

COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES
(Creada por medio de la Ley 400 de 1997)

MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO
Viceministerio de Vivienda
Dirección de Espacio Urbano y Territorial

COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES
(Creada por medio de la Ley 400 de 1997)

ANEXO TÉCNICO

Se introduce la sección A.10.9.2.7 cuyo texto es el siguiente:

A.10.9.2.7 — Edificaciones de viviendas de mampostería — Cuando se trate de edificaciones de viviendas de uno, dos y tres pisos construidas en mampostería, la evaluación, intervención y reducción de vulnerabilidad podrá realizarse siguiendo los requisitos de la Norma AIS 410-23: “Evaluación y Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de mampostería”.



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
DE
INGENIERÍA SÍSMICA

AIS 410-23: EVALUACIÓN Y REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA

Documento preparado por el comité AIS 400

Bogotá D.C., Colombia
2023

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. 11

| | | |
|---------|--|----|
| 1.1 | — GENERAL | 13 |
| 1.2 | — PROPÓSITO Y ALCANCE | 13 |
| 1.2.1 | — PROPÓSITO | 13 |
| 1.2.2 | — ALCANCE | 14 |
| 1.2.3 | — EXCEPCIONES | 14 |
| 1.3 | — CRITERIOS DE DESEMPEÑO | 15 |
| 1.3.1 | — DESEMPEÑO ESTRUCTURAL | 15 |
| 1.3.2 | — DESEMPEÑO NO ESTRUCTURAL | 15 |
| 1.4 | — PROCEDIMIENTO GENERAL DE EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN | 15 |
| 1.4.1 | — INFORMACIÓN PRELIMINAR | 16 |
| 1.4.2 | — EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE | 17 |
| 1.4.3 | — INTERVENCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL | 17 |
| 1.5 | — CÁLCULOS, MEMORIAS Y PLANOS | 17 |
| 1.5.1 | — PRELIMINARES | 17 |
| 1.5.1.1 | — Primera etapa desarrollable (mínima) | 18 |
| 1.5.1.2 | — Segunda etapa desarrollable (completa) | 18 |
| 1.5.2 | — PLANOS, MEMORIAS Y CÁLCULOS | 18 |
| 1.5.2.1 | — Planos | 18 |
| 1.5.2.2 | — Memorias de cálculo | 19 |
| 1.6 | — ARTICULACIÓN CON EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN | 19 |

CAPÍTULO 2. 18

| | | |
|-----|----------------|----|
| 2.1 | — NOTACIÓN | 20 |
| 2.2 | — DEFINICIONES | 21 |

CAPÍTULO 3. 22

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | — CONSIDERACIONES | 24 |
| 3.2 | — CRITERIOS DE CONSERVACIÓN DE LA VIVIENDA | 24 |
| 3.3 | — FASES DE LA EXPLORACIÓN | 25 |
| 3.3.1 | — VISITA DE CAMPO | 25 |
| 3.3.2 | — EL CONOCIMIENTO DEL SITIO | 25 |
| 3.3.3 | — EL CONOCIMIENTO GLOBAL DE LA VIVIENDA | 26 |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| 3.3.4 | — EL CONOCIMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA | 26 |
| 3.4 | — EXPLORACIÓN MÍNIMA | 26 |
| 3.4.1 | — TERRENO DE CIMENTACIÓN | 27 |
| 3.4.2 | — ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN | 27 |
| 3.4.3 | — VERIFICACIÓN DE LA NIVELACIÓN DEL PISO Y DE VERTICALIDAD DE LOS MUROS | 27 |
| 3.4.4 | — MAMPOSTERÍA | 27 |
| 3.4.5 | — ELEMENTOS EN CONCRETO EXISTENTES | 28 |
| 3.4.6 | — SISTEMA DE SOPORTE DE CUBIERTA | 28 |
| CAPÍTULO 4. 28 | | |
| 4.1 | — INTRODUCCIÓN | 30 |
| 4.2 | — PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE | 30 |
| 4.2.1 | — TIPIFICACIÓN DE LOS MATERIALES CONSTITUTIVOS DE LOS MUROS EXISTENTES | 30 |
| 4.2.1.1 | — Resistencia a Compresión de las Unidades de Mampostería. | 30 |
| 4.2.1.2 | — Mortero de Pega. | 30 |
| 4.2.2 | — PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA EXISTENTE | 31 |
| 4.2.2.1 | — Resistencia a Compresión de la Mampostería | 31 |
| 4.2.2.2 | — Resistencia a Cortante de la Mampostería. | 31 |
| 4.2.3 | — PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO EXISTENTES | 31 |
| 4.3 | — PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE INTERVENCIÓN 29 | |
| 4.3.1 | — Especificaciones mínimas y calidad de los elementos de 30 | |
| CAPÍTULO 5. 32 | | |
| 5.1 | — GENERAL | 34 |
| 5.2 | — CARACTERIZACIÓN DEL SITIO | 34 |
| 5.2.1 | — AMENAZA POR FENÓMENOS NATURALES Y SOCIO NATURALES | 35 |
| 5.2.2 | — EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS | 35 |
| 5.2.3 | — ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN | 35 |
| 5.3 | — ASPECTOS RELACIONADOS A LA CONFIGURACIÓN DE LA VIVIENDA | 36 |
| 5.3.1 | — REGULARIDADES EN PLANTA | 36 |
| 5.3.2 | — VOLCAMIENTO | 36 |
| 5.3.3 | — NÚMERO DE NIVELES | 36 |
| 5.3.4 | — ALTURA LIBRE | 36 |
| 5.4 | — ELEMENTOS ESTRUCTURALES | 37 |
| 5.4.1 | — CIMIENTOS | 37 |
| 5.4.2 | — MUROS PERIMETRALES | 37 |
| 5.4.3 | — MUROS INTERNOS | 37 |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| 5.4.4 | — VIGA DE AMARRE | 37 |
| 5.4.5 | — VOLADIZOS | 37 |
| 5.4.6 | — COLUMNAS DE CONFINAMIENTO | 37 |
| 5.4.7 | — ABERTURAS EN MUROS | 38 |
| 5.4.8 | — ABERTURAS EN LOS SISTEMAS DE LOSAS | 38 |
| 5.4.9 | — COLUMNAS AISLADAS | 38 |
| 5.4.10 | — SISTEMAS DE LOSAS | 38 |
| 5.4.11 | — SISTEMA DE SOPORTE DE CUBIERTA | 39 |
| 5.5 | — ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA | 39 |
| 5.5.1 | — ESCALERAS | 39 |
| 5.6 | — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES | 39 |
| 5.6.1 | — PARAPETOS Y MUROS CORTOS | 39 |
| 5.7 | — ASPECTOS RELACIONADOS A LA CALIDAD | 39 |
| 5.7.1 | — UNIDADES DE MAMPOSTERÍA | 39 |
| 5.7.2 | — MORTERO DE PEGA | 40 |
| 5.7.3 | — REVOQUE (PAÑETE) SOBRE MUROS | 40 |
| 5.8 | — ASPECTOS RELACIONADOS A LAS SOLICITACIONES | 40 |
| 5.8.1 | — MÉTODO DE EVALUACIÓN DE SOLICITACIONES | 40 |
| 5.9 | — SOLICITACIONES SÍSMICAS EQUIVALENTES | 40 |
| 5.9.1.1 | — Movimientos sísmicos prescritos | 40 |
| 5.9.1.2 | — Aceleración espectral para la evaluación e intervención | 41 |
| 5.9.2 | — COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA, R | 41 |
| 5.9.3 | — CARGAS DIFERENTES A LAS SOLICITACIONES SÍSMICAS | 41 |
| 5.9.3.1 | — Cargas muertas | 41 |
| 5.9.3.2 | — Cargas vivas | 41 |
| 5.9.3.3 | — Empuje de tierra debido a sismo. | 41 |
| 5.9.4 | — ANÁLISIS ESTRUCTURAL | 41 |
| 5.9.4.1 | — Modelo simplificado | 42 |
| 5.9.4.2 | — Modelo tridimensional | 42 |
| 5.10 | — ASPECTOS RELACIONADOS A LA RESISTENCIA | 42 |
| 5.10.1 | — RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE | 42 |
| 5.10.1.1 | — Resistencia Efectiva de los Muros | 42 |
| 5.10.1.2 | — Factor de Área Neta C41 | 42 |
| CAPÍTULO 6. 42 | | |
| 6.1 | — CONSIDERACIONES GENERALES | 44 |

| | | |
|---------|---|----|
| 6.2 | — CARACTERIZACIÓN DEL SITIO | 44 |
| 6.2.1 | — AMENAZA POR FENÓMENOS NATURALES Y SOCIO NATURALES | 44 |
| 6.2.2 | — EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS | 46 |
| 6.2.3 | — ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN | 46 |
| 6.3 | — CÓMO EVALUAR ASPECTOS RELACIONADOS A LA CONFIGURACIÓN | 47 |
| 6.3.1 | — IRREGULARIDADES EN PLANTA | 47 |
| 6.3.2 | — VOLCAMIENTO | 47 |
| 6.3.3 | — NÚMERO DE NIVELES | 48 |
| 6.3.4 | — ALTURA LIBRE | 48 |
| 6.4 | — ELEMENTOS ESTRUCTURALES | 49 |
| 6.4.1 | — CIMIENTOS | 49 |
| 6.4.2 | — MUROS PERIMETRALES | 50 |
| 6.4.3 | — MUROS INTERNOS | 51 |
| 6.4.4 | — VIGA DE AMARRE | 52 |
| 6.4.5 | — VOLADIZOS | 53 |
| 6.4.6 | — COLUMNAS DE CONFINAMIENTO | 53 |
| 6.4.7 | — ABERTURAS EN MUROS | 54 |
| 6.4.8 | — ABERTURAS EN LOS SISTEMAS DE LOSAS | 54 |
| 6.4.9 | — COLUMNAS AISLADAS | 55 |
| 6.4.10 | — SISTEMAS DE LOSAS | 55 |
| 6.4.11 | — SISTEMA DE TECHO | 56 |
| 6.5 | — ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA | 56 |
| 6.5.1 | — ESCALERAS | 56 |
| 6.6 | — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES | 57 |
| 6.6.1 | — PARAPETOS Y MUROS CORTOS | 57 |
| 6.7 | — CÓMO EVALUAR ASPECTOS RELACIONADOS A LA CALIDAD | 57 |
| 6.7.1 | — UNIDADES DE MAMPOSTERÍA | 57 |
| 6.7.2 | — MORTERO DE PEGA | 57 |
| 6.7.3 | — REVOQUE (PAÑETE) SOBRE MUROS | 58 |
| 6.8 | — CÓMO EVALUAR ASPECTOS RELACIONADOS A LAS SOLICITACIONES Y A LA RESISTENCIA | 58 |
| 6.8.1 | — OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE DE ÁREA DE MUROS REQUERIDO (PAM57) | |
| 6.8.1.1 | — Factor de Resistencia del Bloque C58 | |
| 6.8.1.2 | — Factor de Calidad de la Obra C59 | |
| 6.8.1.3 | — Factor de Piso C59 | |
| 6.8.1.4 | — Factor de Peso Sísmico C59 | |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| 6.8.2 | — PORCENTAJE DE ÁREA EXISTENTE DE MUROS | 62 |
| 6.8.3 | — CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ÁREA EXISTENTE DE MUROS | 62 |
| 6.8.4 | — DEMANDA VS. CAPACIDAD | 63 |
| CAPÍTULO 7. 62 | | |
| 7.1 | — RECOMENDACIONES GENERALES | 64 |
| 7.1.1 | — REQUISITOS MÍNIMOS | 64 |
| 7.1.2 | — COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA 62 | |
| 7.2 | 62 | |
| 7.2.1 | — AMENAZA POR FENÓMENOS NATURALES O SOCIO NATURALES | 64 |
| 7.2.2 | — EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS | 64 |
| 7.2.3 | — ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN | 65 |
| 7.3 | — 63 | |
| 7.3.1 | — REGULARIDADES EN PLANTA | 65 |
| 7.3.2 | — VOLCAMIENTO | 65 |
| 7.3.3 | — NÚMERO DE NIVELES | 65 |
| 7.3.4 | — ALTURA LIBRE | 66 |
| 7.4 | — ELEMENTOS ESTRUCTURALES | 66 |
| 7.4.1 | — CIMIENTOS | 66 |
| 7.4.2 | — MUROS PERIMETRALES | 66 |
| 7.4.3 | — MUROS INTERNOS | 67 |
| 7.4.4 | — VIGA DE AMARRE | 68 |
| 7.4.5 | — VOLADIZOS | 68 |
| 7.4.6 | — COLUMNAS DE CONFINAMIENTO | 68 |
| 7.4.7 | — ABERTURAS EN MUROS | 69 |
| 7.4.8 | — ABERTURAS EN SISTEMAS DE LOSAS | 69 |
| 7.4.9 | — COLUMNAS AISLADAS | 70 |
| 7.4.10 | — SISTEMAS DE LOSAS | 70 |
| 7.4.11 | — SISTEMAS DE TECHOS | 70 |
| 7.5 | — ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA | 71 |
| 7.5.1 | — ESCALERAS | 71 |
| 7.6 | — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES | 71 |
| 7.6.1 | — PARAPETOS Y MUROS CORTOS | 71 |
| 7.7 | 69 | |
| 7.7.1 | — UNIDADES DE MAMPOSTERÍA | 71 |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| 7.7.2 | — MORTERO DE PEGA | 71 |
| 7.7.3 | — REVOQUE (PAÑETE) SOBRE MUROS | 72 |
| 7.8 | — 70 | |
| 7.8.1 | — CONSIDERACIONES GENERALES | 72 |
| 7.8.2 | — FACTORES DE AJUSTE PARA LA RESISTENCIA MEJORADA DE LOS MUROS | 72 |
| 7.8.2.1 | — Factor de ajuste para muros nuevos de mampostería, K71 | |
| 7.8.2.2 | — Factor de ajuste para revoques con malla electrosoldada en acero, Kc | 73 |
| 7.8.3 | — CÁLCULO DEL PAM71 | |
| 7.8.4 | — CIERRE DEL DISEÑO DE 72 | |
| 7.9 | — INTERVENCIONES PARCIALES | 74 |
| CAPÍTULO 8. 75 | | |
| 8.1 | — GENERAL | 77 |
| 8.1.1 | — CONSIDERACIONES PREVIAS | 77 |
| 8.1.2 | — ESPECIFICACIONES GENERALES | 77 |
| 8.1.3 | — DEMOLICIONES Y ESTRUCTURAS TEMPORALES | 77 |
| 8.1.3.1 | — Número De Niveles y Altura Libre | 77 |
| 8.2 | — TRABAJOS PRELIMINARES | 78 |
| 8.2.1.1 | — Apiques de verificación | 78 |
| 8.2.1.2 | — Edificaciones Y Predios Vecinos | 78 |
| 8.3 | — ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA | 78 |
| 8.3.1 | — ESCALERAS | 78 |
| • | 77 | |
| APÉNDICE A-1 | | 78 |
| • | 86 | |
| • | 86 | |

CAPÍTULO 1.

REQUISITOS GENERALES

1.1 — GENERAL

El presente capítulo establece los criterios generales y procedimientos que se deben seguir para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y la intervención estructural de viviendas en mampostería de origen informal.

1.2 — PROPÓSITO Y ALCANCE

1.2.1 — PROPÓSITO

Este documento ha sido preparado para ser utilizado por profesionales calificados y facultados dentro de los lineamientos de la Ley 400 de 1997.

Este documento provee los lineamientos, parámetros técnicos, criterios de aplicación y demás requisitos para reducir el estado de vulnerabilidad existente en las viviendas en mampostería no reforzada y parcialmente confinadas, y se permitirá su uso en aquellas en las que se presente comercio únicamente en el primer nivel, siempre y cuando cumplan los parámetros de evaluación y reducción de vulnerabilidad establecidos en el presente documento. Las vulnerabilidades estructurales existentes en una vivienda se identifican como deficiencias que se pueden presentar durante su concepción y construcción, siendo necesaria su corrección como parte del diseño de la intervención. En la evaluación se identifican las deficiencias en capacidades sísmicas y se proveen técnicas específicas de reducción de la vulnerabilidad para reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.

El objetivo de reducir la vulnerabilidad en estructuras existentes antes de un evento sísmico es mejorar el desempeño de estas y reducir la probabilidad de víctimas fatales durante la ocurrencia del mismo. Estos procedimientos propician el cumplimiento de lo establecido en la Ley 400 de 1997, expresado en su *artículo 1*, donde: *“establece los criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo, que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas, incrementar su resistencia a los efectos que éstas producen, reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos”*.

Cuando no exista la posibilidad de cumplir con todos los requisitos fundamentales para una intervención completa, se generará un enfoque de reducción progresiva de la vulnerabilidad sísmica, de acuerdo con las necesidades particulares del proyecto. Este enfoque de reducción progresiva prioriza las actividades de intervención definidas por el diseñador estructural, de manera que garantice la mejora incremental del estado estructural de la vivienda, sin generar nuevas deficiencias producto de estas intervenciones.

La ejecución de actividades parciales y progresivas no estarán directamente relacionadas con un desempeño estructural específico; sin embargo, deberán definirse con el fin de asegurar una mejora estructural, y estar enfocadas en las siguientes categorías de intervención:

- Condición Estructural;
- Configuración;
- Transferencia de Carga;
- Resistencia y Ductilidad.

1.2.2 — ALCANCE

El presente documento es indicado para ser usado en viviendas de origen informal en el territorio nacional, específicamente aquellas cuyo sistema de construcción fundamentalmente es en mampostería, y de altura no mayor a tres niveles en su totalidad. Los límites de aplicabilidad del presente documento se indican en la Tabla 1.2-1, y una descripción somera de lo que se entiende por construcción típica dentro del alcance de este documento se provee a continuación:

- Sistema de cimentación: aquella construida en concreto ciclópeo (bloques o mamparos de piedra acomodada y mortero y/o concreto), o cimientos de piedra y/o zapatas aisladas bajo columnas de confinamiento de concreto y/o vigas de concreto reforzado.
- Sistema de carga vertical y horizontal: muros de mampostería conformados por unidades cerámicas o de concreto, generalmente no reforzados, con o sin columnas de concreto u otros elementos de confinamiento.
- Sistemas de losa de piso, de entrepiso o de techo: losas de concreto reforzado, bien en una o en dos direcciones, pudiéndose encontrar aligeradas o no. En este aspecto, es fundamental determinar si la losa conforma o no un piso rígido, dado que este aspecto determinará los mecanismos de reducción de la vulnerabilidad.
- Sistemas de techo: se entienden como el último nivel de la vivienda, bien sea en concreto reforzado o en material liviano, pesado o mixto.

Tabla 1.2-1. Límites de Aplicabilidad del Documento AIS 410

| Sistema de Muros de Carga | | R | Zonas de Amenaza Sísmica | | | | | |
|---|--|---|--------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales) | Sistema resistencia para cargas verticales | | Alta | | Intermedia | | Baja | |
| | | | Uso permitido | Altura máxima | Uso permitido | Altura máxima | Uso permitido | Altura máxima |
| 1. Muros Estructurales | | | | | | | | |
| a. Muros de mampostería no reforzada (MNR), con algunos muros confinados y/o intervenidos con revoques con malla electrosoldada. ⁽¹⁾ | El mismo | 1 | Grupo I ⁽⁴⁾ | 2 pisos máximo ⁽³⁾ | Grupo I ⁽⁴⁾ | 2 pisos máximo | Grupo I ⁽⁴⁾ | 2 pisos máximo |
| b. Muros de mampostería confinada (MC) ⁽²⁾ | El mismo | 2 | Grupo I ⁽⁴⁾ | 2 pisos máximo | Grupo I ⁽⁴⁾ | 3 pisos máximo | Grupo I ⁽⁴⁾ | 3 pisos máximo |

Notas:

(1) Se considera como sistemas de mampostería *No Reforzada* también a los sistemas que antes o después de la intervención cuenten con algunos muros con mampostería confinada o algunos revoques con malla electrosoldada.

(2) Se consideran *Muros de Mampostería Confinada*, los muros de mampostería de bloques a perforación horizontal o vertical, en arcilla o en concreto, delimitados por elementos verticales de concreto reforzados (columnetas) en sus extremos, a la intersección con muros perpendiculares y alrededor de las aberturas, y elementos horizontales (vigas de amarre, vigas de cimentación, dinteles). Los elementos de concreto reforzado trabajan junto con la mampostería, para resistir las cargas gravitatorias y las laterales.

(3) Las estructuras de mampostería *No Reforzada* hasta dos pisos pueden ser evaluadas en zona de amenaza sísmica alta. Sin embargo, la solución de reducción de la vulnerabilidad para las viviendas de dos pisos, deben asegurar el confinamiento de los muros existentes y/o nuevos, que hagan parte del sistema estructural. Para las viviendas de un piso en MNR, se acepta que la intervención mantenga el sistema estructural como no confinado, asegurando que se genere a través de otras soluciones la resistencia adecuada con base en la demanda calculada.

(4) El uso permitido para la aplicación general de este documento es el uso residencial, clasificado como Grupo I de uso por el Reglamento NSR-10. Sin embargo, se admiten excepciones a este uso exclusivo en las edificaciones que presenten uso comercial al piso contra tierra y uso residencial en el resto de la superficie.

1.2.3 — EXCEPCIONES

Se exceptúan las construcciones relacionadas en la sección A.1.2.4 del Reglamento NSR-10, las viviendas que no sean de mampostería de origen informal o cuyo uso sea diferente a lo especificado en la sección 1.2 del presente documento. Este documento no aplica para viviendas nuevas.

Igualmente se exceptúan las viviendas que se construyan en estructuras diferentes a los sistemas estructurales de muros de mampostería o que pertenezcan a los grupos de uso II, III y IV tal como las define A.2.5. del Reglamento NSR-10.

1.3 — CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Frente a un sismo de diseño definido con base en la sección A.2 del Reglamento NSR-10, se espera que las viviendas intervenidas a través de la metodología presentada por este documento tengan un desempeño que corresponda al descrito 1.3.1 y 1.3.2.

1.3.1 — DESEMPEÑO ESTRUCTURAL

Desempeño de la vivienda que incluye daños a los componentes estructurales durante el sismo considerado en el diseño, de tal manera que: (a) Queda al menos algún margen antes de un colapso estructural parcial o total, y (b) Se pueden producir lesiones, pero el riesgo general de lesiones fatales resultantes del daño estructural se espera que sea bajo.

1.3.2 — DESEMPEÑO NO ESTRUCTURAL

Estado de daños post-sismo en el que los componentes no estructurales pueden estar dañados pero este daño no genera una amenaza para la vida.

En el caso de realizar intervenciones de reducción progresiva de la vulnerabilidad sísmica, considerando las actividades priorizadas por el diseñador estructural no podrán relacionarse necesariamente a un desempeño definido, dado que mitigan solo algunas de las deficiencias identificadas en la fase de evaluación. Sin embargo, las intervenciones priorizadas deberán definirse para asegurar una mejora estructural inmediata y una reducción de la vulnerabilidad existente en la vivienda en su estado original.

1.4 — PROCEDIMIENTO GENERAL DE EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN

La figura 1.5-1 presenta las etapas fundamentales para llevar a cabo la evaluación y la intervención sobre la vivienda. Estas se describen en los siguientes numerales:

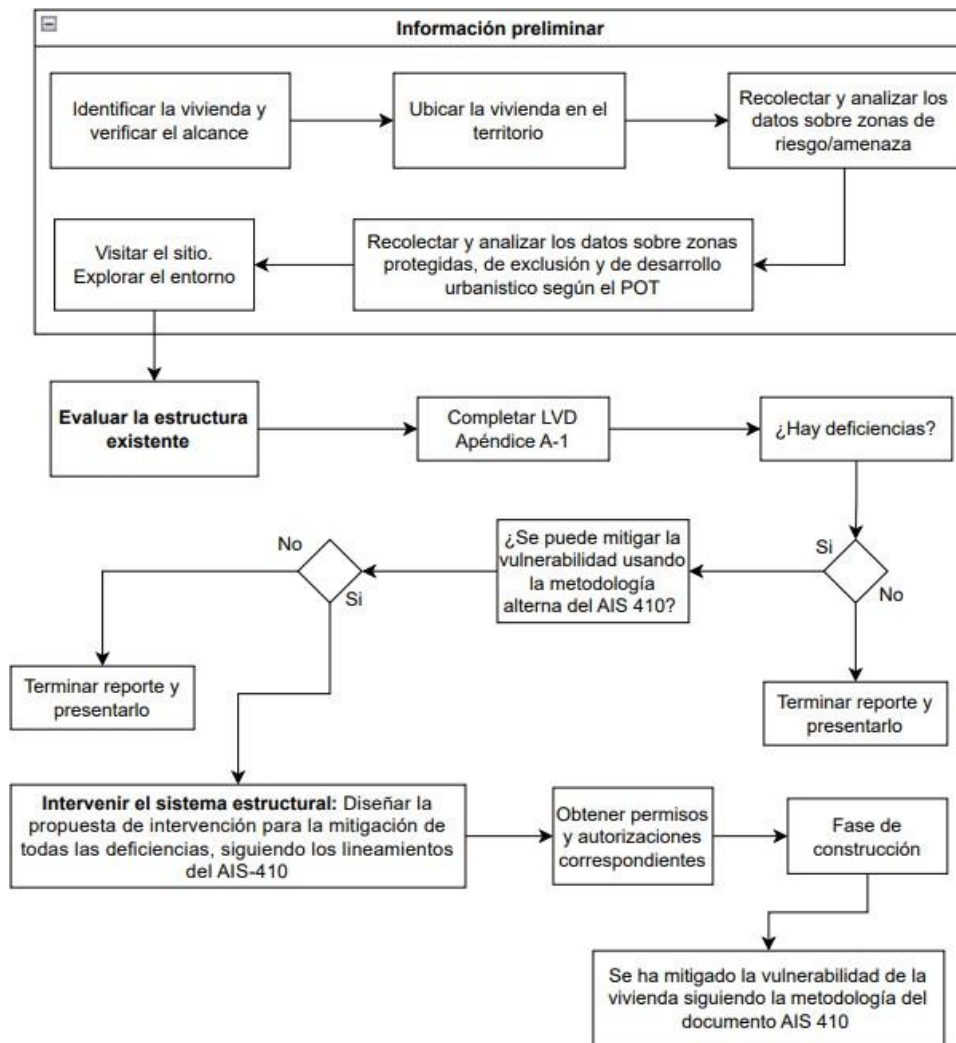


Figura 1.4-1. Flujograma para la evaluación e intervención en viviendas siguiendo la metodología del documento AIS 410

1.4.1 — INFORMACIÓN PRELIMINAR

Se deberá recolectar la mayor información disponible relacionada con la vivienda bajo investigación. Esta información deberá localizarse mediante investigación directa en las oficinas de planeación, autoridad municipal o distrital competente en materia de ordenamiento territorial, entidades de servicios públicos, planimetría anterior al predio, incluyendo toda aquella información necesaria para el desarrollo del proyecto. La información preliminar seleccionada y disponible deberá complementarse con una visita de campo, en la cual se observa completamente el contexto geográfico y topográfico de la vivienda, así como las condiciones del entorno del mismo. En todos los casos deberá verificarse que la vivienda no se encuentre localizada en una zona de amenaza alta por remoción en masa o en zonas de exclusión por otras amenazas, ni posea condiciones patológicas adicionales, bien sea congénitas, o adquiridas, que interfieran con el proceso de reducción de la vulnerabilidad o evaluación de la vivienda. De encontrarse condiciones de tipo patológico, deberá atenderse primero la condición patológica y tenerla completamente resuelta, para proceder a implementar la revisión del estado de vulnerabilidad a reducir. Donde el P.O.T. no esté disponible, se procederá a realizar el requerimiento a la autoridad municipal o distrital competente para confirmar que el sitio esté fuera de zonas de exclusión o de riesgo no mitigable.

