla a cortante		x				x						x	
Muro sin soporte superior		x				x							x
Muro con soporte superior		x				x							
Muro con soporte laterales (sin apoyo en la base)		x											x
Muro con soporte laterales y empotrado en la base		x				x						x	
Muro con soporte en todas sus direcciones		x				x						x	
Asentamiento diferenciales										x			
Falla por tension diagonal		x				x						x	
Falla por traccion		x											x
Falla por efectos combinados (pandeo y cortante)		x				x					x	x	
Distribucion inadecuada de muros en planta		x		x									
Falta de continuidad en altura		x											
Bajo espesor de muros						x							
Falla de corte por deslizamiento						x						x	
Muros no confinados													x
Firuramiento inactivo							x	x					

Nota. Correlación lesión-intervención en la mampostería. Elaboración propia.

## 6.B Intervención a lesiones en concreto

Las intervenciones a elementos o sistemas construidos en concreto, se pueden intervenir para mejorar aspectos como resistencia del material, aumento de la capacidad de carga, aceros faltantes y/o secciones insuficientes.

En aquellas lesiones que se le realizaron monitoreo de fisuras y arrojaron como resultado un fisuramiento en estado muerto (no activo) y adicionalmente cumplan con los parámetros establecidos en 6.B.9, 6.B.12, 6.B.11, 6.B.10 y 6.B.13, se podrá implementar las anteriores intervenciones.

### 6.B.1 Sustitución del hormigón afectado por la corrosión

Cuando el acero está en su proceso de corrosión o presenta carbonatación en el concreto, se debe retirar todos los fragmentos de hormigón fracturado, este material muchas veces estará mal adherido o que por medio del ensayo evidencien su carbonatación (Ver en 5.B.4.2.2) incluso hasta partes donde no se evidencian, con el fin de verificar que la armadura quede sana. Esta técnica se puede aplicar por medio de picado manual u otros medios manuales o mecánicos.

Es recomendable que sea ejecutado por un técnico con experiencia, ya que podría poner en riesgo el elemento o la estructura, adicionalmente, se debe apuntalar las zonas que se van a reforzar (Broto, 2005, pág. 594).

**Figura 98.** *Preparación del elemento para sustituir hormigón afectado*



Nota: Remoción del recubrimiento para posteriormente aplicar concreto. Tomada de (PROPAMSA, 2022).

### 6.B.1.1 Sustitución de acero corroído

Se requiere limpiar muy bien el acero y el área a su alrededor, impermeabilizar con anticorrosivo. En caso tal de que el acero esté corroído deberá ser reemplazado el tramo afectado realizando el traslape de una barra de acero nueva con anclajes químicos al acero antiguo. Es requerible la utilización de anclajes químicos debido a que es posible que el espacio sea muy estrecho y no es recomendable extraer el hormigón del núcleo ya que se estaría debilitando el elemento. El uso del tipo de anclaje queda a criterio del ingeniero (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001, págs. 294-296).

Cibergrafía

complementaría:

[https://higieneysseguridadlaboralcv.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia\\_broto\\_de\\_p\\_atologias\\_de\\_la\\_construccion.pdf](https://higieneysseguridadlaboralcv.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_p_atologias_de_la_construccion.pdf) (27/10/2022).

Cibergrafía

complementaría:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/9171/u271423.pdf?sequence=1> (27/10/2022).

### 6.B.2 Arriostramiento con elementos de acero

Es común esta técnica para viviendas con gran altura y que presentan deficiencia en cuanto a la rigidez del sistema. Para esto es necesario la implementación de perfilera en acero generalmente con una sección circular y unidos con soportes tipo pernos anclados en la en las uniones donde se presenta mayor concentración de esfuerzos y estos deben de estar certificados de que van a resistir sobre todo a cizalladura (Herrera Arroyave & González Restrepo, 2018, págs. 90-92).

**Figura 99.** Arriostramiento con elementos metálicos



Nota: Arriostramiento metálico. Tomada de (Sika, 2022).

### **6.B.3 Aumento de sección de elementos (encamisados en concreto)**

Como su nombre lo indica consta en aumentar la cantidad de refuerzo y la sección de los elementos afectados con el fin de suplir las deficiencias presentadas en el sistema principal de transmisión de cargas. Para los elementos vigas y columnas las alternativas se presentan de los siguientes tipos (Herrera Arroyave & González Restrepo, 2018):

#### **6.B.3.1 Columna**

Al trabajar por cargas a compresión y flexión (flexo-compresión). La alternativa presentada es un encamisado que parte de un reforzamiento debido para aumentar la capacidad de la columna con un recubrimiento en concreto, siendo necesario conocer cuál es la capacidad faltante del elemento ya que no siempre es necesario realizar un reforzamiento completo al elemento, pueden ser solo algunos tramos. Como por ejemplo para un fallo a cortante es necesario mayor refuerzo de estribos, ya sea en los extremos de la columna o en su centro (Herrera Arroyave & González Restrepo, 2018).

**Figura 100.** *Encamisados en columnas*



Adaptada de (Sika, 2022).

### **6.B.3.2 Vigas**

Para aquellas que presenten lesiones a flexión es necesario que el encamisado tenga mayor refuerzo en los aceros longitudinales, cuando estas fallan por cortante se hace necesario medidas más específicas de control, por lo que se debe realizar demoliciones laterales del elemento y perforaciones para ubicar el acero transversal y aplicar epóxico para una mejor adherencia (concreto de alta resistencia), de igual forma este método de intervención modifica la inercia del elemento y aumenta su rigidez (Herrera Arroyave & González Restrepo, 2018, págs. 82-85).

**Figura 101.** *Encamisado en viga*



Adaptada de (Rendón, 2016).

#### **6.B.4 Recubrimiento con fibras de carbono**

Esta técnica de reforzamiento es de las más prácticas y rápidas de elaborar siendo similar al de las barras de acero de una estructura (longitudinales o transversales) pero a diferencia del encamisado esta técnica no requiere un ensanchamiento significativo de los elementos afectados por lo que arquitectónicamente tendrá un mejor aspecto, pero puede presentar problemas en cuanto a cortante debido a que las cargas verticales y sísmicas involucran una necesidad de resistencia a cizalladura.

Las fibras tienen una capacidad de refuerzo unidireccional por lo que se debe de mantener la misma trayectoria de las cargas del diseño original de la vivienda (Herrera Arroyave & González Restrepo, 2018, pág. 95).

**Figura 102.** *Recubrimiento con fibras de carbono*



Adaptada de (Sika, 2022).

### 6.B.5 Inyección por gravedad

Al igual que la intervención anterior solo aplica para fisuras inactivas y sin presencia de agua, pero este funciona a partir de la gravedad y sin la necesidad de la implementación de un equipo de inyección. Generalmente, esta técnica es aplicable para losas (Departamento Técnico de Sika Colombia S.A., 2022, pág. 13).

**Figura 103.** *Inyección por gravedad*



Adaptada de (JME Ingeniería, 2017).

### 6.B.6 Encamisado con perfiles metálicos

#### 6.B.6.1 Para las columnas

Se realizan perforaciones tanto en la base de la columna como en la parte superior para así lograr anclar los conectores roscados mediante anclajes químicos que ayudan a la sujeción de la perfilería metálica las cuales van atornilladas. Para el refuerzo de columnas con perfiles metálicos, se requiere impregnar en cada una de las esquinas adhesivo epóxico para una correcta conexión concreto-acero y luego se procede a la colocación de ángulos en cada una de las esquinas, donde estas van soldadas a la base inferior y la superior. De igual forma, a cada uno de los angulares van soldadas pequeñas pletinas en cada una de las caras de la columna para así garantizar que el elemento de concreto quede incrustado dentro de la perfilería metálica que ayudará a reforzar el elemento (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001, págs. 287-289).

