



**PRESIDENCIA
DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA
DE VENEZUELA**

Comisión Presidencial para la
Evaluación de Habitabilidad de
Infraestructuras

**Comisión
Presidencial**
para la Evaluación
de Habitabilidad
de Infraestructuras

LINEAMIENTOS TÉCNICOS

EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y RESTITUCIÓN DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA DAÑADAS POR SISMO

Documento de emergencia elaborado con motivo del sismo del 24 de junio de 2026



Urbanización Los Chaguaramos / Valle abajo, Aulas Departamento de Ingeniería Geodésica y
Agrimensura, Parroquia San Pedro, Caracas, Municipio Libertador, Distrito Capital



@COMISIONDEHABITABILIDAD



LINEAMIENTOS TÉCNICOS

EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y RESTITUCIÓN DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA DAÑADAS POR SISMO

Documento de emergencia elaborado con motivo del sismo del 24 de junio de 2026

Revisión	Fecha	Descripción	Páginas
5	26/07/2026	Incorporación de miembros del comité asesor	36
4	23/07/2026	Adecuación de formato e incorporación de comentarios emitidos por comité y modificación de figuras	35
3	22/07/2026	Modificación de figuras e incorporación de comentarios emitidos por comité	32
2	20/07/2026	Incorporación de comentarios emitidos por comité	33
1	16/07/2026	Borrador preliminar para revisión del comité	29

COMITÉ TÉCNICO DE REDACCIÓN

El presente documento fue elaborado por el comité técnico que se detalla a continuación.

N.º	Nombre y Apellido	Profesión	Grado Académico	Institución
1	Ronald Torres Moreno	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería Sísmica Dinámica de suelos y Estructuras	Universidad Central de Venezuela, VE
2	Eduardo Nuñez Castellanos	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería Estructural	Universidad Católica de la Santísima Concepción, CH
3	Ramón Mata Lemus	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería	Universidad San Sebastián, CH
4	Ahmad Idrees Rustom	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Estructural	Universidad de Carabobo, VE
5	José Gregorio Rengel	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Sismorresistente	Universidad Central de Venezuela, VE
6	Valentina Páez	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Sismorresistente	Universidad Central de Venezuela, VE

Coordinador del Comité Técnico de Redacción:

Dr. Ronald Torres — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

COMITÉ TÉCNICO ASESOR DEL TERREMOTO

Msc. Gustavo Coronel — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Norberto Fernández — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Francisco Garcés — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Ahmad Idrees — Universidad de Carabobo, VE

Msc. José Jácome— CENVIH, VE

Dr. Óscar López — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Duilio Marcial — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Ángelo Marinilli — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE / Universidad Católica Andrés Bello, VE

Dr. Ramón Mata — Universidad San Sebastián, CH

Dr. Eduardo Nuñez — Universidad Católica de la Santísima Concepción, CH

Msc. Valentina Páez — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. José Rengel — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Michael Schmitz— IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Ronald Torres — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Alfredo Urich — ALCONPAT, VE

Coordinador del Comité Técnico Asesor del Terremoto:

Dr. Óscar López — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

ÍNDICE DE CONTENIDO

COMITÉ TÉCNICO DE REDACCIÓN	3
COMITÉ TÉCNICO ASESOR DEL TERREMOTO	4
PRÓLOGO	7
1. OBJETIVO	7
2. ALCANCE	7
3. REFERENCIAS NORMATIVAS	8
4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	9
5. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	10
6. CLASIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL DAÑO	10
6.1. Inspección	10
6.2. Mecanismos de falla	11
6.3. Condición de borde de la mampostería	12
6.4. Niveles de daño	13
7. CRITERIOS DE DECISIÓN: REPARAR, RECONSTRUIR O DEMOLER	14
7.1. Matriz de decisión	14
7.2. Criterios de demolición obligatoria	15
8. PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN DE MAMPOSTERÍA NO SEPARADA	16
8.1 Selección del método	16
8.2. Reparación de fisuras con $w < 0,5 \text{ mm}$	17
8.3. Reparación de fisuras y grietas con $0,5 \text{ mm} \leq w < 5 \text{ mm}$	17
8.4. Reparación superficial de juntas de mortero	20
8.5. Reparación profunda de juntas	21
8.6. Costura de grietas (grapado)	21
8.7. Reconstrucción localizada por llaveado ($5 \text{ mm} \leq w \leq 15 \text{ mm}$)	22
8.8. Restitución del contacto rígido mampostería-pórtico	23
9. PROCEDIMIENTOS PARA REPARACIÓN DE MAMPOSTERÍA SEPARADA	23
9.1. Reparación de mampostería separada con junta flexible	23
9.2. Reparación de mampostería separada con perfiles metálicos	24
9.3. Reparación del paño	25
10. DEMOLICIÓN CONTROLADA Y RECONSTRUCCIÓN TOTAL	25

10.1. Condiciones de seguridad	25
10.2. Demolición	25
10.3. Reconstrucción de mampostería No separada.....	25
10.4. Reconstrucción de mampostería separada	27
10.5. Prevención de la condición de columna corta	27
10.6. Estabilidad del borde superior y prevención del volcamiento	28
11. MAMPOSTERÍA EN RUTAS DE EVACUACIÓN Y ESCALERAS	29
12. MATERIALES.....	30
13. CONTROL DE CALIDAD Y LIMITACIONES	31
14. SEGURIDAD EN OBRA.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEXO A. MATRIZ DE DECISIÓN Y PRESCRIPCIONES POR ESCENARIO	35
ANEXO B. NIVELES DE RECUPERACIÓN ESPERADOS Y CORRESPONDENCIA CON OTRAS GUÍAS	35

PRÓLOGO

El sismo del 24 de junio de 2026 produjo daños extendidos en mampostería (paredes que no forman parte del sistema resistente a sismo) de estructuras aporticadas, principalmente edificaciones de uso residencial, en varias regiones del país. La experiencia latinoamericana y la evidencia experimental internacional demuestran que la mayor parte de estos daños es reparable mediante técnicas normalizadas de bajo costo, siempre que se diagnostique correctamente el mecanismo de falla y la condición de borde de la pared (AIS, 2001; Manzouri, Schuller, Shing y Amadei, 1996; Ramírez, 2022).

Estos lineamientos se elaboran con carácter de emergencia para orientar a profesionales y técnicos en la toma de decisiones para la restitución de mampostería que haya sido afectada por el terremoto del 24 de junio del 2026, sin alterar el comportamiento dinámico previsto en el diseño sismorresistente original de la edificación (Keshmiry, Hassani, Dackermann y Li, 2024).

El documento fue preparado por el comité técnico antes declarado y sigue la estructura de proyectos de normas venezolanas establecida en la guía GUI-DNO-001 de la Dirección de Normalización de SENCAMER (2021). Asimismo, se emplearon documentos técnicos de apoyo de Colombia (AIS, 2001; ACM, 2025), México (Ramírez, 2022; García y De León, 2021), Chile (ICH, 1985), Estados Unidos y Canadá (FEMA, 1998; TMS, 2022; NPS, 2016; City of Hamilton, s.f.), así como en literatura internacional revisada por pares (Manzouri et al., 1996; Keshmiry et al., 2024). Todas las figuras son de elaboración propia, adaptadas de las fuentes citadas, en cumplimiento del apartado 4.3.4.5. de la guía GUI-DNO-001, que exige figuras propias y prohíbe la reproducción de figuras de otros documentos.

Es importante destacar que este documento no sustituye la evaluación estructural de la edificación. De igual forma, toda mampostería confinada y/o reforzada, elemento de concreto armado dañado y toda edificación con daños generalizados, hundimientos o desniveles deben ser evaluados por un ingeniero estructural (AIS, 2001; ICH, 1985).

1. OBJETIVO

1.1. Establecer los lineamientos para la reparación y/o sustitución de mampostería que no forma parte del sistema resistente a sismo afectada durante el terremoto del 24 de junio de 2026.

2. ALCANCE

2.1 El presente documento contiene los criterios para la toma de decisiones en la reparación, reconstrucción y/o demolición de tabiquería que no forma parte del sistema resistente a sismo. Adicionalmente, contiene recomendaciones en el uso de los procedimientos y materiales para la restitución de la pared, en función del mecanismo de falla y de la condición de borde del muro (mampostería separada o mampostería no separada).

2.2 De esta manera, se recupera la resistencia y cohesión original del elemento, evitando rigidizar o reforzar de manera que se altere el comportamiento dinámico previsto en el diseño sísmico original del edificio. En la terminología internacional, las intervenciones aquí descritas corresponden a “reparación”

(restitución de la capacidad previa al daño) y no a “reforzamiento” o “rehabilitación estructural” (incremento de capacidad por encima de la original) (Keshmiry et al., 2024; FEMA, 1998; AIS, 2001).

2.3. Aplica a mampostería no portante.

2.4. No aplica a los casos que requieren evaluación y proyecto de un ingeniero estructural tales como:

- Mampostería que forma parte del sistema resistente a sismo (confinada o reforzada), cuya rehabilitación se rige por la norma COVENIN 5008:2019 y por los procedimientos de reparación y reforzamiento del manual AIS (2001).
- Elementos de concreto armado tales como columnas, vigas, muros, losas y elementos de confinamiento, cuya reparación estructural se rige por ACI 562-21 y se describe en AIS (2001, anexo A.8) e ICH (1985).
- Edificaciones con daños geotécnicos: hundimientos, desniveles de piso o grietas en el terreno (AIS, 2001).

2.5. Este documento no contempla técnicas de reforzamiento (encamisados con malla y mortero, fibras compuestas, adición de elementos de confinamiento), las cuales incrementan la rigidez y la resistencia por encima de las originales y modifican la respuesta dinámica global (Ramírez, 2022; AIS, 2001, anexo B). Si la evaluación de vulnerabilidad indica la necesidad de reforzar, debe formularse un proyecto de rehabilitación conforme a COVENIN 1756-1:2019 y COVENIN 5008:2019.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta guía. Se aplicará la edición vigente de cada documento.

- COVENIN 1756-1:2019. Construcciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos.
- COVENIN 1753. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural.
- COVENIN 2002:1988. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones.
- COVENIN 5008:2019. Norma para el Análisis, Diseño y Construcción de Edificaciones de Mampostería Estructural.
- COVENIN 42:1982. Bloques Huecos de Concreto.
- COVENIN 2:2024. Bloques Huecos Cerámicos para Cerramientos No Portantes. Requisitos.
- COVENIN 28. Cemento Portland. Requisitos.
- TMS 402/602-22. Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures (anteriormente ACI 530/530.1 / ASCE 5/6). The Masonry Society.
- ACI 562-21. Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures. American Concrete Institute.
- ACI 503R. Use of Epoxy Compounds with Concrete. American Concrete Institute.

- SENCAMER (2021). GUI-DNO-001, Rev. 0: Estructura y Presentación de los Documentos Normativos. Dirección de Normalización.

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

4.1. Ancho de grieta (w). Máxima separación entre los bordes de la grieta, medida sobre la mampostería descubierta, con comparador de grietas o calibrador.

4.2. Biela de compresión. Mecanismo de puntal diagonal comprimido que se desarrolla en la mampostería de relleno adherida cuando el pórtico se desplaza lateralmente (Ramírez, 2022).

4.3. Cordón de respaldo. Cordón de espuma de poliestireno expandido que limita la profundidad del sellador en una junta y evita su adhesión al fondo.