Etapas para adelantar la evaluación preliminar de la vulnerabilidad:

Etapas 1 – Identificación de la vivienda y verificación del alcance de acuerdo con la sección 1.2.2.

Etapas 2 – Ubicación de la vivienda en el territorio y recopilación de datos sobre la amenaza del sitio, limitaciones y exclusiones, y verificación de la posibilidad de realizar la intervención.

Etapas 3 – Visita a sitio. Cuando, al mejor criterio del diseñador estructural responsable, se tenga en consideración la investigación en sitio de las condiciones del terreno o la realización de excavaciones para evaluar las condiciones de cimentación y terreno donde se desplanta la cimentación. Dentro del alcance de esta etapa, se realizará una identificación general de las características topográficas del entorno, lo cual permitirá determinar la presencia de muros de contención, flujos de aguas, corrientes de aguas, conducciones, canalizaciones, eventuales cicatrices de movimientos de masas de suelos, entre otras características que puedan ser de relevancia para determinar la influencia de estas en la vulnerabilidad de la vivienda bajo consideración.

1.4.2 — EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Para la determinación del estado y la evaluación de la estructura existente, se deberá adelantar un inventario de daños, materiales componentes de la estructura (elementos estructurales y no estructurales) y afectaciones de la estructura, siguiendo la lista de verificación definida por este documento (véase Apéndice A-1). Asimismo, se realizará una evaluación preliminar de la magnitud de las cargas actuantes existentes y de diseño en la vivienda, considerando todos los posibles estados de carga disponibles o potencialmente actuantes: empujes del terreno, cargas vivas, cargas muertas, cargas sísmicas, entre otras. Como producto de estas evaluaciones, se deberá contar con una aproximación detallada a las diferencias de cargas, y una relación de cargas actuantes de diseño respecto a cargas actuantes existentes.

Etapas para adelantar la evaluación de la estructura existente:

Etapas 4 – Levantamiento arquitectónico de la vivienda (levantamiento alti-planimétrico), definición del sistema estructural existente y evaluación del estado de la estructura a través de la compilación de una lista de verificación que se utiliza para identificar deficiencias estructurales (véase Apéndice A-1). Este formato se deberá diligenciar bajo el criterio del diseñador estructural.

Etapas 5 – Análisis estático lineal para la definición de la demanda sísmica y el cálculo de la capacidad de la estructura en el estado existente (véanse secciones 5, 6 y 7 del presente documento). Producto de esta verificación, se obtendrán las magnitudes de cargas actuantes sísmicas existentes y de diseño sobre los muros y los requerimientos específicos en longitudes de muros para cada dirección.

Etapas 6 – Determinación de la capacidad y la demanda global de la estructura existente.

1.4.3 — INTERVENCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Se define con base en las deficiencias identificadas, que potencian el estado de vulnerabilidad. Las alternativas y opciones de intervención que mitiguen la vulnerabilidad existente y permitan llevar la estructura a un nivel de desempeño esperado, se podrán seleccionar dentro de las opciones propuestas en el presente documento (véase capítulo 7 del presente documento).

Etapas para adelantar la intervención estructural:

Etapas 7 – Una vez identificadas las deficiencias, se pueden proponer medidas de intervención para subsanarlas, al mejor criterio del diseñador estructural.

Etapas 8 – Se repite la evaluación con la lista de verificación para revisar que todas las deficiencias hayan sido abordadas y que el porcentaje de área de muros considerado es suficiente para reducir la vulnerabilidad estructural de la vivienda.

1.5 — CÁLCULOS, MEMORIAS Y PLANOS

1.5.1 — PRELIMINARES

Como producto preliminar de la investigación de la vivienda, deberá realizarse un informe que contenga como mínimo la siguiente documentación:

- Condiciones generales de la arquitectura (plantas debidamente acotadas, al menos dos secciones transversales acotadas, fachada(s)).

- Condiciones en las que se incluya una descripción detallada y general de los materiales (tipos, estado, características de tipo físico mecánico cualitativas y en lo posible cuantitativas).
- Descripción detallada de la topografía en inmediaciones de la vivienda bajo consideración, en todo su contorno y entorno.
- Breve descripción de las características urbanísticas y de la geografía del terreno.
- Resultados preliminares de la evaluación de esfuerzos y demanda estructural para cada elemento considerado como potencialmente intervenible en caso de ser requerido al mejor criterio del diseñador estructural. Verificación del porcentaje de área de muros como se especifica en los capítulos 5, 6 y 7 de este documento.
- Breve recuento histórico, que permita conocer los antecedentes de la vivienda, de tipo social, estructural, constructivo, ocupacional.

Debido a la naturaleza de los trabajos de intervención y reducción de la vulnerabilidad, y dada la heterogeneidad de las soluciones adoptadas en viviendas, se establece la posibilidad de realizar las labores por etapas de trabajo:

1.5.1.1 — Primera etapa desarrollable (mínima) — Como mínimo deberán adelantarse las siguientes actividades dentro de la primera etapa o inicial:

- Evaluación de los preliminares completos.
- Evaluación de la vulnerabilidad conceptual de la vivienda y caracterización de la misma, a través de un informe detallado de los aspectos que son generadores de cada deficiencia evaluada.
- Determinación de las alternativas de intervención, por elementos. Diseño de la solución completa y/o de las propuestas priorizadas, definiendo entre otros:
 - Propuestas que mejoran la configuración de la vivienda;
 - Propuestas que aseguran la transferencia de cargas;
 - Propuestas que incrementan la capacidad;
- Elaboración de los planos arquitectónicos en los que se indique cuáles elementos se proyecta intervenir y el criterio que soporte cada uno de ellos.
- Intervención de las cimentaciones, donde estas sean necesarias.
- Atención inmediata de elementos sin conexión o “suelos”.

1.5.1.2 — Segunda etapa desarrollable (completa) — Esta etapa podrá desarrollarse si y sólo si se ha completado en su totalidad la etapa mínima. En el desarrollo de esta fase, se deberán adelantar las labores correspondientes a:

- Cálculo de las soluciones propuestas.
- Determinación e implementación de las soluciones de los demás elementos a intervenir.
- Determinación del uso o no, de elementos nuevos de rigidización. Detallado del sistema de conexión con la estructura existente.
- Especificaciones de materiales y elementos complementarios a emplearse en cada caso.
- La totalidad de los elementos a intervenir deberán estar debidamente diseñados y calculados.
- Para cada elemento se requiere de una evaluación conceptual y matemática, en las que se soporten los diseños y cálculos presentados.
- Determinación de la reducción de la vulnerabilidad lograda con la intervención y los parámetros que lo verifiquen.

1.5.2 — PLANOS, MEMORIAS Y CÁLCULOS

1.5.2.1 — Planos — Los planos arquitectónicos, y en general los planos de la intervención para la reducción de la vulnerabilidad, bien sean de elementos estructurales y/o de elementos no estructurales, que se presenten para la obtención de los permisos o autorizaciones correspondientes deben ser iguales a los utilizados en la implementación en obra, y por lo menos una copia debe permanecer en archivo de la autoridad municipal o distrital competente encargada de los permisos o autorizaciones correspondientes. En caso de que se requiera supervisión técnica, de conformidad con el Reglamento NSR-10, se deberá cumplir adicionalmente con lo especificado en el Título I.

Planos de la vivienda existente y de la propuesta de intervención - Los planos que se desarrollen para la intervención estarán constituidos por dos paquetes fundamentales de información, ambos firmados por el

diseñador arquitectónico y el diseñador estructural responsables:

- El primer paquete que incluya toda la información de elementos arquitectónicos, geométricos, elementos estructurales o no estructurales de la vivienda existente y que presente como mínimo los siguientes planos:
 - Plantas de todos los niveles incluyendo el techo
 - Cortes (uno longitudinal y uno transversal)
 - Fachadas
- Un segundo paquete con toda la información arquitectónica y estructural de la propuesta de intervención que deberá incluir por lo menos los siguientes planos:
 - Planta de cimentación
 - Plantas de todos los niveles incluyendo el techo
 - Localización de nuevas vigas
 - Cortes
 - Fachadas
- Todos los planos deberán incluir por lo menos:
 - Linderos del lote y vecinos colindantes. (Líneas de medianería).
 - Información general (catastral) del predio. (por ejemplo, matrícula inmobiliaria, dirección, código catastral de la vivienda, profesional responsable, matrícula profesional, contenido del plano, escala, fecha, grupo de uso residencial).
 - Uso de los espacios de la vivienda.
 - Niveles dentro de la vivienda.
 - Cuadro de Áreas.
 - Corte transversal y longitudinal de la vivienda.
 - Fachadas visibles.
 - Especificaciones de obras temporales.
 - Especificaciones técnicas de los elementos nuevos a construir, consignados en la propuesta de reducción de la vulnerabilidad.
 - Especificación de los materiales de construcción.
 - Referencia y detalles constructivos.

1.5.2.2 — Memorias de cálculo — Los planos deben ir acompañados por una memoria de evaluación de la vivienda existente y diseño de la estrategia de intervención, la cual debe incluir la siguiente información:

Tabla 1.5-1. Contenido mínimo de la memoria de evaluación

| Intervención | Referencia en este documento |
|---|--|
| Verificación de la factibilidad de la intervención con base en el alcance definido por el presente documento. | Sección 5 |
| Lista de verificación de las deficiencias existentes. | Capítulos 5 y 6, Apéndice A-1 |
| Propuesta de reducción de las deficiencias. | Capítulos 7 y 8 |
| Diseño de nuevos elementos estructurales y no-estructurales. | Capítulos 7 y 8 |
| Evaluación de la demanda sísmica y capacidad de la vivienda intervenida, cálculo del PAM. | Capítulo 7 |
| Registro fotográfico explicativo del estado de la vivienda existente. Informaciones detalladas de estudio de suelos. | A criterio del ingeniero responsable del diseño estructural. |

1.6 — ARTICULACIÓN CON EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN

Cuando en este documento se haga referencia explícita al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, deberá entenderse su última versión o el documento que lo actualice o sustituya.

CAPÍTULO 2. NOTACIÓN Y DEFINICIONES

2.1 — NOTACIÓN

| | |
|-------------------|---|
| A_a | = Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva para diseño, de acuerdo con el Capítulo A.2.2 del Reglamento NSR-10. |
| A_c | = Área total del entrepiso o techo soportado por los muros del nivel de la vivienda en consideración. |
| A_N | = Área neta resistente a cortante del bloque de mampostería. |
| A_w | = Área bruta del muro. |
| $bPAM$ | = Porcentaje de Área de Muro Básico. |
| C_B | = Factor de resistencia del bloque. |
| $C_{Ni,x}$ | = Factor de área neta del muro i en la dirección principal x . |
| $C_{Ni,y}$ | = Factor de área neta del muro i en la dirección principal y . |
| C_P | = Factor de piso. |
| C_Q | = Factor de calidad de la obra. |
| C_R | = Factor de vulnerabilidad para el análisis. |
| C_W | = Factor de peso sísmico. |
| f'_{cu} | = Resistencia a la compresión sobre área bruta de las piezas individuales de arcilla o concreto, MPa. |
| f'_m | = Resistencia a la compresión sobre área bruta de la mampostería de arcilla o bloques de concreto, MPa. |
| f_y | = Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo, MPa. |
| f'_c | = Resistencia a compresión del concreto, MPa. |
| h | = Altura libre de muros |
| H | = Altura del Talud. |
| H_{TOT} | = Altura total de la vivienda. |
| I | = Coeficiente de Importancia definido en la sección A.2.5.2 del Reglamento NSR-10. |
| K_c | = Factor de ajuste para revoque con malla electrosoldada. |
| K_m | = Factor de ajuste para muros nuevos. |
| K_p | = Factor de ajuste para revoque nuevo. |
| $l_{mi,x}$ | = Longitud del muro i en la dirección principal x . |
| $l_{mi,y}$ | = Longitud del muro i en la dirección principal y . |
| MC | = Mampostería Confinada. |
| MNR | = Mampostería No Reforzada. |
| N | = Número de niveles de la vivienda. |
| PAM | = Porcentaje de Área de Muros. |
| $PAM_{Efectivo}$ | = Porcentaje de Área de Muros Efectiva. |
| $PAM_{Existente}$ | = Porcentaje de Área de Muros Existente. |
| $PAM_{requerido}$ | = Porcentaje de Área de Muros Requerido. |
| $P.O.T.$ | = Plan de Ordenamiento Territorial |
| R | = Coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño. |
| S_a | = Parámetro de Aceleración Espectral de Respuesta de Periodo Corto. |
| t | = Espesor nominal de los muros. |
| $t_{mi,x}$ | = Espesor nominal del muro i en la dirección principal x . |
| $t_{mi,y}$ | = Espesor nominal del muro i en la dirección principal y . |
| $SVRFL$ | = Sistema Vertical de Resistencia de Fuerzas Laterales |
| T | = Periodo de vibración del sistema elástico, en segundos. |
| u_n | = Esfuerzo resistente a cortante sobre área neta para los bloques de arcilla a perforación horizontal, kPa. |
| V_n | = Capacidad de resistencia a cortante de un muro de mampostería, kN. |
| V_{UD} | = Demanda sísmica calculada en el lugar de la intervención, kN. |
| W | = Menor dimensión en planta de la vivienda. |

2.2 — DEFINICIONES

Abertura de grieta o de fisura – Se refiere a la distancia entre las dos caras de la fisura o grieta. Es decir, la dimensión transversal, medida perpendicularmente a la dirección de desarrollo de la grieta o fisura misma.

Adobe – Masa de barro mezclado a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al aire, que se emplea en la construcción de paredes o muros. (Definición según Documento AIS 610)

Altura libre de muro – Distancia vertical libre del muro o machón entre elementos horizontales de arriostramiento. (Definición según Documento AIS 610)

Arriostramiento – Para este documento, elemento que impide el libre desplazamiento de otro elemento (por ejemplo, muros, columnas). Puede ser vertical u horizontal.

Barro – Masa que resulta de la mezcla de tierra y agua. (Definición según Documento AIS 610)

Capacidad – Nivel de fuerza interna que soporta un elemento estructural, de acuerdo con un nivel de desempeño. (Definición según Documento AIS 610)

Cimentación – Para este documento, conjunto de elementos estructurales de una vivienda que transmiten las cargas de la superestructura al suelo. En viviendas de origen informal pueden ser típicamente de concreto ciclópeo, mampostería y/o concreto reforzado.

Combinación de Cargas – Son las diferentes combinaciones de cargas que deben considerarse para determinar el efecto más desfavorable en la vivienda, en su cimentación, o en el elemento estructural bajo consideración, para su diseño. (Definición según Documento AIS 610)

Constructor — Es el profesional, ingeniero civil, arquitecto o constructor en arquitectura e ingeniería, bajo cuya responsabilidad se adelanta la construcción de la edificación.

Demanda Sísmica – Nivel de fuerzas internas (fuerza axial, fuerza cortante, momento flector, momento de torsión) o desplazamientos impuestos sobre cada elemento estructural o no-estructural por las combinaciones de carga que incluyen fuerzas sísmicas.

Diseñador arquitectónico — Es el arquitecto bajo cuya responsabilidad se realizan el diseño y los planos arquitectónicos de la edificación, y quien los firma o rotula.

Diseñador estructural — Es el ingeniero civil, facultado para ese fin de acuerdo con la Ley 400/97, bajo cuya responsabilidad se realiza la evaluación de la vivienda, realizar la propuesta de intervención, la priorización de las actividades a construir (donde esta sea necesaria), el diseño (de elementos estructurales y no-estructurales) y los planos estructurales de la vivienda, y quien los firma o rotula.

Esbeltez – Relación entre altura libre y espesor del muro. (Definición según Documento AIS 610)

Esfuerzo – Intensidad de fuerza (perpendicular o paralela) por unidad de área infinitesimal, en cada punto de un elemento estructural. Así se tienen los esfuerzos normales (cuando la fuerza es perpendicular al área) y esfuerzos cortantes (cuando la fuerza es paralela al área). (Definición según Documento AIS 610)

Factor de ajuste para muros nuevos en mampostería – En el proyecto de intervención estructural, factor que adjudica un incremento de resistencia a cortante a un muro estructural, con respecto a los muros existentes.

Factor de ajuste de revoque (pañete) con malla electrosoldada – Factor que adjudica un incremento de resistencia a cortante con respecto a los muros existentes, cuando y donde el proyecto de intervención prevea la construcción de un revoque con malla electrosoldada.

Factor de ajuste para revoque (pañete) nuevo – Factor que adjudica un incremento de resistencia a cortante con respecto a los muros existentes, cuando y donde el proyecto de intervención prevea la construcción de revoques nuevos ejecutados con mezcla adecuada (1:4 cemento: arena) y espesor mínimo de 1.5 cm.

Factor de calidad de obra – Factor de ajuste que se aplica a la resistencia de los muros de mampostería, que tienen

en cuenta la calidad de la construcción.

Factor de peso sísmico – Factor que considera la variación de peso entre las condiciones existentes e intervenidas con respecto a las de la vivienda típica.

Factor de piso – Factor que determina la distribución elástica lineal del cortante sísmico en los diferentes niveles.

Factor de resistencia del bloque – Factor de ajuste que relaciona la resistencia a compresión de la mampostería construida con bloques de resistencia típica y la resistencia a compresión de la mampostería construida con diferentes grados de resistencia de los bloques.

Fuerzas internas – Solicitaciones generadas en los elementos estructurales que componen la vivienda, como consecuencia de la aplicación de cargas externas a la misma. (Definición según Documento AIS 610)

Intervención – Para este documento, todo acto que cause cambios a la vivienda o que afecte su estado y que es adelantado para la mitigación de las deficiencias constructivas.

Lista de verificación – Para este documento, formato de chequeo de deficiencias estructurales, utilizado para la evaluación estructural de una vivienda existente. Cada deficiencia identificada puede relacionarse con vulnerabilidades en el desempeño sísmico de la vivienda y por eso se debe resolver y mitigar a través de acciones de intervención.

Losa aligerada – Sistema de losa que incluye bloques o elementos livianos entre sus nervios para disminuir su masa.

Losa con lámina colaborante – Sistema de losa conformado por concreto reforzado sobre una lámina de acero con corrugas.

Modelo tridimensional – Es la idealización que se hace de la vivienda para la simulación por computador, en la que se considera la rigidez, las conexiones entre muros y en general todo elemento estructural que se encuentre en cualquier dirección de la vivienda. (Definición según Documento AIS 610)

Mortero de pega – Mezcla plástica de materiales cementantes, agregado fino y agua, usado para unir las unidades de mampostería. (Definición según Título D – NSR10).

Muro – Para este documento, elemento vertical, perimetral o interno a la vivienda. Cuando es un elemento estructural, soporta su propio peso, las fuerzas axiales provenientes de los entresijos y el techo, las fuerzas sísmicas y de viento, y que transfiere las cargas a la cimentación. Otros tipos de muros pueden incluir muros de altura parcial, que soportan su propio peso, muros de rigidez, que soportan su propio peso más las fuerzas sísmicas y de viento y, dependiendo de la configuración estructural específica de la vivienda, pueden soportar fuerzas axiales provenientes de los entresijos y del techo.

Muro de contención de sitio – Para este documento, estructura de contención del suelo que no pertenece a la estructura principal de la vivienda, conteniendo un talud cercano a la misma. Puede ser construido en piedra, concreto reforzado o mampostería.

Muro de contención de cimentación – Para este documento, estructura de contención cuya función es conformar el sistema de cimentación de la vivienda y contener el relleno bajo la misma. Su construcción se puede dar en piedra, concreto reforzado o mampostería.

Muro de contención integrado – Para este documento, estructura de contención que pertenece al sistema de resistencia sísmica de la vivienda. Por lo general, son muros en mampostería no reforzada o parcialmente confinada que retienen algún talud en su altura parcial o total.

Muros perimetrales – Muros de mampostería ubicados en el perímetro de la vivienda.

Muros internos – Muros de mampostería ubicados dentro de la vivienda.

Porcentaje básico de área de muros – Para este documento, área de la sección transversal básica de muros necesaria en cada dirección principal y por cada nivel de la vivienda, calculada para un caso ideal de una vivienda construida con bloques de arcilla de perforación horizontal No. 5, que tengan una resistencia a cortante medida sobre el área neta de 210 kPa, dividido por el área de piso o techo soportado por los mismos muros.

Porcentaje de área de muros efectivo – Para este documento, área neta de los muros existentes e intervenidos en la vivienda, en cada dirección principal por cada nivel, dividida por el área del piso soportando por los mismos muros.

Porcentaje de área de muros existente – Para este documento, área neta de los muros existentes en la vivienda que resisten la fuerza sísmica en cada dirección principal, dividida por el área del piso soportando por los mismos muros.

Porcentaje de área de muros requerido – Para este documento, área de muros en cada dirección principal y en cada piso necesaria para resistir la demanda sísmica calculada para la vivienda, dividida por el área del piso o techo soportado por los mismos.

Revoque (pañete) con malla electrosoldada – Para este documento, revoque aplicado en las caras de los muros, realizado con un mortero con dosificación 1:4 de cemento y arena de río y un espesor de 30 mm, que incluye malla electrosoldada típicamente con grafites de 4 o 5 mm de diámetro, posicionadas cada 150 mm en vertical y horizontal. La malla electrosoldada debe anclarse a los elementos estructurales inferiores y superiores del muro, por ejemplo, la viga de amarre o losa superior, a la viga de cimentación o losa inferior y los muros perpendiculares, también debe vincularse a las caras de los muros mediante conectores.

Revoque – Para este documento, revoque existente o nuevo, aplicado como acabado a las superficies de los muros. Los revoques nuevos deben realizarse con un espesor mínimo de 15 mm y dosificación 1:4 de cemento y arena de río. Los revoques existentes pueden incluir otros tipos de arena, pero deben estar libres de material orgánico. Se pueden considerar dentro del espesor nominal de los muros cuando estén en buenas condiciones, sin grietas y bien adheridos a la superficie de los muros.

Sistema de soporte de cubierta – Para este documento, en una cubierta liviana son los elementos y componentes estructurales como correas, vigas o cerchas, y sus conexiones, que soportan las tejas u otro elemento que cubra la vivienda.

Sistema de losa con bloquelón y perfiles metálicos – Sistema de losa conformado por perfiles metálicos, bloques de arcilla de perforación horizontal soportados por los perfiles y un acabado de concreto reforzado, de espesor entre 30 y 50 mm. Estas soluciones deben estar delimitadas por un sistema de vigas de amarre en concreto reforzado, a las cuales los perfiles metálicos y el acabado de concreto reforzado están anclados para transferir las fuerzas actuantes en el diafragma. El sistema de vigas de amarre tiene que estar adecuadamente vinculado a los muros inferiores, para transferir estas cargas.

Techo – Para este documento, parte superior de un edificio, que lo cubre y cierra, o de cualquiera de las estancias que lo componen.

Vivienda de origen informal– Estructura existente de uso residencial predominante, en condición de déficit cualitativo y con estructuras inadecuadas de construcción (vulnerabilidad estructural). La vivienda de origen informal objeto de este documento es en mampostería no reforzada y no confinada.

Volcamiento – Para este documento, fenómeno de pérdida de estabilidad lateral de un elemento estructural (por ejemplo, un muro) o de la vivienda como cuerpo rígido, como consecuencia de la acción de una fuerza horizontal.

CAPÍTULO 3.

INFORMACIÓN PRELIMINAR Y EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES EXISTENTES PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE UNA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

3.1 — CONSIDERACIONES

Las viviendas de origen informal, objeto del presente documento y normalmente clasificadas como estructuras de mampostería no reforzada, pueden estar sometidas a eventos sísmicos y verse afectadas en su estabilidad con la probabilidad de colapso parcial o total, con consecuencias sobre la vida y el patrimonio de sus habitantes.

La evaluación del comportamiento de estas edificaciones frente a movimientos sísmicos permite conocer sus propiedades sismo-resistentes para plantear alternativas de intervención que busquen reducir su vulnerabilidad.

Considerando el origen informal de estas construcciones, es típica la ausencia de información, por ejemplo, cálculos estructurales, planos arquitectónicos y/o estructurales o especificaciones de materiales, que puedan apoyar al diseñador estructural en la definición del estado actual de las mismas. Por esta razón, es indispensable evaluar la edificación existente con una visita detallada en campo, durante la cual el diseñador estructural determinará el estado actual de los elementos estructurales y no estructurales existentes, siguiendo la lista de verificación (véase Apéndice A-1) u otros aspectos específicos importantes a considerar en cada caso evaluado.

Durante la visita de inspección, el levantamiento arquitectónico completo permitirá también definir la presencia de irregularidades estructurales y posibles incumplimientos de normativas urbanísticas, que tendrán que mitigarse con la propuesta de intervención. Finalmente, para la definición de la capacidad de los elementos existentes y de la estructura en general, el diseñador estructural podrá comparar la información recolectada en campo sobre el estado de los elementos (daños, dimensiones, materiales, entre otros) con las resistencias típicas presentadas en el Capítulo 4 del presente documento. Cuando el diseñador estructural lo considere necesario, será también posible realizar investigaciones específicas y ensayos para determinar la resistencia de los materiales presentes en la vivienda, que permitan definir la capacidad de los elementos existentes.

El objetivo de reducir la vulnerabilidad de las estructuras existentes antes de un evento sísmico es mejorar su desempeño y reducir la probabilidad de ocurrencia de víctimas fatales durante la ocurrencia de éste. En este sentido se debe realizar el análisis de vulnerabilidad de las viviendas de origen informal conociendo las propiedades de los materiales, el sistema constructivo, el tipo de cimentación y de entrepiso y en general todos los aspectos que afecten el desempeño sísmico requerido, para proponer alternativas de intervención que reduzcan los factores de riesgo de colapso, prolongar su vida de servicio y proteger la vida de sus habitantes.

3.2 — CRITERIOS DE CONSERVACIÓN DE LA VIVIENDA

Antes de intervenir estructuralmente una vivienda existente para reducir su estado de vulnerabilidad sísmica se deberá adelantar una evaluación tendiente a definir la factibilidad de la intervención bajo las consideraciones presentadas por este documento, y luego realizar las propuestas orientadas a reducir la probabilidad de colapso (local y global) de la edificación. Las fases de evaluación y de intervención para reducir la vulnerabilidad son guiadas a partir de la Lista de Verificación que se provee en el Apéndice A-1.