**Figura 104.** *Encamisado de perfiles metálicos en columnas*



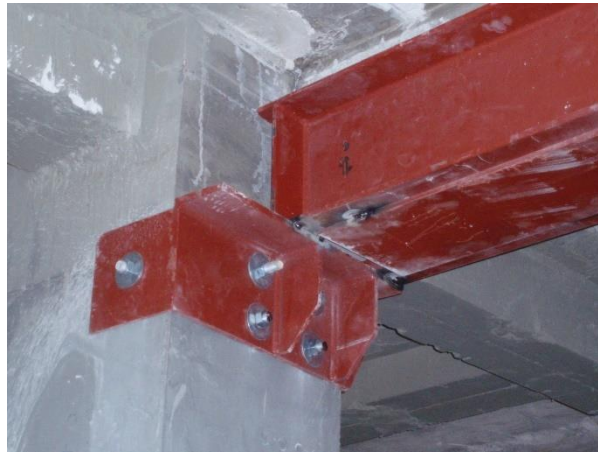
Adaptada de (Sika, 2022).

#### **6.B.6.2 Para las vigas**

Esta técnica es muy útil cuando el encamisado o las fibras de carbono son insuficientes para reforzar el elemento estructural. Esta técnica a pesar de ser una de las mejores también es más costosa y su adherencia con el elemento de hormigón existente debe de ser muy buena (utilización de resinas epóxicas) (Structuralia, 2017).

“Una posible solución es adosar a la cara inferior de la viga un perfil en "U", o bien angulares en las esquinas, y atar este refuerzo a la viga mediante presillas que atraviesen la losa de entrepiso” (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001, pág. 289).

**Figura 105.** *Encamisado con perfiles metálicos en vigas*



Tomada de (EPACHON, 2013).

### **6.B.7 Reducción de sobrecarga**

Cuando el elemento está fallando por flexión, pandeo, compresión se hace necesario reducir la carga que le está llegando al elemento y/o al sistema, por lo que es necesario cambiar de uso o sustituir elementos no estructurales por unos más livianos como los prefabricados.

### **6.B.8 Sustitución de viga y columna**

Para los casos que la viga tenga un deterioro notable o que ya haya fallado, es necesario cambiar parcial o completamente el elemento, por lo que el apuntalamiento o la técnica empleada para asumir provisionalmente las cargas de la viga mientras es sustituida deben de ser iguales o mejores (Broto, 2005).

En el caso de la columna y que está presente un deterioro muy avanzado, es necesario realizar el apuntalamiento con urgencia para ayudar a la estructura a contrarrestar las cargas que le llegaban a ese elemento, y así poder considerar si realmente requiere una sustitución parcial o completamente. Es pertinente recalcular la resistencia del material para luego reforzarlo hasta obtener su sección de acero necesaria (Pérez, 2022).

**Figura 106.** *Apuntalamiento de columna para intervención*



Nota: Ejemplificación de apuntalamiento a columna en muy mal estado para posteriormente su reemplazo. Adaptada de (Florez May, 2020).

### **6.B.9 Inyección de resinas epóxicas**

Por medio de las resinas epóxicas como adhesivos, se permite la adherencia entre hormigón-hormigón y acero-hormigón dando por entendido que en los casos donde se tenga desprendido fragmentos de hormigón y este requiera ser reparado, este permite una buena adherencia entre el hormigón original y el que va a ser reparado y de igual forma sucede con la relación acero-hormigón, ya que por medio de este se permite uniones y anclajes de las barras de acero al hormigón. Sea el caso para el cual se desee emplear, es requerido que la superficie se encuentre limpia y sin presentar humedad para así garantizar una buena adherencia. En el mercado existen un gran número de diferentes marcas de resinas epóxicas como adhesivos los cuales pueden ser utilizados para dar solución a la reparación requerida, queda a criterio del encargado, escoger el de su preferencia y que aplique para el trabajo a realizar teniendo en cuenta las indicaciones del fabricante para no presentar una mala práctica en la aplicación (Río Bueno, 2022, págs. 34-35).

Para realizar la intervención con resina epóxica, es necesario que la fisura presente como mínimo un ancho de 0,1 mm y que el área de aplicación no presente humedad. Si la finalidad es impermeabilizar y sellar la fisura es requerido que se aplique el producto a baja

presión sobre el área a cubrir, donde para esto es requerido primeramente limpiar el área donde se aplicará el epóxico (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001, pág. 281).

Igualmente, también se tienen otras referencias que la aplicabilidad de esta técnica es para fisuras no superiores a 0.05mm.

**Figura 107.** *Inyección de resinas epóxicas*



Adaptada de (PSC MEXICO, 2021).

Cibergrafía

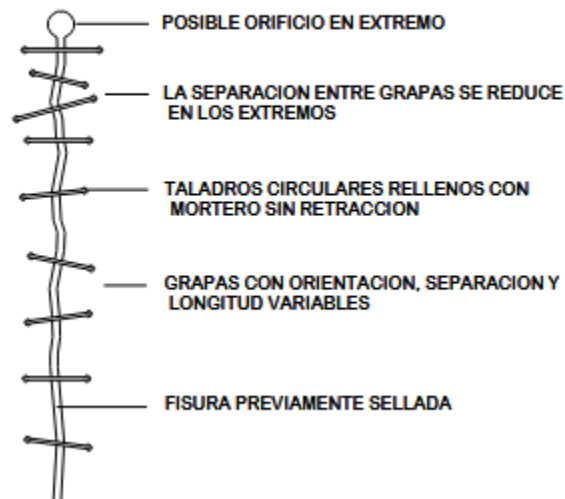
complementaría:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/43532/2022robertwalterferrer.pdf?sequence=1> (27/10/2022).

### **6.B.10 Grapas metálicas**

La intervención por medio de grapado, consiste en aplicar grapas metálicas distribuidas a lo largo de la fisura variando su orientación. Se realiza perforando a ambos lados de la fisura un orificio con una broca que tenga el diámetro mayor al del acero que será introducido. estas grapas normalmente son en C por lo que será necesario realizar una abertura en sentido opuesto a la fisura de tal manera que al introducir los dos extremos en los orificios perforados está encaje quedando incrustada dentro del elemento de tal forma que luego se pueda cubrir con mortero y no quede a la vista. Para el relleno de los orificios, se aplica mortero expansivo, una lechada o epóxico de anclaje (Río Bueno, 2022, págs. 24-25).

Figura 108. Grapas metálicas

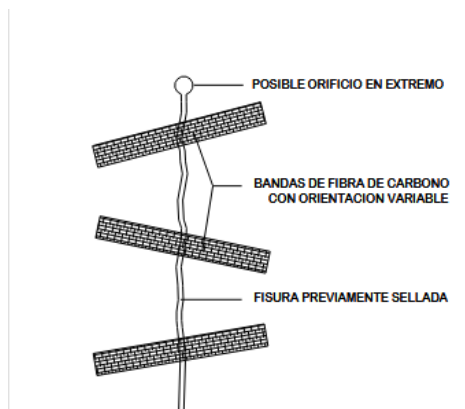


Adaptada de (Río Bueno, 2022).