4.4. Columna corta. Condición en la cual una pared de mampostería de altura parcial (antepecho), construida en contacto rígido con las columnas, reduce su altura libre efectiva y concentra la demanda de corte en el tramo no restringido, propiciando una falla frágil durante el sismo (COVENIN 1756-1:2019).

4.5. Costura de grietas (grapado). Técnica de albañilería para reparar grietas estructurales o fisuras profundas en paredes de bloques o ladrillos. Su objetivo es coser la fisura colocando grapas o llaves de acero para evitar que la pared se siga abriendo y darle estabilidad permanente. En ella se colocan grapas o barras transversales a una grieta, embebidas en las juntas, para restablecer la continuidad a tracción a través de ella (FEMA, 1998; AIS, 2001, Anexo B.6).

4.6. Desplome. Pérdida de verticalidad de la pared, expresada como fracción de su altura.

4.7. Fisura. Abertura en el plano de la pared de ancho menor que 0,5 mm (ICH, 1985).

4.8. Grieta. Abertura de ancho igual o mayor que 0,5 mm, producida cuando las tensiones internas superan la resistencia del material (ICH, 1985).

4.9. Grieta muerta (inactiva). Grieta cuya causa ha desaparecido y que no cambia de ancho en el tiempo; es susceptible de reparación devolviendo el monolitismo al elemento. Las grietas causadas por sismo son típicamente inactivas (ICH, 1985; AIS, 2001).

4.10. Inyección. Relleno a presión o por gravedad de fisuras y grietas con resina epóxica, lechada o mortero fluido, para restablecer la adherencia y el monolitismo (Manzouri et al., 1996; AIS, 2001; Ramírez, 2022).

4.11. Lechada. Mezcla fluida de cemento, cal y arena muy fina (con o sin aditivos superplastificantes) apta para inyección (AIS, 2001).

4.12. Llaveado. Sustitución localizada de las piezas fracturadas mediante piezas nuevas trabadas con el aparejo existente, conservando la continuidad de las hiladas.

4.13. Mampostería. Sistema constructivo conformado por unidades (bloques de arcilla o de concreto) asentadas con mortero (COVENIN 5008:2019; TMS, 2022).

4.14. Mampostería No separada. Paño de mampostería construido en contacto rígido y continuo con las columnas y vigas del pórtico, que participa en la respuesta sísmica funcionando como puntal o biela de compresión diagonal (COVENIN 5008:2019).

4.15. Mampostería Separada. Paño de mampostería separado del pórtico mediante una junta perimetral deformable en los bordes verticales y superior, diseñado para no recibir cargas laterales de la estructura; su estabilidad fuera del plano se puede alcanzar mediante conectores que permiten el deslizamiento (ICH, 1985, caso 1.23).

4.16. Reconstrucción localizada (llaveado o rajueleo). Sustitución de las piezas fracturadas de una zona del paño por piezas nuevas de idéntico material, trabadas con el aparejo existente; en la literatura mexicana la técnica se denomina “rajueleo” (Ramírez, 2022); en la chilena, “zurcido” o colocación de trabas (ICH, 1985).

4.17. Reforzamiento. Acciones constructivas para mejorar la capacidad estructural o sismorresistente de un elemento estructural, o de una edificación, mediante la modificación de su resistencia, rigidez o ductilidad (COVENIN 5008:2019).

4.18. Reparación. Acciones constructivas para restituir la capacidad estructural o sismorresistente de un elemento estructural dañado, o de una edificación dañada, sin incrementarla más allá de su condición inicial (COVENIN 5008:2019). También conocida como restauración.

5. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

- **w** ancho máximo de grieta, en milímetros
- **h** altura libre de la pared
- **Δ** desplazamiento horizontal fuera del plano (desplome)
- **RNE** reparación no estructural, reparable mecánicamente (inyección, sellado, juntas, costura)
- **RE** reparación estructural, reparable mecánicamente (inyección, sellado, juntas, costura)
- **RL** reconstrucción localizada (llaveado / rajueleo)
- **D** demolición y reconstrucción total del paño
- **RF** resistencia al fuego (p. ej., RF-120: 120 minutos)
- **PU** poliuretano

6. CLASIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL DAÑO

6.1. Inspección

6.1.1. Antes de clasificar el daño se debe retirar el friso (suelto o fisurado) en una franja suficiente para exponer la mampostería, identificar la trayectoria completa de cada grieta y medir su ancho máximo



con comparador de grietas o calibrador (Ramírez, 2022). Debe verificarse además la verticalidad de la mampostería.

6.1.2. La identificación de la causa del daño es necesaria para elegir el procedimiento de reparación; estos lineamientos se refieren únicamente a daños causados por el terremoto (AIS, 2001; ICH, 1985). Grietas activas por causas persistentes (asentamientos, temperatura, retracción) no se reparan con las técnicas de esta guía hasta eliminar la causa (ICH, 1985; Sherwin-Williams, s.f.).

6.2. Mecanismos de falla

6.2.1. El evaluador debe medir y clasificar grietas (ver Figura 1) e identificar el mecanismo físico de la falla entre los cuatro siguientes (Figura 2): (a) tracción o flexión, con fisuras horizontales o verticales finas; (b) corte o tensión diagonal, con grietas diagonales o en “X”, generalmente escalonadas siguiendo las juntas de mortero; (c) compresión o aplastamiento, con trituración de bloques en esquinas y base típico de la falla del puntal diagonal en muros de relleno (Ramírez, 2022) ; y (d) desplazamiento fuera del plano, con pandeo o pérdida de verticalidad (AIS, 2001; Ramírez, 2022; FEMA, 1998).



Figura 1. Medición y clasificación del daño según el ancho de grieta. Fuente: elaboración propia, según lo establecido en ICH (1985), AIS (2001), INIFED (2021) y Ramírez (2022).

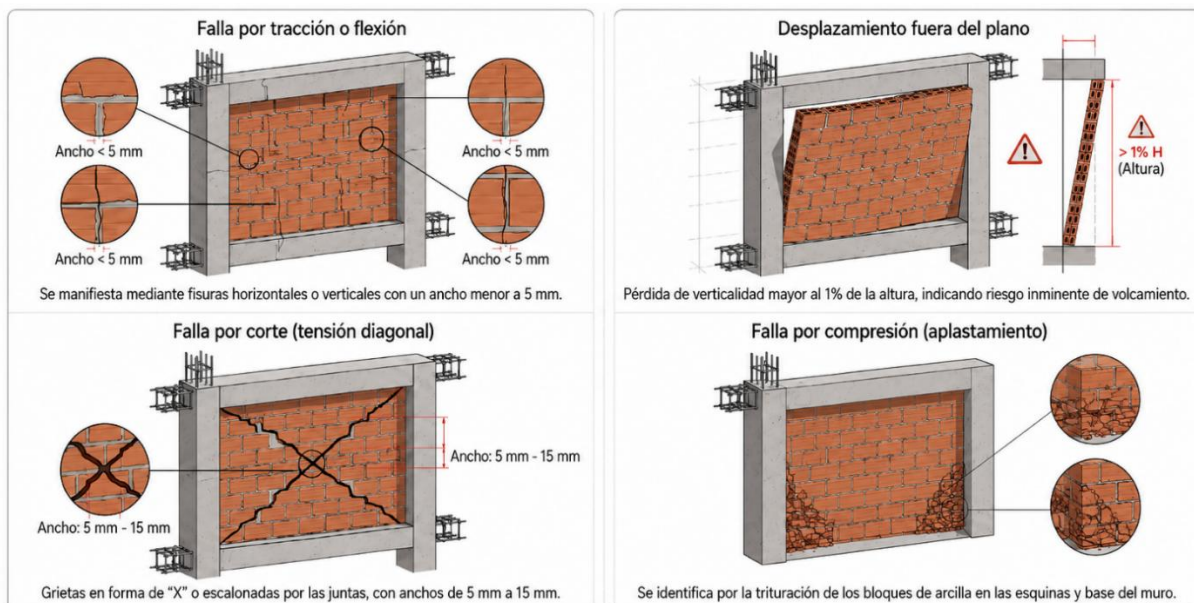


Figura 2. Mecanismos de falla sísmica en paredes de mampostería. Fuente: elaboración propia según lo establecido en AIS (2001), Ramírez (2022) y FEMA 306 (1998).

6.3. Condición de borde de la mampostería

6.3.1. Toda mampostería debe clasificarse considerando los siguientes escenarios (Figura 3): Escenario A, mampostería No separada, en contacto rígido con el pórtico, que participa estructuralmente como biela de compresión; Escenario B, mampostería separada, independizada del pórtico por junta perimetral deformable, que no debe participar de manera directa en la rigidez lateral del pórtico. El tratamiento de reparación es estrictamente diferenciado y su incorrecta intervención puede modificar las propiedades dinámicas de la estructura (ICH, 1985, caso 1.23).

6.3.2. Para identificar una mampostería separada se pueden buscar en los bordes contra columnas y vigas cualquier junta visible con sellador o material elastomérico, ausencia de mortero de pega en la interfaz, o presencia de perfiles guía. En caso de duda, retirar el friso en el borde y verificar.

MAMPOSTERÍA NO SEPARADA vs MAMPOSTERÍA SEPARADA

Comparación del detalle constructivo y su interacción con el pórtico

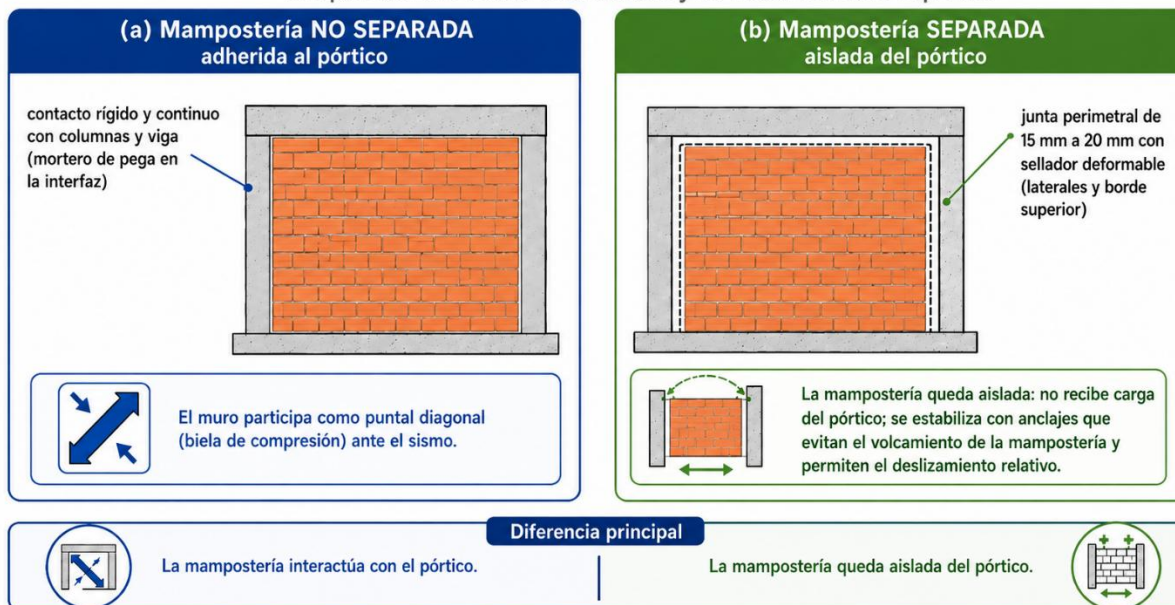


Figura 3. Condición de borde en mampostería: No separada y separada. Fuente: elaboración propia según lo establecido en ICH (1985) y Ramírez (2022).