Una vivienda que presente riesgo de colapso inminente no deberá ser intervenida estructuralmente empleando la metodología descrita en el presente documento. El concepto técnico que determine el riesgo de colapso de una edificación deberá haber sido emitido previamente por la autoridad municipal o distrital que atienda Riesgo de Desastres. Si mediante la inspección visual a la edificación el diseñador estructural identifica un riesgo de colapso que no haya sido detectado, deberá informar a la autoridad municipal o distrital correspondiente, quienes se encargarán de realizarla evaluación y emitir el concepto técnico.

3.3 — FASES DE LA EXPLORACIÓN

La evaluación preliminar de una vivienda existente debe incluir la investigación y revisión de la edificación en campo, la revisión de documentos existentes como planos, datos de construcción, informes, y la confirmación de su concordancia con la construcción existente. Además, deberá incluir la revisión de normativas urbanísticas locales, que apoyen en la definición del estado actual de la vivienda.

El objetivo de la evaluación preliminar es examinar la información disponible sobre la edificación, y hacer una determinación inicial de su idoneidad para soportar condiciones ambientales in situ y cargas actuantes. Los resultados de la evaluación preliminar deben usarse para tomar decisiones con respecto a su condición actual en el lugar, la necesidad de información adicional, el posible diseño de intervención y trabajos de construcción a considerar, y si hay una necesidad de apuntalamiento temporal para la seguridad de la estructura existente. Estos resultados deben actualizarse a medida que se disponga de datos adicionales sobre la vivienda examinada.

3.3.1 — VISITA DE CAMPO

Una parte esencial de la evaluación sísmica y del proceso de intervención es la visita de campo, que permite recolectar suficiente información sobre la vivienda existente, dada la probable ausencia o no existencia de planos, memorias de cálculos u otra información relevante. Durante la visita de campo el diseñador estructural deberá documentar las exploraciones efectuadas, las observaciones elaboradas y todas las demás informaciones representativas para la definición de las condiciones existentes.

Las observaciones en sitio permitirán definir la calidad de la construcción y relacionarla con uno de los factores definidos en la Sección 6.8 del presente documento. Además, servirán para determinar el estado de conservación de la estructura, a través del registro de posibles daños y/o deterioros presentes en los diferentes elementos evaluados. Permitirá identificar posibles asentamientos de la cimentación y los efectos causados sobre la estructura, y el desempeño histórico de la misma frente a posibles eventos y cambios que hayan podido manifestarse durante la vida de servicio de la edificación y determinar algún tipo de modificación o afectación de su integridad.

Para una mejor eficiencia del tiempo requerido en la visita de campo, se recomienda que ésta se realice en equipos de dos personas.

Podrá resultar útil llevar:

- Una copia de la Lista de Verificación en papel o electrónica (véase Apéndice A-1), para registrar las observaciones y consideraciones desarrolladas durante la visita.
- Un tablero/libreta con lápices/bolígrafos u otras herramientas digitales, para registrar el levantamiento arquitectónico realizado.
- Una cámara/teléfono para realizar un registro fotográfico detallado y referenciado.
- Etiquetas de identificación (post-it, etiqueta adhesiva).
- Reglillas medidoras de fisuras (fisurómetro).
- Una cinta métrica, flexómetro o metro láser, para realizar el levantamiento arquitectónico.
- Una plomada, un detector de barras de refuerzo, un esclerómetro.
- Manguera de niveles.
- Escalera.
- Linterna.
- Los elementos de protección personal necesarios.

3.3.2 — EL CONOCIMIENTO DEL SITIO

El conocimiento del sitio en el cual está ubicada la vivienda bajo estudio se puede obtener de diferentes fuentes, como las listadas en este párrafo.

Ejemplos de información cartográfica y documental son los siguientes:

- Mapas de zonificación geotécnica;
- Documentos de caracterización de escenarios de amenaza y riesgo.

- Mapas con la zonificación de amenazas naturales y/o desencadenadas clasificada en alta, media o baja (mapas de susceptibilidad).
- Mapas de unidades geológicas superficiales (para ingeniería).
- Mapas de zonificación de la respuesta sísmica (detallado o indicativo).
- Mapas de amenaza por licuación de suelos.
- Mapas con la zonificación de riesgos por fenómenos naturales, clasificados en alto, medio o bajo.
- Mapas de exclusiones por inundación, ronda hídrica, suelos de protección, u otras.
- Mapas de áreas de actividad y de uso del suelo.
- Estudios de suelo realizados en áreas aledañas a la vivienda.

La información indicada previamente debe ser recopilada antes de la visita de campo, para confirmar la ausencia de limitaciones que podrían determinar la no factibilidad de la intervención.

Ejemplos de la información a recopilar en campo son los siguientes.

- La confirmación de los datos recolectados de archivo.
- La relación con edificaciones colindantes.
- La definición de los linderos.
- La pendiente del terreno.
- Las condiciones de drenaje aguas arriba y aguas abajo de la edificación, etc.

3.3.3 — EL CONOCIMIENTO GLOBAL DE LA VIVIENDA

El conocimiento global de la vivienda se podrá obtener a través del levantamiento arquitectónico y geométrico completo, la definición de su uso, la identificación de modificaciones para adiciones, alteraciones y cambios en la ocupación, el conocimiento del estado de la estructura (sección 3.3.4 del presente documento), la identificación de los ocupantes y la posible existencia de diferentes núcleos habitacionales.

3.3.4 — EL CONOCIMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

El estado actual de la estructura podrá determinarse por el diseñador estructural a través de la lista de verificación (Véase Apéndice A-1), cuyos ítems pueden usarse para identificar posibles deficiencias y describir el estado de sistema estructural, de la siguiente manera:

Calidad del diseño y de la construcción de la estructura original - Algunos ítems incluidos en la lista de verificación están definidos con el objetivo de identificar el *No Cumplimiento* con los parámetros de seguridad los casos donde la calidad del diseño o de la construcción se puede clasificar como *deficiente*.

Por ejemplo, el ítem que analiza las *Cargas* presentes en la vivienda verifica si existe una distribución irregular de la masa; el ítem que verifica la *Torsión* averigua que no haya irregularidades extremas en la distribución de la rigidez horizontal, que podrían comprometer de manera excesiva el desempeño sísmico. El ítem de verificación de *Porcentaje de Área de Muros* ayuda a asegurar una distribución regular de la rigidez vertical, y otros ítems por ejemplo la definición de los *Voladizos*, la distribución y estado de las *Aberturas en Muros*, el chequeo de la existencia y la conexión de las *Cimentaciones*, la existencia y definición de elementos de *Confinamiento Vertical y/o Horizontal*, el chequeo de la *Distancia Máxima* entre muros paralelos y la *Continuidad Vertical* de los muros, están todos definidos y pensados para verificar y asegurar que exista un buen comportamiento de la estructura antes las distintas sollicitaciones.

Estado de la estructura - Algunos ítems incluidos en la lista de verificación están definidos con el objetivo de identificar el *No Cumplimiento* con los parámetros de seguridad los casos donde el estado de la estructura original se pueda clasificar como *malo*.

Por ejemplo, los ítems que analizan el *Desempeño de los Cimientos*, la presencia de *Deterioro* y/o de *Daños*, están definidos con el objetivo de confirmar si la estructura está en buenas condiciones generales para tener el desempeño esperado frente a sismo. Además, los *Factores de Calidad* están definidos para tener en cuenta posibles reducciones de capacidad de resistencia de las secciones.

3.4 — EXPLORACIÓN MÍNIMA

Para el estudio e investigación estructural de las viviendas de origen informal, se requiere un nivel de conocimiento mínimo que permita una visión real del estado de los elementos estructurales y no estructurales, sus deficiencias y fortalezas para así proyectar una adecuada intervención. Los párrafos a seguir, entre el 3.4.1 y 3.4.6, presentan un resumen de las acciones mínimas de investigación que se deben ejecutar.

3.4.1 — TERRENO DE CIMENTACIÓN

Se deben realizar como mínimo dos apiques para determinar la estratigrafía y condiciones de humedad del suelo. Se realizarán ensayos de laboratorio adicionales debidamente justificados a criterio del diseñador estructural.

3.4.2 — ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN

Se verificará la calidad y tipo de la cimentación, su estado actual, y demás condiciones que afecten la estructura en general en cuanto a su estabilidad o durabilidad. De encontrarse patologías importantes, se deben realizar ensayos de laboratorio adicionales a criterio del diseñador estructural. El proyecto de intervención deberá resolver deficiencias estructurales que induzcan un inadecuado desempeño de la cimentación.

La inspección visual de los cimientos tiene limitantes dependiendo de la ubicación de la vivienda. En algunos casos, la pendiente del terreno permite verificar fácilmente la existencia de los cimientos del perímetro de la vivienda. En los casos en que no exista pendiente en el terreno será imposible verificar la existencia de cimientos de manera visual. Para la evaluación estructural y constatar la existencia y estado de los cimientos es necesario que se realicen por lo menos dos apiques de verificación dentro de la vivienda, como se describe a continuación.

Procedimiento de ejecución del apique de exploración:

- Verificar a partir de las condiciones de la vivienda y la ubicación tentativa de redes, dos sitios dentro de la vivienda que permitan la verificación de las condiciones de los cimientos en ambas direcciones. La profundidad mínima para el apique será de 1000 mm medida desde el nivel superior de la losa de contrapiso.
- Demolición local de la losa de contrapiso (en caso de existir) en una sección de 800 mm x 800 mm.
- Realizar una excavación de al menos 800 mm x 800 mm x 1000 mm de profundidad, que permita verificar las condiciones del suelo de soporte.
- Realizar registro fotográfico del fondo de la excavación.
- Verificar la existencia del cimiento y la presencia de nivel freático.
- Identificar el tipo de cimiento, ciclópeo o en viga en concreto reforzado u otro.
- Revisar la integridad del cimiento, observando que el material no se encuentre degradado (con evidencia de desintegración parcial, delaminación, grietas).
- Verificar que el refuerzo no se encuentre expuesto, si aplica.
- Verificar que el suelo de apoyo de la cimentación no contenga materia orgánica.

3.4.3 — VERIFICACIÓN DE LA NIVELACIÓN DEL PISO Y DE VERTICALIDAD DE LOS MUROS

El diseñador estructural deberá determinar la nivelación del piso y la verticalidad de los muros. El propósito es establecer si existe algún asentamiento diferencial que requiera una intervención de la cimentación y qué muros deberán recibir algún tratamiento diferente al establecido en el diseño de intervención.

Para verificar la nivelación del piso, se utilizará un nivel (de manguera, de burbuja, electrónico u otro), con el cual se marcará el nivel en los muros principales de la vivienda y se procederá a verificar la existencia de un asentamiento diferencial dentro de los límites del título H del Reglamento NSR-10.

Para la verificación de la verticalidad se utilizará una plomada, que se ubicará al inicio y final de la cara de cada muro. Una vez posicionada la plomada, se procederá a verificar la existencia y el valor del desplome.

El desplome máximo permitido es de 1/12 del espesor del muro, como se indica en la sección D.4.2-2 del Reglamento NSR-10. Para los muros que presenten un desplome entre 1/12 y 1/6 del espesor del muro se realizará una corrección de la verticalidad a través de un nuevo revoque (pañete) de mortero con espesor variable. Para muros con desplomes superiores a 1/6 del espesor del muro se ordenará la demolición y reconstrucción.

3.4.4 — MAMPOSTERÍA

Se debe verificar la calidad de los muros estructurales y no estructurales, relacionada con su construcción, materiales, verticalidad y alineamiento. Además, se deben definir las resistencias a la compresión de las unidades de mampostería existentes y del mortero de pega, para las cuales se podrán tomar respectivamente los valores dados en las secciones 4.2.1.1 y 4.2.1.2 del presente documento, a menos que a criterio del diseñador estructural se requieran ensayos de laboratorio adicionales.

3.4.5 — ELEMENTOS EN CONCRETO EXISTENTES

Se debe verificar la calidad del concreto de los elementos existentes en lo referente a fisuras, oquedades, deflexiones, verticalidad, uniformidad, homogeneidad e integralidad.

Será necesario confirmar las dimensiones de las secciones, el estado y la cantidad de refuerzo para vigas de amarre sobre muros y columnas de confinamiento existentes.

Se deberá verificar que, para vigas de amarre sobre muros existentes:

- La sección transversal no sea inferior a 20.000 mm^2 (200 cm^2), con ancho igual al muro sobre el cual está posicionada, en línea con lo especificado por el capítulo E.4.4.2 del Reglamento NSR-10.
- El refuerzo longitudinal sea de mínimo 4 barras de acero corrugado No. 3 ($3/8"$) o 10M (10 mm) o 2 barras de acero corrugado No. 4 ($1/2"$) o 12M (12 mm), en línea con lo especificado por la sección E.4.4.4 del Reglamento NSR-10.
- El refuerzo transversal se presenta en forma de estribos cerrados, figurados en barras de acero corrugado No. 2 ($1/4"$) o 6M (6 mm) o No. 3 ($3/8"$) o 10M (10 mm), a una distancia máxima de 200 mm como se especifica en la sección E.4.4.4 del Reglamento NSR-10.

Se deberá verificar que, para columnas de confinamiento existentes:

- La sección transversal no sea inferior a 20.000 mm^2 (200 cm^2), con espesor igual al del muro que confina, en línea con lo especificado por el capítulo E.4.3.2 del Reglamento NSR-10.
- El refuerzo longitudinal sea de mínimo 4 barras de acero corrugado No. 3 ($3/8"$) o 10M (10 mm), en línea con lo especificado por la sección E.4.3.4 del Reglamento NSR-10.
- El refuerzo transversal se presenta en forma de estribos cerrados, figurados en barras de acero corrugado No. 2 ($1/4"$) o 6M (6 mm) o No. 3 ($3/8"$) o 10M (10 mm), a una distancia máxima de 200 mm.

Para columnas aisladas y vigas aéreas, se deberá verificar que éstas cumplan con lo especificado en el Título C del Reglamento NSR-10 para columnas y vigas en pórticos de concreto reforzado con nivel de disipación DMI. El diseñador estructural deberá verificar la calidad de los elementos estructurales mediante inspección visual y definir las pruebas a realizar en los elementos de concreto existentes que se quieran mantener como parte del sistema de resistencia ante cargas gravitacionales. La resistencia mínima a compresión del concreto debe ser 17.5 MPa.

El diseñador estructural debe revisar la calidad y estado de las placas de entrepiso y placa de techo, determinando el tipo de configuración estructural, cantidad de refuerzo existente, estado de los materiales, verificar las deflexiones de acuerdo con la sección C.9.5 del Reglamento NSR-10, posibles humedades, la corrosión o acero expuesto y fisuras. Los hallazgos se deben registrar en la lista de verificación (véase Apéndice A-1) con el fin de llevar a cabo la evaluación específica que indica la sección 6.4.10 del presente documento.

3.4.6 — SISTEMA DE SOPORTE DE CUBIERTA

Para los techos livianos se evaluarán las condiciones existentes y se verificará el estado general de los materiales existentes para determinar la factibilidad de su reutilización:

- Revisión del estado de las tejas y los posibles materiales:
 - Láminas de zinc: se verifica la existencia de abolladuras, huecos o aberturas, no pueden estar oxidadas.
 - Asbesto cemento: se deben seguir las disposiciones de la ley 1968 de julio 11 de 2019.

- Barro: se debe verificar si los elementos presentan fisuras o grietas; sin embargo, se aconseja cambiar este tipo de material por uno más liviano.
- Verificar anclajes de tejas a correas; estas deberán estar fijas con la utilización de pernos, tornillos o algún otro elemento de amarre.
- Verificar anclajes de correas a muros y a elementos de concreto reforzado si existen, estos deberán vincular las correas de techo a elementos horizontales de concreto; éstos deberán estar fijos con la utilización de pernos o algún elemento de amarre entre estos dos.
- Localización de caballetes y planeación de esquema para el retiro de los elementos de techo de forma segura y mejorando las probabilidades de recuperación con éxito de elementos de techo.

PARA USO INTERNO DEL MINISTERIO DE VIVIENDA [ABRIL DE 2023]

CAPÍTULO 4.

MATERIALES EXISTENTES Y DE LA INTERVENCIÓN PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD

4.1 — INTRODUCCIÓN

Esta sección del documento tiene como fin dar a conocer algunos valores mínimos recomendados para las propiedades de los materiales, existentes y/o de nueva utilización para las obras de intervención, que se pueden utilizar en la definición de las capacidades de los elementos, donde no se lleven a cabo ensayos más específicos.

Cuando se encuentren materiales o condiciones diferentes a las típicas definidas en este documento, bajo el criterio técnico del diseñador estructural, se podrán requerir ensayos adicionales para determinar la resistencia de los elementos existentes.

4.2 — PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

4.2.1 — TIPIFICACIÓN DE LOS MATERIALES CONSTITUTIVOS DE LOS MUROS EXISTENTES

4.2.1.1 — Resistencia a Compresión de las Unidades de Mampostería — Las unidades de mampostería consideradas como típicas en las viviendas de origen informal en Colombia son en su gran mayoría de arcilla de perforación horizontal. Sin embargo, existen algunas viviendas, la mayoría en la zona del Caribe colombiano, que son construidas con bloques de concreto.

Para los cálculos, y en ausencia de información más detallada, este documento sugiere utilizar los siguientes valores típicos de resistencia a la compresión de las unidades de mampostería:

Tabla 4.2-1. Resistencia a Compresión típica f'_{cu} de las Unidades de Mampostería

| Tipo de Unidad | Resistencia a Compresión ⁽¹⁾ f'_{cu} (MPa) |
|-----------------------------------|---|
| Arcilla de perforación horizontal | 2.0 |
| Concreto de perforación vertical | 5.0 |

Nota:

⁽¹⁾ Resistencias asumidas sobre área bruta de la unidad.

Donde y cuando el diseñador estructural decida, bajo su juicio técnico, que exista la necesidad de ejecutar ensayos específicos, estos deberán realizarse para las unidades que se encuentran en la vivienda bajo estudio.

En el caso de que se pueda justificar una resistencia a compresión de las unidades diferente a los valores presentados en la Tabla 4.2-1, se podrá aplicar el *Factor de Resistencia del Bloque C_B* , presentado en la Sección 6.8.1.1 del presente documento, para ajustar el porcentaje de área de muros requerido dado por la ecuación 6.8-1.

4.2.1.2 — Mortero de Pega — Para los cálculos realizados dentro del alcance de este documento, se ha considerado el uso de mortero tipo N (de acuerdo con el título D Reglamento NSR-10), con una resistencia a la compresión especificada de 7.5 MPa. Las condiciones de verificación en campo de los morteros de pega se basan en condiciones de sanidad e integridad que puedan garantizar el cumplimiento de esta resistencia. Adicionalmente, se incluye dentro del chequeo una verificación de la geometría y homogeneidad en la forma de su aplicación.

Donde lo considere necesario, el diseñador estructural podrá requerir la ejecución de ensayos específicos para determinar la resistencia del mortero existente en la vivienda bajo estudio.

4.2.2 — PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA EXISTENTE

4.2.2.1 — Resistencia a Compresión de la Mampostería — La resistencia a compresión de la mampostería f'_m se calcula con base en las fórmulas D3.7-1 y D3.7-2 del Reglamento NSR-10, presentadas a continuación:

$$f'_m = 0.75 R_m \quad (4.2-1)$$

$$R_m = \left(\frac{2h}{75+3h} \right) * f'_{cu} + \left(\frac{50 * K_p}{75+3h} \right) * f'_{cp} \leq 0.8 f'_{cu} \quad (4.2-2)$$

Donde:

h = altura del bloque;

f'_{cp} = 7.5MPa, es la resistencia típica del mortero de pega tipo N;

K_p = factor de corrección por la absorción de la unidad de mampostería (en línea con lo indicado en la sección D.3 del Reglamento NSR-10);

4.2.2.2 — Resistencia a Cortante de la Mampostería — El área eficaz resistente a cortante de los muros existentes es la parte sólida (área neta) de las unidades de mampostería que los componen, paralela a la dirección de acción de la fuerza cortante en consideración.

El valor sugerido en este documento para u_n , como esfuerzo resistente a cortante sobre área neta de las unidades de mampostería, es presentado en la Tabla 4.2-2:

Tabla 4.2-2. Resistencia a Cortante típica u_n de las Unidades de Mampostería

| Tipo de Unidad | Resistencia a Cortante ⁽¹⁾ u_n (MPa) |
|-----------------------------------|---|
| Arcilla de perforación horizontal | 0.21 |
| Concreto de perforación vertical | 0.21 |

Nota:

⁽¹⁾ Resistencias asumidas sobre área bruta de la unidad.

El diseñador estructural bajo su juicio técnico debe evaluar la necesidad de ejecutar ensayos específicos. Estos deberán realizarse sobre muretes extraídos de la vivienda bajo estudio.

4.2.3 — PROPIEDADES MECÁNICAS DE ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO EXISTENTES

La sección 3.4 del presente documento define las investigaciones mínimas que se pueden ejecutar para determinar el valor de la resistencia de los elementos de concreto existentes.

4.3 — PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE INTERVENCIÓN PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD

Los materiales utilizados en la intervención para reducir la vulnerabilidad de la vivienda deben cumplir los requisitos de la Tabla 4.3-1, que resume las propiedades mínimas requeridas.

Tabla 4.3-1. Propiedades Mínimas Requeridas para los materiales de intervención

| Elemento de Intervención | Resistencia a Compresión Mínima (MPa) | Especificación Mínima | Observaciones |
|--|--|---|---|
| Concreto para cimentación | 21.0 | - | |
| Concreto para nuevos elementos estructurales | 17.5 | - | |
| Revoque para Muros | 10.0 | 15 mm espesor – para revoque simple 30 mm espesor – para revoque con refuerzo | Mínimo 75% de arena de río lavada para la mezcla. |
| Mampostería – Mortero de Pega | 7.5 | 10 mm espesor – para juntas verticales y horizontales | Mortero Tipo N |
| Mampostería – Bloques en arcilla | Con base en las secciones E.3.2 y D.3.6.2.2 del Reglamento NSR-10. | Con base en lo especificado por D.10.3.3 y E.3.5-1 del Reglamento NSR-10. | |
| Mampostería – Bloques en concreto | Con base en la sección D.3.6.2.1 del Reglamento NSR-10. | - | |
| Elemento de Intervención | Resistencia a Tracción Mínima (MPa) | Especificación Mínima | Observaciones |
| Acero de refuerzo | 420 | No. 3 (3/8”) ó 10M (10 mm) para acero de refuerzo longitudinal No. 2 (1/4”) ó 6M (6 mm) para acero de refuerzo transversal | Barras corrugadas |
| Malla Electrosoldada | 485 | Espesor ≥ 4 mm Celdas ≤ 200 mm | |

El constructor será el encargado de realizar el control de calidad en cuanto a muestreo y calidades de los concretos y morteros especificados. Para los ensayos, se deberán seguir los siguientes criterios:

- Se deberá realizar mínimo un (1) ensayo por cada 3m³ de concreto. Cada ensayo debe ser el promedio de la resistencia a la compresión de tres (3) probetas a 28 días. Un ensayo debe ser la resistencia promedio de al menos: dos cilindros de 150 x 300 mm de diámetro (6 x 12 pulgadas) o de tres cilindros de 100 x 200 mm (4 x 8 pulgadas). Si el volumen de concreto es inferior a los 3 m³ se deberá realizar como mínimo un (1) ensayo.
- Para morteros de revoques (pañetes), se deberán realizar al menos seis ensayos para la propiedad requerida sobre probetas representativas, muestras por cada 50m² pañete y
- Para mortero de pega se deberán realizar al menos seis ensayos para la propiedad requerida sobre probetas representativas, muestras por cada 10m².
- Las unidades de mampostería deberán cumplir con la o las NTC correspondientes.
- Se deberán ejecutar los controles de calidad de las mallas electrosoldadas para asegurar las propiedades especificadas en los diseños.

4.3.1 — Especificaciones mínimas y calidad de los elementos de la intervención para reducir la vulnerabilidad de la vivienda

Los elementos usados en la intervención deben cumplir con las dimensiones y resistencias mínimas especificadas en la Tabla 4.3-1. Excepciones para dimensiones y materiales diferentes están permitidas, siempre y cuando el diseñador estructural presente evidencia experimental que demuestre que la alternativa propuesta cumple con sus propósitos en cuanto a seguridad, durabilidad, resistencia y rigidez.

Se deberá tomar todas las medidas correspondientes para proteger los materiales de deterioro durante el almacenamiento, construcción y vida de servicio. Se debe garantizar la uniformidad del tipo de unidades de mampostería utilizadas para los muros de la intervención respecto al tipo de las unidades de la vivienda existente. Durante la construcción se recomienda que los materiales provengan de la misma fuente, en la medida de lo posible.

PARA USO INTERNO DEL MINISTERIO DE VIVIENDA [ABRIL DE 2023]

CAPÍTULO 5.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

5.1 — GENERAL

Este capítulo describe los aspectos que deben evaluarse en la vivienda con respecto a fallas, daños y posibles deficiencias estructurales. El procedimiento de evaluación estructural se realiza siguiendo la lista de verificación (Apéndice A-1) que se utiliza para identificar deficiencias estructurales, y para implementar medidas de intervención estructural. Finalmente, se revisa de nuevo la lista de verificación con el objetivo de garantizar que se hayan considerado todos los aspectos consignados en la fase de evaluación estructural.

En la lista de verificación se consignan los criterios de evaluación aplicables a viviendas de mampostería construidas en el territorio nacional, identificados a partir del comportamiento de edificaciones similares en eventos sísmicos pasados y de investigación académica pertinente. El no cumplimiento de los criterios especificados en la lista de verificación requiere una intervención estructural siguiendo los requisitos definidos en el Capítulo 7 de este documento.

Alternativamente, el diseñador estructural puede adoptar y ejecutar una evaluación de otro tipo, siempre y cuando ésta sea más detallada que la descrita en el presente documento; califique o cuantifique la vulnerabilidad estructural debida, al menos, a los factores subyacentes a los que hacen referencia las secciones 5.2 a la 5.7, y se empleen los criterios de desempeño definidos en la Sección 1.3 de este documento. La metodología de evaluación adoptada deberá estar documentada y soportada por literatura y/o investigaciones técnicas pertinentes.

Se deben evaluar además los daños en los elementos estructurales, verificando en campo mediante inspección visual o, a criterio del diseñador estructural, mediante investigación más detallada. La presencia de daños excesivos en algunos elementos o la causa que los haya provocado pueden resultar en la no aplicabilidad de este documento, dado que podrían necesitar de investigaciones más detalladas o específicas.

5.2 — CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

Antes de determinar el estado de la vivienda, es importante evaluar amenazas potenciales de origen geológico y geotécnico tales como licuación, deslizamientos, avalanchas, inundaciones y volcanes, con el objetivo de definir el estado del entorno para garantizar que no existan riesgos no mitigables (que afecten la intervención estructural) o mitigables, que se deben resolver para asegurar la seguridad de la edificación a intervenir.

Previo a la visita de campo se deberá recolectar toda la información disponible sobre el sitio donde se emplaza la edificación (ver párrafo 3.3.2 para ejemplos de información previa). A partir de esta información se determinará si hay restricciones al uso del suelo donde se localiza la edificación que hagan improcedentes una intervención estructural a la misma.