### 6.B.11 Grapado con fibras de carbono

Su funcionalidad es la misma al grapado con barras de acero, se puede realizar con bandas de fibra de carbono donde estas son colocadas transversalmente a la fisura con diferentes orientaciones. Para ello es requerido que la superficie esté limpia, y previo a esto realizar el secado y curado de la fisura donde luego se impregna con epóxico fluido donde serán colocadas las bandas. Al haber extendido las bandas, éstas se impregnan con resina, cubriendo una mayor área y realizándose de manera más fácil y rápida en comparación con el grapado que se utiliza convencionalmente (Río Bueno, 2022, pág. 25).

**Figura 109.** *Grapado con fibras de carbono*



Adaptada de (Río Bueno, 2022).

#### **6.B.12 Recubrimiento con mortero**

Se utiliza mediante la dosificación de mezcla entre arena y cemento en diferentes capas, siendo su relación 2 a 2 en la primera capa y 3 a 3 en la última, donde es aplicada con la ayuda de una llana en capas entre 2 o más de 5 a 10 mm cada una. Su funcionalidad es para zonas de reparación poco profundas (entre 2 a 4 cm) en lugares como vigas y columnas, por lo tanto, se puede aplicar para todas las lesiones que presenten fisuras inactivas y con una profundidad como la establecidas anteriormente (Río Bueno, 2022, pág. 33).

**Figura 110.** *Recubrimiento con mortero*



Tomada de (República, 2009).

### 6.B.13 Aplicación de mortero seco

Es una mezcla con baja relación agua cemento para permitir que el material haga su efecto y disminuir los efectos de retracción. La aplicabilidad de este material se da de manera manual la cual requiere mano de obra especializada. Es utilizada para zonas donde se presentan fisuras inactivas muy profundas y agujeros que requieran un llenado y en superficies pequeñas, por lo que puede solucionar las fisuras inactivas que presenten lesiones. Es recomendable una relación cemento que oscile entre 2, 5 y 3. El modo de empleo es extendiendo capas de aproximadamente 1 cm, donde cada una de ellas es requerida que a medida que se esté empleando estas vayan siendo compactadas y se dejen rayones sobre ellas de tal forma que la superficie quede rugosa y permita la adherencia de la siguiente capa (Río Bueno, 2022, pág. 34).

**Figura 111.** *Aplicación de mortero seco*

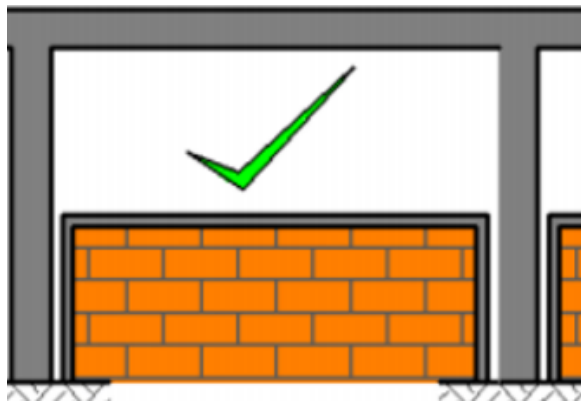


Tomada de (Tolosa Group, 2022).

### 6.B.14 Intervención en las columnas cortas

Se debe permitir el desplazamiento lateral de la columna para poder reducir la demanda de la deformación en un solo punto. Para esto existen dos soluciones que consisten en separar el mampuesto de la columna o incorporar el área faltante (con sus respectivas juntas) (Beauperthuy & Urich, 2011).

**Figura 112.** *Intervención a columna corta*



Adaptada de (Ceballos, 2019).

#### **6.B.15 Reemplazo y adición de estribos**

Esta intervención requiere un análisis previo donde existe la necesidad de calcular la cantidad de estribos a reemplazar y la resistencia del concreto para que así el elemento cumpla con las condiciones de carga a las cuales fue diseñado para trabajar en la estructura.

Lo primero que se debe realizar es el apuntalamiento de aquellas vigas que estén trabajando en el área donde se realizará la reparación y en caso tal de que sea en una columna de igual forma será necesario para así contrarrestar las cargas que le eran transmitidas a ese elemento. Posteriormente, se requiere demoler el área de afectación sobre el cual se trabajará hasta lograr visibilizar los aceros, dejando en cierta parte el concreto no muy uniforme para así garantizar la correcta adherencia en el vaciado del concreto antiguo y el nuevo. Es de gran importancia limpiar muy bien los aceros y posterior a ello aplicarle anticorrosivo para evitar la corrosión a futuro. Debido a que se verterá un nuevo concreto en la zona retirada, es recomendable que se aplique una capa de epóxico para así mejorar la adherencia. Luego, se procede a colocar los estribos o barras de acero con sus respectivas separaciones para que así cumplan con el diseño. Por último, se realiza el encofrado del elemento y se procede a su vaciado, donde es recomendable realizar el curado garantizando un correcto fraguado, para que así alcance una resistencia mínima del

80%. Se recomienda no retirar los apuntalamientos hasta lograr lo anterior (Raigosa Tuk, 2010).

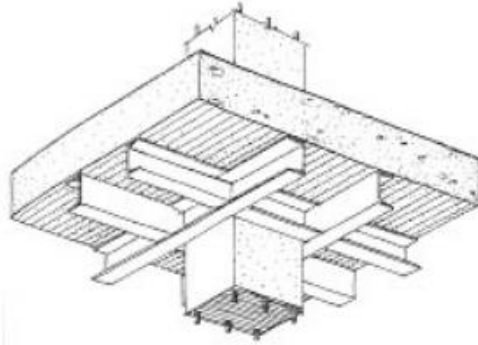
#### **6.B.16 Separación entre viviendas**

Se requiere que se haga un previo análisis con el fin de que cumpla con una separación igual o mayor a la deriva máxima permitida. Luego de que se conozca la separación, se procede al apuntalamiento de la viga donde está actuando la columna y se realiza la creación de una columna nueva o muro. Posteriormente, se demuele la anterior columna y la parte de la viga que sobresale. Cabe resaltar que este procedimiento se realiza uno a la vez y se repite cuantas ocasiones sean necesarias hasta lograr cumplir la separación mínima. De igual forma para los muros en mampostería, es necesario el apuntalamiento para así luego poder reemplazar un tramo del muro hasta lograrlo en su totalidad.

#### **6.B.17 Intervención para punzonamiento**

En primera instancia se requiere apuntalar la zona a reparar para así ayudar a contrarrestar las fuerzas que están siendo transmitidas a la zona punzonada. Para la intervención existen diferentes métodos con los cuales se le puede dar solución a esta falla, donde uno de estos es la instalación de perfiles metálicos en la parte inferior de la losa, rodeando el área de la columna para garantizar la resistencia de la misma. Otra solución es apuntalar con elementos transversales tipo “pie de amigo” alrededor de la columna para así rigidizar el área afectada. De igual forma existe la posibilidad de disponer bandas de fibras de carbono en la parte inferior de la losa ya que por su gran capacidad de resistencia a flexión ayudaría a la columna con la falla que se esté presentando (Navarro Menargues, 2022, pág. 19).