6.4. Niveles de daño

6.4.1. El nivel de daño del paño se clasifica según lo establecido en la Tabla 1, adaptada de la calificación de daños en paneles de mampostería confinada según el manual AIS (2001, capítulo III), y de los umbrales de reparación por inyección según INIFED (2021) y citado en Ramírez (2022).

Tabla 1. Niveles de daño en paredes de mampostería no portante. Elaboración propia según lo establecido en AIS (2001, cap. III), INIFED (2021) y citado en Ramírez (2022).

Nivel	Indicador principal	Descripción típica	Acción
LEVE	$w < 0,5 \text{ mm}$	Fisuras finas en el friso o en juntas de mortero; sin rotura de piezas; sin desplazamientos.	RNE
MODERADO	$0,5 \text{ mm} \leq w < 5 \text{ mm}$	Grietas definidas, mortero fisurado en juntas; sin trituración de piezas ni desplome apreciable.	RE
SEVERO	$5 \text{ mm} \leq w \leq 15 \text{ mm}$	Grietas diagonales o escalonadas que atraviesan piezas; roturas y fisuras secundarias en esquinas; desplazamientos relativos visibles.	RL

CRÍTICO	$w > 15 \text{ mm}$, trituración o desplome $> 1 \% h$	Aplastamiento de esquinas o base; pandeo o pérdida de verticalidad; junta de aislamiento rígida colapsada; riesgo de volcamiento.	D
---------	---	---	---

7. CRITERIOS DE DECISIÓN: REPARAR, RECONSTRUIR O DEMOLER

7.1. Matriz de decisión

7.1.1. La toma de decisiones se realiza considerando el mecanismo de falla (6.2) y la condición de borde (6.3) según la Tabla 2 (véase también el flujograma de la Figura 4). La matriz completa con las prescripciones de cada celda se reproduce como Anexo A.

Tabla 2. Matriz de decisión. Según umbrales de ancho establecidos en AIS (2001), INIFED (2021) y Ramírez (2022).

Mecanismo de falla detectado	Escenario A: mampostería No separada	Escenario B: mampostería separada
Tracción / flexión fisuras horizontales o verticales, $w < 5 \text{ mm}$	RE Inyección para devolver el monolitismo y restablecer la transmisión de esfuerzos (véase 8.2)	RE Sellado de la fisura y verificación de que no exista transferencia no prevista de carga del pórtico (véase 9.4)
Corte / tensión diagonal grietas en "X" o escalonadas, 5 mm a 15 mm	RL Llaveado (véase 8.6) o costura de grietas (véase 8.5) para recuperar la biela de compresión diagonal	RL / D Si la junta de aislamiento rígida falló: demoler el sector dañado, reconstruir y recrear la junta deformable (véase 9 y véase 10)
Compresión / aplastamiento trituración de bloques en esquinas o base	D Parcial o total. Indica que las derivas cósmicas del pórtico generaron solicitaciones sobre las paredes de mampostería. (véase 10)	D Total. Generalmente producida por rozamiento o restricción de movimiento por una junta mal ejecutada (véase 10)
Desplazamiento fuera del plano pandeo o desplome $> 1 \% h$	D Pérdida de contacto entre la pared de mampostería y los miembros de concreto reforzado. (véase 10)	D Total. Provocada por ausencia o colapso de los conectores limitadores de volcamiento (véase 10)

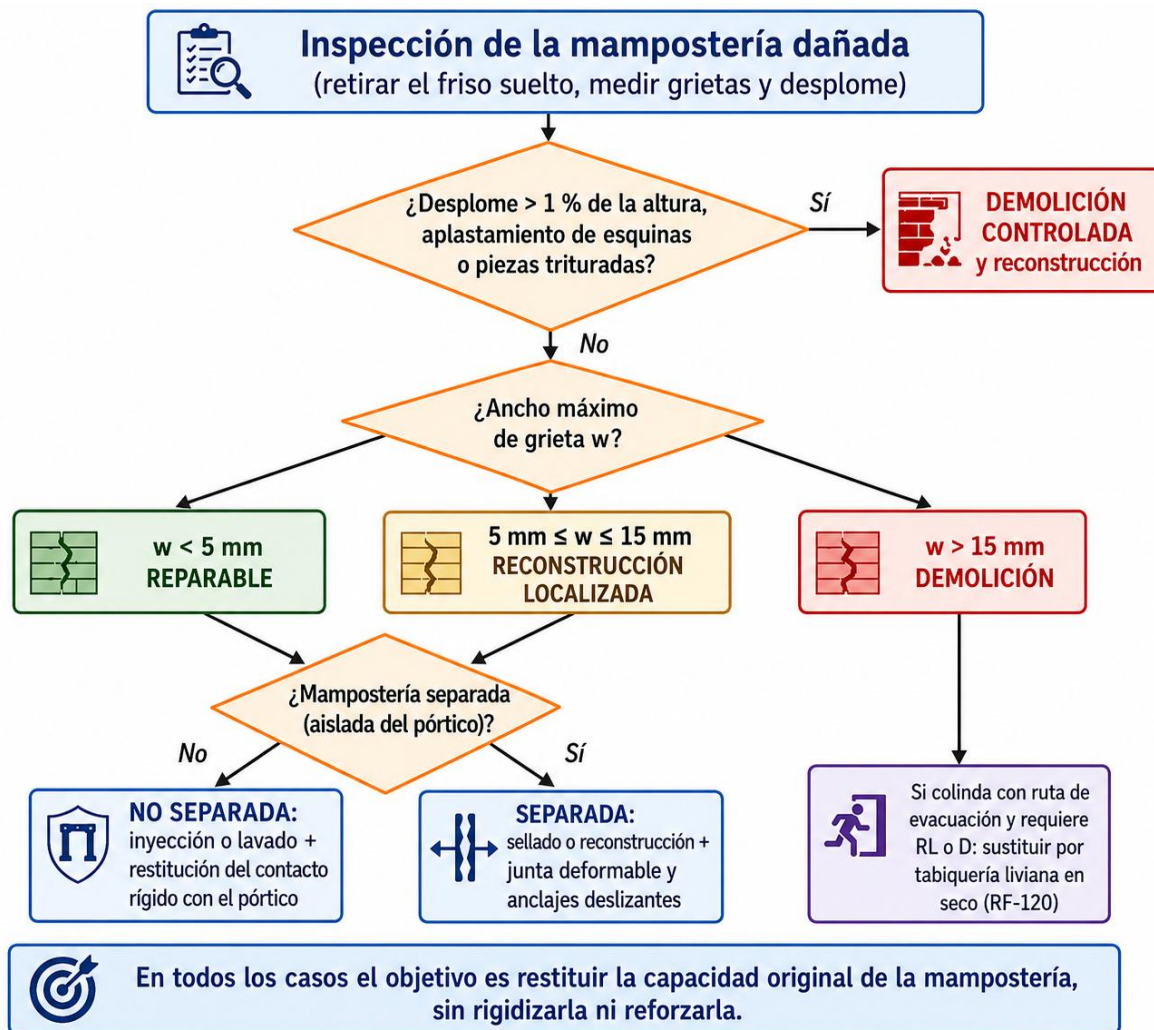


Figura 4. Flujoograma de decisión: demoler, reconstruir localmente o reparar. Fuente: elaboración propia.

7.2. Criterios de demolición obligatoria

7.2.1. En ningún caso se deberá recuperar mampostería con desplome mayor que el 1 % de su altura o con trituración generalizada de piezas. En estos casos, se deberá realizar la demolición controlada y reconstrucción (véase 10). Este criterio es coherente con la clasificación de daño severo por aplastamiento y movimiento fuera del plano según manual AIS (2001, cap. III).

7.2.2. También es obligatoria la demolición (parcial o total) cuando: (a) el paño a intervenir presenta grietas de ancho mayor que 15 mm; (b) más del 10 % de las hiladas tienen piezas agrietadas (AIS, 2001); (c) el volumen de material desprendido o triturado excede la posibilidad de reposición trabada (AIS, 2001, Anexo A.5 limita la reparación rápida a roturas menores; volúmenes mayores exigen

reemplazo); o (d) en paredes separadas, la junta perimetral fue rellenada con mortero rígido y falló, transfiriendo carga al tabique.

8. PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN DE MAMPOSTERÍA NO SEPARADA

8.1 Selección del método

8.1.1. Los métodos de reparación disponibles y su rango de aplicación según el ancho de grieta se resumen en la Figura 5 y en la Tabla 3. La selección depende del mecanismo de falla (6.2), del ancho de grieta (6.4) y de la condición de borde (6.3). Cuando varios métodos son admisibles, se prefiere el de menor intervención que restituya la capacidad requerida, sin incrementarla (FEMA, 1998; Keshmiry et al., 2024).

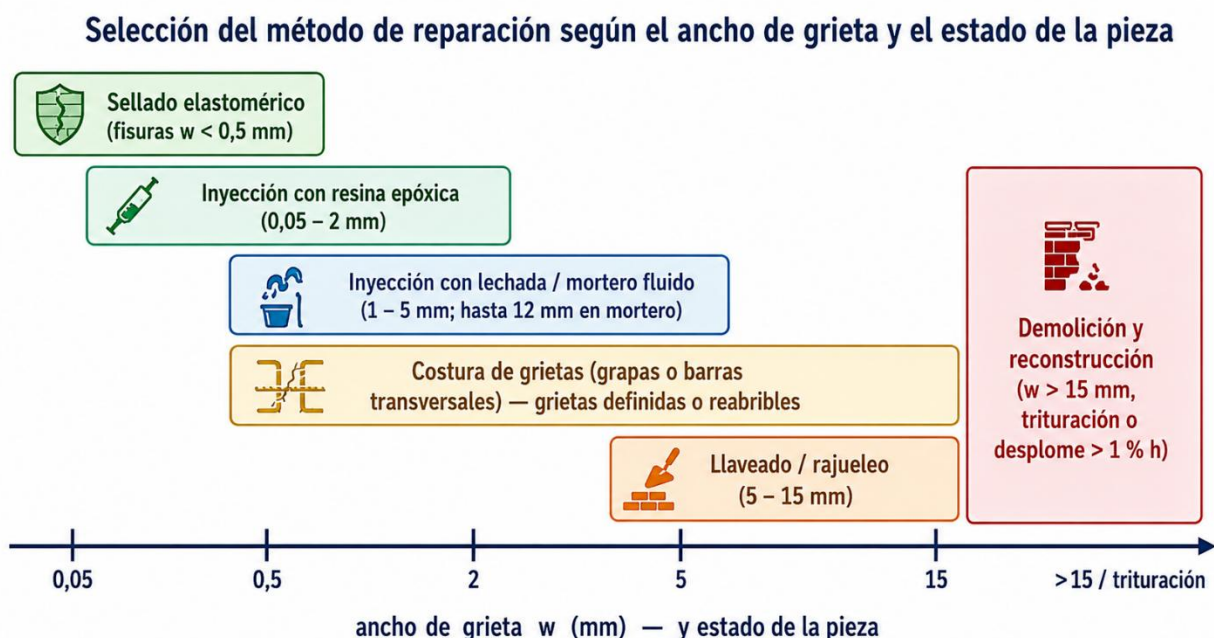


Figura 5. Selección del método de reparación según el ancho de grieta y el estado de la pieza.