En caso de que la información anterior sea inexistente o no esté disponible para el proyecto, se deberán identificar todas las amenazas causadas por fenómenos naturales, socio naturales y desencadenados que puedan afectar el área donde se emplaza la edificación a través de la visita de inspección en campo.

Dependiendo de la condición de amenaza a la que está expuesta la edificación, o de la condición de riesgo en la que se encuentre, se condiciona la aplicabilidad, o no, de este documento, como se indica en la Sección 6.2.

Además, se deberá verificar si la vivienda se encuentra dentro de áreas que cuenten con una restricción al uso del suelo, según se defina en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio, o en su defecto en el Plan Básico o en el Esquema de Ordenamiento Territorial (PBOT, EOT), y en los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas (POMCA); en cualquiera de estos casos, el presente documento no es aplicable. Así mismo, la vivienda no puede ser intervenida si se ubica en zonas de protección, zonas afectadas por obra pública y/o en zona de riesgo no mitigable.

Esta sección presenta los aspectos más relevantes relacionados con la evaluación del sitio donde está ubicada la vivienda.

5.2.1 — AMENAZA POR FENÓMENOS NATURALES Y SOCIO NATURALES

Las amenazas causadas por fenómenos naturales, socio naturales y desencadenados que deben considerarse en la evaluación de las condiciones del sitio son las siguientes, sin limitarse a ellas:

- a) Potencial de licuación del suelo de fundación: causada por sismo;
- b) Movimientos en masa: causados por procesos reológicos, o desencadenados por fenómenos geológicos o hidrometeorológicos;
- c) Avalancha y avenida torrencial: desencadenadas por fenómenos geológicos o hidrometeorológicos;
- d) Inundación lenta y rápida: causada por fenómenos hidrometeorológicos, tsunamis, seiches, oleaje, subsidencia y falla de infraestructura de almacenamiento o conducción de fluidos aguas arriba de la edificación;
- e) Caídas piroclásticas, corrientes de densidad piroclástica, lahares, flujos de lava y avalanchas de escombros: productos de la actividad volcánica;

Donde esta exista, la evaluación deberá basarse en la información documental y cartográfica contenida en el documento de ordenamiento territorial del municipio, en la información producida por entidades técnicas y sectores competentes (véase 6.2), y en la información recopilada de una visita de campo con el alcance que se define en la sección 6.2.1. En el caso en que no se cuente con información documental, para definir la factibilidad de la intervención, el diseñador estructural se debe apoyar en la visita de campo, la inspección mínima definida en este documento y si las condiciones de amenaza son complejas de definir debe apoyarse en un profesional idóneo (ver sección 6.2.1).

Donde la vivienda en estudio no resulte expuesta a amenazas naturales, socio naturales o desencadenadas, no presente daños significativos atribuibles a condiciones del suelo o de la cimentación (véanse las secciones 5.4.1 y 5.6.7) y donde el proyecto de intervención no afecte considerablemente las cargas y las condiciones de uso actuales de la vivienda, y si al juicio del diseñador estructural no es necesario, no será obligatorio efectuar un estudio para determinar las condiciones del suelo.

5.2.2 — EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS

Debe realizarse una inspección visual del predio donde se va a realizar la intervención y de su entorno inmediato, complementada con una consideración de sus alrededores: entorno urbano o rural, posicionamiento del predio (medianero, esquinero, aislado), linderos, redes domiciliarias, vías, pendientes del terreno, condición de las edificaciones adyacentes, usos de construcciones vecinas, infraestructura existente, entre otras. Esto con el fin de detectar, de ser el caso, las posibles afectaciones que se puedan causar durante la intervención o la afectación que puedan causar estas a la vivienda en estudio.

5.2.3 — ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Se debe verificar la presencia y el estado de las estructuras de contención integradas a la vivienda o en su entorno más próximo. En el contexto objeto de este documento, es posible considerar los siguientes tipos de estructuras de contención:

- (a) **Muros de contención de sitio** – Son aquellos muros de contención contruidos en piedra, concreto reforzado o mampostería, que no pertenecen a la estructura principal de la vivienda. Su función es proporcionar soporte lateral, temporal o permanente, a taludes verticales o casi verticales de suelo muy cercanos a la vivienda o el relleno donde está implantada. Típicamente estos muros hacen parte de las obras de urbanismo y se encuentran desconectados de la estructura de la vivienda y/o fuera del predio, por lo que su chequeo e intervención se debe ejecutar siguiendo las disposiciones del Título H del Reglamento NSR-10. Se enfatiza que todas las amenazas del sitio deben estar previamente mitigadas como se describe en la sección 5.2.
- (b) **Muros de contención de cimentación** – Son aquellos muros de contención alineados con los muros de la estructura principal de la vivienda, cumplen la función de retener el relleno debajo de la misma y conformar el sistema de cimentación. Esta tipología de muros puede estar construida en piedra, concreto reforzado o mampostería.

- (c) **Muros de contención integrados** – Son aquellos muros de contención integrados a la vivienda y que a su vez pertenecen al sistema de muros. Usualmente corresponden a muros de mampostería no reforzada o parcialmente confinada que retienen el suelo de un talud adyacente en su altura total o parcial.

Si en la vivienda o su inmediato entorno existen muros de contención de sitio, integrados y/o de cimentación, estos deben responder a los requisitos de seguridad definidos por cada caso en la sección 6.2.3.

5.3 — ASPECTOS RELACIONADOS A LA CONFIGURACIÓN DE LA VIVIENDA

El buen desempeño sísmico de una vivienda depende, en gran medida, de que en su configuración estructural se cumplan aspectos geométricos para garantizar la estabilidad estructural y trayectoria de cargas. Los aspectos más relevantes a evaluar bajo este enfoque son:

5.3.1 — REGULARIDADES EN PLANTA

Debe verificarse que la vivienda no presenta irregularidades geométricas en planta, de acuerdo con las limitaciones establecidas en la figura A.3-1 y tabla A.3-6 del Reglamento NSR-10. En caso de presentar forma irregular, esta se podrá intervenir mediante una modulación en varias formas regulares y cumpliendo con los requerimientos de la sección 5.3.2 de este documento.

5.3.2 — VOLCAMIENTO

Debe verificarse la estabilidad y resistencia lateral en las dos direcciones principales de la vivienda. Esta presenta riesgos relacionados al volcamiento cuando la relación entre su altura total con respecto a su lado más corto supera el valor de 3:1.

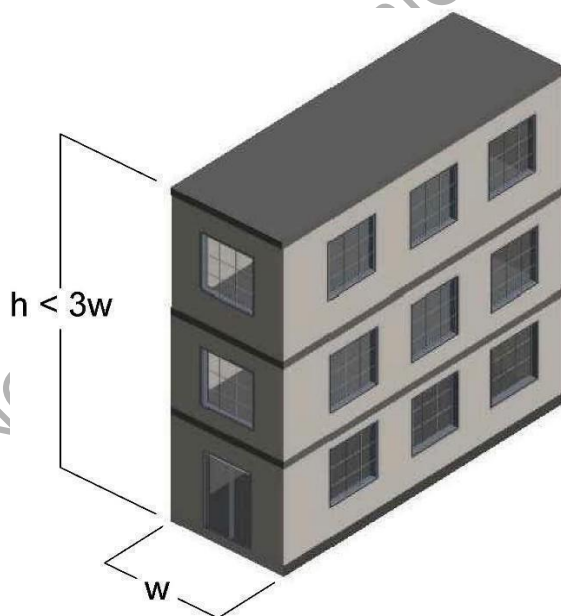


Figura 5-1 Chequeo por volcamiento

5.3.3 — NÚMERO DE NIVELES

El presente documento es aplicable para viviendas de uno, dos y hasta tres niveles, incluyendo los niveles parcial o totalmente enterrados y los niveles totalmente fuera de tierra.

5.3.4 — ALTURA LIBRE

La distancia libre vertical de los muros debe respetar los límites definidos en la sección 6.3.5 del presente documento.

En el caso de techos inclinados o en presencia de viga de amarre la altura libre se puede definir como lo establecido en la sección E.3.5.1 del Reglamento NSR-10.

5.4 – ELEMENTOS ESTRUCTURALES

5.4.1 — CIMIENTOS

Las cimentaciones típicas en viviendas de origen informal son vigas corridas en concreto reforzado, zapatas y/o vigas en concreto ciclópeo no reforzado, aspecto que deberá ser verificado por el diseñador estructural.

Este documento aplica para las viviendas existentes que no presentan evidencias graves de una inadecuada transmisión de solicitaciones al suelo de soporte, ver lo especificado en la sección 6.4.1 de este documento para una definición más detallada de las evidencias de esta deficiencia.

En aquellos casos de daños evidentes en los muros, tales como agrietamiento severo, será necesaria una evaluación más detallada de los cimientos y, por lo tanto, la vivienda no podrá ser intervenida con base en lo especificado en este documento.

5.4.2 — MUROS PERIMETRALES

Se encuentran ubicados en cada lado del perímetro de la vivienda. Es necesario verificar y garantizar que los muros perimetrales se encuentran dentro de los linderos de la propiedad. En caso de que estos muros perimetrales sean compartidos con edificaciones colindantes, la intervención deberá independizarse o intervenir las edificaciones en su conjunto.

5.4.3 — MUROS INTERNOS

Son los muros de mampostería que se encuentran dentro de la vivienda, sean estos muros divisorios, muros de carga, muros de rigidez, muros de altura parcial, confinados o de mampostería no reforzada. El levantamiento geométrico general de la vivienda debe incluir todos estos muros y la evaluación estructural debe definir el estado de cada uno de ellos.

5.4.4 — VIGA DE AMARRE

Para el sistema de techo liviano, las vigas de amarre deberán estar presentes sobre todos los muros, proporcionando una adecuada conexión entre ellos. En el caso de entresijos con sistema de losa con bloquelón y perfiles metálicos o realizados con sección compuesta de losa y lámina colaborante, se debe evidenciar la presencia de vigas de amarre sobre todos los muros. En caso de que no existan estas vigas, se verificará la existencia de algún tipo de conectores que aseguren un vínculo efectivo entre los diferentes elementos de la sección compuesta.

Donde existan vigas de amarre en la vivienda y el proyecto de intervención contemple su existencia como parte del sistema estructural, se deberá realizar un chequeo o caracterización con base en lo especificado en la sección 3.4 Exploración mínima, del presente documento.

5.4.5 — VOLADIZOS

Las tipologías de voladizos que puede poseer una vivienda de origen informal son:

- (a) **Voladizos Ocupados** - Aquellos donde el voladizo de la placa de entresijo soporta muros de carga de fachada y hace parte del área útil de la vivienda.
- (b) **Voladizos No Ocupados** - Aquellos voladizos de placa de entresijo cuyo uso es balcón o área de circulación y soporta en su extremo muros de altura parcial no estructurales como antepechos o barandas.

La evaluación estructural de la vivienda tendrá que reportar la existencia, el estado y las características de los voladizos existentes, identificando el tipo de losa y su configuración como se especifica en la sección 6.4.5 del presente documento.

5.4.6 — COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

Los muros existentes pueden estar parcial o totalmente confinados por columnas de concreto reforzado. En caso de que éstas se quieran incluir dentro del proyecto de intervención como elementos del sistema estructural, se deberá realizar un chequeo o caracterización para definir su capacidad con base en lo especificado en la sección 3.4. Exploración mínima, del presente documento.

5.4.7 — ABERTURAS EN MUROS

Se refiere a las aberturas en los muros de mampostería de las viviendas usadas para puertas y ventanas.

Estas aberturas deberán extenderse hasta la viga de amarre o losa superior. Alternativamente, deberán contar con un dintel de concreto reforzado que tenga las características definidas en la sección 6.4.7 del presente documento.

En sistemas de mampostería confinada, las aberturas deberán también estar delimitadas por columnas de concreto reforzado, como se especifica en la Figura A.3-14 del presente documento.

5.4.8 — ABERTURAS EN LOS SISTEMAS DE LOSAS

Son los vacíos que existen en los entrepisos, utilizados para patios, claraboyas o escaleras. El levantamiento geométrico general de la vivienda debe incluir las aberturas con sus dimensiones y la evaluación estructural debe definir el estado de los muros y la losa alrededor de ellas, como se especifica en la sección 6.4.8 del presente documento.

5.4.9 — COLUMNAS AISLADAS

Se refiere a las columnas separadas de cualquier otro elemento vertical de la vivienda (como muros, escaleras, arriostramientos), que tienen como única función brindar soporte a la placa de entrepiso y/o a la cubierta.

Si existen columnas aisladas dentro de la vivienda que soportan cargas verticales, estas no pueden considerarse dentro del sistema vertical de resistencia de fuerzas laterales. Se deberá realizar un chequeo o caracterización con base en lo especificado en la sección 3.4. Exploración mínima, del presente documento, para definir su capacidad y estado estructural.

5.4.10 — SISTEMAS DE LOSAS

Los sistemas de entrepiso típicos en las viviendas de origen informal pueden ser:

- (a) **Losa maciza** - espesor típico entre 90 mm y 150 mm, de concreto reforzado, que se apoya en los muros o vigas aéreas que pueden estar presentes. Las losas pueden transmitir las cargas gravitacionales en una o dos direcciones, dependiendo del número de bordes soportados y de la relación de aspecto de los mismos, como se define en el Título C.13 del Reglamento NSR-10."
- (b) **Losa aligerada** - espesor mínimo de 150 mm de concreto reforzado y elementos de aligeramiento. Constituida por loseta superior de 40 a 50 mm de espesor apoyada sobre viguetas de concreto reforzado (nervios); el sistema de aligeramiento puede ser en bloques de arcilla cocida u otro material que conforme cavidades u oquedades en la losa. El sistema de viguetas se apoya de forma unidireccional en los muros de carga o vigas aéreas que pueden estar presentes. Las viguetas típicamente tienen un ancho entre 80 mm y 150 mm. Véase Título C.13 del Reglamento NSR-10.
- (c) **Sistema de losa con bloquelón y perfiles metálicos** - losa conformada con viguetas metálicas de perfil de lámina abierta rellenas en concreto, que soportan bloquelones de arcilla de 80 mm de espesor y forman una superficie sobre la cual se funde una losa de espesor típico 40 mm para conformar una losa compuesta de espesor total típico de 120 mm. El sistema de viguetas se apoya de forma unidireccional directamente sobre muros, vigas apoyadas sobre muros o vigas aéreas que pueden estar presentes. Este sistema debe contar con vigas de concreto reforzado, a modo de sistema de confinamiento horizontal, junto con conectores que permitan vincular el entrepiso al sistema vertical de resistencia de fuerzas laterales. Véase Título C.16 del Reglamento NSR-10.
- (d) **Losa con lámina colaborante** - conformada por concreto reforzado y fundido en sitio sobre una lámina de acero con corrugas. Esta tiene doble función: es parte de la sección compuesta junto al concreto, reemplazando el acero de refuerzo positivo y actúa de formaleta durante el vaciado del concreto. La altura total de esta losa puede variar entre 100 y 120 mm. Este sistema de entrepiso debe estar apoyado directamente sobre muros, vigas apoyadas sobre muros o vigas aéreas que se puedan presentar. El sistema debe contar con vigas de concreto reforzado a modo de sistema de confinamiento horizontal, que

permitan vincular el entrepiso al sistema vertical de resistencia de fuerzas laterales y también debe contar con conectores que vinculan la losa al sistema de apoyo. Véanse secciones C.16 y F.4.7 del Reglamento NSR-10.

La evaluación deberá definir los sistemas de losas presentes en la vivienda, su condición estructural y sus características geométricas. Si los sistemas de losas de entrepisos presentan condiciones estructurales inseguras y necesitan una posible demolición, la vivienda no puede ser intervenida por medio de lo especificado en este documento, dado que necesita de una evaluación y soluciones más detalladas.

5.4.11 — SISTEMA DE SOPORTE DE CUBIERTA

Las siguientes son las tipologías de techo más típicamente usadas en las viviendas de origen informal de Colombia:

- (a) Sistema de techo liviano** - conformado por tejas individuales traslapadas, de barro cocido, soportadas por un tablero o loseta de mortero, tejas onduladas de fibrocemento, tejas onduladas metálicas o traslucidas, apoyada sobre un entramado de correas en acero o en madera que distribuye la carga a los muros de la vivienda.
- (b) Sistema de techo pesado** - sistema de losas que pueden asemejarse a los descritos en la sección 5.4.10 del presente documento.

Una vez se defina el tipo de sistema de techo de la vivienda, se deberá definir su estado mediante una evaluación estructural, geométrica y de integridad, verificando que se encuentre vinculada a los muros que la soportan a través de un sistema de vigas de amarre, vigas cinta sobre culatas o apoyo directo, en caso de sistema de techo pesado. En caso de intervenciones estructurales en viviendas con tejas y materiales elaborados con asbesto se deberán seguir las disposiciones de la ley 1968 de julio 11 de 2019, removiendo estos elementos y recordando que se prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional.

5.5 — ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA

5.5.1 — ESCALERAS

La existencia de escaleras en la vivienda deberá evaluarse conforme lo prescrito en la lista de chequeo estructural (ver detalles definidos en la sección 6.5.1), realizando el debido levantamiento geométrico, verificando la conformidad de los materiales que las constituyen y de su estado de funcionamiento, identificando la presencia de apoyos verticales adecuados en cada nivel.

5.6 — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

5.6.1 — PARAPETOS Y MUROS CORTOS

Dentro de la vivienda o en los balcones, terrazas o techos que forman parte de la misma, es posible encontrar muros de mampostería de baja altura, conocidos también como parapetos o antepechos.

A pesar de no tener un rol primario en el sistema estructural de resistencia a cargas verticales, estos elementos están sujetos a cargas laterales debidas a empuje de personas, sismo y viento. Por esta razón, se deben evaluar dentro del chequeo estructural para verificar su estabilidad fuera del plano y, si es necesario, mitigar los riesgos asociados a su colapso a través de intervenciones estructurales.

5.7 — ASPECTOS RELACIONADOS A LA CALIDAD

Son los aspectos que aseguran que los elementos estructurales de la vivienda y los materiales que los constituyen presenten un estado de calidad mínimo necesario para asegurar las resistencias mecánicas especificadas en el capítulo 4 del presente documento.

5.7.1 — UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

Las unidades de mampostería utilizadas en la vivienda deberán poseer consistencia y apariencia adecuada para ser parte de un sistema resistente a cargas laterales y verticales. Al realizar la inspección visual y el levantamiento geométrico general de la vivienda, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- (a) Identificar las unidades de mampostería: estas deben corresponder a bloques o ladrillos de arcilla o de concreto, con el fin de poder estar incluidas dentro del alcance del presente documento.
- (b) Ante la no existencia de revoque (pañete) sobre las superficies de los muros, deberá verificarse que las unidades de mampostería no presenten roturas en su área. Además, será necesario verificar que no existan otras patologías específicas que puedan afectar la capacidad portante de las unidades de mampostería como humedad excesiva, musgos o patologías que a juicio del diseñador estructural puedan afectar la calidad de los elementos.
- (c) Identificar si existe combinación de tipos de unidades de mampostería dentro de un mismo muro, que pueda hacer impredecible el comportamiento estructural del mismo.

5.7.2 — MORTERO DE PEGA

Las condiciones de verificación de los morteros de pega se basan en condiciones de sanidad e integridad que puedan garantizar el cumplimiento de la resistencia mínima asumida.

Adicionalmente, se debe realizar un chequeo para verificación de la geometría y homogeneidad en la forma de su aplicación, que permita garantizar el desempeño general asumido para el muro, dado que la calidad en la aplicación del mortero de pega afecta el comportamiento en el plano y fuera del plano del muro.

5.7.3 — REVOQUE (PAÑETE) SOBRE MUROS

Donde los revoques (pañetes) existentes se deseen considerar como parte resistente de los muros, resulta necesario definir su estado e integridad, que debe confirmar su uniformidad, adherencia y mezcla.

La inspección deberá incluir los siguientes aspectos:

- (a) Identificación visual del mortero sobre los muros, evidenciando eventuales discontinuidades que permitan concluir que el revoque (pañete) no se encuentra bien adherido a la superficie del muro.
- (b) Intentar retirar con la mano o con un lápiz el revoque (pañete). Si este es removido con facilidad, no se encuentra en buenas condiciones.
- (c) Verificar que al realizar golpes sobre el revoque (pañete) no se genere un sonido entamborado ya que esto es una señal clara de la falta de adherencia entre el revoque (pañete) y el muro.
- (d) Visualmente definir la mezcla del revoque (pañete), identificando la presencia de arena amarilla o de río.

5.8 — ASPECTOS RELACIONADOS A LAS SOLICITACIONES

Con el fin de revisar el estado de la vivienda y establecer la extensión de la intervención y las estrategias de refuerzo necesarias, se deberán estimar todas las solicitaciones que la edificación soportará durante su vida de servicio.

5.8.1 — MÉTODO DE EVALUACIÓN DE SOLICITACIONES

Las solicitaciones principales que soportará la vivienda provienen esencialmente del peso de la estructura y los elementos no estructurales, las cargas debidas al uso y las solicitaciones sísmicas. La filosofía empleada en el cálculo de estas solicitaciones corresponde al método de la resistencia.

5.9 — SOLICITACIONES SÍSMICAS EQUIVALENTES

5.9.1.1 — Movimientos sísmicos prescritos

Para efectos de la evaluación e intervención de las construcciones objeto de este documento, los movimientos sísmicos son los especificados en la sección A.10.4.2.1 del Reglamento NSR-10, para el lugar en el que se

encuentra la vivienda. Si se cuenta con estudios de microzonificación, se trabajará con los movimientos allí especificados que tengan una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años.

5.9.1.2 — Aceleración espectral para la evaluación e intervención

Para el cálculo del cortante sísmico en la base se utilizará la aceleración espectral S_a , asociada a la meseta del espectro de aceleraciones que representa los movimientos sísmicos mencionados antes.

En el caso de que no se tengan a disposición o no se hayan ejecutado estudios geotécnicos específicos para conocer el tipo de suelo del sitio, el diseñador estructural podrá asumir un suelo tipo D y calcular la aceleración espectral relativa.

5.9.2 – COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA, R

Se considera, para efecto de la evaluación, un coeficiente de capacidad de disipación de energía R igual a 1.0 si la vivienda es de mampostería no reforzada o parcialmente confinada y R igual a 2.0 si la vivienda es de mampostería confinada.

5.9.3 – CARGAS DIFERENTES A LAS SOLICITACIONES SÍSMICAS

5.9.3.1 — Cargas muertas — La determinación de las cargas muertas en la vivienda debe responder a las condiciones encontradas en las viviendas típicas informales objeto de este documento. Para la estimación de las densidades de los materiales se podrá utilizar el Capítulo B.3 del Reglamento NSR-10. En la estimación de la masa utilizada en la presente guía para calcular el cortante sísmico en la base se utilizó una carga muerta media de 5.05 kN/m^2 . Este cálculo es un valor medio de las cargas encontradas en viviendas informales. Si como resultado de la visita de inspección se encuentra que las cargas muertas son mayores, deberá utilizarse ese valor en el cálculo del cortante sísmico.

5.9.3.2 — Cargas vivas — La determinación de las cargas vivas en la vivienda deberá también responder a las condiciones reales de uso encontradas en las viviendas objeto de este documento. Podrá tomarse el valor de 1.8 kN/m^2 para zonas privadas, 3.0 kN/m^2 para escalera y 5.0 kN/m^2 para voladizos.

5.9.3.3 — Empuje de tierra debido a sismo — Para el diseño de estructuras de contención como muros integrados o muros de cimentación de la vivienda, se deberán calcular los empujes de tierra causados por sismo, con el fin de evaluar la seguridad de la solución existente y, de ser necesario, definir y calcular las actividades de refuerzo.

Para el cálculo del empuje de tierra debido a sismo, se referencia la siguiente ecuación tomada de la sección 8.6 del documento ASCE 41-17.

$$\Delta P = 0.4k_h\gamma_s H_m \quad (5.9 -1)$$

Donde:

ΔP = Presión uniforme adicional de tierra causada por efectos sísmicos, kN/m^2

k_h = coeficiente sísmico horizontal en el suelo, el cual se puede estimar como $k_h = A_a F_a I$, usando los parámetros especificados en la Sección A.2 del Reglamento NSR – 10.

γ_s = peso unitario total del suelo, kN/m^3

H_m = altura del muro de contención, m

El empuje de tierra debido a sismo se deberá agregar a la presión estática activa, para obtener la presión total de tierra en el muro.

5.9.4 — ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En cuanto al método de análisis estructural, de acuerdo con el alcance y el objetivo de este documento, se utiliza un modelo simplificado de acuerdo con 5.9.4.1, basado en las características encontradas en las viviendas de origen informal objeto de este documento. Sin embargo, a juicio del diseñador estructural, se permite la utilización de un modelo tridimensional para el cálculo de las solicitaciones individuales, de acuerdo con 5.9.4.2. En ambos casos, se considerará que el sistema vertical de resistencia de las fuerzas laterales está constituido únicamente por los muros.

5.9.4.1 — Modelo simplificado — La evaluación de acuerdo con este modelo tiene dos fases. En cuanto a las solicitaciones sísmicas, se evalúan los muros en conjunto en las dos direcciones principales de la vivienda. De esta manera, para cualquiera de las direcciones principales se calcula el cortante total de cada piso de acuerdo con la ecuación presentada en la sección 6.8.1. de este documento. Esa fuerza está amplificada para considerar el aumento individual en el cortante de los muros como resultado de la torsión y la relación entre los desplazamientos inelásticos máximos esperados y los elásticos calculados por los métodos elásticos lineales.

Para la evaluación de solicitaciones debidas a las cargas gravitacionales, estas se calcularán con base en una distribución de áreas tributarias a cada muro.

5.9.4.2 — Modelo tridimensional — Si se opta por evaluar las solicitaciones mediante un modelo tridimensional de la vivienda, este deberá ser linealmente elástico y deberá considerar la rigidez del diafragma. Para que el diafragma se pueda considerar rígido, se debe verificar que existe una conexión entre los muros y la placa y que ésta tiene la rigidez y resistencia requeridas para soportar y transmitir fuerzas sísmicas en su plano. De no ser así, el modelo deberá considerar un diafragma flexible.

Se deben considerar las irregularidades geométricas o de masa que, a juicio del diseñador estructural, generen momentos torsionales. La conexión entre muros perpendiculares podrá considerarse cuando se observe que todos los muros en esa condición están efectivamente conectados, de lo contrario, se deberán considerar independientes, es decir trabajando individualmente con respecto a los muros perpendiculares a los que estén vinculados.

5.10 — ASPECTOS RELACIONADOS A LA RESISTENCIA

Son los aspectos que aseguran que la vivienda tenga una resistencia adecuada para resistir las acciones generadas por un sismo de diseño.

Para resolver las consideraciones relativas a este aspecto, hay que comparar la demanda o solicitud con la capacidad, a través de la relación entre el porcentaje de área de muro requerido (calculado con base en lo dispuesto en el párrafo 6.8.1) y el porcentaje de área de muros existente, determinado con base en lo especificado en el párrafo 6.8.2.