**Figura 113.** *Intervención para punzonamiento*

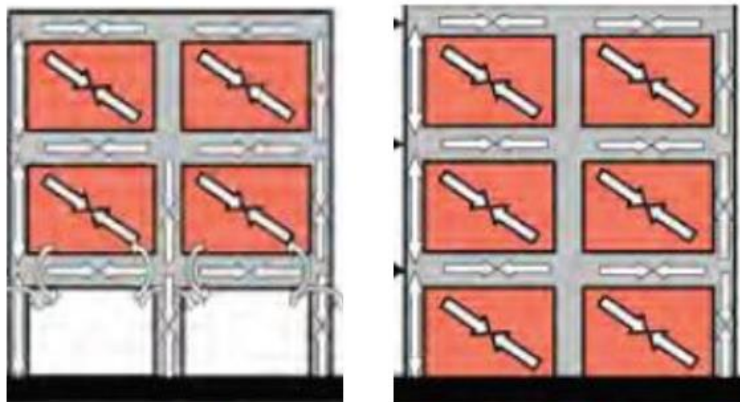


Tomada de (Asefa, 2022).

#### **6.B.18 Igualación de rigidez del sistema estructural**

Esta intervención consiste en agregar un sistema de muros o elementos estructurales en los niveles que lo requiera de la vivienda con el fin de que esta tenga una misma rigidez y no se comporte de manera diferente ante eventos sísmicos.

**Figura 114.** *Igualación de rigidez en edificación*



Nota: De izquierda a derecha se evidencia la presencia de piso débil en la planta baja y la forma en que se corrige mediante la adición de muros. Tomada de (Suárez Ortiz, Docplayer, 2018).

A Continuación, se presenta la correlación lesión-intervención donde a partir de las definiciones de las lesiones en el concreto y la funcionalidad de las intervenciones se identificó su relación entre sí.

**Figura 115. Intervenciones en el concreto**

Intervenciones en el concreto																		
Condición	Sustitución del hormigón afectado por la corrosión	Aumento de sección de elementos (encamisados en concreto)	Arriostamiento con elementos de acero	Recubrimiento con fibras de carbono.	Inyección por gravedad	Reducción de sobrecarga	Encamisado con perfiles metálicos	Sustitución de viga y columna	Inyección de resinas epóxicas	Recubrimiento con mortero	Grapado con fibras de carbono	Grapas metálicas	Aplicación de mortero seco	Intervención en las columnas cortas	Reemplazo y adición de estribos	Separación entre viviendas	Intervención para punzonamiento	Igualación de rigidez del sistema estructura
	Elementos embebidos en vigas, columnas o losas		x						x									
Despiece inapropiado del acero (Vigas columnas y losas)	x		x			x	x								x			
Disgregación del concreto	x									x			x					
Carbonatación	x																	
Corrosión del acero	x																	
Cambio de sección en elementos estructurales		x																
Columna corta														x				
Columna débil y viga fuerte		x																
Excentricidad		x																
Viviendas que no tienen separaciones																x		
Piso débil		x	x															x
Falla por esfuerzo a compresión		x		x		x	x	x							x			
Falla por esfuerzos de flexión		x		x		x	x	x										
Falla por esfuerzos cortantes		x		x			x	x							x			
Falla por efecto de torsión		x		x			x	x							x			
Falla por pandeo		x		x			x	x							x			
Punzonamiento			x				x		x								x	
Por curado inadecuado	x				x				x									
Falla en los nudos				x			x											
Fisuramiento inactivo									x		x	x	x					

Nota. Correlación lesión-intervención en el concreto. Elaboración propia.

## Conclusiones

Se encontraron unas 30 lesiones en la mampostería y 19 en el concreto, siendo alguna de estas lesiones consecuencia de otras.

Por medio del diagrama se logró darle un orden sistemático de los procesos que se deben de cumplir siguiendo un orden lógico para llegar a la conclusión de qué intervención implementar.

A las lesiones establecidas se les asignó una serie de ensayos o si requiere inspección visual y sus respectivos métodos de intervención por medio de una correlación, con el fin de que cada lesión planteada tenga solución.

Es muy importante garantizar el cumplimiento de separaciones en las viviendas ya que este repercute en varias lesiones como lo pueden ser coincidencia entre pisos.

El sistema de mampostería es un buen sistema ante cargas permanentes y sísmicas, sin embargo, es crítico asegurar una correcta colocación del mampuesto y del mortero (con su respectiva dosificación de diseño), ya que de no hacerlo se estaría permitiendo que a futuro se presenten diversas lesiones derivadas.

Desde una perspectiva de costos, se hace más complejo las intervenciones que requieran una sustitución de elementos ya sean de concreto o mampostería, cómo serían las lesiones generadas al no separar las viviendas o un elemento fallado, debido a que la reparación requiere de personal calificado y materiales específicos.

En cuanto a la complejidad de las intervenciones, las lesiones que requieren sustituir elementos estructurales o encamisados requieren de personal capacitado ya que su procedimiento es muy delicado y de hacerlo incorrecto podría poner en riesgo más a la estructura.

Una de las intervenciones más comunes para la gran parte de lesiones en la mampostería son los encamisados ya que la mampostería reforzada es muy recomendable en viviendas de pocos niveles y su implementación es una alternativa constructiva económica y que no requiere una reducción de la calidad ni seguridad estructural.

La estructura de la guía está dada para que el ingeniero civil tenga una visión más clara de las lesiones que puede presentar una vivienda de alta vulnerabilidad estructural y los ensayos y soluciones que puede aplicar, sin embargo, queda a criterio del mismo ingeniero cuál elegir y su manera de implementación.

Se infiere que para que esta guía tenga un impacto más grande en las comunidades de bajos recursos que posiblemente presenten una vulnerabilidad estructural alta por tener una vivienda informal o no adaptada a la normativa actual, se deberá aplicar una adecuada coordinación de la mano de las entidades públicas de prevención y atención de energías. De esta manera se podrá mitigar la problemática planteada anteriormente en el documento.

Después de haber investigado las lesiones más comunes en la mampostería por una alta vulnerabilidad estructural, se puede decir que una parte de estas lesiones son generadas por agentes externos al mampuesto, como las roturas en las losas de entrepiso, asentamientos diferenciales, las rotaciones o pandeos, entre otros. En otras palabras, a pesar de tener un buen diseño o proceso constructivo en la mampostería, esta podrá presentar lesiones o aún peor fallar si no se previenen las lesiones anteriores.

Se puede concluir que la mala colocación del acero en el concreto repercute en varias lesiones, ya sea en elementos vertical u horizontales, debido a que es una característica que más influye en el buen o mal comportamiento de una vivienda antes cargas de uso o ambientales.

Para la determinación exacta de la causa de las lesiones presentadas en el presente trabajo existen diferentes ensayos que no necesitan la afectación directa de la estructura, es decir no alteran la composición química ni física del material como el esclerómetro y el ultrasonido y en el caso de la prueba de carbonatación se implementa la aplicación de la fenolftaleína. Es por esto que se podría decir que hay varios métodos o ensayos que brindan cierta cantidad relevante de información que se complementa mutuamente.

La colocación inadecuada o excesiva de tuberías en elementos estructurales conlleva a lesiones tanto en la mampostería como en el concreto y la reparación en ambos implica un aumento de la sección del elemento afectado.

Para el caso de Colombia, aún hay una gran deficiencia de normativas que regulen los métodos para realizar un ensayo a una vivienda ya en uso, por lo que se debe profundizar dichos parámetros a partir de lo estipulado en normativas extranjeras.

En relación con lo planteado anteriormente, se evidenció una problemática similar con la supervisión de los procesos constructivos que se llevan a cabo en las intervenciones debido a que algunos son muy complejos o no son muy comunes.

Por lo que se puede concluir que, para ambos aspectos anteriormente mencionados, se debe de contar con una mano de obra calificada y un acompañamiento de un profesional con una amplia experiencia en el campo de las lesiones para que la vivienda no sufra de afectaciones adicionales a las que ya tenía.