Fuente: elaboración propia adaptado según lo establecido en AIS (2001), Ramírez (2022), Manzouri et al. (1996) y FEMA 308 (1998).

Tabla 3. Métodos de reparación de paredes de mampostería no separada.

Método	Daño / mecanismo aplicable	Ancho w	Qué restituye y referencia
Sellado elastomérico (cosmético)	Fisuras finas inactivas; sin función estructural	< 0,5 mm	Estanqueidad y estética (Sherwin-Williams, s.f.; AIS, 2001, A.1).

Inyección con resina epóxica	Fisuras y grietas finas en piezas sólidas; tracción/flexión y corte	0,05 – 2 mm	Adherencia y monolitismo; restituye resistencia y rigidez (Manzouri et al., 1996; Ramírez, 2022).
Inyección con lechada / mortero fluido	Grietas por corte o flexión, mampostería de bloque o piezas huecas	1 – 5 mm	Monolitismo; restituye resistencia y rigidez (AIS, 2001, A.4; Manzouri et al., 1996).
Reparación de juntas	Mortero de junta deteriorado, sin rotura de piezas	Juntas	Continuidad y adherencia de las juntas (AIS, 2001, A.2; City of Hamilton, s.f.; NPS, 2016).
Costura de grietas (grapado)	Grietas definidas que requieren continuidad a tracción	1 – 15 mm	Continuidad a tracción a través de la grieta (FEMA, 1998; AIS, 2001, B.6). Tiende al refuerzo: usar solo lo necesario para igualar la capacidad original.
Llaveado	Grietas anchas con piezas fracturadas	5 – 15 mm	Integridad del aparejo y de la biela diagonal (Ramírez, 2022; ICH, 1985).
Demolición y reconstrucción	Daño crítico	> 15 mm; trituración; desplome > 1 % h	Reconstrucción total del paño (AIS, 2001, A.7; capítulo 10 de esta guía).

8.2. Reparación de fisuras con $w < 0,5$ mm

8.2.1. Las microfisuras y fisuras se reparan con masilla elastomérica y trabajos menores de mampostería; debe evitarse el uso de selladores siliconados, que impiden la adherencia de la pintura de terminación (Sherwin-Williams, s.f.). Recubrimientos, pinturas y estuco son apropiados solamente si la grieta es inactiva, condición típica de las grietas sísmicas (AIS, 2001, anexo A.1).

8.3. Reparación de fisuras y grietas con $0,5 \text{ mm} \leq w < 5 \text{ mm}$

8.3.1. El detalle de puentes de unión se puede observar en la Figura 6, mientras que la secuencia general se muestra en la Figura 7.

8.3.2. **Preparación.** Remover el acabado en una franja de al menos 10 cm a cada lado de la fisura (Ramírez, 2022 recomienda hasta 30 cm). Retirar fragmentos y material suelto; limpiar el interior de la grieta con aire comprimido o chorro de agua limpia. Para inyección con lechada de cemento, saturar el muro con agua unas 24 horas antes y aplicar un ligero flujo 30 minutos antes, para retrasar el fraguado prematuro; para inyección epóxica, la superficie debe estar seca, pues la humedad y los contaminantes reducen la adherencia (Ramírez, 2022; AIS, 2001).

8.3.3. **Puertos.** Perforar a lo largo de la grieta con broca de 9,5 mm (3/8") y profundidad ≈ 50 mm, cuidando de no comprometer las piezas, e instalar los puertos (boquillas) plásticos. El espaciamiento se toma aproximadamente igual al espesor del muro típicamente cada 12 cm a 15 cm ajustando según la viscosidad del material y las recomendaciones del fabricante (AIS, 2001); en grietas finas o rugosas puede variar entre 7 cm y 30 cm (Ramírez, 2022). En grietas escalonadas de corte, ubicar las boquillas a media altura de las juntas verticales, donde es menor la presencia de finos (Ramírez, 2022).

8.3.4. **Sellado superficial.** Sellar la cara externa de la fisura entre puertos con masilla epóxica o pasta de fraguado rápido (p. ej., pasta de vinilo) capaz de resistir la presión de inyección. Si la reparación abarca todo el espesor, sellar ambas caras del muro (AIS, 2001; Ramírez, 2022).

8.3.5. **Material.** Seleccionar según el ancho (ver Tabla 4): resina epóxica de baja viscosidad para anchos menores que 2 mm; lechada o micro-mortero fluido sin contracción, con aditivo expansor no metálico, para anchos de 2 mm a 5 mm (y hasta 12 mm con mortero fluido). Aunque el material puede ser inyectable hasta 12 mm, en esta guía las grietas $w \geq 5$ mm se someten a reconstrucción localizada, salvo justificación específica del ingeniero responsable. El ancho mínimo inyectable a presión con epóxico es 0,05 mm; por gravedad, 0,3 mm; los epóxicos alcanzan resistencias a tensión de 30 MPa a 50 MPa (300 a 500 kg/cm²) (Ramírez, 2022). En mampostería de piezas huecas, inyectar a muy baja presión, apenas la necesaria para llenar la junta; en piezas sólidas no reforzadas es preferible la lechada de cemento y cal, pues las propiedades del epóxico no siempre son compatibles con la mampostería (AIS, 2001, Anexo A.4). El uso de compuestos epóxicos con base cementicia debe ajustarse a ACI 503R. No se permite la inyección por el método de vacío (NTC-Mampostería, 2017, citada en Ramírez, 2022).

8.3.6. **Ejecución.** Antes de iniciar, bombear material hasta homogeneizar la mezcla y descartar el tramo inicial. Inyectar de abajo hacia arriba de forma continua: mantener la inyección en cada puerto hasta que el material fluya por el puerto adyacente superior; entonces sellar el puerto inferior y continuar (AIS, 2001; Ramírez, 2022). Presiones típicas: 0,07 MPa a 0,2 MPa (10 psi a 30 psi) para lechada de cemento (AIS, 2001); 0,05 MPa a 0,1 MPa (0,5 a 1 kg/cm²) para mortero fluido (Ramírez, 2022). Interrumpir si la cantidad inyectada excede en 50 % la estimada: indica fuga hacia celdas huecas o fuera de la grieta (AIS, 2001). El incremento de la presión de bombeo no aumenta el radio de acción de la lechada; para ello se mejora su fluidez (aditivo superplastificante) (AIS, 2001).

8.3.7. **Terminación.** Sellar los puertos al finalizar; retirar el sello superficial no antes de 24 horas para permitir el curado; resanar y reponer el friso (Ramírez, 2022).



INYECCIÓN DE GRIETAS EN MAMPOSTERÍA: DISPOSICIÓN DE PUERTOS Y DETALLE EN SECCIÓN

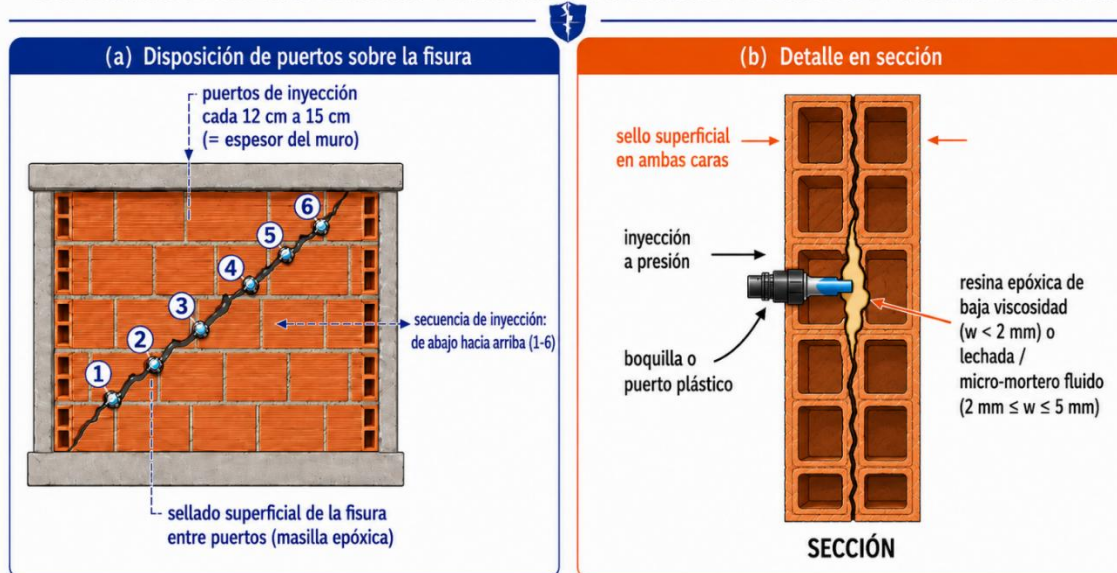


Figura 6. Inyección de fisuras: disposición de puertos y detalle en sección. Fuente: elaboración propia con base en AIS (2001) y Ramírez (2022).

PROCESO DE INYECCIÓN DE GRIETAS EN MAMPOSTERÍA



Figura 7. Secuencia de ejecución de la inyección de grietas. Fuente: elaboración propia con base en AIS (2001) y Ramírez (2022).

Tabla 4. Materiales de inyección según el ancho de grieta y nivel de recuperación esperado.

Adaptada de INIFED (2021), tabla 6.3.1, citada en Ramírez (2022); presiones según AIS (2001) y Ramírez (2022).

Material	Ancho de grieta w (mm)	Recuperación de resistencia (%)	Recuperación de rigidez (%)
Resina epóxica de baja viscosidad	0,05 – 1,0 (a presión); $\geq 0,3$ por gravedad	70 – 90	30 – 80
Mortero epóxico	> 0,5	70 – 90	30 – 80
Lechada de cemento y cal	1,0 – 5,0	70 – 90	50 – 80
Mortero fluido de cemento sin contracción	hasta 12	80 – 120	50 – 100

Nota: los porcentajes mayores de 100 % corresponden a dispersión experimental y no son el objetivo de diseño; la reparación se acepta por control de proceso; no se garantiza recuperación íntegra de rigidez; para análisis estructural debe adoptarse un factor conservador.

8.4. Reparación superficial de juntas de mortero

8.4.1. Cuando el daño se limita al mortero de las juntas (sin rotura de piezas), retirar el mortero suelto o deteriorado con cincel fino, limpiar, humedecer y aplicar una capa de mortero nuevo de dosificación equivalente a la original sobre la superficie de las juntas; un retiro mal ejecutado puede dañar físicamente la mampostería (AIS, 2001, Anexo A.2).