5.10.1 — RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

La resistencia a cortante de la estructura existente depende de la resistencia efectiva de los muros que hacen parte de su sistema de resistencia a cargas laterales, en cada piso por cada dirección ortogonal. Dentro de este sistema resistente, se consideran muros que tengan más de un metro de longitud, que no presenten deficiencias en su geometría, que tengan altura completa hasta la viga de amarre o losa superior y que sean continuos desde la cimentación.

5.10.1.1 — Resistencia Efectiva de los Muros — El área de muro eficaz para la resistencia a cortante es la parte sólida, o el área neta, de las unidades de mampostería que componen los muros que hacen parte del sistema vertical de resistencia de las fuerzas laterales (véase Figura 5-2). El área neta se estima a partir del factor de área neta, como se define en el numeral 5.10.1.2.

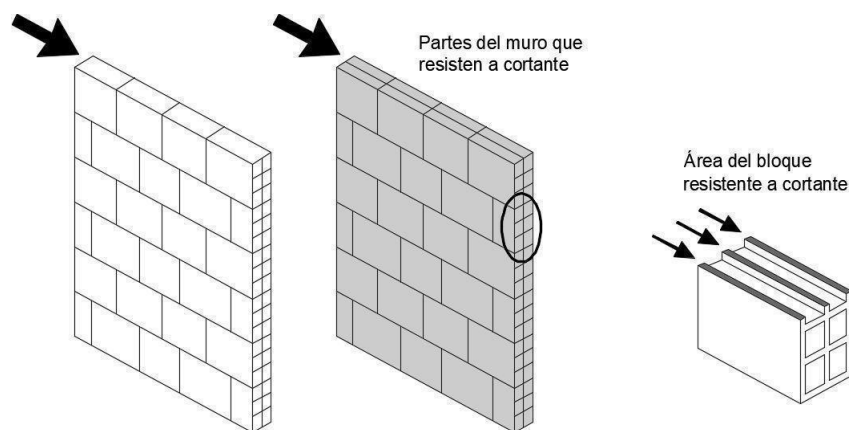


Figura 5-2 Área del bloque resistente a cortante

5.10.1.2 — Factor de Área Neta C_N — El factor de área neta (C_N) se define para cada bloque como la relación entre el porcentaje de área sólida del bloque en consideración y el porcentaje de área sólida del bloque de referencia, que es el bloque No. 5 de arcilla cocida de perforación horizontal. EL factor de área neta para el bloque de referencia es igual a 24.8% y para otros bloques y ladrillos se podrán emplear los valores dados en la Tabla 5.10-1.

$$C_N = \frac{\% \text{ SÓLIDO}}{24.8\%} \quad (5.10-1)$$

Tabla 5.10-1. Factores de área neta para diferentes tipos de bloques

| LUGAR Material del Bloque | Tipo de Ladrillo (Dimensiones en cm) | | C_N |
|------------------------------|--------------------------------------|--|-------------|
| | | | %As / 0.248 |
| BOGOTÁ (Arcilla) | No. 5 | No. 5 (330 x 115 x 230) | 1.00 |
| | | No. 5 (330 x 115 x 230) + REVOQUE A UNA CARA | 1.24 |
| | | No. 5 (330 x 115 x 230) + REVOQUE A DOS CARAS | 1.45 |
| | No. 4 | No. 4 (330 x 90 x 230) | 1.28 |
| | | No. 4 (330 x 90 x 230) + REVOQUE A UNA CARA | 1.55 |
| | | No. 4 (330 x 90 x 230) + REVOQUE A DOS CARAS | 1.78 |
| | Tolete | Tolete Sólido (245 x 120 x 55) | 4.03 |
| MEDELLÍN (Arcilla) | 100 mm | LEPV (330 x 115 x 230) | 2.02 |
| | | 100x200x400 Perforación Horizontal | 1.13 |
| | | 100 x 200 x 400 Perforación Horizontal + REVOQUE A UNA CARA | 1.39 |
| | | 100 x 200 x 400 Perforación Horizontal + REVOQUE A DOS CARAS | 1.61 |
| | 150 mm | 150x200x400 Perforación Horizontal | 1.24 |
| | | 15 x 20 x 40 Perforación Horizontal + REVOQUE A UNA CARA | 1.41 |
| | | 150 x 200 x 400 Perforación Horizontal + REVOQUE A DOS CARAS | 1.57 |
| CALI (Arcilla) | 100 mm | 100 x 200 x 300 Perforación Horizontal | 1.45 |
| | | 100 x 200 x 300 Perforación Horizontal + REVOQUE A UNA CARA | 1.69 |
| | | 100 x 200 x 300 Perforación Horizontal + REVOQUE A DOS CARAS | 1.88 |
| | 120 mm | 120 x 200 x 300 Perforación Horizontal | 1.41 |
| | | 120 x 200 x 300 Perforación Horizontal + REVOQUE A UNA CARA | 1.61 |
| | | 120 x 200 x 300 Perforación Horizontal + REVOQUE A DOS CARAS | 1.79 |
| COLOMBIA (Concreto) | 140 mm | 140 x 190 x 390 | 2.3 |

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

6.1 — CONSIDERACIONES GENERALES

El capítulo 6 brinda los criterios que el diseñador estructural debe utilizar para evaluar los aspectos descritos en el capítulo 5. La evaluación se lleva a cabo empleando la lista de verificación (véase Apéndice A-1) que suministra un listado detallado para identificar fallas, daños y posibles deficiencias estructurales.

Cada posible deficiencia se verifica con respecto al enunciado especificado, que ofrece detalles sobre el estado deseado para excluir las vulnerabilidades asociadas. Por cada aspecto se debe anotar el estado de la vivienda relativo:

- C Cumple – se selecciona esta opción cuando las observaciones concuerdan con el enunciado de la lista.
- NC No-Cumple – se selecciona esta opción cuando las observaciones no concuerdan con el enunciado de la lista. Los ítems no conformes deben ser corregidos mediante la propuesta de intervención estructural (véase el capítulo 7 Alternativas de Intervención Estructural, del presente documento).
- N/A No Aplicable –se selecciona esta opción cuando el enunciado de la lista no sea aplicable a la vivienda en evaluación. Los ítems no aplicables no se toman en consideración en la evaluación de la seguridad sísmica de la vivienda.

Una vez identificadas las deficiencias de la vivienda al completar la evaluación, se determina un esquema de intervención (ver Sección 7, *Alternativas de Intervención Estructural*) que permita convertir todos los numerales que posean condición de “No Cumple” a un “Cumple”.

En los casos necesarios y a criterio del diseñador estructural, se podrán integrar los chequeos definidos por cada ítem de este capítulo con evaluaciones más detalladas, para intentar convertir los ítems en condición de “No Cumple” a una condición de “Cumple”. El diseñador deberá realizar esa evaluación utilizando la normativa y los estándares aplicables y vigentes como es el Reglamento NSR-10.

6.2 — CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

6.2.1 — AMENAZA POR FENÓMENOS NATURALES Y SOCIO NATURALES

Antes de la visita a campo y antes de iniciar el proceso de evaluación estructural es indispensable identificar todas las posibles amenazas causadas por fenómenos naturales, socio naturales y desencadenadas, que pueden afectar el área donde se emplaza la edificación, para determinar si éstas condicionan la viabilidad de la intervención estructural. Como presentado en el párrafo 5.2.1, será necesario consultar la información documental y cartográfica disponible sobre la zona. En el caso en que no se cuente con información documental, el diseñador estructural se debe apoyar en la visita de campo y la inspección mínima definida por este documento para la definición de la factibilidad de la intervención.

La inspección en el sitio está orientada a verificar las condiciones de amenaza y riesgo en el área, a caracterizar dichas condiciones de acuerdo con los criterios provistos en la Lista de Verificación que se provee en el Apéndice A-1 y a definir la factibilidad de una intervención estructural o la necesidad de una reubicación de los ocupantes de la edificación en los casos en que la edificación se encuentre en zonas de amenaza alta o de riesgo alto no mitigable. A continuación, se dan recomendaciones generales mínimas sobre los aspectos que deberán ser revisados durante la inspección del área:

a) Potencial de licuación del suelo de fundación:

- Realizar previo a la visita de campo una consulta de la vivienda en mapas de amenaza o buscar información geológica existente del lugar.
- Si estudios de suelos o en la microzonificación sísmica catalogan el suelo de fundación del sitio como “potencialmente licuable”, se asignará una condición de “No Cumple”.

- Se podrá pedir un concepto técnico elaborado por parte de un geotecnista o profesional calificado, que podrá revisar la información disponible, pedir ensayos para confirmar o excluir este potencial. Si el concepto técnico elaborado por el profesional especializado cataloga el suelo como “sin potencial de licuación” se asignará una condición de “Cumple” y se podrá seguir con la propuesta de intervención. De lo contrario, la vivienda no se podrá intervenir a través de la metodología presentada por este documento.

b) Movimientos en masa (Deslizamientos):

- Previo a la visita de campo se deberá localizar la vivienda dentro del mapa de amenaza por movimiento en masa.
- Verificar si la vivienda se encuentra localizada en una zona donde es factible un proceso de inestabilidad o ubicada en una zona potencial de deslizamiento.
- Verificar si la vivienda se encuentra en una zona de amenaza media, en cuyo caso se deberá contar con la autorización de la autoridad competente, en materia de gestión del riesgo de desastres, o será necesario realizar un estudio geotécnico siguiendo los criterios establecidos en el Capítulo H.5 del Reglamento NSR-10.
- Si la vivienda se encuentra en una zona de amenaza o riesgo alto, se determinará un “No Cumple” y no podrá ser evaluado utilizando este documento.

Si no hay disponibilidad o acceso a información documental o cartográfica sobre esta amenaza, durante la vista de campo se deberá:

- Verificar las condiciones de pendiente del terreno donde se ubica la vivienda y zonas aledañas. Si la pendiente es inferior a 18% se considera con baja amenaza de deslizamiento y por esta razón se considera una condición de “Cumple” con este requisito.
- Deberá medirse la altura aproximada del talud H, en frente de la vivienda, y garantizar que la distancia horizontal a la edificación sea al menos:
 - $H/3$ – en caso de taludes con pendiente $< 18\%$
 - $H/2$ – en caso de taludes con pendiente $> 18\%$
- En caso de evidencia que indique la posible presencia de procesos de inestabilidad, la vivienda no se podrá intervenir a través de la metodología presentada por este documento. En este caso se podrá pedir un concepto técnico de un geotecnista o profesional calificado que permita evaluar, con base en la información disponible, las condiciones de estabilidad de los taludes cercanos a la vivienda. Si el concepto técnico identifica que el terreno es estable se asignará una condición de “Cumple”. De lo contrario, podrá indicar las medidas de mitigación necesarias para que se pueda seguir con la propuesta de intervención o confirmar la imposibilidad de la misma.

c) Avalancha y avenida torrencial:

- Previo a la visita de campo se deberá localizar la vivienda en los mapas de amenaza por avalancha y avenida torrencial, o contenidos en los documentos de ordenamiento territorial del municipio.
- Si la vivienda se encuentra en zona de amenaza alta o media, se genera una condición de “No Cumple” y la edificación no deberá ser evaluada utilizando este documento.

d) Inundación (lenta o rápida)

- Previo a la visita a campo se deberá localizar la edificación en los mapas de amenaza por inundación producidos por el IDEAM, la DIMAR, las CAR, o contenidos en los documentos de orden territorial del municipio. También se deberán considerar zonas costeras y lagos susceptibles a oleaje fuerte y áreas bajas con niveles freáticos superficiales donde la subsidencia regional podría ocasionar inundación.
- Asimismo, se deberá determinar si la edificación se encuentra dentro de rondas hídricas de ríos, lagos u otros cuerpos de agua.
- Si la edificación se encuentra en una zona potencialmente inundable, o dentro de una ronda hídrica, se asignará una condición de “No Cumple” y la edificación no deberá ser evaluada utilizando este documento.

- Si no hay disponibilidad o acceso a información documental o cartográfica sobre esta amenaza, se deberá asegurar una distancia mínima de acuerdo con el acotamiento aplicado por la autoridad ambiental competente de la zona en la que se ubique la vivienda.
- Identificar la existencia cercana de acueductos, presas, tanques de almacenamiento de agua o tuberías de aguas arriba de la vivienda, y donde la ocurrencia de sismos, movimiento en masa u otras amenazas puedan causar falla de la infraestructura y pérdida de contención de los fluidos.

e) Amenaza volcánica

- Previo a la visita de campo se deberá localizar la vivienda en los mapas de amenaza volcánica producidos por el SGC. La cercanía de la vivienda a una zona de amenaza volcánica alta genera una condición de "No Cumple" imposibilitando la aplicación de este documento.

6.2.2 — EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS

Durante la visita inicial para realizar la evaluación de la vivienda, se debe realizar un chequeo de la zona y verificar aspectos como:

- Posicionamiento del predio.
- Entorno rural.
- Entorno urbano.
- Vías de acceso.
- Uso de la edificación.
- Tipologías de edificaciones vecinas, sus usos y condición de su estado actual.

En general se evalúa el entorno de la vivienda para prever la existencia de una deficiencia ajena a su misma construcción. Adicional al chequeo de estos aspectos, se deben verificar los mencionados en las secciones 6.2.3 y 6.3.2.

6.2.3 — ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Durante la evaluación de la vivienda, debe revisarse el perímetro de construcción, verificando la presencia de rellenos o taludes naturales adyacentes. Debe identificarse el tipo o los tipos de estructuras de contención presentes en la vivienda o su entorno:

(a) Muros de Contención del Sitio:

- Verificar la existencia de estructuras de contención. Donde estas sean estructuras de gravedad, no deben superar los 2 m de altura.
- Deberán contar con perforaciones de drenaje.
- Deberán estar en buenas condiciones, sin discontinuidades en el alineamiento de los elementos verticales ni daños.
- La distancia mínima a la vivienda deberá ser de 2 m.

(b) Muros de Contención de Cimentación:

- Inspeccionar visualmente la estructura de contención, en el caso de existencia no deberá superar los 1.6 m de altura.
- Deberá contar con perforaciones de drenaje.
- Deberá estar en buenas condiciones, sin discontinuidades en el alineamiento de los elementos verticales.

(c) Muros de Contención Integrados:

- Ante la existencia de este tipo de estructura de contención, se debe verificar que el nivel del suelo retenido no supera los 2.4 m de altura.
- Verificar la evidencia de humedades en la superficie del muro.
- Deberá estar en buenas condiciones, sin evidencia de deterioro, asentamientos o agrietamientos que puedan afectar su estabilidad, sin discontinuidades en el alineamiento de los elementos verticales ni daños.

Un resultado de “No Cumple” en estas estructuras de contención, no puede ser mitigado utilizando este documento, exigiendo una evaluación más detallada. En el caso de que el muro se pueda intervenir porque “Cumple”, existen soluciones de intervención presentadas en los detalles constructivos del Apéndice A-2 del presente documento.

En presencia de muros de contención de cimentación y/o integrados a la vivienda, será necesario evaluar visualmente la presencia de grietas en los muros y placas perpendiculares a los muros de contención en evaluación. La presencia de daños y grietas puede de hecho revelar un mal desempeño de la estructura de contención, que implica una patología existente. En presencia de este estado, el diseñador estructural tendrá que evaluar la necesidad de medidas adicionales de intervención en los elementos en consideración o decidir si la extensión del daño y el riesgo relacionado deberían tratarse de manera más detallada.

Es requisito por parte del diseñador estructural analizar las condiciones de los elementos de contención en los linderos de la vivienda y reportarlos en las actas de vecindad.

Se incluyen unas figuras ejemplo para verificar el tipo de muro de contención:

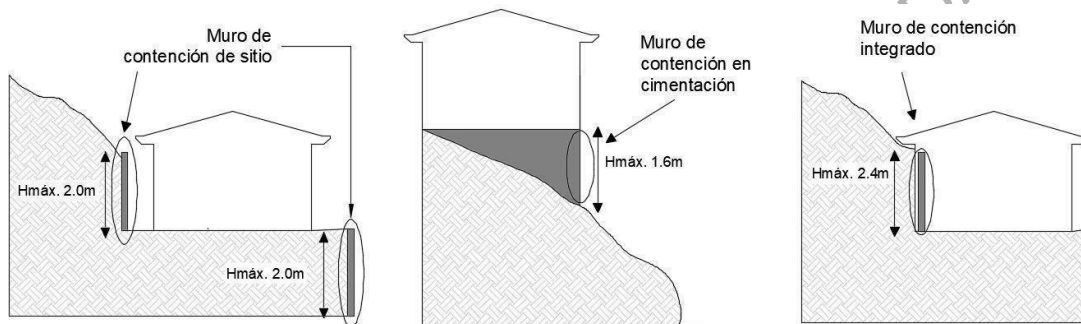


Figura 6-1 Tipologías de muro de contención

6.3 — CÓMO EVALUAR ASPECTOS RELACIONADOS A LA CONFIGURACIÓN

6.3.1 — IRREGULARIDADES EN PLANTA

La presencia de irregularidades se verifica realizando un levantamiento geométrico completo y confirmando el cumplimiento de las limitaciones establecidas en la Figura A.3-1 y Tabla A.3-6 del Reglamento NSR-10.

Las viviendas que presentan forma irregular tipo 1P se podrán intervenir buscando que las medidas que mitigan la vulnerabilidad solucionen la irregularidad, rigidizando muros existentes o añadiendo muros estructurales, en posiciones estratégicas que reduzcan la excentricidad entre centro de masa y el de rigidez.

Así mismo, se puede evaluar la factibilidad de modular la vivienda en varias formas regulares considerando lo siguiente:

- Definir en planta las formas geométricas de la vivienda en las cuales se pueda realizar la modulación.
- Tener en cuenta que las modulaciones de estas áreas incluirán una junta sísmica.
- Verificar los elementos estructurales que estén involucrados en la separación de las áreas como placas, muros, cimientos, estos elementos deberán sufrir cortes, modificaciones o duplicaciones.
- Tener en cuenta que la junta sísmica de la división de espacios puede fragmentar un espacio arquitectónico único o dividir dos habitaciones diferentes.

6.3.2 — VOLCAMIENTO

Esta condición se evalúa con el levantamiento geométrico de las dimensiones en planta y en altura de la vivienda, teniendo en cuenta:

- Tomar la medida de la altura total de la vivienda desde la base hasta la parte más alta de la misma. (Para viviendas con techo inclinado, tomar la medida hasta el nivel de viga de amarre. En caso de no existir viga, será el nivel donde deberá disponerse la nueva viga de amarre luego del proyecto de intervención).
- Tomar las dimensiones en planta de la vivienda e identificar el lado más corto de la misma.
- Verificar que la relación entre la altura del edificio y el lado más corto de la planta sea menor a 3.

Para las viviendas que para este numeral obtengan una condición de “No Cumple”, se deberá planificar una modificación significativa de su altura o de las dimensiones en planta, hasta que la relación geométrica entre estas dimensiones cumpla con el límite de 3. De no ser posible, la vivienda no puede ser intervenida con las especificaciones definidas por este documento y necesita ser evaluada de manera más detallada.

6.3.3 — NÚMERO DE NIVELES

La verificación del número de niveles construidos en una vivienda se realiza visualmente, considerando:

- El tipo de sistema estructural presente en la vivienda.
- La zona de amenaza sísmica, basándose en la zonificación nacional presentada en Capítulo A.2 del Reglamento NSR-10.
- Los niveles de la vivienda que se encuentren parcialmente enterrados.
- Que el número total de niveles no supere el valor de niveles máximo admitido para el tipo de sistema estructural presentado en la Tabla 1.3-1 del presente documento.

Las viviendas que sobrepasen el máximo de niveles y la zona de amenaza sísmica descritos en la Tabla 1.2-1 del presente documento, generan un resultado de “No Cumple” en este ítem.

Las viviendas que posean más de 3 niveles totales (considerando también los niveles parcialmente bajo tierra) de construcción generan una condición de “No Cumple” y están fuera del alcance del presente documento, se deberá realizar su intervención mediante el Reglamento NSR-10.

Para la definición del número de niveles, se puede hacer referencia a lo especificado en la Figura 6-2.

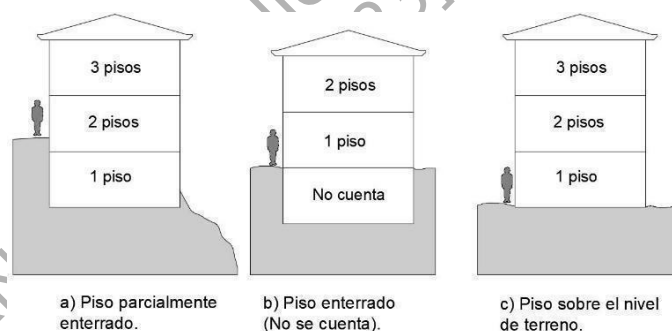


Figura 6-2 Esquema para definir número de niveles

6.3.4 — ALTURA LIBRE

La evaluación de la altura libre de los niveles de la vivienda se realiza bajo un correcto levantamiento geométrico:

- Definir el sistema estructural de la vivienda.
- Identificar el espesor mínimo de los muros en cada nivel considerando los revoques (pañetes) existentes que se encuentren en adecuadas condiciones.
- Asegurarse de que el espesor nominal mínimo de los muros, sin revoque (pañete) existente, en cada nivel respete los siguientes límites:

Tabla 6.3-1. Espesores mínimos para muros existentes

| Sistema Constructivo | Espesor Mínimo Aceptable |
|----------------------|--------------------------|
|----------------------|--------------------------|

| | Piso 1 | Piso 2 | Piso 3 |
|-----|--------|--------|--------|
| MNR | 110 mm | 95 mm | N/A |
| MC | 110 mm | 110 mm | 110 mm |

- Medir la altura neta de cada nivel. Para niveles con techo inclinado, medir la altura hasta la viga de amarre. En caso de no existir viga, será el nivel donde deberá disponerse la nueva viga de amarre luego del proyecto de intervención.
- Definir la zona de amenaza sísmica, basándose en la zonificación nacional presentada en Capítulo A.2 del Reglamento NSR-10.
- El espesor máximo de revoque (pañete) a considerar será de 30 mm, teniendo en cuenta verificaciones del estado del mismo conforme a verticalidad como se han mencionado en la sección 3.4.3 Exploración mínima, del presente documento.

Para viviendas de mampostería no reforzada, no confinada, se puede utilizar la Tabla 6.3-2 que describe los límites que la relación entre altura y espesor de los muros debe respetar a cada nivel.

Tabla 6.3-2. Límites de altura/espesor de muros con base a la tipología de vivienda y la zona sísmica

| RELACIÓN h/t EN MAMPOSTERÍA NO REFORZADA | | | | |
|--|---------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| ZONA DE AMENAZA | TIPO DE SUELO | h/t TECHO LIVIANO | h/t SISTEMAS DE LOSAS | h/t ENTREPISO PESADO + PISO SUPERIOR |
| BAJA | A | 25 | 25 | 25 |
| | B | 25 | 25 | 25 |
| | C | 25 | 25 | 25 |
| | D | 25 | 25 | 25 |
| | E | 21 | 17 | 22 |
| INTERMEDIA | A | 25 | 25 | 25 |
| | B | 22 | 21 | 25 |
| | C | 21 | 17 | 22 |
| | D | 20 | 16 ⁽¹⁾ | 20 |
| | E | 19 | 16 ⁽¹⁾ | 16 |

Nota:

⁽¹⁾ En este caso es necesario que el área tributaria del muro sea mayor a 0.7 m. En los casos donde esta sea menor, será necesario limitar el h/t a 12.

Donde no sea posible implementar medidas para cumplir con los límites definidos en la Tabla 6.3 -2, será necesaria una evaluación más detallada que está por fuera del alcance de este documento.

Para viviendas con sistemas constructivos de mampostería confinada, se verifica el cumplimiento con el límite $h/t \leq 25$, definido por el párrafo D.10.3.3 del Reglamento NSR-10.

6.4 — ELEMENTOS ESTRUCTURALES

6.4.1 — CIMIENTOS

La evaluación del cimiento se puede llevar a cabo mediante una inspección no destructiva conforme lo especificado en la sección 3.4 del presente documento. Esta evaluación se debe complementar con una valoración del estado de los muros soportados, enfocada en su estado de agrietamiento como indicador del mal estado de la cimentación.

El estado de los muros se puede verificar de la siguiente manera:

- Medir la longitud total de muros en cada dirección;
- Identificar los muros que presentan daños y clasificar el tipo, o nivel, de daño como muy leve, leve, moderado, fuerte o severo, según las descripciones que se presentan abajo;

- Estimar la longitud de muros, en cada dirección, que se encuentran en un determinado nivel de daño y calcular su porcentaje con respecto a la longitud total de muros.
- Comparar el porcentaje de muros en cada nivel de daños y compararlo con los límites dados en la Tabla 6.4 -1; Si los porcentajes calculados exceden los dados en la Tabla 6.4-1, se asignará una condición de “No Cumple” al criterio de aceptación.

Tabla 6.4-1. Límites aceptación de muros con daños atribuibles a problemas de cimentación

| NIVEL DE DAÑO EN MUROS | % MÁXIMO ACEPTABLE DE MUROS CON DAÑO ATRIBUIBLE A PROBLEMAS DE CIMENTACIÓN | DESEMPEÑO |
|------------------------|--|-----------|
| NINGUNO / MUY LEVE | 50 | CUMPLE |
| LEVE | 30 | NO CUMPLE |
| MODERADO | 10 | NO CUMPLE |
| FUERTE | 6 | NO CUMPLE |
| SEVERO | 4 | NO CUMPLE |

Los niveles de daño en los muros se pueden definir como:

- **Ninguno / muy leve:** fisuras pequeñas difícilmente visibles, con abertura menor a 0.2 mm, sobre la superficie del muro.
- **Leve:** agrietamiento perceptible a simple vista, con abertura entre 0.2 mm y 1 mm, sobre la superficie del muro.
- **Moderado:** agrietamiento diagonal incipiente, grietas con abertura entre 1 mm y 3 mm, en la superficie del muro. Algunas fisuras en columnas y vigas de confinamiento. Inicio de la formación de agrietamiento diagonal en muros confinados.
- **Fuerte:** agrietamiento diagonal severo, con aberturas mayores a 3 mm y dislocación de piezas de mampostería.
- **Severo:** desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería, prolongación del agrietamiento diagonal en columnas y vigas de confinamiento. Desplome o inclinación apreciable horizontal o vertical del muro.

Los muros que tengan un daño de tipo Leve deben ser evaluados por el diseñador estructural quien deberá especificar las medidas para la reparación o la demolición o reconstrucción de los mismos.

Un daño Moderado, Fuerte o Severo generará un resultado de “No Cumple” de este ítem, lo cual indica que no puede ser mitigado por el presente documento y debe realizarse un estudio o evaluación más detallada de acuerdo con el reglamento NSR-10.