## Bibliografía

Aguilar Perez, D. (20 de Mayo de 2015). *Slideshare*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://es.slideshare.net/DannyloAguilarPerez/trasparencias-patologia>

Aguirre López, J. D., Cruz Benitez, D. L., & Quezada Hernández, C. R. (Febrero de 2017). *Universidad de El Salvador ( Sistema Bibliotecario)*. Retrieved 2022, from <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12848/1/Estudio%20experimental%20de%20dos%20%c3%a9cnicas%20de%20intervenci%c3%b3n%20estructural%20aplicadas%20en%20mamposter%c3%ada%20reforzada.pdf>

Alario Catalá, E. (6 de Julio de 2015). *Alario Arquitectura*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://enriquealario.com/reparacion-cantos-forjado-paso-a-paso/#lightbox/0/>

Alcocer, S. M. (s.f). *Centro nacional de Prevención de Desastres e Instituto de Ingeniería*. <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/ASH/pdf/spa/doc9208/doc9208-3.pdf>

aluaz. (s.f.). *Aluaz Somos Aluminio*. Retrieved 27 de Octubre de 2022, from <https://www.aluaz.com/arquitectura-metalica>

Apuntes de ingeniería Civil. (s.f.). *uDocz*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://www.udocz.com/apuntes/61543/comportamiento-y-diseno-estructural-de-losas-armadas-en-una-sola-direccion>

ARQUITECTURA Y EDIFICACIÓN. (20 de MAYO de 2015). *INGENIEROS ASESORES*. <https://ingenierosasesores.com/actualidad/patologias-del-hormigon-diagnostico-e-intervencion/>

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. (2001). *MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA*. Retrieved 21 de Octubre de 2022, from [https://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersvm/mamposteria\\_lared.pdf](https://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersvm/mamposteria_lared.pdf)

ASOCRETO. (20 de Junio de 2020). Club Maestros del concreto Asocreto. Sesión No.1. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=krcRTdkw0tY>

- Astorga, A., & Rivero, P. (Enero de 2009). *ResearchGate*.  
[https://www.researchgate.net/publication/328876477\\_Patologias\\_en\\_las\\_edificaciones](https://www.researchgate.net/publication/328876477_Patologias_en_las_edificaciones)
- Beauprethuy, J. L., & Urich, A. J. (2011). *Academia*. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from  
[https://www.academia.edu/42445595/EL\\_EFECTO\\_DE\\_COLUMNA\\_CORTA\\_ESTUDIO\\_DE\\_CASOS](https://www.academia.edu/42445595/EL_EFECTO_DE_COLUMNA_CORTA_ESTUDIO_DE_CASOS)
- Belfort, A. (21 de Junio de 2021). FALLA DE CORTANTE o PUNZONAMIENTO ESTRUCTURAL LOSA/COLUMNA. Estados Unidos. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from [https://twitter.com/axl\\_\\_tw/status/1408075051929374720](https://twitter.com/axl__tw/status/1408075051929374720)
- Broto, C. (2005). *ENCICLOPEDIA BROTO DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN*. (B. :. International, Ed.)  
[https://higieneyseguridadlaboralcv.s.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia\\_broto\\_de\\_patologias\\_de\\_la\\_construccion.pdf](https://higieneyseguridadlaboralcv.s.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf)
- CAEZ PEREZ, J. C. (Enero de 2004). *Repositorio universidad de los andes*.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10167/u245496.pdf?sequence=1>
- Calderon, B. (2021). *Docplayer*. Retrieved 27 de Octubre de 2022, from  
<https://docplayer.es/208924166-1-sistema-estructural.html>
- CÁMARA INDUSTRIAL DE CERAMICA ROJA. (s.f). *CICER*.  
<https://www.ceramicaraja.com.ar/pdf/ficha2-patologias.pdf>
- Castillo Moscoso, S., & Florez Hernandez, J. H. (11 de Octubre de 2022). *Repositorio Académico* UPC.  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628036/Castillo\\_MS.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628036/Castillo_MS.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Cejudo, B. F. (14 de Diciembre de 2019). *Materiales y Procesos Constructivos*. Retrieved 27 de Octubre de 2022, from  
<https://materialesyprocesosconstructivos1e.blogspot.com/2019/12/losas-y-cubiertas.html>

CONSTRUMÁTICA. (24 de Enero de 2018). *www.construmatica.com*.  
[https://www.construmatica.com/construpedia/index.php?title=Evitar\\_fisuras\\_en\\_muros\\_construidos\\_con\\_bloque\\_Termoarcilla&mobileaction=toggle\\_view\\_desktop](https://www.construmatica.com/construpedia/index.php?title=Evitar_fisuras_en_muros_construidos_con_bloque_Termoarcilla&mobileaction=toggle_view_desktop)

CONSTRUMÁTICA. (22 de Septiembre de 2021). *Construmatica.com*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Punzonamiento.jpg>

Construye con ingeniero. (2 de Octubre de 2021). ¿FISURAS EN TU LOSA ALIGERADA? - CONOCE COMO SOLUCIONARLO. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=7ruGyuJotXs>

COROBRA. (1 de Febrero de 2021). *Corobra Empresa Constructora*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://www.corobra.com/post/carbonataci%C3%B3n-del-concreto-c%C3%B3mo-detectarla>

Culma Rodríguez, C. C., & Forero Osorio, C. (Enero de 2021). *Repositorio Institucional UMNG*.  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38026/ForeroOsorioCamilo2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DAVINCI. (9 de Diciembre de 2020). *DAVINCI INGENIERÍA*. Retrieved 27 de Octubre de 2022, from <https://www.davinci.com.co/consultoria/que-es-una-patologia-estructural/>

Departamento Técnico de Sika Colombia S.A. (s.f.). *Sika Colombia*. Retrieved Octubre de 2022, from <https://col.sika.com/dms/getdocument.get/50ba5246-de4a-3dbe-8662-918382523e35/BROCHURE%20FISURAS%20EN%20EL%20CONCRETO%20REFORZADO.pdf>

Eyherregaray Badilla, V. (Abril de 2014). *Maestría: Universidad Politécnica de Catalunya*.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/41812777.pdf>

Gallego Silva, M. (s.f). *CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA EN CONCRETO*.  
<https://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/artingenieria.htm>

Gallego Silva, M., & Sarria Molina, A. (s.f.). *El Concreto y los TERREMOTOS*.