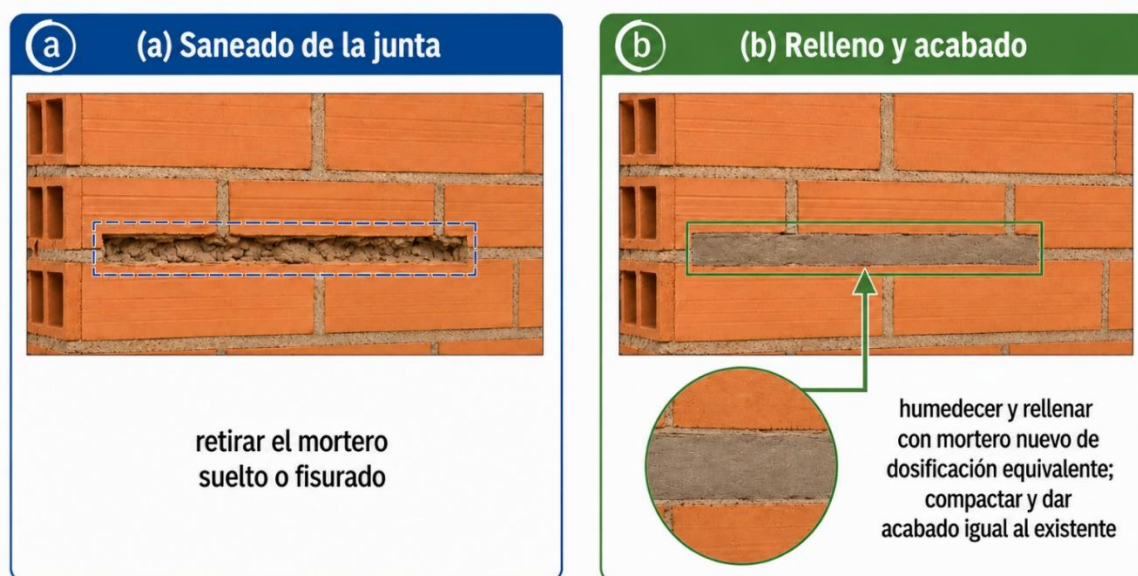


Figura 8. Reparación superficial de juntas de mortero. Fuente: elaboración propia con base en AIS (2001) y City of Hamilton (s.f.).

8.5. Reparación profunda de juntas

8.5.1. Cuando las juntas están fisuradas en profundidad, pero no hay fractura de bloques, se podrá realizar el sellado de la junta mediante siguiente procedimiento: rebajar el mortero de junta con cincel fino hasta una profundidad no menor que dos veces el espesor de la junta, retirar el polvo, humedecer y rellenar por capas de espesor no mayor que 10 mm, compactando cada capa, con mortero de dosificación equivalente a la original. El mortero de reparación debe ser de dureza y permeabilidad iguales o menores que las del original, ya que morteros más rígidos o menos permeables que el sustrato concentran esfuerzos y dañan las piezas (City of Hamilton, s.f.; NPS, 2016). En mampostería a la vista, ajustar el color con muestras de prueba.

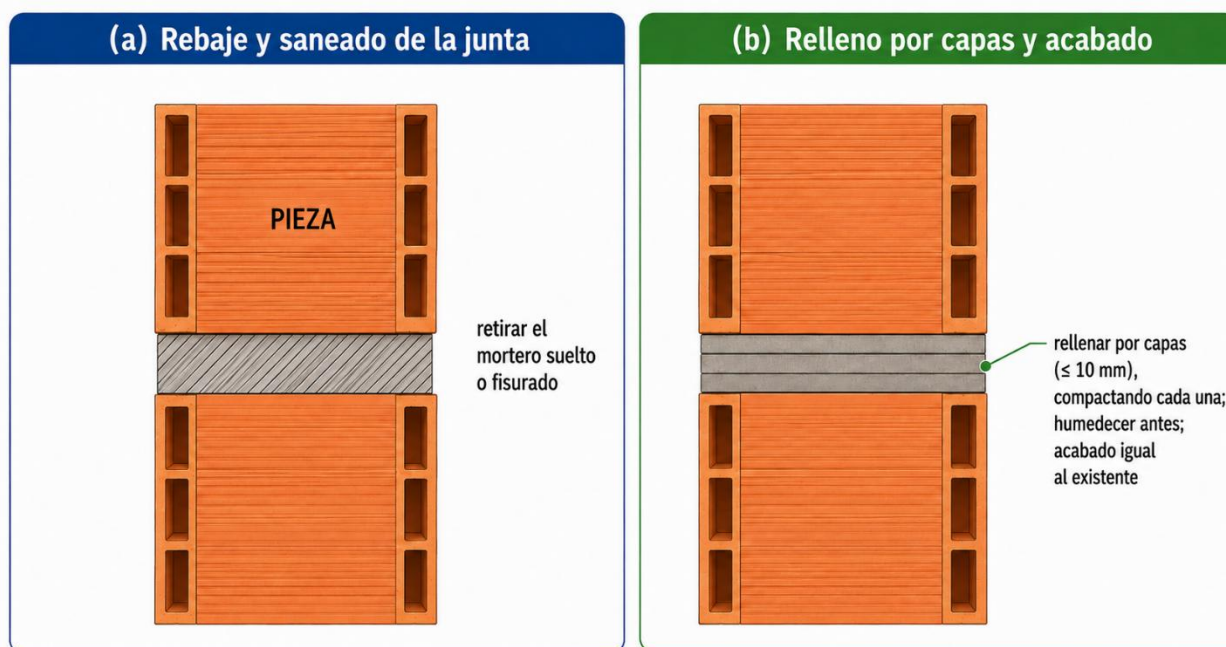


Figura 9. Reparación profunda de juntas de mortero. Fuente: elaboración propia según lo establecido en City of Hamilton (s.f.), NPS (2016) e ICH (1985).

8.6. Costura de grietas (grapado)

8.6.1. En grietas definidas de corte o flexión que requieran restablecer la continuidad a tracción a través de la grieta además del relleno por inyección, puede ejecutarse la costura o grapado (Figura 10) según el siguiente procedimiento: rebajar las juntas horizontales que cruzan la grieta, colocar grapas o barras (helicoidales o de refuerzo de $\varnothing 6$ mm) transversales a la grieta, embebidas en mortero o lechada dentro de la junta, cada 2 a 4 hiladas (aproximadamente 40 cm a 60 cm), con longitud suficiente a cada lado de la grieta para desarrollar la barra. Es aceptable el uso de grapas o estribos abiertos anclados con mortero o resina (Ramírez, 2022; ICH, 1985). Asimismo, si la extensión de la grieta no abarca toda la pared puede hacerse uso de malla electrosoldada.

8.6.2. La costura de grietas está normalizada internacionalmente como técnica de reparación (FEMA, 1998) y aparece en el manual AIS (2001, Anexo B.6).

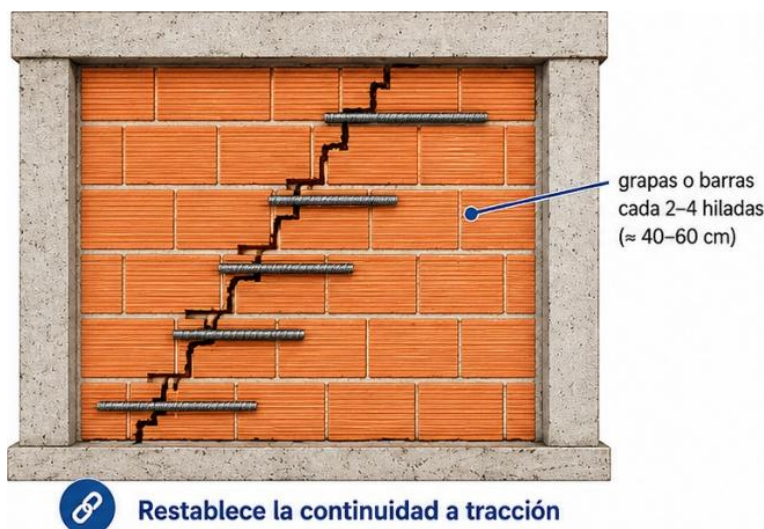


Figura 10. Costura de grietas (grapado): restitución de la continuidad a tracción. Fuente: elaboración propia según lo establecido en FEMA 308 (1998), AIS (2001) e ICH (1985).

8.7. Reconstrucción localizada por llaveado ($5 \text{ mm} \leq w \leq 15 \text{ mm}$)

La reconstrucción localizada por llaveado seguirá el procedimiento mostrado en la Figura 11, el cual se detalla a continuación:

- 1) Retirar con herramientas manuales las piezas fracturadas a lo largo de la grieta, evitando rotomartillos pesados que transmitan vibración al resto del paño y al pórtico.
- 2) Humedecer la cavidad e insertar piezas de reposición del mismo tipo y con resistencia igual o mayor que las originales, acufadas y trabadas con el aparejo existente; materiales de propiedades muy distintas generan concentraciones de esfuerzos que dañan la estructura (SMIE, 2019, citada en Ramírez, 2022).
- 3) Asentar con mortero de pega de dosificación equivalente a la original, preferiblemente con fibra o aditivo estabilizador de volumen para controlar la retracción (Ramírez, 2022).
- 4) Realizar curado húmedo constante durante al menos de 3 a 5 días.

Reposición trabada (llaveado) de piezas dañadas en mampostería

Procedimiento local de retiro y reposición de piezas fracturadas

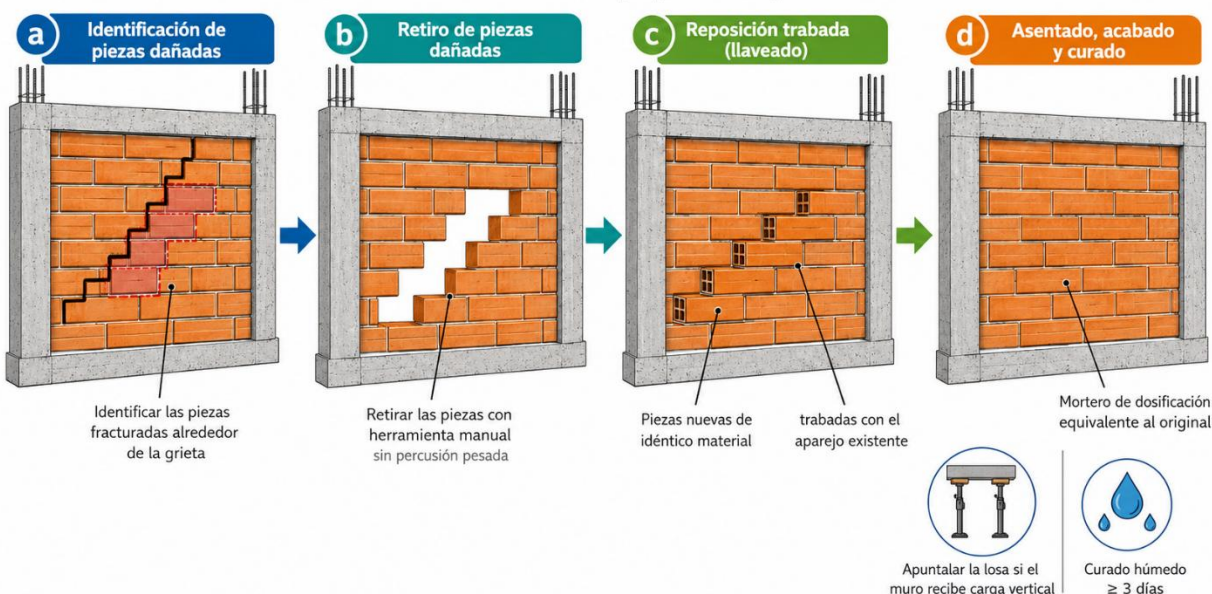


Figura 11. Reconstrucción localizada por llaveado. Fuente: elaboración propia según lo establecido en Ramírez (2022) e ICH (1985).

8.8. Restitución del contacto rígido mampostería-pórtico

8.8.1. Cuando la interfaz entre la mampostería de relleno y el pórtico se haya agrietado o despegado, rellenar a presión la junta de contacto con mortero cementicio de retracción compensada (grout autonivelante o tixotrópico según la posición), para restablecer el contacto rígido y la transmisión de la biela de compresión. Verificar el llenado completo por percusión (sonido) antes de reponer acabados.