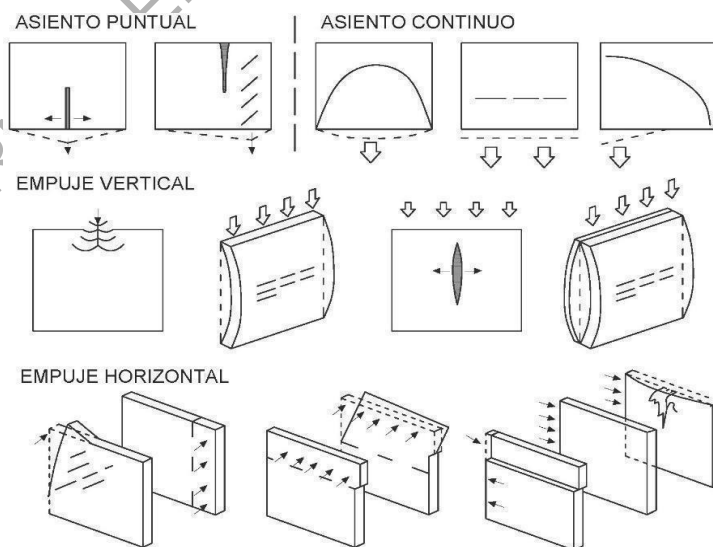


Figura 6-3 Tipos de fisuras

6.4.2 — MUROS PERIMETRALES

La evaluación contempla un levantamiento geométrico de la vivienda, donde se debe:

- Identificar cuáles son los muros en la colindancia de la vivienda.
- Verificar, a partir de las condiciones de apoyo del techo y de las losas de entrepiso, que los muros de soporte para estos elementos corresponden de forma exclusiva a la vivienda o por el contrario resultan comunes con las edificaciones colindantes.
- Identificar los muros de fachada y confirmar que tengan como mínimo una longitud sólida de 1.5 m o de 25% de la longitud de la fachada en cada nivel de la vivienda.

Si la vivienda tiene muros compartidos con las edificaciones colindantes, “No Cumple” los parámetros de seguridad requeridos y necesitará intervenir para mitigar esta vulnerabilidad, con base en lo especificado en el capítulo 7.4.2 del presente documento.

Si la fachada o las fachadas principales de la vivienda no tienen la cantidad mínima sólida de muro requerida, esta(s) generan una alta vulnerabilidad en caso de sismo y por esta razón deben intervenir, con base en lo especificado en el capítulo 7.4.2 del presente documento.

Luego de verificar la caracterización anterior, se confirmará el agrietamiento de los muros existentes para determinar su calidad y la presencia de daños como se ilustra en la Figura 6-3 del presente documento.

6.4.3 — MUROS INTERNOS

La evaluación que se realiza a los muros de mampostería de la vivienda se inicia con un correcto levantamiento geométrico, a través del cual se verificarán factores importantes como alturas y espesores. Esta debe luego incluir una evaluación estructural de los mismos, a través de la cual el diseñador estructural puede definir el estado actual de los muros, la presencia de daños, la existencia de revoques (pañetes) y sus condiciones, la existencia de elementos de confinamiento horizontal y vertical, el tipo de sistema constructivo, entre otros.

La información recolectada a través de la evaluación de los muros internos alimenta la definición del cumplimiento al menos de los parámetros de seguridad relacionados con la geometría del sistema (por ejemplo, los límites de altura libre definidos en la sección 6.3.4) o al estado del mismo (por ejemplo, límites de aceptación de daños definidos en la sección 6.4.1).

Además, el evaluador deberá revisar que la posición de los muros internos respete los siguientes requisitos:

- Existir un mínimo de dos ejes distintos de muros en cada dirección (Figura 6.4.3-1. Ver donde se indica con la letra (a)).
- Los muros paralelos no estarán entre ellos a una distancia superior al mínimo entre $35t$ y 4 m , donde t es el espesor del muro perpendicular a ellos (Figura 6.4.3-1. Ver donde se indica con la letra (b)).
- Los muros estarán conectados al diafragma superior por vigas continuas y centradas en el eje del muro. (Figura 6.4.3-1. Ver donde se indica con la letra (c)).

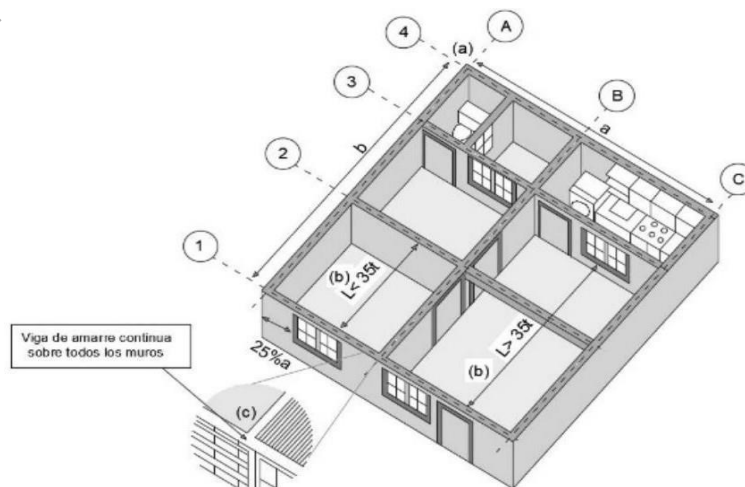


Figura 6.4.3-1 Chequeo por trayectoria de cargas.

- Los muros internos son continuos desde la cimentación hasta el nivel de viga de amarre o losa superior (véase Figura 6.4.3-2 (b)). Se pueden considerar continuos los muros alineados entre los pisos o los muros que cumplan las siguientes condiciones de apoyo:
 - Muros perpendiculares que se prolonguen al menos 600 mm a cada lado del muro superior (véase Figura 6.4.3-2 (c)).
 - Muros paralelos, alineados uno sobre el otro, con por lo menos $\frac{1}{4}$ de la longitud del muro superior (300 mm como mínimo) de traslapo con el muro inferior (véase Figura 6.4.3-2 (d)).

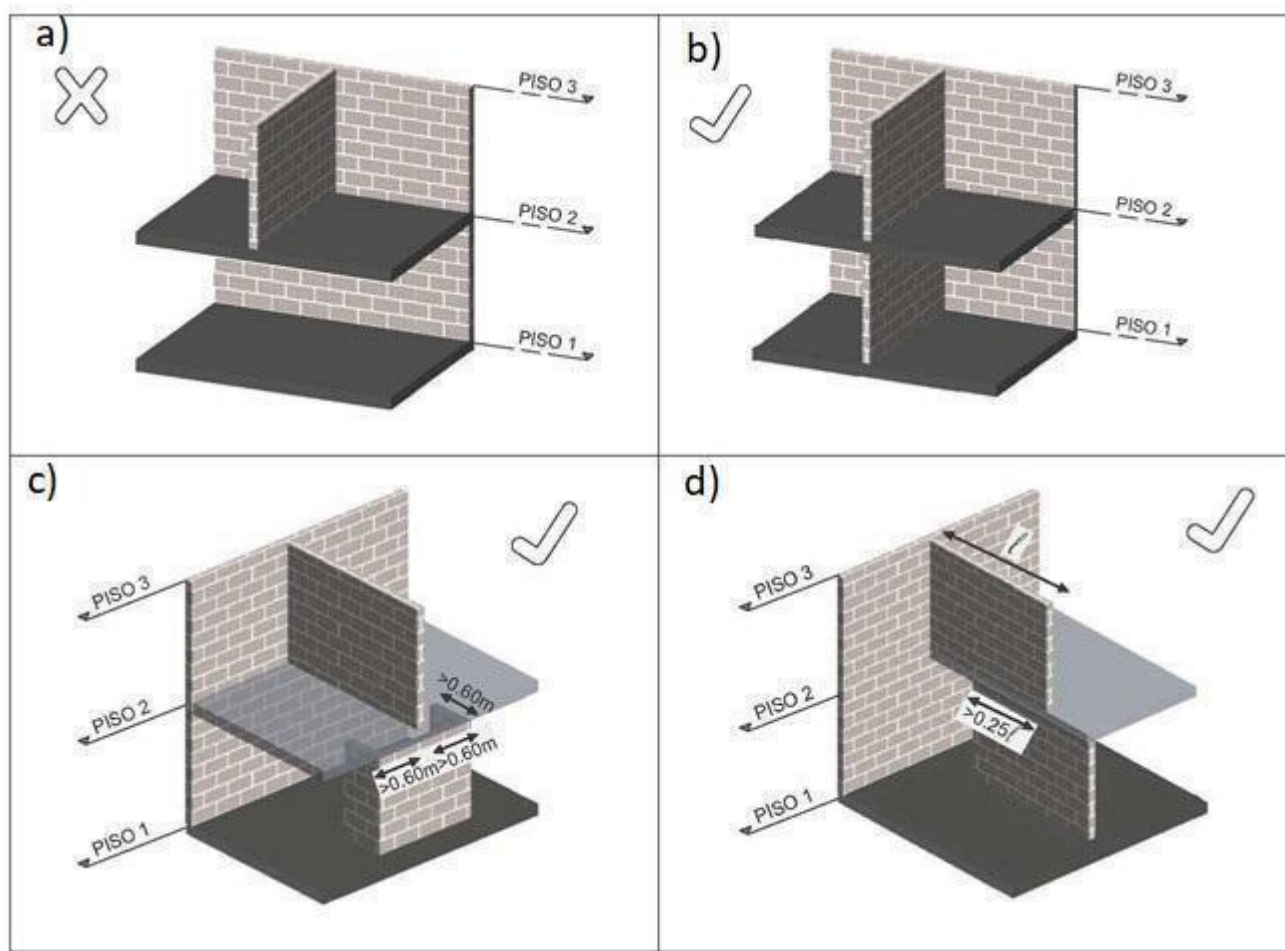


Figura 6.4.3-2 Criterios de continuidad vertical de muros.

Cuando uno o más de los requisitos listados arriba no se cumplan, el diseñador estructural tendrá que reportar un “No Cumple” en la lista de verificación e implementar medidas para garantizar la continuidad vertical de los muros como las listadas en el Capítulo 7.4.3 del presente documento.

Luego de verificar la caracterización anterior, se confirmará el agrietamiento de los muros existentes para determinar su calidad y la presencia de daños, como se ilustra en la Figura 6-3. de la sección 6.4.2.

6.4.4 — VIGA DE AMARRE

El estado o existencia de las vigas de amarre se confirma dentro del levantamiento geométrico. Si no hay vigas existentes o si estas están presentes, pero no forman anillos cerrados que amarren todos los muros, esto determina un “No Cumple” de los criterios de seguridad requeridos y se tendrá que mitigar la vulnerabilidad como se encuentra especificado en el Capítulo 7.4.4 del presente documento.

Donde existan vigas de amarre que se quieran mantener dentro del sistema estructural de la vivienda intervenida, se deberán evaluar que no presenten algunas de estas condiciones:

- Refuerzo expuesto.
- Hormigueros o espacios vacíos.
- Segregación de la mezcla de concreto.
- Grietas verticales o diagonales con abertura superior de 0.5 mm.
- Deformaciones o desalineamientos excesivos.
- Ductos o tuberías de más de 25.4 mm (1") de diámetro pasando a través de la sección transversal del elemento.
- Signos de corrosión del acero de refuerzo como manchas, o fisuración en el sentido del refuerzo.
- Carbonatación del concreto.

Además, las vigas de amarre existentes deberán tener un ancho mínimo igual al del muro sobre el cual están construidas.

En el caso de que la evaluación confirme la presencia de una o más de las condiciones anteriores, esto genera un "No cumple" de las características deseadas para la seguridad de estos elementos y se deberán intervenir para mitigar posibles vulnerabilidades, como definido por la sección 7.4.4 del presente documento.

La caracterización de las vigas de amarre existentes deberá también cumplir con los parámetros mínimos de resistencia del concreto y del refuerzo, con base a lo especificado en la sección 3.4 del presente documento.

6.4.5 — VOLADIZOS

La existencia de voladizos se determina a través de una evaluación visual y el levantamiento geométrico, donde se incluyen aspectos importantes como longitud, espesor, tipología de losa en voladizo, uso del voladizo (ocupado por habitaciones, uso terraza, balcón u otro uso), estado del voladizo (grietas, deflexiones, acero expuesto).

Los voladizos ocupados y que soportan un muro de fachada a altura completa, deben tener una longitud máxima igual al 50% del espesor del muro inferior. (Esto implica límites de aceptación muy bajos de la longitud de voladizos ocupados, dado la imposibilidad de asegurar la adecuada construcción y resistencia de la losa que lo soporta).

Los voladizos no ocupados, dedicados a terrazas o pasillos, con parapetos de altura aproximada de 1.0 m, deberán tener una longitud máxima de 600 mm. Además, se deberá verificar que los elementos no estructurales de borde estén debidamente amarrados a la placa y vinculados con una viga cinta a los muros alledaños.

En el caso de que los voladizos existentes sean más largos de las longitudes definidas anteriormente, se reportará un "No Cumple" de las condiciones de seguridad esperadas y se necesitará implementar una medida de intervención entre las definidas en la sección 7.4.5 del presente documento. Alternativamente, el diseñador estructural puede decidir efectuar una inspección más detallada sobre los voladizos existentes para indicar que sus longitudes son aceptables para el desempeño estructural esperado.

En el caso de que la losa en voladizo (ocupado o no ocupado) presente algunas condiciones como grietas, deflexiones, acero expuesto, el diseñador estructural deberá determinar la aceptabilidad de este elemento y sugerir intervenciones para mitigar la condición de vulnerabilidad con base en la sección 7.4.5 del presente documento.

6.4.6 — COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

El estado o existencia de columnas de confinamiento dentro de la vivienda se verifica a través del levantamiento geométrico y la inspección de acuerdo con la sección 3.4 del presente documento.

Donde existan columnas de confinamiento que se deseen mantener dentro del sistema de confinamiento de la vivienda intervenida, se deberá garantizar que no presenten ningunas de estas condiciones:

- Refuerzo expuesto.
- Grietas diagonales con abertura superior de 1.5 mm.
- Grietas verticales con abertura superior de 0.4 mm.

- Grietas horizontales con abertura superior de 1.5 mm.
- Hormigueros o espacios vacíos.
- Segregación de la mezcla de concreto.
- Deformaciones excesivas.
- Pérdida de verticalidad.
- Ductos o tuberías de más de 25.4 mm (1") de diámetro pasando longitudinal o transversalmente a través de la sección del elemento.
- Signos de corrosión del acero de refuerzo como manchas, o fisuración en el sentido del refuerzo.
- Carbonatación del concreto.

En el caso de que la evaluación confirme la presencia de una o más de las condiciones anteriores, generará un "No cumple" de las características deseadas para la seguridad de estos elementos y el diseñador estructural determinará si las condiciones se pueden subsanar o si el elemento deberá ser demolido.

6.4.7 — ABERTURAS EN MUROS

En el levantamiento geométrico de la vivienda se incluirán todas las aberturas de puertas y ventanas existentes en los muros, identificando también la existencia de dinteles y/o columnas de confinamiento en sus extremos.

Las aberturas mayores a 500 mm de ancho deberán extenderse hasta la viga de amarre o losa superior o deberán contar con un dintel de concreto reforzado. Este deberá extenderse como mínimo 200 mm dentro de la mampostería adyacente o estar conectado a columnas de confinamiento de la abertura misma.

Las esquinas de las aberturas no deberán presentar grietas con ancho superior a 0.5mm.

Donde no se cumplan estos requerimientos, se deberá reportar un "No Cumple" en la lista de chequeo e implementar una de las medidas de intervención propuestas en la sección 7.4.7 de este documento.

6.4.8 — ABERTURAS EN LOS SISTEMAS DE LOSAS

Las aberturas en las losas adyacentes a los muros portantes deberán cumplir los siguientes requerimientos:

- Existe una viga de concreto reforzado en toda la longitud del muro adyacente, a la misma altura de la losa y conectada a la misma, que limite la altura libre del muro que no esté directamente conectado al diafragma.
- La longitud de la abertura es inferior al menor valor entre el 25% de la longitud total del muro adyacente y 2.5 m.

$$L_{abertura} \leq \min (25\% L_{muro}; 2.5 \text{ m})$$

(6.4 -1)

Si la longitud de la abertura supera los límites definidos anteriormente, pero es inferior de 4.0 m, podrá considerarse subsanada esta condición siempre y cuando exista un muro interno a la vivienda, adyacente al vano como se indica en la Figura 6.4-8 (derecha, que asegura el apoyo de la losa y la conexión con la misma para la transferencia de los esfuerzos debidos al sismo, desde el diafragma al muro.



Figura 6.4-8 Vanos en placa

Una condición de “No Cumple” en este ítem podrá mitigarse implementando las medidas definidas en la sección 7.4.8 del presente documento.

6.4.9 — COLUMNAS AISLADAS

La existencia y el estado de columnas aisladas dentro de la vivienda se revisará mediante el levantamiento geométrico, la inspección visual y técnicas no destructivas. Donde el proyecto de intervención quiera mantener estas columnas, se deberá evaluar que cumplan con las siguientes condiciones:

- Tener una dimensión mínima de 250 mm por 250 mm si soportan un nivel o un muro discontinuo sobre éste, y 300 mm por 300 mm si existen muros de dos niveles sobre la losa que estas soportan.
- No soportar directamente losas delgadas (100 - 120 mm) salvo si se emplean capiteles en la parte superior de las columnas o cartelas en la losa. Alternativamente, el diseñador estructural debe realizar un chequeo para evaluar el efecto del punzonamiento sobre la placa.
- No estar posicionadas en la fachada o expuestas a algún tipo de riesgo por impacto de medio de transporte, que puedan causar su colapso.
- Estar amarradas por vigas de amarre superior o diafragma rígido.
- No presentar irregularidades en su sección transversal.
- No presentar refuerzo expuesto.
- No presentar grietas diagonales con abertura superior de 1.5 mm.
- No presentar grietas verticales con abertura superior de 0.4 mm.
- No presentar grietas horizontales con abertura superior de 1.5 mm.
- No presentar hormigueros o espacios vacíos.
- No presentar segregación de la mezcla de concreto.
- No presentar deformaciones excesivas.
- No presentar deficiencia en la verticalidad.
- No presentar ductos o tuberías pasando a través de la sección transversal del elemento en sentido longitudinal o transversal.
- No presentar refuerzo con signos de corrosión y con pérdida de sección.
- No presentar carbonatación del concreto.

En el caso de que la evaluación confirme la presencia de una o más de las condiciones anteriores, generará un “No cumple” de las características deseadas para la seguridad de estos elementos y el diseñador estructural determinará si las condiciones se pueden subsanar o si el elemento deberá ser demolido (considerando todas las medidas mínimas para asegurar la estabilidad de la estructura durante su ejecución).

Donde sea posible realizar apiques de investigación, se debería constatar que las columnas aisladas tengan un cimiento tipo zapata o cimiento continuo, debidamente amarrado al sistema de cimentación de la vivienda. Donde no sea posible averiguar este punto al momento de la evaluación, el diseñador estructural deberá observar el estado de la columna y los elementos soportados por la misma para identificar la presencia de posibles daños o patologías que revelen la falta

o el mal desempeño de la cimentación. De todas maneras, es necesario confirmar las asunciones de diseño antes de empezar la obra de intervención a través de un apique.

6.4.10 — SISTEMAS DE LOSAS

Una vez identificadas las tipologías de losa de entrepiso presentes en cada nivel de la vivienda, la evaluación estructural deberá revisar que no estén presentes una o más de las siguientes condiciones:

- Grietas con abertura superior de 0.5 mm.
- Refuerzo expuesto.
- Descascaramiento del concreto.
- Humedad pasando a través de la losa.
- Corrosión del acero de refuerzo o acero estructural.
- Deformaciones excesivas fácilmente apreciables.
- Eflorescencias en la superficie de concreto.

En el caso de que no se cumpla con las especificaciones anteriores, y donde el diseñador estructural considere que la integridad estructural de la losa se encuentra comprometida a tal punto de necesitar su demolición, se determina una imposibilidad de seguir con la intervención de la vivienda con base en este documento, dada la necesidad de medidas más detalladas para asegurar la estabilidad de la vivienda durante la demolición de las losas.

Para sistema de losa con bloquelón y perfiles metálicos o losa con lámina colaborante, deben existir vigas de amarre de confinamiento horizontal, debidamente vinculadas a la losa superior construida in situ y al sistema de muros, para asegurar la transferencia de las cargas laterales. Donde estas condiciones no estén presentes, se registrará un “No Cumple” en la lista de verificación (véase Apéndice A-1 relativo a este ítem) y se implementarán las soluciones de intervención especificadas en la sección 7.4.10 del presente documento.

Además, la caracterización de los sistemas de losas existentes deberá cumplir con los parámetros mínimos de resistencia del concreto y del refuerzo, con base a lo especificado en la sección 3.4 del presente documento.

6.4.11 — SISTEMA DE TECHO

Después de identificar a través de la evaluación la tipología de techo presente en la vivienda, se deberá verificar:

Para Techo Liviano:

- El estado y tipo de material de las tejas y de las correas.
- La existencia de elementos de concreto reforzado que transfieran la carga del techo al sistema de muros (vigas cinta, vigas de amarre).
- La adecuada conexión entre las correas y los elementos de concreto reforzado sobre los cuales se apoyan.

Para sistemas de losa como techo, se debe revisar que no se presente ninguna de las siguientes condiciones:

- Grietas con abertura superior de 0.5 mm.
- Refuerzo expuesto.
- Descascaramiento del concreto;
- Humedad pasando a través de la losa.
- Corrosión del acero de refuerzo o acero estructural.
- Deformaciones excesivas fácilmente apreciables.
- Eflorescencias en la superficie de concreto.

Para sistemas de losa con bloquelón y perfiles metálicos o losa con lámina colaborante, deben existir vigas de amarre de confinamiento horizontal, debidamente vinculadas al sistema de muros.

Además, la caracterización del sistema de losa como techo en losa existente deberá cumplir con los parámetros mínimos de resistencia del concreto y del refuerzo, con base en lo especificado en la sección 3.4 del presente documento.

En el caso de no cumplir con uno o más de los requisitos anteriores, se deberá reportar un “No Cumple” en la lista de verificación (Véase Apéndice A-1) relativo al sistema de techo y proceder con una propuesta de intervención con base a lo especificado en la sección 7.4.11 del presente documento.

6.5 — ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA

6.5.1 — ESCALERAS

Donde haya escalera dentro de la vivienda, se tendrá que realizar un levantamiento geométrico y verificar que cumpla con los siguientes aspectos:

- Estar construidas en concreto reforzado con una losa inclinada de espesor mínimo 100 mm.
- Estar conectada al entepiso de concreto en cada nivel elevado.
- No depender de los muros del sistema de resistencia sísmica de la vivienda como forma de apoyo vertical.
- Estar apoyada sobre columnas aisladas competentes o muros de mampostería de por lo menos 600 mm de longitud.
- Las huellas y contrahuellas no podrán ser irregulares o encontrarse en mal estado.
- No presentar hormigueros o vacíos.
- No presentar refuerzo expuesto.
- No presentar corrosión en el refuerzo existente.
- No presentar eflorescencias en el concreto.

En el caso de que las escaleras no cumplan con las especificaciones anteriores, se deberán implementar las medidas de intervención especificadas en la sección 7.5.1 del presente documento.

Además, la caracterización de las escaleras existentes deberá cumplir con los parámetros mínimos de resistencia del concreto y del refuerzo, con base en lo especificado en la sección 3.4 del presente documento.

Donde sea posible realizar apiques de investigación, se debería verificar que las escaleras tengan un cimiento en concreto ciclópeo o concreto reforzado con un empotramiento en el suelo de por lo menos 300 mm. En sitios con una pendiente superior al 18% o en suelos blandos la cimentación de las escaleras deberá ser continua con la del resto de la vivienda.

En los casos que no se logre realizar apique de investigación en la etapa de diseño de la vivienda, deberá verificarse la existencia de una cimentación competente como la descrita anteriormente previa a la iniciación de labores de obra. Los resultados del apique determinarán eventuales ajustes al proyecto de intervención, en el caso de que las condiciones reales no coincidan con las asumidas.

6.6 — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

6.6.1 — PARAPETOS Y MUROS CORTOS

La verificación se realiza a través del levantamiento geométrico y la inspección de la vivienda, y se deberán verificar los siguientes parámetros:

- Los parapetos y antepechos que cumplan la relación $h/t > 1.5$ y estén contruidos en mampostería de arcilla o de concreto, deberán contar con elementos de confinamiento horizontal y vertical que los vinculen con la estructura principal de la vivienda.
- La altura de los parapetos de techo o antepechos sobre terrazas estará limitada a máximo 1.0 m.

En el caso que no se cumpla con las especificaciones anteriores, se deberán implementar las medidas de intervención especificadas en la sección 7.5.2 del presente documento.

6.7 — CÓMO EVALUAR ASPECTOS RELACIONADOS A LA CALIDAD

Los aspectos relacionados a la calidad de los bloques y del mortero de pega para los muros se podrán identificar de manera directa para los muros que no se encuentren revocados (pañetados). Para las viviendas que estén totalmente

revocadas, el diseñador estructural podrá determinar si es necesario ejecutar algún tipo de investigación invasiva como la demolición local del revoque (pañete), para averiguar el estado de estos elementos.

La evaluación de la calidad general de los muros está a cargo del diseñador estructural y se traduce en el diseño de la intervención a través del *Factor de Calidad de la Obra* C_Q descrito en la sección 5.7.6.2. del presente documento, que modifica la capacidad a cortante de los muros con base a los resultados de esta inspección.

6.7.1 — UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

Las unidades de mampostería usadas en los muros se evaluarán mediante la inspección visual de la vivienda, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificar el tipo de unidades de mampostería.
- Verificar que los extremos de las unidades no se encuentren desportillados, esto es un indicador claro de baja calidad de las piezas de mampostería.
- Verificar que no existan patologías específicas que puedan afectar la capacidad portante de las piezas de mampostería, como humedad excesiva, musgos.
- Identificar visualmente si existe mezcla de tipos de unidades dentro de un mismo muro que pueda hacer impredecible el comportamiento del muro.

6.7.2 — MORTERO DE PEGA

La evaluación del mortero de pega se realizará a través de la inspección visual, revisando o los siguientes aspectos:

- Homogeneidad de las juntas entre unidades, que estén distribuidas de forma uniforme y presentes en todos los espacios entre los bloques.
- Espesor homogéneo de 10 mm en la mayoría de las pegas horizontales y verticales.
- Condiciones aceptables, que se pueden averiguar de manera cualitativa retirando con la mano o con un lápiz el mortero entre unidades de mampostería. Si este es removido de forma fácil, entonces no se encuentra en buenas condiciones.

6.7.3 — REVOQUE (PAÑETE) SOBRE MUROS

Donde los revoques (pañetes) existentes se quieran considerar dentro del cálculo de resistencia a cortante de los muros o como parte del espesor de los mismos, será necesario definir su adherencia y condiciones de calidad:

- Adherencia del revoque (pañete) al muro: evaluar que el revoque (pañete) no presente grietas, destagues, hinchamientos. Se pueden realizar golpes sobre el revoque (pañete) y verificar que no se genere un sonido entamorado.
- Condiciones de calidad aceptables, que se pueden averiguar con una prueba cualitativa utilizando un cincel y maceta para averiguar la consistencia del revoque (pañete). La prueba consiste realizar en cada uno de los paños de revoque existente seis (6) golpes para definir:
 - Estado adecuado del revoque (pañete): se definirá para un revoque (pañete) el cual, una vez realizados 3 impactos en un mismo sitio, no presente agrietamiento excesivo, descascaramiento y que no deje alcanzar la superficie del bloque de mampostería.
 - Estado inadecuado del revoque (pañete): Cuando al aplicar tres golpes con el cincel y maceta en un mismo sitio se generan agrietamientos significativos, descascaramientos o se alcanza la superficie del ladrillo.