- Gálvez, M. M. (20 de Mayo de 2017). *Slideshare*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://es.slideshare.net/MarlenMGlvez/columnas-tipos-y-clasificacin>
- Gómez Rueda , O. J., & Maldonado Rendon, E. (17 de Junio de 2005). *Redalyc.org*. <https://www.redalyc.org/pdf/852/85201709.pdf>
- Gonzalez, C. (19 de Abril de 2021). *Homify*. Retrieved 27 de Octubre de 2022, from [https://www.homify.com.mx/libros\\_de\\_ideas/7880566/los-5-tipos-de-losa-mas-empleados-en-el-sistema-de-construccion](https://www.homify.com.mx/libros_de_ideas/7880566/los-5-tipos-de-losa-mas-empleados-en-el-sistema-de-construccion)
- Helene, P., & Pereira, F. (2003). *Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigon*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from [https://www.academia.edu/35945983/Libro\\_Rehabilitacion\\_de\\_Estructuras\\_Hormigon\\_Reparacion\\_Refuerzo](https://www.academia.edu/35945983/Libro_Rehabilitacion_de_Estructuras_Hormigon_Reparacion_Refuerzo)
- Herrera arroyave, A., & González Restrepo, D. (2018). *Repositorio Universidad EIA*. Retrieved Octubre de 2022, from [https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2349/HerreraAlejandro\\_2019\\_EvaluacionAlternativasRepontenciacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2349/HerreraAlejandro_2019_EvaluacionAlternativasRepontenciacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Huacho Ochoa, A. (2021). *Repositorio Institucional Continental*. Retrieved 27 de Octubre de 2022, from [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10787/1/IV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Huacho\\_Ochoa\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10787/1/IV_FIN_105_TE_Huacho_Ochoa_2021.pdf)
- Huerta Maza, M. A. (06 de Diciembre de 2014). *Slidshare*. <https://es.slideshare.net/KeJht/contraccion-y-retraccion-del-concreto>
- Instituto del cemento y del hormigon. (s.f.). *Issuu*. Retrieved 21 de Octubre de 2022, from Guía de apoyo al Ingeniero Diseñador: [https://issuu.com/ich\\_mkt/docs/ich-cch\\_docto\\_apoyo\\_ingeniero\\_disenador\\_1raedicion/s/11033675](https://issuu.com/ich_mkt/docs/ich-cch_docto_apoyo_ingeniero_disenador_1raedicion/s/11033675)
- ISCYC. (6 de Agosto de 2020). PETROGRAFIA UNA HERRAMIENTA EN LA EVALUACIÓN DE LOS AGREGADOS Y LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO: Webinar - Petrografía: Herramienta en la Evaluación de los Agregados y las Estructuras de Concreto. [Video], El Salvador. Retrieved 22 de Octubre de 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=OcxGZ3M4iUw>

- Leyva Hernandez, J., & Urrego Ortiz, A. P. (2019). *Repositorio Universidad Distrital Francisco José De Caldas*. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15522/LeyvaHernandezJonathan2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Llopiz, C. R. (17 de Diciembre de 2016). *Slidshare*. <https://es.slideshare.net/luisalberttacuri/diseo-y-analisis-de-losas-de-hormign-armado-utilizando-mtodos-plsticos-70235132>
- LOPEZ RODRÍGUES, F., RODRIGUEZ RODRIGUES, V., SANTA CRUZ ASTORQUI, J., & UBEDA DE MINGO, P. (08 de 2004). *CONSTRUMECUM*. [http://www.asturcons.org/docsnormativa/5891\\_1522.pdf](http://www.asturcons.org/docsnormativa/5891_1522.pdf)
- LOSAS MIXTAS: MECÁNICA DE FLEXIÓN Y MÉTODOS DE CÁLCULO. (s.f). Retrieved Septiembre de 2022, from <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6864/09Mfb09de14.pdf?sequence=9>
- Marín Martínez, I. D. (2021). *Tesis: Repositorio Universidad Católica de Colombia*. Retrieved 24 de Octubre de 2022, from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15497/1/CAUSAS%20Y%20SOLUCIONES%20DE%20PATOLOGIA%20EN%20CABA%20VILLA%20UJAN.pdf>
- Martínez G, R. J. (16 de Junio de 2009). *SODIE - INGENIEROS ESTRUCTURALES*. <http://sodie-ingenieros.blogspot.com/2009/06/tubos-y-conductos-en-elementos.html#>
- Martirena, F. (s.f.). *Ecosur*. Retrieved 26 de Octubre de 2022, from <https://ecosur.org/index.php/es/todos-los-articulos/17-ecosur-e-magazine/32-de-desastre-a-dignidad-reconstruccion-despues-del-terremoto-en-pedernales-ecuador>
- Mediavilla, E. (11 de Marzo de 2021). *Cype*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://medifestructuras.com/Foros/CuestionForo.php?id=250>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR-10)*.

<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>

Monjo Carrió, J., & Maldonado Ramos, L. (2001). *Tesis: Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Universidad Politécnica de Madrid. Retrieved 2022, from [https://oa.upm.es/45423/1/2001\\_patologia\\_MC\\_opt.pdf](https://oa.upm.es/45423/1/2001_patologia_MC_opt.pdf)

Moreno, A. (s.f.). *360 EN CONCRETO*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-la-retraccion-o-contraccion-del-concreto-como-solucionarla-y-evitarla/>

Narvaez Chavez, A., & González Pérez, F. (2018). *Repositorio: U católica de Colombia*. Retrieved 22 de Octubre de 2022, from [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16043/1/Trabajo%20de%20Grado\\_final.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16043/1/Trabajo%20de%20Grado_final.pdf)

Navarro Menargues, M. (s.f.). *Tesis: Universidad de Alicante*. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/83429/1/tesis\\_miguel\\_navarro\\_menargues.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/83429/1/tesis_miguel_navarro_menargues.pdf)

NORMA TÉCNICA NTC 4205. (25 de Octubre de 2000). *C&T: Arcillas y Prefabricados en Concreto*. Retrieved 26 de Octubre de 2022, from <http://www.cytarcillasyprefabricados.com/wp-content/uploads/2017/02/NTC-4205-Unidades-de-mamposteria-de-arcilla-ladrillos-y-bloques-ceramicos.pdf>

NOTICIAS CARACOL (Dirección). (2 de Febrero de 2021). *Intervención estatal llegará al barrio Pablo Escobar de Medellín luego de 36 años* [Película]. Retrieved 26 de Octubre de 2022, from <https://noticias.caracol.com/antioquia/intervencion-estatal-llegara-al-barrio-pablo-escobar-de-medellin-luego-de-36-anos>

Olejua Castillo, F. H. (s.f.). *Docplayer*. Retrieved 27 de Octubre de 2022, from <https://docplayer.es/64591066-Consideraciones-estructurales-para-la-eleccion-de-un-sistema-estructural-adecuado.html>

Ortega Serrano, M. (2016). *Slideplayer*. Retrieved 27 de Octubre de 2022, from <https://slideplayer.com/slide/10300521/>