9. PROCEDIMIENTOS PARA REPARACIÓN DE MAMPOSTERÍA SEPARADA

9.1. Reparación de mampostería separada con junta flexible

9.1.1. En caso de verse afectada la junta que separa la mampostería del pórtico se sugiere remover material afectado y rellenar con material similar al original a fin de restituir la condición original. Esta reparación puede realizarse según procedimiento mostrado en Figura 12. No usar mortero, yeso ni selladores rígidos; no usar selladores siliconados donde se vaya a pintar (Sherwin-Williams, s.f.).



Figura 12. Reparación de junta en mampostería separada. Fuente: elaboración propia.

9.2. Reparación de mampostería separada con perfiles metálicos

9.2.1. En caso de que la mampostería separada cuente con elementos metálicos y se hayan visto deformados se podrá reparar instalando ángulos metálicos en “L” fijados mecánicamente al pórtico de concreto con pernos de expansión. El muro debe poder deslizarse libremente dentro de las guías durante el sismo, sin poder volcarse fuera de su plano tal como se muestra en Figura 13, (ICH, 1985, caso 1.23).

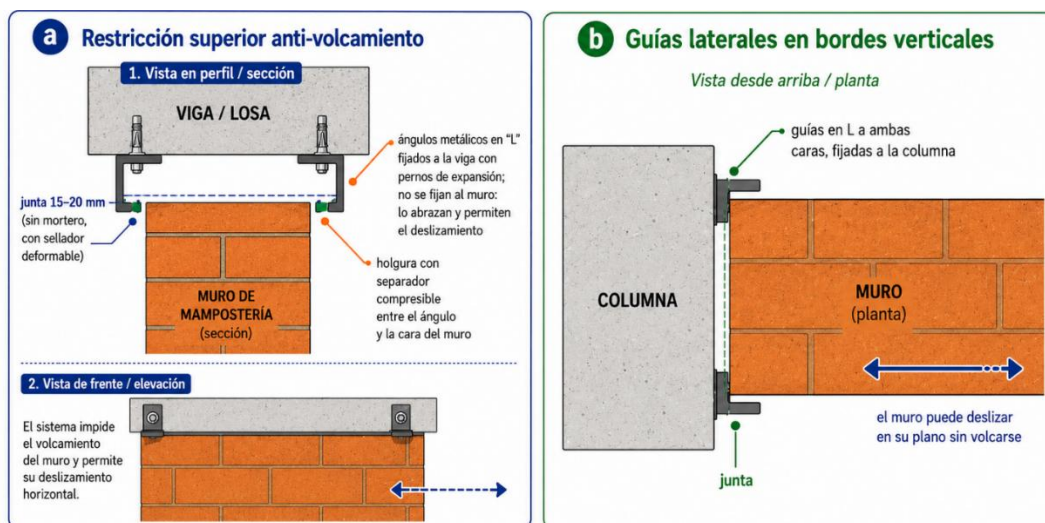


Figura 13. Reparación de mampostería separada con perfiles metálicos. Fuente: elaboración propia según lo establecido en ICH (1985).

9.3. Reparación del paño

9.3.1. Las fisuras del paño separado ($w < 5 \text{ mm}$) se sellan por inyección o con masilla según 8.1 y 8.2. Antes de sellar, verificar que no exista transferencia no prevista de carga del pórtico (junta obstruida); si la junta rígida falló y produjo grietas de corte de 5 mm a 15 mm, demoler el sector dañado, reconstruir el paño (10.4) y recrear la junta deformable (9.1 a 9.3).

10. DEMOLICIÓN CONTROLADA Y RECONSTRUCCIÓN TOTAL

10.1. Condiciones de seguridad

10.1.1. Aplica a toda pared con daño crítico (7.2). Acordonar el área, restringir el paso, y usar equipo de protección personal completo. Apuntalar las losas colindantes antes de iniciar. No golpear ni cortar elementos de concreto armado del pórtico.

10.2. Demolición

A continuación, se detalla el procedimiento para la demolición de mampostería, tal como se muestra en Figura 14:

- 1) Instalar apuntalamiento temporal en las losas colindantes al paño.
- 2) Retirar instalaciones embebidas (eléctricas, sanitarias) previa desconexión.
- 3) Demoler de arriba hacia abajo, hilada por hilada, con herramienta manual o martillo liviano; se prohíbe la maquinaria pesada de impacto para no dañar los elementos de concreto armado del pórtico.
- 4) Retirar el escombros a medida que se genera; no acumular sobre losas.
- 5) Sanear los bordes: retirar mortero y fragmentos adheridos a columnas, viga superior y losa de piso.

10.3. Reconstrucción de mampostería No separada

10.3.1. Para la reconstrucción de mampostería no separada se puede seguir el procedimiento mostrado en Figura 15. En este sentido, se levanta la mampostería asentada con mortero de pega de dosificación equivalente a la original, garantizando que la densidad, el peso y la resistencia de las piezas sean equivalentes a las originales, para no modificar el peso sísmico ni la rigidez global de la edificación. Las piezas deben cumplir COVENIN 42:1982 o COVENIN 2:2024 según el material.

10.3.2. Acuñar y retacar la hilada superior contra la viga o losa con mortero de retracción compensada, restituyendo el contacto rígido original (8.7). Las grietas de retracción que aparezcan en la interfaz entre estructura nueva y existente pueden sellarse por inyección dos a cuatro meses después de construido el muro, cuando ha ocurrido la mayor parte de la retracción (AIS, 2001, Anexo A.7).

10.3.3. De igual forma se puede incorporar elementos de sujeción lateral como los mostrados en la Figura 13 o los establecidos en el Capítulo 8 de la Norma Venezolana COVENIN 5008:2019 para evitar el volcamiento de la pared, ante situaciones de réplicas o nuevos eventos sísmicos.



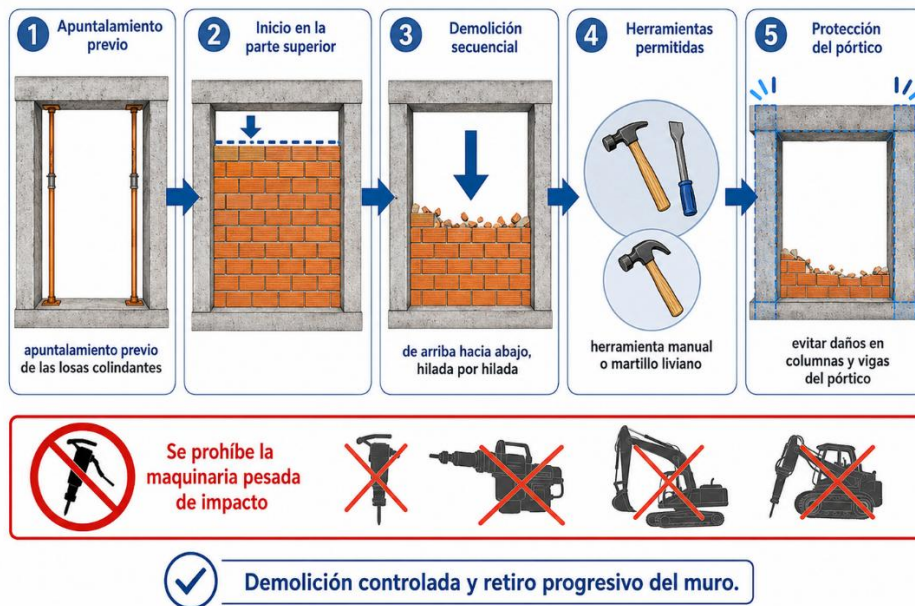


Figura 14. Demolición controlada de paredes con daño crítico. Fuente: elaboración propia.

Reconstrucción de mampostería NO separada

Restitución del muro adherido al pórtico con piezas equivalentes



Figura 15. Reconstrucción de mampostería no separada. Fuente: elaboración propia según lo establecido en AIS (2001).

10.4. Reconstrucción de mampostería separada

10.4.1. Levantar la mampostería respetando la junta perimetral libre en los bordes verticales y superior. Instalar las guías metálicas de deslizamiento (sección 9) en el contorno superior y lateral antes de ejecutar el sellado flexible. No colocar mortero, cuñas rígidas ni escombros dentro de la junta. Verificar la restricción del borde superior según 10.6.

10.5. Prevención de la condición de columna corta

10.5.1. La condición de columna corta se produce cuando una pared de altura parcial (antepecho de ventana o cerramiento a media altura) se construye adherida a las columnas, reduciendo su altura libre y concentrando la demanda de corte en el tramo no restringido. Esta configuración propicia fallas frágiles de corte en las columnas y es una de las principales causas de daño observadas en estructuras aporticadas durante sismos (COVENIN 1756-1:2019).

10.5.2. Cuando se demuela o sustituya una pared de altura parcial que originalmente generaba la condición de columna corta, dicha condición NO debe restituirse. La mampostería nueva se ejecutará como mampostería separada mediante una junta deformable cuya separación debe ser estimada considerando la deriva lateral de la edificación según lo establecido en COVENIN 1756:2019 y COVENIN 5008:2019. Un ejemplo de reparación es la colocación de elementos de borde como se muestra en Figura 16. No obstante, la estabilidad de los antepechos de mampostería también se puede lograr con elementos de confinamiento o refuerzo interno, anclados en la viga o la losa inferior. Alternativamente, la pared puede sustituirse por tabiquería liviana con junta contra las columnas, tomando como referencia constructiva la sección 11.

10.5.3. En ningún caso se debe rellenar con mortero rígido, cuñas o escombros la junta entre el antepecho y las columnas. Si la columna presenta daño atribuible al efecto de columna corta (grietas de corte en el tramo libre), su reparación excede el alcance de esta guía y debe ser evaluada por un ingeniero estructural (2.4).