Donde los revoques (pañetes) existentes no cumplan con los parámetros de calidad definidos arriba, no pueden considerarse dentro de los cálculos de resistencia a cortante o dentro de verificaciones que incluyan el espesor de los muros. Además, el proyecto de intervención deberá contar con su demolición y reconstrucción.

6.8 — CÓMO EVALUAR ASPECTOS RELACIONADOS A LAS SOLICITACIONES Y A LA RESISTENCIA

Con el fin de revisar el estado de la vivienda y establecer la extensión de la intervención y las estrategias de refuerzo necesarias, se deberán estimar todas las solicitaciones que la vivienda soportará durante su vida de servicio.

6.8.1 — OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE DE ÁREA DE MUROS REQUERIDO ($PAM_{requerido}$)

El $PAM_{requerido}$ se define con base en la demanda sísmica actuante en cada nivel y en cada dirección principal de la vivienda. Este se determina con base en la ecuación (6.8 -1). Donde este sea menor de los valores mínimos de porcentaje de área de muro definidos en la Tabla 6.8-1, se deberán entonces asumir estos últimos como valores requeridos de diseño.

$$PAM_{requerido} = (bPAM_{requerido} \times C_B \times C_Q \times C_P \times C_W \times 1/R') \geq \% \text{ de Área Mínima} \quad (6.8-1)$$

Dónde:

$$bPAM_{requerido} = 20.3\% \times N \times S_a$$

N Número de niveles

S_a Parámetro de Aceleración Espectral de Respuesta de Período Corto

C_B Factor de resistencia del bloque de 1.00 a 0.40

C_Q Factor de calidad de obra de 0.90 a 1.70

C_P Factor de piso de 0.39 a 1.00

C_W Factor de peso sísmico de 1.00 a 2.03

R' Coeficiente de disipación de energía sísmica (ver 1.2.2)

Tabla 6.8-1. Porcentajes de Área de Muro Mínimos Requeridos - Viviendas de mampostería no reforzada.

| Sa (g) | VIVIENDAS DE 1 PISO | | VIVIENDAS DE 2 PISOS | | | |
|--------|---------------------|--------|----------------------|--------|--------|--------|
| | Tipo de cubierta | | Tipo de cubierta | | | |
| | Liviana | Pesada | Liviana | | Pesada | |
| | | | Piso 1 | Piso 2 | Piso 1 | Piso 2 |
| 0.20 | 4.0% | 4.1% | 6.1% | 4.0% | 8.1% | 5.5% |
| 0.40 | 4.0% | 8.1% | 12.2% | 6.1% | 16.3% | 10.9% |
| 0.60 | 6.0% | 12.2% | 18.3% | 9.1% | 24.4% | 16.4% |
| 0.80 | 8.1% | 16.3% | 24.4% | 12.2% | 32.6% | 21.8% |
| 1.00 | 10.1% | 20.4% | 30.4% | 15.2% | 40.7% | 27.3% |

Tabla 6.8-2. Porcentajes de Área de Muro Mínimos Requeridos - Viviendas de mampostería confinada.

| Sa (g) | VIVIENDAS DE 1 PISO | VIVIENDAS DE 2 PISOS | VIVIENDAS DE 3 PISOS |
|--------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | Tipo de cubierta | Tipo de cubierta | Tipo de cubierta |

| | Liviana | Pesada | Liviana | | Pesada | | Liviana | | | Pesada | | |
|------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | Piso 1 | Piso 2 | Piso 1 | Piso 2 | Piso 1 | Piso 2 | Piso 3 | Piso 1 | Piso 2 | Piso 3 |
| 0.20 | 4.0% | 4.0% | 4.0% | 4.0% | 4.1% | 4.0% | 5.1% | 4.0% | 4.0% | 6.1% | 5.1% | 4.0% |
| 0.40 | 4.0% | 4.1% | 6.1% | 4.0% | 8.1% | 5.5% | 10.2% | 7.9% | 4.0% | 12.2% | 10.1% | 6.1% |
| 0.60 | 4.0% | 6.1% | 9.1% | 4.6% | 12.2% | 8.2% | 15.2% | 11.9% | 5.0% | 18.3% | 15.2% | 9.2% |
| 0.80 | 4.0% | 8.1% | 12.2% | 6.1% | 16.3% | 10.9% | 20.3% | 15.9% | 6.7% | 24.4% | 20.3% | 12.2% |
| 1.00 | 5.0% | 10.2% | 15.2% | 7.6% | 20.4% | 13.6% | 25.4% | 19.8% | 8.4% | 30.5% | 25.4% | 15.3% |
| 1.20 | 6.0% | 12.2% | 18.3% | 9.1% | 24.4% | 16.4% | 30.5% | 23.8% | 10.1% | 36.7% | 30.4% | 18.3% |
| 1.40 | 7.1% | 14.3% | 21.3% | 10.7% | 28.5% | 19.1% | 35.6% | 27.7% | 11.7% | 42.8% | 35.5% | 21.4% |

6.8.1.1 — Factor de Resistencia del Bloque C_B — El factor C_B relaciona la resistencia a compresión de la mampostería construida con bloques de resistencia típica y la resistencia a compresión de la mampostería construida con diferentes grados de resistencia de las unidades. Se puede utilizar para ajustar el PAM requerido para las diferentes resistencias, y también en el caso de las propuestas de intervención para ajustar las longitudes de los muros nuevos cuando el bloque nuevo tiene una resistencia distinta al existente.

$$C_B = \frac{\sqrt{f_m(f_{cu \text{ típica}})}}{\sqrt{f_m(f_{cu \text{ variable}})}} \quad (6.8-2)$$

La resistencia a compresión típica de los bloques de arcilla de perforación horizontal utilizados en construcciones informales en Colombia es de 2.0 MPa. Para toletes sólidos, esta resistencia es de 1.5 MPa y para bloques de concreto de 5.0 MPa. Ante la ausencia de información más específica sobre la vivienda objeto de estudio, se deben usar estos valores.

La siguiente tabla presenta los valores del factor C_B para varios valores de resistencia a compresión de bloques f_{cu} .

Tabla 6.8-4. Valores de C_B por tipo de unidad de mampostería

| f_{cu} (MPa) | Tipo de unidad de mampostería | | |
|----------------|-------------------------------|---------------|--------------------|
| | Bloque de arcilla PH | Tolete Solido | Bloque de concreto |
| 1.5 | 1.11 | 1.00 | 1.60 |
| 2.0 | 1.00 | 0.95 | 1.45 |
| 3.0 | 0.85 | 0.86 | 1.24 |
| 8.0 | 0.55 | 0.63 | 0.81 |
| 12.0 | 0.46 | 0.54 | 0.67 |
| >15 | 0.41 | 0.49 | 0.60 |

6.8.1.2 — Factor de Calidad de la Obra C_Q — Su intención es plasmar los detalles de calidad de obra en mampostería no reforzada o confinada. Se proponen los siguientes valores, que tienen en cuenta el diferente estado general de los muros, cuantificándolo como un valor homogéneo para la construcción en su totalidad:

$C_Q = 0.9$ para muros revocados, con revoque existente en condiciones aceptables o de nueva construcción;

$C_Q = 1.0$ para calidad buena de mampostería existente;

$C_Q = 1.25$ para calidad regular de mampostería existente;

$C_Q = 1.70$ para calidad mala de mampostería existente (si se observa por ejemplo que una mayoría de las juntas verticales de la mampostería no tienen mortero);

En viviendas que presentan una mezcla de situaciones de calidad en los muros, el diseñador estructural podrá decidir asumir el valor más conservador entre los presentados. Además, como parte de la propuesta de intervención, se podrá requerir demolición selectiva en algunos muros y remplazo con nueva mampostería de mejor calidad, para poder asumir un valor del factor más beneficioso al cálculo.

Los revoques existentes se consideran de calidad aceptable cuando no presentan fisuraciones, hinchamientos, humedad extendida u otro tipo de patología que pueda comprometer su integridad. Los revoques de nueva construcción se deberán ejecutar con una mezcla cemento: arena en proporción 1:4 y un espesor mínimo de 15mm.

6.8.1.3 — Factor de Piso C_P — Es requerido para considerar las diferentes demandas sísmicas en los distintos niveles. Una evaluación diferenciada se requiere para cada nivel (piso) de la vivienda. Los pisos superiores en voladizo sobre niveles inferiores deberán ser intervenidos según los requerimientos de la lista de verificación.

Tabla 6.8-5. C_P para viviendas con pisos y sistemas de techo pesados

| Nivel | No. de pisos | | |
|-------|--------------|---------|---------|
| | 1 piso | 2 pisos | 3 pisos |
| 3 | - | - | 0.39 |
| 2 | - | 0.57 | 0.65 |
| 1 | 1.00 | 0.86 | 0.79 |

Tabla 6.8-6. C_P para viviendas con entrepisos pesados y techo liviano

| Nivel | No. de pisos | | |
|-------|--------------|---------|---------|
| | 1 piso | 2 pisos | 3 pisos |
| 3 | - | - | 0.14 |
| 2 | - | 0.57 | 0.46 |
| 1 | 1.00 | 0.86 | 0.61 |

Nota: Los factores de piso se han derivado de una combinación de ASCE-31, sección 3.5.2.2 Esfuerzos Cortantes por Nivel y el Factor de Modificación C (Cuadro 3-4) para edificaciones de Mampostería No Reforzada (MNR) de varios niveles. Los factores han sido normalizados a 1.0 para un piso con sistema de techo pesado al incluir el factor de 1.4 en la evaluación del área de muros base.

6.8.1.4 — Factor de Peso Sísmico C_W — Se debe considerar la variación de peso entre las condiciones existentes y las de la vivienda intervenida, así como los pesos de los diferentes revoques (pañetes) de los muros.

$$C_W = (\text{Peso sísmico tributario distribuido para un piso medianero}) / 5.05 \text{ kPa.} \quad (6.8-3)$$

La siguiente tabla presenta los valores típicos del factor de peso C_W , dependiendo del tipo de muro y la presencia de revoques (pañetes):

Tabla 6.8-7. Valores de C_w por tipo de acabado de muros

| Factor de Peso Sísmico, $C_w = (\text{Peso Sísmico real distribuido a medio nivel}) / 5.05 \text{ kPa}$ | | |
|---|---------------------|--|
| Revoque (pañete) de muros (mampuestos de arcilla, PH) | Ninguno | Revoques (pañetes) en los otros muros |
| Ninguno | 1.00 ⁽¹⁾ | |
| 1- capa de revoque (pañete) (15 mm) <50% de los muros | 1.06 ⁽¹⁾ | |
| 1- capa de revoque (pañete) (15 mm) >50% de los muros | 1.13 ⁽¹⁾ | 1-Capa de revoque (pañete) (15 mm) |
| 2- capas de revoque (pañete) (15 mm) o capa revoque (pañete) con malla (30 mm) <50% de los muros | 1.13 ⁽¹⁾ | 1.19 ⁽¹⁾ |
| 2- capas de revoque (pañete) (15 mm) o capa revoque (pañete) con malla (30 mm) >50% de los muros | 1.26 | 1.26 ⁽¹⁾ |
| | | |
| Revoque (pañete) de muros (tolete sólido) | Ninguno | Revoques (pañetes) en los otros muros |
| Ninguno | 1.40 | |
| 1- capa de revoque (pañete) (150 mm) <50% de los muros | 1.44 | |
| 1- capa de revoque (pañete) (150 mm) >50% de los muros | 1.50 | 1-Capa de revoque (pañete) (15 mm) |
| 2- capas de revoque (pañete) (150 mm) o capa revoque (pañete) con malla (300mm) <50% de los muros | 1.50 | 1.57 |
| 2- capas de revoque (pañete) (150 mm) o capa revoque (pañete) con malla (300mm) >50% de los muros | 1.63 | 1.63 |

Nota: ⁽¹⁾ Para el último piso en viviendas con techo liviano y muros de bloque de arcilla de perforación horizontal, se tendrá en cuenta una reducción del 50% de los valores de C_w presentados en la tabla.

Para evaluar la cantidad de muros requerida, se deben seguir los pasos definidos a continuación:

- Identificar el sistema estructural existente en cada nivel y cada dirección de la vivienda, para definir el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía R .
- Definir el nivel de amenaza sísmica y el valor de S_a , con base en la ubicación de la vivienda y siguiendo los requisitos del capítulo A.2 del Reglamento NSR-10; el cálculo de la aceleración espectral S_a se hará de acuerdo con la sección 5.9 de este documento.
- Definir el número de pisos N .
- Definir las cargas muertas y vivas, para detallar el valor del coeficiente de peso C_w .
- Identificar si existen y cuantificar los valores de empuje del terreno, para sumar los valores de las acciones generadas sobre los muros, al cortante sísmico.
- Definir el tipo de techo (liviano o pesado), para detallar el valor del coeficiente de piso C_p .
- Definir las condiciones generales de la estructura para definir el valor de los coeficientes modificadores C_B y C_Q .

6.8.2 — PORCENTAJE DE ÁREA EXISTENTE DE MUROS

Para la definición de esta cantidad, es necesario hacer referencia al levantamiento geométrico completo y la evaluación estructural realizada sobre los muros existentes, descrita en los párrafos anteriores. Se podrá entonces seguir el procedimiento definido en los siguientes pasos:

- (a) Identificar los muros que contribuyen a la resistencia sísmica, en cada nivel de la vivienda en cada dirección principal, teniendo en cuenta que deben respetar las siguientes condiciones:
- La longitud del muro es de mínimo 1.0 m. (Se pueden permitir longitudes menores, pero no se pueden tomar en cuenta para el cálculo del Porcentaje de Área de Muro Existente).
 - El muro se extiende hasta nivel de viga de amarre superior o de losa.
 - El muro no está dañado.

- El muro es continuo desde el nivel de cimentación hasta el elemento de confinamiento superior.
- (b) Determinar el espesor y el área sólida de cada muro definido en el punto (a), considerando el tipo de bloque utilizado en los muros y definiendo si se pueden incluir los revoques (pañetes) existentes, definido en el capítulo 6.6.3 del presente documento.
- (c) Definir el coeficiente C_N para cada muro definido al punto (a).

Se calcula entonces el $PAM_{existente}$ en cada nivel, en cada dirección principal, con base en las ecuaciones definidas en el capítulo a seguir.

6.8.3 — CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ÁREA EXISTENTE DE MUROS

El Porcentaje de Área de Muros Existente ($PAM_{existente}$) se calcula como el área de muros eficaz para la resistencia a cortante en cada dirección de cada nivel, dividido entre el área total del entrepiso o techo soportado por los muros.

Entonces, el Porcentaje de Área de Muros Existente a un determinado nivel i de la vivienda, en cada dirección ortogonal, se calcula como:

$$PAM_{existente,x,i} = \frac{t_{m1,x}l_{m1,x}C_{N1,x} + t_{m2,x}l_{m2,x}C_{N2,x} + \dots + t_{mn,x}l_{mn,x}C_{Nn,x}}{A_c} \quad (6.8 -3)$$

$$PAM_{existente,y,i} = \frac{t_{m1,y}l_{m1,y}C_{N1,y} + t_{m2,y}l_{m2,y}C_{N2,y} + \dots + t_{mn,y}l_{mn,y}C_{Nn,y}}{A_c} \quad (6.8 -4)$$

Dónde:

$t_{m1,x}$ = espesor de muro #1 en la dirección x (repetir para todos los muros de la misma dirección)

$l_{m1,x}$ = longitud del muro #1 en la dirección x (repetir para todos los muros de la misma dirección).

$C_{N1,x}$ = factor de área neta del muro. Ver 5.10.1.2 para los valores de C_N aplicables a configuraciones típicas de muros.

A_c = área de techo o entrepiso superior al nivel en consideración.

Lo mismo para la dirección y ortogonal.

6.8.4 — DEMANDA VS. CAPACIDAD

Se evaluará la relación entre demanda y capacidad a través de la relación entre porcentaje de área de muro requerida y existente en la vivienda, que permite definir si la capacidad de la estructura existente es adecuada para soportar y responder ante las solicitaciones equivalentes definidas en la sección 6.8.1.

Donde la vivienda tenga un porcentaje de área de muros existente menor al requerido, la resistencia a cortante de los muros existentes no es adecuada y resulta necesario intervenir los muros para aumentarla (ver sección 7.7.2 del presente documento para técnicas de intervención que aumentan la capacidad a cortante de los muros).

Las verificaciones de las demandas versus las capacidades se hacen por cada piso de la vivienda, en cada una de las dos direcciones ortogonales, comparándolas con la demanda calculada en cada nivel (ver sección 6.8.1 del presente documento).

CAPÍTULO 7. ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD

7.1 — RECOMENDACIONES GENERALES

7.1.1 — REQUISITOS MÍNIMOS

El diseño de intervención estructural para la vivienda hará referencia al resultado de la evaluación técnica definida en los capítulos 5 y 6, con el objetivo de intervenir cada deficiencia identificada (todos los ítems cuyo resultado es “No Cumple”) y mitigar posibles vulnerabilidades a esa deficiencia. Las acciones de reducción y mitigación del riesgo consideran opciones viables en cuanto a costos, factibilidad de ejecución y pertinencia en el contexto. En este capítulo se presenta una librería de soluciones posibles por cada deficiencia incluida en la lista de verificación, con el fin de avanzar propuestas más prescriptivas que ya fueron probadas en viviendas de origen informal de Colombia.

7.1.2 — COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA INTERVENIDA

Durante la evaluación se define el sistema constructivo existente en la vivienda y su coeficiente de disipación de energía, seleccionando entre mampostería no reforzada o parcialmente confinada ($R=1.0$) y mampostería confinada ($R=2.0$). Cuando el diseño de la intervención de la vivienda existente en mampostería no reforzada o parcialmente confinada requiera su conversión a mampostería confinada, se deberá asegurar la construcción de todos los elementos estructurales propios de este sistema (columnas de confinamiento, vigas de amarre, vigas de cimentación, como se muestra en la Figura 7.2-1) y se podrá asumir un coeficiente de capacidad de disipación de energía $R = 2.0$ para la vivienda intervenida.

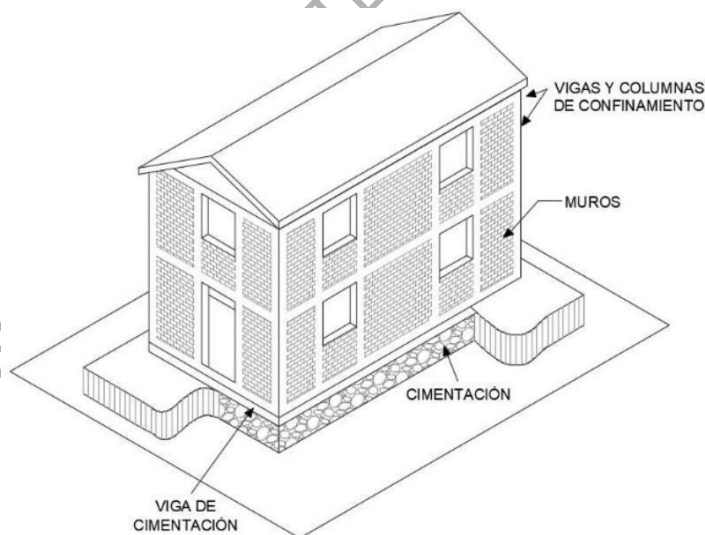


Figura 7.2-1 Elementos estructurales de una vivienda confinada

7.2 — INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE ASPECTOS RELATIVOS AL SITIO

7.2.1 — AMENAZA POR FENÓMENOS NATURALES O SOCIO NATURALES

Los factores evaluados en este ítem que se encuentren en condición de “No Cumple” para la evaluación no se pueden mitigar a través de la intervención de la vivienda, por lo que salen de la aplicabilidad de este documento y deben ser objeto de estudios más detallados.

7.2.2 — EDIFICACIONES Y PREDIOS VECINOS

El estudio del entorno de la vivienda no necesariamente implica intervenciones sobre la misma, dado que se enfoca más en una definición de las condiciones alrededor de la misma y no tanto de las deficiencias que esta pueda presentar. Los numerales 7.2.3 y 7.3.2 proponen soluciones específicas para muros de contención y relaciones con edificios colindantes.

7.2.3 — ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Las soluciones de intervención contenidas en el presente documento para las estructuras de contención están limitadas por la altura de los muros existentes:

- Muros de sitio hasta 2.0 m.
- Muros de cimentación hasta 1.6 m.
- Muros integrados hasta 2.4 m.

Si dentro de la evaluación se identifican estructuras de contención con las condiciones mencionadas en cuanto a su altura y poseen una condición de “No Cumple”, es necesario intervenir.

7.3 — INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE ASPECTOS RELATIVOS A LA CONFIGURACIÓN

7.3.1 — REGULARIDADES EN PLANTA

En los casos en los que la vivienda evaluada “No Cumple” con los criterios de regularidad en planta definidos en la figura A.3-1 y tabla A.3-6 del Reglamento NSR-10, será necesario incluir juntas sísmicas adecuadamente posicionadas y detalladas por parte del diseñador estructural, para separar la estructura existente en varios módulos que cumplan con los criterios de regularidad.

Las juntas deberán tener las siguientes dimensiones:

- Viviendas de un piso: 30 mm.
- Viviendas de dos pisos: 60 mm.
- Viviendas de tres pisos: 90 mm.

Cada módulo constructivo generado por la inserción de la junta deberá ser estable y responder a los parámetros de regularidad en planta y estar delimitado por muros perimetrales que lo separen de cada módulo colindante y que respondan a las características definidas en este documento para los muros perimetrales (por ejemplo, en términos de longitud mínima, amarres superiores e inferiores, conexión con muros transversales).

7.3.2 — VOLCAMIENTO

Las viviendas que en su evaluación identifiquen una condición de “No Cumple” para esta deficiencia pueden ser modificadas con una o ambas de las siguientes condiciones:

- Incrementar la dimensión corta en planta hasta cumplir con el límite de relación de esbeltez.
- Eliminar niveles de la vivienda para reducir la altura total de la misma.

Las viviendas que no permitan realizar alguna de estas acciones, no podrán ser intervenidas con base en este documento y requieren una evaluación más detallada de acuerdo con el Reglamento NSR-10.

7.3.3 — NÚMERO DE NIVELES

Las viviendas que en su evaluación presenten una condición de “No Cumple” en este ítem, se podrán intervenir de la siguiente manera:

- Viviendas de mampostería no reforzada (MNR) o parcialmente confinada que no cumplan con los requisitos definidos por la Tabla 1.3-1, podrán convertirse en sistemas de mampostería confinada (MC) a través del proyecto de intervención.
- Se podrá considerar la posibilidad de reducir el número de pisos suprimiendo uno o más niveles, hasta el cumplimiento de los requisitos definidos por la Tabla 1.3-1 del presente documento.

Donde la vivienda bajo evaluación tenga más de tres niveles y no sea posible disminuirlos, esta no podrá ser intervenida

con base en el presente documento y tendrá que ser evaluada con base en lo especificado por el Reglamento NSR-10.

7.3.4 — ALTURA LIBRE

Los muros dentro de la vivienda que no cumplan con los límites de altura libre definidos por la sección 6.3.4 del presente documento, se pueden intervenir de la siguiente manera:

- Incremento del espesor de los muros mediante revoques (pañetes) con o sin malla electrosoldada de acero, por una o ambas caras, como sea necesario.
- Disminución de la altura libre a través de la demolición de la parte superior de los muros (donde estos no estén vinculados al SVRFL).

En el caso de que no se puedan implementar estas medidas y cumplir con los límites definidos por este documento, el diseñador estructural podrá realizar estudios más detallados para definir límites de aceptabilidad diferentes a los especificados y comprobar el desempeño de los muros en evaluación. Donde esto no sea posible, la vivienda no podrá ser intervenida con base en este documento.

7.4 — ELEMENTOS ESTRUCTURALES

7.4.1 — CIMIENTOS

Los muros en viviendas en las cuales se identifiquen daños relacionados con la falta o el mal desempeño de los cimientos y que el diseñador estructural determine se pueden intervenir con base en lo especificado en este documento (ver límites de aceptabilidad propuestos en la sección 6.4.1), se pueden intervenir de la siguiente manera:

- Construcción de nuevos cimientos bajo muros existentes;
- Demolición y reconstrucción de muro;
- Resane de grietas y fisuras en muros existentes.

7.4.2 — MUROS PERIMETRALES

Para muros perimetrales laterales y traseros se debe confirmar su independencia de edificios colindantes. Cuando la vivienda bajo estudio tenga muros compartidos con edificaciones colindantes y no sea posible intervenir ambas conjuntamente dentro del proyecto de intervención, la medida de reducción del riesgo obliga a generar independencia de las estructuras mediante la construcción de nuevos muros dentro de la vivienda bajo estudio y asegurar juntas sísmicas entre las dos edificaciones, con base en lo especificado en el Capítulo A.6.5 del Reglamento NSR-10.

Los nuevos muros, construidos para generar independencia entre las estructuras, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Si el muro compartido es paralelo a la fachada con vanos (generalmente el muro trasero de la vivienda) la longitud mínima de muro nuevo independiente debe ser de 1.5 m o el 25% del ancho total de la vivienda, cualquiera sea el mayor.
- Si el muro compartido es uno de los laterales: la longitud mínima del muro nuevo independiente debe ser igual al 50% de la longitud total de la vivienda. La longitud total del muro nuevo será construida en dos tramos posicionados simétricamente a lo largo del muro compartido existente.

Para muros perimetrales de fachada se deberá confirmar la longitud mínima requerida. Donde esta no esté presente, se puede implementar una o más de las medidas listadas a continuación:

- Rellenar parcial o totalmente una o más aberturas en el muro de fachada, hasta cumplir la longitud mínima requerida.
- Mover/Trasladar una o más aberturas del muro de fachada, hasta cumplir la longitud mínima requerida.
- Construir un muro interno a la vivienda, a no más de un 25% de la cota en planta del borde, que tenga la longitud mínima sólida continúa especificada por el muro de fachada (1.5 m o 25% del ancho de la vivienda, cualquiera sea el mayor).