- Páez Moreno, D. F., Parra Rojas, S. X., & Montaña, G. C. (07 de mayo de 2009). *Scielo*.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n14/v8n14a05.pdf>
- Pardo, M. (2019). *Marcelo Pardo Ingeniería*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from  
<https://marcelopardo.com/cuantia-balanceada-y-cuantia-maxima/>
- Pérez, M. (s.f). *Reformacoruna*. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from  
<https://reformacoruna.com/reparar-pilar-hormigon/#:~:text=Las%20columnas%20agrietadas%20y%20pilares,evitar%20la%20corrosi%C3%B3n%20del%20acero>
- Pinto, A. (s.f.). Errores constructivos que no debes cometer. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://www.pinterest.es/pin/325103666841615976/>
- PROCEMCO. (30 de Enero de 2020). MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL: 3 Los 10 errores más comunes en la construcción con Mampostería Estructural [video]. Youtube, Colombia. Retrieved Agosto de 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=h0FUuNu-d2U&t=4569s>
- PROCEMCO. (17 de Mayo de 2022). PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO: SIP. MODULO III. 1. Patologías más frecuentes en sistemas aperticados. [Video]. Youtube. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=ZfKMSbBijYw>
- PROCEMCO. (03 de Mayo de 2022). PATOLOGÍA EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO: De la evaluación a la prevención. (SIP. Módulo I.1. Cómo afrontar un caso de patología: Problema, tipos, estudios y ensayos). [Video], Colombia. Retrieved 22 de Octubre de 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=s9ottL4qj38>
- Quintana, R. (2014). Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://slideplayer.es/slide/1127301/>
- Quispe Napanga, K. G. (Enero de 2018). *Tesis: Repositorio ( Pontificia Universidad Católica del Perú)*. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10195/QUISP\\_E\\_NAPANGA\\_APLICACION\\_TECNICAS\\_SOSTENIBLES\\_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10195/QUISP_E_NAPANGA_APLICACION_TECNICAS_SOSTENIBLES_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Quiun, D. (26 de Agosto de 2005). *Humanitarian library*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from [https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/3443\\_quiun.pdf](https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/3443_quiun.pdf)
- Raigosa Tuk, E. (Noviembre de 2010). *Repositorio: Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6167/tecnicas\\_reforzamiento\\_estructuras\\_construidas\\_concreto\\_deficiencias%20estructurales.pdf?sequence=1](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6167/tecnicas_reforzamiento_estructuras_construidas_concreto_deficiencias%20estructurales.pdf?sequence=1)
- Realpe , G. (Noviembre de 2016). *CAMICON*. Retrieved Agosto de 2022, from <https://www.camicon.ec/wp-content/uploads/2015/11/ENSAYOS-NO-DESTRUCTIVOS-EN-LA-EVALUACI%C3%93N-DEL-HORMIG%C3%93N.pdf>
- Repositorio Institucional. (9 de Septiembre de 2017). *Universidad La Gran Colombia [Fotografía]*. Retrieved 24 de Octubre de 2022, from Repositorio Institucional: [https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3333/Deficiencias\\_identificadas\\_instalaciones\\_anexo1.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3333/Deficiencias_identificadas_instalaciones_anexo1.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Ricardo Llopiz, C. (17 de Diciembre de 2016). *Slideshare*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://es.slideshare.net/luisalberttacuri/diseo-y-analisis-de-losas-de-hormign-armado-utilizando-mtodos-plsticos-70235132>
- Río Bueno, A. (s.f). *PATOLOGÍA, REPARACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DE EDIFICACIÓN*. Departamento de Estructuras de Edificación E.T.S. de Arquitectura Universidad Politécnica de Madrid. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from [https://oa.upm.es/1159/1/LIBRO\\_RIO\\_BUENO\\_01.pdf](https://oa.upm.es/1159/1/LIBRO_RIO_BUENO_01.pdf)
- Santos, M., Sornoza, D., Hidalgo, B., Mielles, Y., & Alcivar, S. (Diciembre de 2021). *Revista internacional de ingeniería de Estructuras*. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjHmZCshOj6AhXFImoFHSLxAv8QFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fjournal.espe.edu.ec%2Foj%2Findex.php%2Frie%2Farticle%2Fdownload%2F2751%2F2105%2F10171&usq=AOvVaw2vzxUqs0l2DSLae51to9bX>
- Sierra Poveda , I. (Diciembre de 2005). *Repositorio: Universidad de los Andes*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/9171/u271423.pdf?sequence=1>

- Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C. (2003). *Edificaciones de Mampostería para vivienda*. México: Fundación ICA, A.C.  
[https://www.evaluacionsismica.uagro.mx/uploads/articulos/EDIFICACIONESDEMA MPOSTERIAPARA\\_VIVIENDAS.pdf](https://www.evaluacionsismica.uagro.mx/uploads/articulos/EDIFICACIONESDEMA MPOSTERIAPARA_VIVIENDAS.pdf)
- Soler Vega, R. A., Mendoza Alandete, L. A., & Torres Gonzales, A. A. (2019). *Repositorio Universidad Santo Tomas*.  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30111/2020andressoler.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soto Rodríguez, H. (Febrero de 2006). *Slideshare*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://es.slideshare.net/zebes/1-criterios-estructuracion-50638376>
- Structuralia. (29 de Marzo de 2017). *Structuralia*. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from <https://blog.structuralia.com/5-formas-de-reforzar-una-viga-que-todo-ingeniero-debe-conocer>
- Structuralia. (19 de Febrero de 2018). *Structuralia*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://blog.structuralia.com/la-importancia-del-curado-del-hormigon-y-los-distintos-metodos-para-realizarlo-adecuadamente>
- Suárez Ortiz, N. (2018). *Docplayer*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://docplayer.es/86521699-En-riesgo-el-desempeno-sismico-de-los-edificios-de-marcos-de-concreto-reforzado-rellenos-con-paredes-de-mamposteria.html>
- Suárez, L. (Febrero de 2020). *UPR: Recinto Universitario de Mayagüez*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from <https://www.uprm.edu/riseup/wp-content/uploads/sites/223/2020/02/Golpeteo.pdf>
- Tapia Mera, C. (2016). *SlidePlayer*. Retrieved 24 de Octubre de 2022, from <https://slideplayer.com/slide/10300521/>
- Tena Colunga, A., Cano Licon, J., López Blancas, A., & Pérez Osornio, M. Á. (2010). *Scielo*. Retrieved 24 de Octubre de 2022, from <https://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n82/n82a1.pdf>

Torres Castellanos, N., & Quiroga Savedra, P. N. (13 de Agosto de 2014). *Acicolombia*.  
<https://www.acicolombia.org.co/wp-content/uploads/2016/05/Uniones-Viga-Columna-Torres.pdf>

Tubolaminas. (s.f.). *Ferretería Tubolaminas*. Retrieved 28 de Octubre de 2022, from  
<https://tubolaminas.com/producto/sistema-placa-facil/>

Varela Rivera, J. L., Chan Esquivel, S., Fernández Baqueiro, L. E., & Moreno Herrera, J. A. (Julio de 2015). *Scielo*. Retrieved 24 de Octubre de 2022, from  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v7n1/v7n1a4.pdf>

Villarreal Castro, G. (Junio de 2009). *Docplayer*. Retrieved 25 de Octubre de 2022, from  
<https://docplayer.es/68640779-Patologia-del-concreto.html>

ZAICO. (21 de Noviembre de 2019). *TEGO (Fundaciones con pilotes)*. Retrieved 21 de Octubre de 2022, from <https://tegofundaciones.com.ar/aquellas-construcciones-que-presentan-asentamientos-diferenciales-deben-ser-abordadas-por-especialistas-que-puedan-diagnosticar-y-establecer-que-tipo-de-intervencion-hay-que-realizar-para-subsanar-el/>

Moreno González, R., & Bairán García, J. M. (2012). Evaluación sísmica de los edificios de mampostería típicos de Barcelona aplicando la metodología Risk-UE. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, 28(3), 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.03.007>

Vallejo, F. (2007). Responsabilidad profesional en la construcción de obras. *Revista Derecho Del Estado*, (20), 97–120. Recuperado a partir de <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/derest/article/view/706>

Pérez Plazas, S. (2004). *Desarrollo de vivienda popular por autoconstrucción en Colombia - evaluación de procesos constructivos*. Uniandes.

Vargas, Y. F., Pujades, L. G., Barbat, A. H., & Hurtado, J. E. (2013). Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, 29(2), 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2013.04.003>

ASCE. (2000). American Society of Civil Engineers, Fema 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building. *Rehabilitation*, November.

Buitriago, A. A., Giraldo Agudelo, M. C., & Vanegas Gallo, J. (2017). *Repositorio institucional Unilibre*. Obtenido de Repositorio institucional Unilibre: <https://core.ac.uk/download/pdf/233044409.pdf>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2002). *Manual De Evaluación, Rehabilitación Y Refuerzo de viviendas de bahareques tradicionales*. 1–106. <https://www.desenredando.org/public/libros/2005/cersvm/mre-Bahareque.pdf>

Colegio Federado de Ingenieros. (2023). *Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica*. Obtenido de <http://www.ovsicori.una.ac.cr/sistemas/biblioteca/ovsicori/Sismologia/Articulos%20externos/codigo-sismico-CR.pdf>

Páez Moreno, Diego Fernando, Parra Rojas, Sonia Ximena, & Montaña Gutiérrez, Carlos Andrés. (2009). Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(14), 51-69. Retrieved September 07, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242009000100005&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000100005&lng=en&tlng=es).