Recomendación para prevenir el efecto de columna corta

Comparación entre la condición no recomendada y la solución con antepecho separado

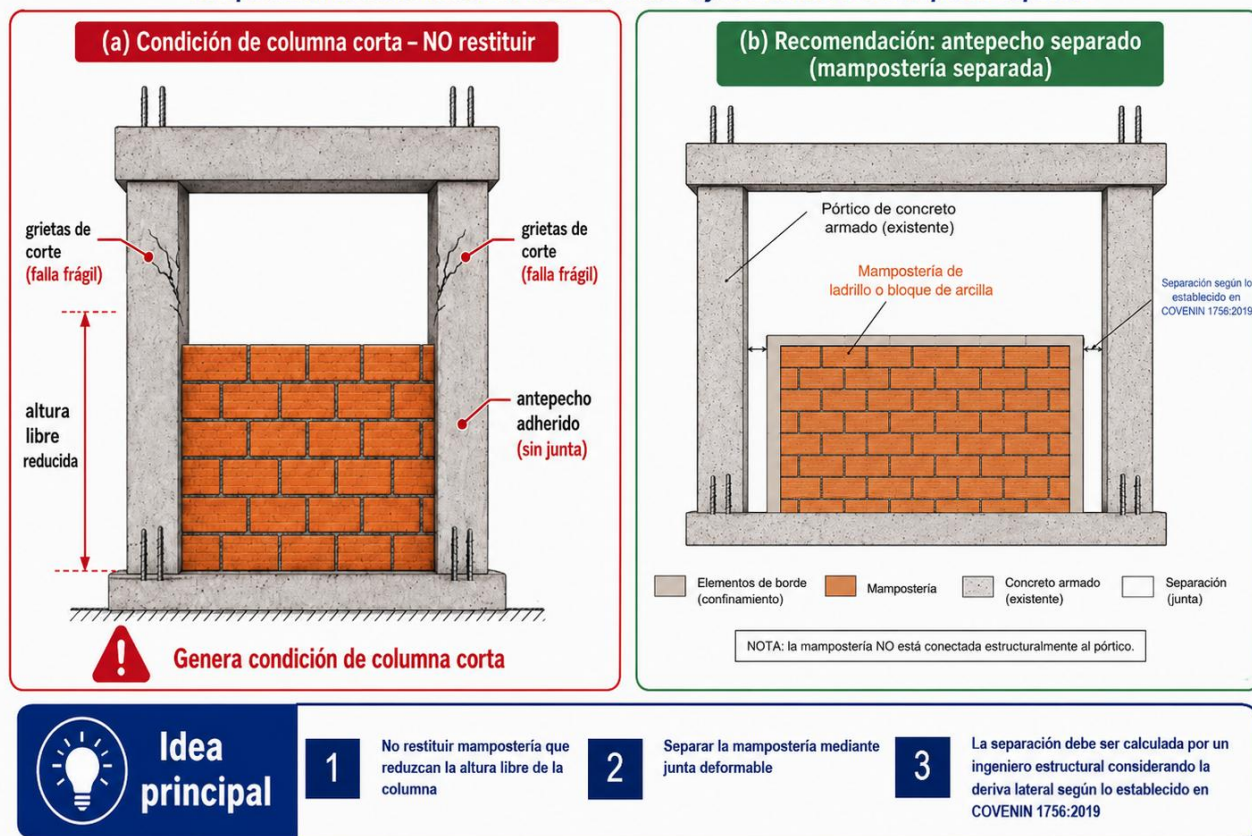


Figura 16. Prevención de la condición de columna corta. Fuente: elaboración propia según lo establecido en COVENIN 1756-1:2019 y COVENIN 5008:2019.

10.6. Estabilidad del borde superior y prevención del volcamiento

10.6.1. Toda pared reparada, reconstruida o nueva, independientemente de su condición de borde (mampostería de relleno o mampostería separada), debe quedar restringida en su borde superior contra el desplazamiento fuera del plano mediante un elemento de fijación o arriostramiento, de manera que se evite su volcamiento durante réplicas o sismos futuros. No se aceptan paredes con el borde superior libre.

10.6.2. En mampostería no separada, la restricción superior se logra restituyendo el contacto rígido contra la viga o losa mediante acuñado y retacado con mortero de retracción compensada (8.7 y 10.3.3), verificando el llenado completo por percusión (Figura 17).

10.6.3. En mampostería separada, la restricción superior se logra con ángulos o perfiles guía deslizantes fijados a la viga o losa (9.3), que impidan el movimiento fuera del plano y permitan el

desplazamiento relativo en el plano, sin fijarse a la pared y con separadores compresibles entre el perfil y la cara de la mampostería.

10.6.4. En paredes cuyo borde superior no alcanza la viga o losa (antepechos y paredes de media altura), se pueden aplicar los mismos procedimientos formulados para antepechos en 10.5.

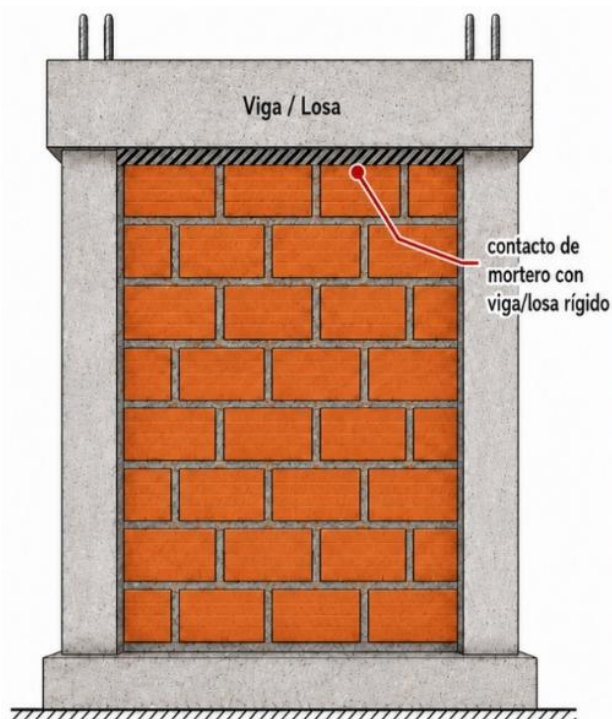


Figura 17. Reparación de restricción superior en mampostería no separada. Fuente: elaboración propia según lo establecido en ICH (1985).

11. MAMPOSTERÍA EN RUTAS DE EVACUACIÓN Y ESCALERAS

11.1. Debido al riesgo de colapso frágil de la mampostería pesada sobre las rutas de escape, toda pared colindante con una ruta de evacuación o escalera que requiera reconstrucción localizada (RL) o demolición (D) no podrá ser reconstruida con mampostería húmeda pesada tradicional; se sustituirá por completo por un sistema de construcción en seco liviano con desempeño cortafuego.

11.2. El tabique de sustitución debe cumplir como mínimo (Figura 18):

- 1) Estructura portante de perfiles de acero galvanizado (parantes de espesor $\geq 0,90$ mm), con fijación superior mediante canales con perforaciones ovaladas (unión telescópica) que permitan la deflexión de la losa o viga inclinada sin transmitir compresión al tabique.
- 2) Capa base de placa cementicia de alta densidad o contrachapado fenólico estructural de 12 mm (resistencia a impactos durante evacuaciones), más una placa de yeso tipo X (resistente al fuego) de 15,9 mm (5/8").

- 3) Cara externa con doble placa de yeso tipo X de 15,9 mm con juntas trabadas, tratadas con cinta de fibra de vidrio y masilla cortafuego.
- 4) Núcleo con lana de roca mineral de densidad $\geq 40 \text{ kg/m}^3$, como barrera térmica y acústica.
- 5) Conjunto con resistencia al fuego certificada RF-120.
- 6) Anclajes a losas e interfaces de concreto con pernos de expansión mecánicos verificados para las aceleraciones sísmicas de la edificación (COVENIN 1756-1:2019).

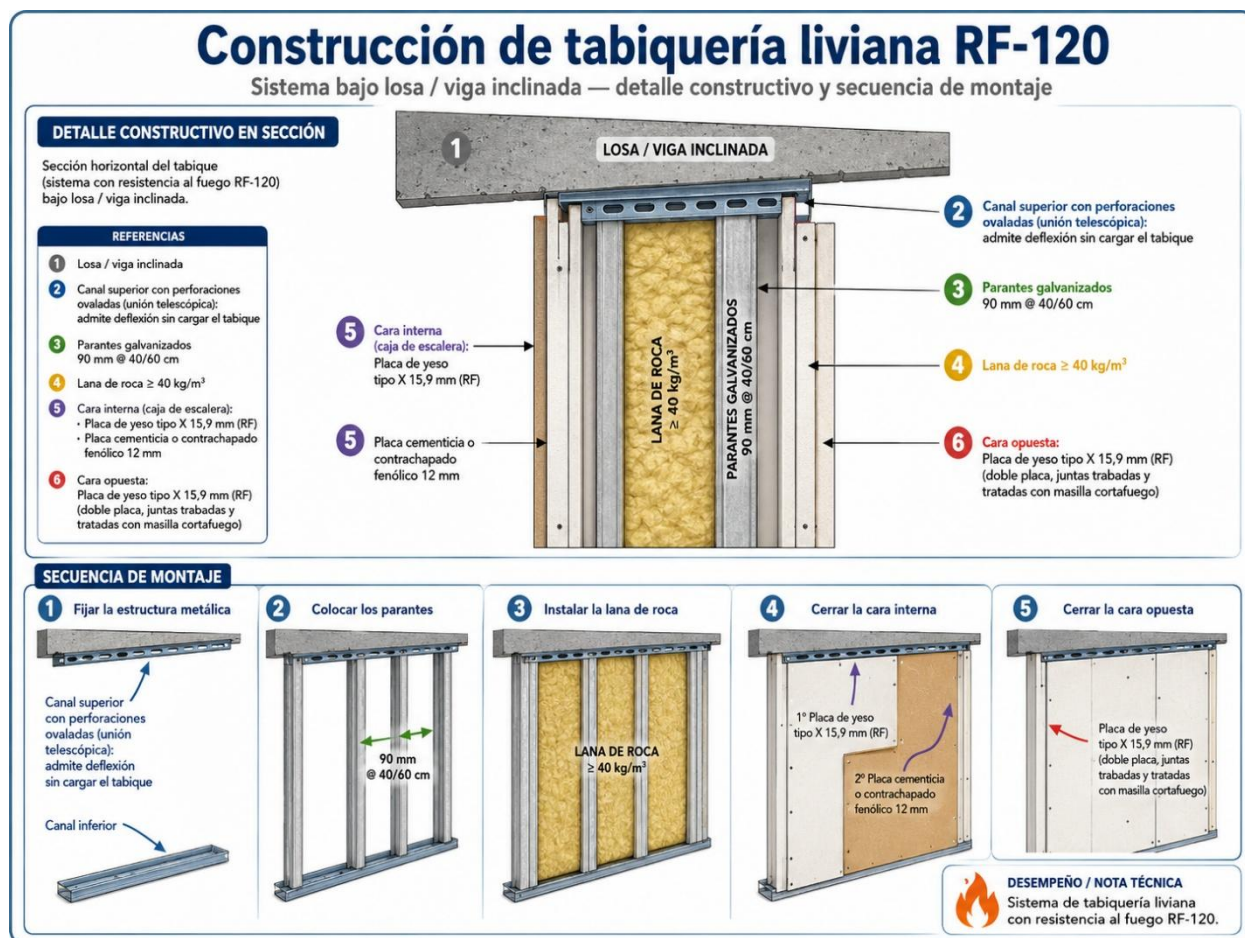


Figura 18. Tabiquería liviana de sustitución en rutas de evacuación (sección tipo). Fuente: elaboración propia.

12. MATERIALES

12.1. Los materiales de reparación deben restituir propiedades, no incrementarlas: piezas, morteros y rellenos deben ser del mismo tipo y de resistencia igual (AIS, 2001; Ramírez, 2022; SMIE, 2019, citada en Ramírez, 2022). La Tabla 5 resume los requisitos.

Tabla 5. Materiales de reparación y requisitos mínimos.

Material	Uso y requisitos	Referencia
Resina epóxica de baja viscosidad	Inyección de fisuras 0,05 mm a 2 mm en piezas sólidas; resistencia a tensión 30 MPa a 50 MPa; viscosidad adaptada al ancho y absorción de las piezas.	Ramírez (2022); ACI 503R
Lechada de cemento y cal	Inyección de grietas 1 mm a 5 mm en juntas; arena y finos de granulometría fina; superplastificante para mejorar fluidez (no aumentar presión).	AIS (2001, A.4)
Micro-mortero / mortero fluido sin contracción	Inyección de grietas de 2 mm a 12 mm; consistencia de lechada; aditivo expansor no metálico.	Ramírez (2022); INIFED (2021)
Piezas de reposición (bloques de arcilla o concreto)	Idéntico material, densidad y resistencia equivalentes o superiores a las originales.	COVENIN 2:2024; COVENIN 42:1982
Mortero de pega y de junta	Dosificación equivalente a la original; cemento COVENIN 28; tipo I (~12,5 MPa) en llaveado; con fibra o estabilizador de volumen.	Ramírez (2022)
Grout / mortero de retracción compensada	Relleno a presión de la interfaz muro-pórtico en paredes adheridas; autonivelante o tixotrópico según posición.	Esta guía (8.7)
Grapas o barras de costura (helicoidales o de refuerzo Ø 6 mm)	Restitución de continuidad a tracción a través de grietas; embebidas en mortero o lechada en juntas.	FEMA (1998); AIS (2001, B.6)
Sellador elastomérico de poliuretano + cordón de respaldo	Juntas perimetrales de paredes separadas, 15 mm a 20 mm; alta resiliencia; no siliconado si se pinta.	Sherwin-Williams (s.f.)
Chicotes de acero y adhesivo epóxico de anclaje	Barras de 6 mm a 10 mm ancladas en perforaciones; profundidad según fabricante; prohibido soldar barras existentes.	AIS (2001, A.6, A.7)
Perfiles y ángulos de acero galvanizado, pernos de expansión	Guías deslizantes de tabiques separados y estructura de tabiquería seca (parantes $\geq 0,90$ mm).	Esta guía (9.3, 11)
Placas de yeso tipo X, placa cementicia, lana de roca ≥ 40 kg/m ³	Tabiques livianos cortafuego RF-120 en rutas de evacuación.	Esta guía (11)

13. CONTROL DE CALIDAD Y LIMITACIONES

13.1. La inyección debe ser ejecutada por personal con experiencia; el equipo de mezcla se prueba antes de iniciar; las proporciones de la mezcla se verifican al menos dos veces por día de trabajo, dentro de las tolerancias del fabricante (AIS, 2001, anexo A.3).

13.2. La efectividad de la inyección puede verificarse mediante extracción de núcleos de 50 mm que atraviesen la grieta inyectada (en obras extensas, un núcleo cada 15 m a 30 m de grieta) o mediante métodos no destructivos; la inspección confirma la penetración del material, aunque no la adherencia (AIS, 2001, Anexo A.3). En reparaciones de vivienda puede sustituirse por inspección visual sistemática y registro fotográfico.

13.3. Aún bien ejecutada, la inyección puede no restituir el 100 % de la rigidez: la lechada no penetra todas las micro fisuras (AIS, 2001, Anexo A.4). No obstante, la evidencia experimental muestra que, con procedimiento y materiales adecuados, la resistencia y la rigidez de muros dañados pueden restituirse casi por completo mediante inyección de lechada (Manzouri et al., 1996). Para la aceptación de la reparación se considerará restituida la capacidad cuando se cumplan los procedimientos y materiales de esta guía; no se exigen ensayos de carga.

13.4. **Prácticas prohibidas:** (a) inyección por vacío (NTC-Mampostería, 2017, citada en Ramírez, 2022); (b) soldadura de barras de refuerzo existentes (AIS, 2001, anexo A.6); (c) rellenar juntas de dilatación con mortero rígido; (d) reconstruir con piezas de densidad o resistencia sustancialmente distintas de las originales; (e) recubrir grietas activas sin eliminar la causa (ICH, 1985); (f) usar maquinaria pesada de impacto en demoliciones adosadas al pórtico; (g) sobredimensionar la costura de grietas hasta convertir la reparación en un reforzamiento no proyectado (8.5); (h) restituir la condición de columna corta al reconstruir paredes de altura parcial adheridas a las columnas (10.5); (i) dejar paredes reparadas o reconstruidas sin restricción en su borde superior contra el volcamiento (10.6).

13.5. Toda reparación debe registrarse (ubicación, mecanismo de falla, técnica aplicada, materiales y fechas) para la trazabilidad de la edificación y futuras inspecciones.

14. SEGURIDAD EN OBRA

- Inspeccionar la estabilidad general antes de intervenir; ante réplicas, evacuar y volver a inspeccionar.
- Usar casco, guantes, protección ocular y respiratoria (polvo de sílice) y calzado de seguridad.
- No intervenir paredes con desplome crítico desde el lado hacia el cual se inclinan.
- Manejar resinas epóxicas y selladores según las hojas de seguridad del fabricante, con ventilación adecuada.
- No realizar demoliciones mediante el uso de andamiajes sin estabilidad comprobada ni desde el exterior por el riesgo de colapso inminente y daño en las líneas de vida.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACI Committee 503 (reaprobada). ACI 503R: Use of Epoxy Compounds with Concrete. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute. <https://www.concrete.org>
- [2] ACI Committee 562 (2021). ACI 562-21: Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures and Commentary. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute. <https://www.concrete.org>
- [3] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) (2001). Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería. Bogotá: AIS / LA RED de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. <https://www.desenredando.org>
- [4] Asociación Colombiana de Minería (ACM), Cámara de Ladrilleros (2025). Guía de uso de los sistemas constructivos en mampostería en Colombia (1.^a ed.). Bogotá: ACM / Yemail Arquitectura. <https://www.yemailarquitectura.co>
- [5] City of Hamilton (s.f.). Masonry Restoration Guidelines. Planning and Economic Development Department, Ontario, Canadá. <https://www.hamilton.ca>
- [6] COVENIN 1756-1:2019. Construcciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos. Caracas: FONDONORMA / SENCAMER.
- [7] COVENIN 5008:2019. Norma para el Análisis, Diseño y Construcción de Edificaciones de Mampostería Estructural. Caracas: SENCAMER.
- [8] COVENIN 2:2024. Bloques Huecos Cerámicos para Cerramientos No Portantes. Requisitos. Caracas: SENCAMER. <https://www.sencamer.gob.ve>
- [9] COVENIN 42:1982. Bloques Huecos de Concreto. Caracas: COVENIN.
- [10] Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1998). FEMA 306, 307 y 308: Evaluation and Repair of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings (Applied Technology Council, ATC-43). Washington, D.C. <https://www.atccouncil.org>
- [11] García Manjarrez, J. L., y De León Escobedo, D. (2021). Reparación óptima de escuelas con muros de mampostería y marcos de concreto con daños sísmicos basada en confiabilidad. Revista de Ingeniería Sísmica, (106), 45–75. <https://doi.org/10.18867/ris.106.590>
- [12] Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (ICH) (1985). Técnicas de reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado y albañilerías: diagnóstico y soluciones, procedimientos constructivos, materiales de reparación. Santiago de Chile: ICH (monografía impresa).
- [13] Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) (2021). Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones: rehabilitación sísmica. Ciudad de México (citado en Ramírez, 2022).
- [14] Keshmiry, A., Hassani, S., Dackermann, U., y Li, J. (2024). Assessment, repair, and retrofitting of masonry structures: A comprehensive review. Construction and Building Materials, 442, 137380. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137380>

- [15] Manzouri, T., Schuller, M. P., Shing, P. B., y Amadei, B. (1996). Repair and retrofit of unreinforced masonry structures. *Earthquake Spectra*, 12(4), 903–922. <https://doi.org/10.1193/1.1585916>
- [16] National Park Service (NPS) y MTSU Center for Historic Preservation (2016). Restoration Guide for Historic Masonry Buildings on the Trail of Tears National Historic Trail. Estados Unidos: NPS. <https://www.nps.gov>
- [17] Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTC-Mampostería) (2017). Gaceta Oficial de la Ciudad de México (citadas en Ramírez, 2022).
- [18] Ramírez Quintero, D. C. (2022). Técnicas de rehabilitación de muros de mampostería (Tesis de Ingeniería Civil; dir. S. M. Alcocer Martínez de Castro). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Repositorio Institucional UNAM (TESIUNAM). <https://repositorio.unam.mx>
- [19] SENCAMER (2021). GUI-DNO-001, Rev. 0: Estructura y presentación de los documentos normativos. Caracas: Dirección de Normalización, Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos. <https://www.sencamer.gob.ve>
- [20] Sherwin-Williams Ecuador (s.f.). Cómo reparar rajaduras y grietas en mampostería. <https://www.sherwin.com.ec>
- [21] Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural (SMIE) (2019). Guía práctica para la rehabilitación de vivienda (citada en Ramírez, 2022).
- [22] The Masonry Society (TMS) (2022). TMS 402/602-22: Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures (anteriormente ACI 530/530.1 / ASCE 5/6). Longmont, CO: TMS. <https://masonrysociety.org>

ANEXO A. MATRIZ DE DECISIÓN Y PRESCRIPCIONES POR ESCENARIO

A.1. La Tabla A.1 consolida el diagnóstico cruzado (mecanismo de falla × condición de borde) con la prescripción aplicable y la sección de esta guía que la desarrolla.

Tabla A.1 Matriz de decisión con prescripciones.

Mecanismo / Indicador	Mampostería de relleno	Mampostería separada	Secciones aplicables
Tracción/flexión; $w < 0,5$ mm	RNE: masilla elastomérica; reposición de friso	RNE: ídem; verificar junta libre	8.1; 9.4
Tracción/flexión; $0,5 \leq w < 5$ mm	RE: inyección (resina < 2 mm; lechada 2–5 mm)	RNE: sellado; verificar que el pórtico no cargue el tabique	8.2; 9.4
Corte/diagonal; $5 \leq w \leq 15$ mm	RL: llaveado y/o costura + restitución de interfaz	RL/D: reconstruir sector + recrear junta y guías	8.5; 8.6; 8.7; 9.1–9.3; 10.4
Aplastamiento de esquinas/base	D: demolición parcial o total + 10.3	D: demolición total + 10.4	7.2; 10
Fuera del plano; desplome $> 1\%$ h	D: demolición total + 10.3	D: demolición total + 10.4 con guías	7.2; 10
Colindante con ruta de evacuación y RL o D	Sustitución por tabique liviano RF-120	Sustitución por tabique liviano RF-120	11

ANEXO B. NIVELES DE RECUPERACIÓN ESPERADOS Y CORRESPONDENCIA CON OTRAS GUÍAS

B.1. La evidencia experimental indica que los muros de mampostería no reforzada dañados y reparados por inyección de lechada pueden recuperar por completo su resistencia y rigidez originales (Manzouri et al., 1996), y que, según el material, la recuperación se sitúa entre 70 % y 90 % de la resistencia y entre 30 % y 100 % de la rigidez (INIFED, 2021, citado en Ramírez, 2022). En análisis de rehabilitación se ha adoptado, de forma conservadora, una resistencia reparada igual a 0,8 veces la nominal sin daño (Ramírez, 2022, apéndice D).

B.2. El manual AIS (2001) organiza la rehabilitación en tres niveles reparación, reforzamiento y reconstrucción en función del daño y de la vulnerabilidad; esta guía cubre únicamente los cuadrantes de reparación y reconstrucción sin incremento de capacidad. La decisión de reforzar (encamisados, confinamientos nuevos, fibras) corresponde a un proyecto estructural (AIS, 2001, anexo B; Ramírez, 2022; García y De León, 2021 presentan criterios de optimalidad costo–confiabilidad para esa decisión).

B.3. Los documentos norteamericanos de restauración de mampostería y los códigos vigentes enfatizan la compatibilidad del mortero de reparación con el original morteros más duros o menos



permeables que el sustrato concentran esfuerzos y dañan las piezas (City of Hamilton, s.f.; NPS, 2016; TMS, 2022) principio adoptado en 8.3, 8.4, 8.6 y 12. Para la reparación de los elementos de concreto de confinamiento se aplican los requisitos de ACI 562-21.