- Alario Catalá, E. (28 de Noviembre de 2011). *ALARIO Arquitectura Técnica*. Retrieved 09 de Noviembre de 2022, from <https://enriquealario.com/toma-de-datos-en-informes-periciales/>
- Alcocer, S. M. (s.f). *Centro nacional de Prevención de Desastres e Instituto de Ingeniería*. <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/ASH/pdf/spa/doc9208/doc9208-3.pdf>
- Asefa. (2022). *Patologías de la construcción*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from [https://www.asefa.es/repositorio/paginas/patologias\\_ficha32\\_es.jsp](https://www.asefa.es/repositorio/paginas/patologias_ficha32_es.jsp)
- Caballos, A. (24 de Junio de 2019). *Andres caballos 4*. Retrieved 07 de Noviembre de 2022, from <https://andresceballos2019.wixsite.com/inicio/post/sistemas-estructurales>
- Ceballos, A. (16 de Junio de 2019). *El Efecto de columna corta en edificaciones*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from <https://andresceballos2019.wixsite.com/inicio/post/columna-corta>
- CONFORT HOME. (2022). Retrieved 18 de Noviembre de 2022, from <https://www.conforthome.net/inyeccion-resinas-muros/>
- Constructor Civil. (22 de Enero de 2014). *Tips para la Construcción de Edificaciones, Casa Materiales y Equipos de Construcción*. Retrieved 18 de Noviembre de 2022, from <https://www.elconstructorcivil.com/2014/01/cimentacion-con-postes.html?m=1>
- CONSTRUYENDO. (2022). *CONSTRUYENDO Seguro*. Retrieved 18 de Noviembre de 2022, from <https://www.construyendoseguro.com/sigue-estos-tips-de-construccion-cuando-hagas-la-configuracion-de-la-vivienda/>
- DRM. (23 de Junio de 2001). *World institute for disaster risk management*. [https://www.drmonline.net/drmlibrary/peru\\_photos.htm](https://www.drmonline.net/drmlibrary/peru_photos.htm)
- EPACHON. (19 de Diciembre de 2013). *REHABILITACIÓN DE UN EDIFICIO: VACIADO PARA INSTALACIÓN DE GARAJE ROBOTIZADO Y REFUERZO DE ESTRUCTURA. Parte 2*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from <https://epachon.wordpress.com/2013/12/19/e-3-rehabilitacion-de-un-edificio-vaciado-para-instalacion-de-garaje-robotizado-y-reuferzo-de-su-estructura-parte-2/>

- Florez May, N. (31 de Julio de 2020). *Laminas y Aceros*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from <https://blog.laminasyaceros.com/blog/roturas-en-columnas-en-concreto-armado>
- Hispalyt. (2022). Retrieved 18 de Nviembre de 2022, from <https://www.hispalyt.es/cd%20rom%20Colocacion/html/unidad2/medio2.htm>
- JME Ingenieria. (29 de Abril de 2017). Inyección de Resina Epoxica en fisuras y grietas en Losa de Parqueo. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Q6HouFojS0I>
- Lozano Peña, J. E. (2022). *Revista Universidad Nacional de Colombia*. Retrieved 08 de Noviembre de 2022, from [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjCyp\\_zlaD7AhW6RjABHWFzAvUQFnoECCkQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.unal.edu.co%2Findex.php%2Femail%2Farticle%2Fview%2F1182%2F2169&usg=AOvVaw2\\_dEY3cJ4X60xfCJxho-IM](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjCyp_zlaD7AhW6RjABHWFzAvUQFnoECCkQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.unal.edu.co%2Findex.php%2Femail%2Farticle%2Fview%2F1182%2F2169&usg=AOvVaw2_dEY3cJ4X60xfCJxho-IM)
- POLICIACA. (22 de Noviembre de 2019). Cae techo encima de familia mientras comía en Torreón. *El siglo de Torreón*. Retrieved 09 de Noviembre de 2022, from <https://www.elsiglocoahuila.mx/coahuila/noticia/331406.cae-techo-encima-de-familia-mientras-comia-en-torreon.html>
- PROPAMSA. (09 de Agosto de 2022). *Reparación de pilares de hormigón armado: nuestros tips*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from <https://www.propamsa.es/reparacion-proteccion-hormigon/reparacion-de-pilares-de-hormigon-armado-nuestros-tips/>
- PSC MEXICO. (26 de Marzo de 2021). Inyección de resina epóxica en columna. Youtube, Mexico. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=9qpJaCAAt3zU>
- Rendon, J. (Junio de 2016). *Sika*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from [https://cicp-ec.com/documentos/Conferencia\\_Jorge\\_Rend%C3%B3n\\_SIKA.pdf](https://cicp-ec.com/documentos/Conferencia_Jorge_Rend%C3%B3n_SIKA.pdf)
- Republica. (26 de Febrero de 2009). *Republica.com*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from <https://www.republica.com/vivirhogar/reparar-facilmente-grietas-y-danos-en-paredes-20090226-19221507804/>

- Roman, A. (2008). *IDEAL*. Retrieved 09 de Noviembre de 2022, from <https://www.ideal.es/jaen/20080922/ubeda-baeza/ayuntamiento-resta-importancia-grietas-20080922.html>
- RPP. (04 de Abril de 2018). *¿ Cómo identificar y arreglar las fisuras que ponen tu vivienda en riesgo?* Retrieved 18 de Noviembre de 2022, from <https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/como-identificar-y-arreglar-las-fisuras-que-ponen-tu-vivienda-en-riesgo-noticia-1109312>
- Saavedra, A. (2020). *Doc player*. Retrieved 18 de Noviembre de 2022, from <https://docplayer.es/187586605-Guia-tecnica-para-la-rehabilitacion-sismica-de-edificios-escolares-de-la-ciudad-de-mexico.html>
- SENA. (2022). *SENA regional Caldas*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/albanileria\\_restauracion\\_edificaciones/preparacion\\_superficies.html#](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/albanileria_restauracion_edificaciones/preparacion_superficies.html#)
- Sika. (2022). *CONCRETO REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO Técnicas y Materiales*. Retrieved 16 de Noviembre de 2022, from Sika: <https://col.sika.com/dms/getdocument.get/c5fbb55d-9240-3b09-9eee-edf695806345/Reforzamiento%20Estructuras%202017.pdf>
- Suárez Ortiz, N. (2018). *Docplayer*. Retrieved 18 de Noviembre de 2022, from <https://docplayer.es/86521699-En-riesgo-el-desempeno-sismico-de-los-edificios-de-marcos-de-concreto-reforzado-rellenos-con-paredes-de-mamposteria.html>
- TITAN. (2022). *TITAN todo para construir y remodelar*. Retrieved 07 de Noviembre de 2022, from <https://www.materialeseltitan.com/drywall-y-placa-facil/>
- Tolosa Group. (2022). *Tolosa industrial*. Retrieved 17 de Noviembre de 2022, from [http://tolsaindustrial.com/aditivos/productos\\_aplicaciones/mortero-seco-y-hormigon-concreto/](http://tolsaindustrial.com/aditivos/productos_aplicaciones/mortero-seco-y-hormigon-concreto/)