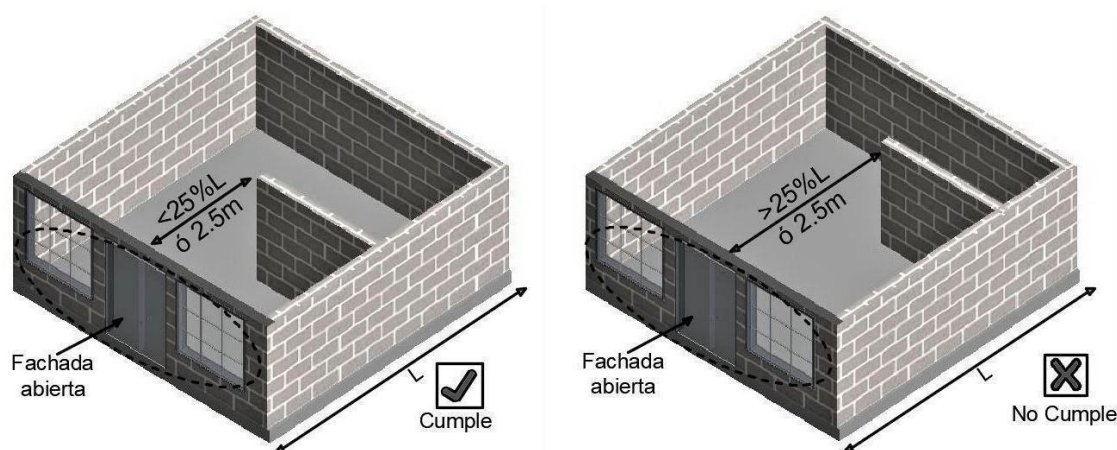


Figura 7.4-2 Chequeo parámetros para torsión

Alternativamente, el diseñador estructural deberá calcular la distancia estimada entre el centro de masa y el centro de rigidez, para cada dirección ortogonal, en cumplimiento de la ecuación E.3.6-2 del Reglamento NSR-10 Capítulo E.3. Donde esta sea menor al 15% de la mayor cota de la vivienda en planta, la vivienda cumple con los requisitos de regularidad torsional. Donde la excentricidad resulte ser mayor de este límite, el proyecto de intervención debe considerar la inclusión de nuevos muros posicionados adecuadamente para obtener una reducción de la excentricidad hasta cumplimiento de este requisito.

Considerando que este documento aplica para la evaluación de viviendas existentes, se aplicarán las disposiciones de la sección A.6.5.2.1 del Reglamento NSR-10.

7.4.3 — MUROS INTERNOS

Ante el no cumplimiento de la vivienda con los parámetros de configuración requeridos, puede generarse una solución de intervención para la reducción de la vulnerabilidad mediante la inclusión de nuevos muros, proporcionando una distribución adecuada de los mismos. La construcción de muros nuevos debe realizarse con base en los detalles presentados en el Apéndice A-2 del presente documento, usando soluciones de mampostería confinada a pesar de que la estructura se clasifique en general como un sistema de mampostería no reforzada (MNR).

Ante el no cumplimiento con los requisitos de continuidad vertical de los muros entre los pisos de la vivienda, es posible implementar una de las siguientes medidas:

- Demoler los muros de los niveles superiores y construir los nuevos muros, alineados con los muros del nivel inferior.
- Admitir la excentricidad de la discontinuidad, dilatando los muros de los niveles superiores en su parte superior para que no atraigan fuerzas laterales. Los anclajes de los muros dilatados se podrán realizar de la siguiente manera:

Tabla 7.4-1. Excentricidades máximas admisibles para discontinuidades verticales de muros

| SISTEMAS ENTREPISO | ANCLAJES NO DÚCTILES | ANCLAJES DÚCTILES ⁽¹⁾ |
|------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| LOSAS MACIZAS | 150 mm | Sin Limite |
| LOSAS ALIGERADAS | 50 mm | Sin Limite |
| LOSAS PREFABRICADAS ⁽²⁾ | 160 mm | Sin Limite |

Nota:

⁽¹⁾ Anclajes de tipo dúctil se consideran pernos de expansión, anclajes superficiales que emplean epóxidos, anclajes superficiales vaciados en sitio, o anclajes colocados por medio de explosivos.

⁽²⁾ Aplicable a sistema de losa con bloquelon y perfiles metálicos.

7.4.4 — VIGA DE AMARRE

La solución de intervención para las viviendas en condición de “No Cumple” en este ítem, será:

- Reemplazo de elementos existentes.
- Construcción de nuevas vigas sobre todos los muros (excepto las existentes y se mantengan dentro de la solución de intervención).

En el caso de reparaciones locales, demoliciones totales o parciales de los elementos existentes, éstos deberán contemplarse en los diseños y los presupuestos.

Para las nuevas vigas de amarre sobre muros, se deberán tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Tener como mínimo un ancho igual al del muro sobre el que se apoya y una altura tal que el área de su sección transversal sea de mínimo 20.000 mm².
- Ser de concreto reforzado con una resistencia mínima $f'_c=17.5$ MPa.
- Su refuerzo longitudinal es de mínimo 4 barras de acero corrugado No. 3 (3/8”) ó 10M (10 mm), con resistencia mínima $f_y = 420$ MPa.
- Su refuerzo transversal será en forma de estribos cerrados rectangulares en barras No. 2 (1/4”) ó 6M (6 mm), con superficie corrugada, posicionados a máximo 150 mm entre sí.

7.4.5 — VOLADIZOS

Donde la vivienda tenga voladizos ocupados que “No Cumplen” los requisitos geométricos y de calidad presentados en la sección 6.4.5, estos se deberán intervenir con base en una de las siguientes posibilidades:

- Demoler el muro de fachada y construir uno nuevo posicionándolo en línea con el muro del piso inferior.
- Construir muros o columnas de soporte de la losa en voladizo, asegurándose que esta solución no cause una invasión de espacio público⁽¹⁾.

Donde los voladizos no ocupados “No Cumplan” los límites geométricos y la calidad de los especificados en el Capítulo 6.4.5, se podrá implementar una de las siguientes soluciones:

- Retroceder frontalmente el muro parapeto y reducir la longitud de la losa en voladizo, a través de demolición.
- Construir muros o columnas de soporte de la losa en voladizo, asegurándose que esta solución no cause una invasión de suelo público⁽¹⁾.
- Construcción de las medidas necesarias para estabilizar los antepechos o barandas existentes.

⁽¹⁾ Para esta posibilidad de intervención, se deberá identificar el refuerzo existente en la losa, con el fin de corroborar la capacidad de resistir una redistribución del momento flector generada por la nueva configuración de apoyos.

7.4.6 — COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

En el caso de que el proyecto de intervención requiera un sistema de mampostería confinada, se deberá asegurar la presencia de columnas de confinamiento en las siguientes posiciones:

- Todas las intersecciones de muros de la vivienda.
- Todos los extremos de los muros.
- Todos los ejes de aberturas en muros.

Estas columnas de confinamiento pueden ser de nueva construcción o existentes, donde estas respeten los requisitos especificados en la sección 6.4.6 y 3.4 del presente documento. Donde las columnas existentes no cumplan con estos requisitos, el proyecto de intervención podrá contemplar su reemplazo, a través la demolición y construcción de nuevas columnas. En el caso de reparaciones locales, demoliciones totales o parciales de los elementos existentes, éstos deberán contemplarse en los diseños y presupuestos.

Para las columnas nuevas incluidas en la intervención, se deberán tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Tener como mínimo un ancho igual al del muro que confina.
- Tener el área de su sección transversal de mínimo 20,000 mm².
- Ser de concreto reforzado con una resistencia mínima $f'_c=17.5$ MPa.
- Su refuerzo longitudinal de mínimo 4 barras de acero corrugado No. 3 (3/8") o 10M (10 mm), con resistencia f_y 420 MPa.
- Su refuerzo transversal será en forma de estribos cerrados rectangulares en barras No. 2 (1/4") o 6M (6 mm), con superficie corrugada, posicionados a máximo 150 mm entre sí.

Las nuevas columnas de confinamiento deberán anclarse a las vigas de cimentación y de amarre superior.

7.4.7 — ABERTURAS EN MUROS

Las aberturas que "No Cumplan" con los requisitos especificados en la sección 6.4.7, deberán intervenir de esta manera:

Condición superior:

- Extender la abertura hasta el nivel de viga de amarre o sistema de losa, demoliendo la parte de muro superior a la misma,
- Demoler localmente el muro y construir un nuevo dintel en concreto reforzado, extendido como mínimo 200 mm dentro de la mampostería. El Apéndice A-3 presenta los detalles constructivos y las especificaciones relativas a esta actividad.

Condición lateral:

- Donde la vivienda intervenida cuente con un sistema estructural en mampostería confinada, los ejes laterales de las aberturas con ancho mayor a 500 mm deberán también estar confinadas por columnas de concreto reforzado.
- Las nuevas columnas de confinamiento de aberturas en muros deberán anclarse a las vigas de amarre o losa superior y a la viga de cimentación o losa inferior, en las configuraciones donde se extienden para toda la altura del muro (se admiten columnas de confinamiento de aberturas para ventanas que tienen altura parcial).

Condición inferior:

- Donde la evaluación identifique grietas con abertura superior a 0.5 mm en las esquinas de la abertura, se construirá un elemento de confinamiento inferior en concreto reforzado, que se extiende entre las columnas de confinamiento lateral. La intervención de este elemento se puede ejecutar con gráfíles de 5 mm de diámetro.

7.4.8 — ABERTURAS EN SISTEMAS DE LOSAS

Cuando la evaluación estructural de la vivienda otorga una condición de "No Cumple" en cuanto las aberturas en los sistemas de losas existentes, la solución a esta inconformidad debe ser:

- Disminución de la longitud de la abertura paralela al muro, hasta respetar los límites definidos en la sección 6.4.8. Esto se puede lograr construyendo una nueva parte de losa, conectada a la existente.
-
- Construcción de un nuevo muro paralelo al muro portante, que asegure la conexión mínima necesaria con la losa.

En cualquier caso, se debe realizar la inclusión de una nueva viga de amarre a lo largo del muro adyacente a la abertura, debidamente conectada a la losa existente mediante anclaje epóxico.

7.4.9 — COLUMNAS AISLADAS

Las columnas aisladas cuya condición en evaluación sea de “No Cumple” con los parámetros especificados, tendrán las siguientes soluciones de intervención:

- Reparación y/o intervención estructural.
- Sustitución a través de la demolición y construcción de elementos nuevos.
- Escarificación del recubrimiento para la inclusión de muros nuevos (con relativo cimiento y relleno de mortero) a los lados de la columna aislada existente, para convertirla en columna de confinamiento.

En el caso de reparaciones locales, demoliciones totales o parciales de los elementos existentes, éstos deberán contemplarse en los diseños y presupuestos.

Las columnas aisladas nuevas construidas en sustitución de las existentes, deberán ser diseñadas y detalladas con base en lo especificado por el Reglamento NSR-10 para columnas en sistemas DMI.

7.4.10 — SISTEMAS DE LOSAS

Ante una inconformidad del sistema de losa registrada en la evaluación estructural, se podrá tener algunas soluciones de intervención:

- Donde el diseñador estructural reporte una no conformidad de la losa que pueda afectar la seguridad estructural y sugiera la demolición de la misma, la vivienda no podrá ser intervenida con base en lo especificado en el presente documento, dadas las complicaciones relativas a su estabilidad durante la demolición que requerirían un análisis más detallado y operaciones de ejecución más complicadas.
- Donde la no conformidad reportada sea relativa a la falta de vigas de amarre, especialmente en sistemas de losa con bloquelón y perfiles metálicos o losa con lámina colaborante, el proyecto de intervención puede especificar la inclusión de nuevas vigas, con base en lo detallado en el presente documento.

7.4.11 — SISTEMAS DE TECHOS

En caso de encontrar afectaciones parciales o totales en el sistema de techo liviano, el diseño de intervención podrá incluir una de las siguientes acciones de reducción del riesgo:

- Reemplazo total o parcial de las tejas existentes.
- Reemplazo total o parcial de las correas.
- Para la construcción de vigas de amarre: desmonte de techo existente y demolición de las culatas existentes hasta nivel de formación de la nueva viga. Construcción de un nuevo sistema de viga de amarre horizontal y de nuevos muros de culatas confinados. Reinstalación del techo, que puede incluir la reutilización de los materiales existentes desmontados previamente, donde estos resulten adecuados y de buena calidad, o ser realizada con materiales nuevos, donde sea necesario.
- Para el confinamiento de muros de culatas existentes: desmonte del techo existente y construcción de nuevo sistema de vigas cinta. Donde los muros de culata tengan una altura máxima igual o mayor a 1.0 m con respecto al nivel superior de viga de amarre, estas deberán estar intervenidas también con columnas de confinamiento para su estabilidad fuera del plano.
- Para la intervención de las conexiones entre las correas y las vigas de amarre o de cinta inferiores a las mismas: donde no se requiere el desmonte de las correas existentes, estas se podrán amarrar de manera más adecuada a las vigas en concreto a través del uso de angulares metálicos anclados a los elementos. En el caso de que el proyecto de intervención incluya la demolición de las correas existentes y sustitución con elementos nuevos, estos serán adecuadamente anclados a las vigas de concreto reforzado.

Para techos en losa, donde haya una no conformidad reportada en fase de evaluación relativa a la falta de vigas de amarre (especialmente en sistemas de losa con bloquelón y perfiles metálicos o losa en lámina colaborante), el proyecto

de intervención puede especificar la inclusión de nuevas vigas sin la demolición de la losa existente

Donde el diseñador estructural reporte una no conformidad de la losa de techo existente relativa a grietas, fisuras, deformaciones, acero expuesto u otras de las condiciones definidas en el Capítulo 6.4.11, el proyecto de intervención puede prever la demolición de la losa existente y la construcción de una nueva. El proyecto de intervención deberá incluir un esquema de posicionamiento y los cálculos de resistencia de las obras de estabilidad temporal necesarias durante la demolición y reconstrucción de la losa.

7.5 — ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA

7.5.1 — ESCALERAS

Si las escaleras existentes “No Cumplen” con las condiciones definidas por la sección 6.5.1, se podrán implementar las siguientes medidas de reducción del riesgo:

- Conectar estructuralmente la escalera con el entrepiso a través de anclajes epóxicos o nuevas barras embebidas, después de haber realizado una demolición local como sea necesario.
- Apoyar la escalera verticalmente sobre muros o columnas de nueva construcción.
- Asegurar que la escalera tenga elementos de cimentación y extender y conectar estos elementos al resto del sistema de cimentación.
- Reparación local como recalces.
- Demolición total y reemplazo con nueva estructura en concreto reforzado.

7.6 — ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

7.6.1 — PARAPETOS Y MUROS CORTOS

Las posibles soluciones estructurales para mitigar el no cumplimiento de estos elementos son las siguientes:

- Suprimir o reducir la altura del parapeto o antepecho de mampostería no reforzada a través de demolición, hasta respetar el límite de altura/espesor $h/t \leq 1.5$.
- Reducir la altura del parapeto a 1.0 m y adicionar una viga cinta superior y columnas de confinamiento debidamente ancladas a la placa o viga que sostiene el elemento, procurando endentar las columnas con la mampostería o dejando una superficie rugosa entre la mampostería y el concreto.
- Sustituir el parapeto existente por uno debidamente anclado a la losa o viga inferior y que respete los límites de altura/espesor $h/t \leq 1.5$.

7.7 INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE ASPECTOS RELATIVOS A LA CALIDAD

7.7.1 — UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

En aquellos casos donde las unidades de mampostería sean calificadas como deficientes se deberán aplicar los factores de calidad C_Q especificados en la sección 6.8.1.2 del presente documento.

Donde el diseñador estructural lo requiera y considere necesario, se podrán también aplicar soluciones de intervención para mitigar esta deficiencia, como las listadas enseguida:

- Aplicar revoque (pañete) sencillo o con malla electrosoldada de acero en una o ambas superficies de los muros que tengan unidades de mampostería defectuosa o sin juntas de mortero.
- Demoler los muros con unidades de mampostería defectuosa o juntas de mortero inaceptables, y sustituirlos con la construcción de unos muros nuevos.

7.7.2 — MORTERO DE PEGA

En los casos en que el mortero de pega sea calificado como deficiente o ausente, se deberán aplicar los factores de calidad C_Q especificados en la sección 6.8.1.2 del presente documento.

Donde el diseñador estructural lo requiera y considere necesario, se podrán también aplicar soluciones de intervención para mitigar esta deficiencia, como las listadas seguidamente:

- Aplicar revoque (pañete) sencillo o con malla electrosoldada de acero en una o ambas superficies de los muros que tengan unidades de mampostería defectuosa o sin juntas de mortero.
- Demoler los muros con unidades de mampostería defectuosa o juntas de mortero inaceptables, y sustituirlos con la construcción de unos muros nuevos.

7.7.3 — REVOQUE (PAÑETE) SOBRE MUROS

Los muros cuyos revoques (pañetes) existentes generaron en la evaluación una condición de “No Cumple” se asumirán en el diseño de intervención como muros sin revoque (pañete).

Donde el proyecto lo requiera, se tendrá que incluir la demolición de los revoques (pañetes) existentes en malas condiciones y la construcción de nuevos.

7.8 — INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE ASPECTOS RELATIVOS A LA RESISTENCIA

7.8.1 — CONSIDERACIONES GENERALES

Si el Porcentaje de Área de Muros Existente ($PAM_{\text{existente}}$) es menor al Porcentaje de Área de Muro Requerido ($PAM_{\text{requerido}}$), entonces la vivienda debe ser intervenida para satisfacer la demanda de resistencia sísmica de los muros. Para solucionar esta deficiencia, es posible implementar una o más de las opciones siguientes:

- Opción para incrementar el $PAM_{\text{existente}}$:
 - Construcción de nuevos muros de mampostería confinada.
 - Duplicación del espesor de muros existentes a través de la construcción de un nuevo muro acoplado al existente.
 - Relleno de aberturas en muros para obtener más longitud resistente a cortante.
 - Agregar revoques (pañetes) con o sin malla, en una o ambas caras del muro.

La incorporación de nueva mampostería y nuevos revoques (pañetes) proporciona un incremento de la superficie efectiva existente de muros que se calculó en la evaluación. La resistencia de los nuevos materiales se normaliza a la resistencia del bloque de arcilla típico No. 5, con base en el cual se proporcionaron todos los cálculos básicos de resistencia a cortante de la mampostería presentados en este documento. Los factores de normalización de las diferentes resistencias están definidos como *factores de ajuste para la resistencia mejorada de los muros*, o “factores K” que se presentan en la sección 7.8.2 para los varios tipos de soluciones de intervención.

- Opciones para reducir el $PAM_{\text{requerido}}$:
 - Convertir el sistema estructural de mampostería no reforzada (MNR) a mampostería confinada (MC) a través de la introducción de todos los elementos estructurales necesarios (vigas de cimentación, vigas de amarre superior, columnas de confinamiento, confinamiento de vanos, etcétera).
 - Disminuir la demanda sísmica mediante:
 - Reducción del número de pisos a través de demolición.
 - Reducción de la masa sísmica a través de la demolición de acabados, peso muerto de la estructura.

7.8.2 — FACTORES DE AJUSTE PARA LA RESISTENCIA MEJORADA DE LOS MUROS

7.8.2.1 — Factor de ajuste para muros nuevos de mampostería, K_m — El bloque nuevo probablemente sea más resistente que el existente; por lo tanto, se le adjudica un incremento a su uso en la intervención. Agregar un muro de mampostería nueva con un factor K_m de 1.6 se considera equivalente a agregar 1.6 veces la longitud del muro existente.

Tabla 7.8-1. Valores del Coeficiente K_m para diferentes tipos de bloques

| Mampostería nueva | H (mm) | L (mm) | t (mm) | f'_{cu} (MPa) | A_N/A_B | f'_{cu} (MPa), de la mampostería existente ⁽¹⁾ | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|---|-----|-----|-----|
| | | | | | | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 5.0 |
| Bloque Arcilla PH (> 3 MPa, 25% sólido) | 230 | 330 | 120 | 2 | 0.25 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 0.8 |
| Relleno de aberturas en muros del mismo material que el existente (> 2 MPa) | 60 | 240 | 120 | 2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Nota:

⁽¹⁾ Para justificar valores de f'_{cu} superiores a 2.0 MPa para los bloques existentes, es necesario realizar pruebas del bloque que existe en la vivienda.

El valor del factor K_m para ajuste de mampostería nueva, se puede calcular utilizando la ecuación 7.8-1:

$$K_m = \frac{(t_{\text{nuevo bloque}} * \% \text{ Area Solida}_{\text{nuevo bloque}})^2 \sqrt{\frac{f'_{cu \text{ nuevo bloque}}}{f'_{cu \text{ bloque existente}}}}}{(t_{\text{bloque existente}} * \% \text{ Area Solida}_{\text{bloque existente}})} \quad (7.8 - 1)$$

7.8.2.2 — Factor de ajuste para revoques con malla electrosoldada en acero, K_c — Agregar un revoque (pañete) con malla a un muro de mampostería con un factor $K_c = 3$ se puede considerar equivalente a agregar tres veces la longitud del muro existente. Para efectos de cálculo, el diseñador puede considerar que esto significa incrementar la longitud del muro existente en un 300%.

$K_c = 3.0$ (30 mm de revoque (pañete) a un lado del muro)

7.8.3 — CÁLCULO DEL PAM EFECTIVO

Una vez el proyecto haya detallado las soluciones de intervención y su ubicación en los muros, se procederá al cálculo del Porcentaje de Área de Muro Efectivo (PAM_{efectivo}) por cada nivel, en cada dirección principal. Este considerará la contribución de las secciones efectivas de resistencia a cortante existentes en la estructura original y los ajustes y contribuciones determinadas por las medidas de intervención adoptadas, entre las listadas en las secciones 7.7.1 y 7.7.2.

Las ecuaciones 7.8 -1 y 7.8 -3 presentan el cálculo del PAM_{efectivo} por cada nivel, en cada dirección principal:

$$PAM \text{ efectiva, } x, i = PAM_{\text{existente } x, i} + \frac{0.248 \times (\Sigma K_m L_m + \Sigma K_p L_p + \Sigma K_c L_c)}{A_c} \quad (7.8 - 2)$$

$$PAM \text{ efectiva, } y, i = PAM_{\text{existente } y, i} + \frac{0.248 \times (\Sigma K_m L_m + \Sigma K_p L_p + \Sigma K_c L_c)}{A_c} \quad (7.8 - 3)$$

Una vez calculado el PAM_{efectivo} , se deberá comparar con el $PAM_{\text{requerido}}$. Cuando, $PAM_{\text{efectivo}} \geq PAM_{\text{requerido}}$ en cada nivel en cada dirección principal, se podrá asumir que la estructura tenga la resistencia a cortante necesaria para satisfacer

la demanda calculada.

7.8.4 — CIERRE DEL DISEÑO DE INTERVENCIÓN

El diseñador estructural tendrá que definir las acciones de mitigación más apropiadas relativas a cada deficiencia identificada, seleccionando entre las propuestas posibles presentadas en este documento. Una vez las acciones de intervención estén definidas, volverá a diligenciar la lista de verificación (Véase *Apéndice A-1*) para asegurar que todas las posibles vulnerabilidades estén mitigadas. Procederá entonces a actualizar los planos evidenciando la propuesta y detalles constructivos específicos, junto a la memoria de cálculo y todas las informaciones necesarias para el expediente, como lo definido por la sección 1.5.

7.9 — INTERVENCIONES PARCIALES

Donde el alcance del proyecto sea limitado y no se pueda ejecutar un proyecto de intervención completo, en el cual todas las deficiencias identificadas en fase de evaluación sean mitigadas, el diseñador estructural podrá definir las actividades priorizadas y que se ejecutarán dentro del alcance de la intervención específica bajo consideración. Estas intervenciones deberán asegurar una mejora estructural y reducción de la vulnerabilidad con respecto a la situación existente en la vivienda, sin generar nuevas deficiencias o vulnerabilidades adicionales en la vivienda bajo estudio.

Las actividades deberán definirse y ejecutarse respetando la criticidad y la priorización definida en la tabla a seguir:

Tabla 7.9-1. Priorización de condiciones a subsanar

| Prioridad | Condición por subsanar | Ejemplos de obras por desarrollar |
|-----------|---|---|
| 1 | <p>Condición estructural Elementos muy dañados o desgastados pueden causar deficiencias que llevan al colapso. Típicamente son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muros significativamente agrietados que conllevan al mal desempeño de la cimentación. • Muros muy deteriorados. • Elementos de concreto reforzado con grietas en el concreto, aceros expuestos o corroído. | <p>Demolición y reconstrucción de muros dañados o en malas condiciones.</p> <p>Demolición y reconstrucción de elementos de concreto reforzado dañados o en malas condiciones.</p> <p>Resane y/o reparación de elementos de concreto reforzado en malas condiciones.</p> <p>En sistemas de techo liviano, sustitución de los elementos en malas condiciones (correas, tejas, anclajes, etc.)</p> |

| | | |
|---|---|--|
| 2 | <p>Configuración</p> <p>Configuraciones deficientes pueden generar el colapso parcial o total de la vivienda. Típicamente incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fachadas muy abiertas, falta de muros perimetrales (muros compartidos) que pueden generar excentricidades torsionales. • Muros para culata sin amarre. | <p>Relleno o reconfiguración de aberturas de fachadas para aumentar el área sólida de muro.</p> <p>Construcción de muros perimetrales independientes (no compartidos) con una longitud mínima igual a la mitad del lado de la vivienda.</p> <p>Construcción de muros perpendiculares a las culatas para ofrecer soporte fuera del plano.</p> <p>Demolición de culatas existentes y construcción de nuevas en mampostería confinada.</p> <p>Generación de soporte para losas en voladizos, construyendo nuevos muros o columnas. Alternativamente, demolición y reconstrucción del muro de fachada en línea con el eje del muro en los pisos inferiores.</p> <p>Refuerzo de escaleras existentes / construcción de nuevas escaleras en concreto reforzado;</p> <p>Construcción de juntas sísmicas para generación de configuraciones regulares en planta.</p> <p>Demolición de uno o más pisos.</p> |
| 3 | <p>Transferencia de cargas</p> <p>La falta de una transferencia de carga entre los elementos estructurales puede generar el colapso parcial o total de la vivienda.</p> <p>Se pueden clasificar en:</p> <p>Deficiencias fuera del plano de los muros, típicamente incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de muros transversales (longitudes > 4000 mm sin muros transversales). • Muros esbeltos. • Falta de vigas de amarre. <p>Deficiencias en el plano de los muros, típicamente incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de conexión al diafragma (losa). | <p>Construcción de nuevos muros para respetar la distancia máxima entre muros paralelos y facilitar la estabilidad fuera del plano.</p> <p>Aumentar el espesor de los muros con revoques (pañetes) con o sin malla electrosoldada.</p> <p>Completar los muros que sean de altura incompleta y asegurar el correcto amarre de ellos a una viga superior en concreto reforzado.</p> <p>Construcción de columnetas en concreto reforzado en todos los ejes sueltos de muro.</p> <p>Construcción de nuevas vigas en sistemas de losas prefabricadas (incluye sistemas de losa con bloquelon y perfiles metálicos).</p> <p>Refuerzo de las estructuras de contención integradas a las viviendas (muros de contención).</p> <p>Confinamiento de los parapetos/muros cortos.</p> <p>Sustitución de las cimentaciones con mal desempeño o construcción de nueva cimentación, en caso de ser necesario.</p> |

| | | |
|---|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Muros compartidos (menos de 2 ejes de muros en cada dirección). | |
| 4 | <p>Resistencia/Ductilidad</p> <p>Ayuda a la vivienda a asumir más resistencia lateral durante eventos de intensidad creciente.</p> <p>Deficiencias de la resistencia, típicamente incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mampostería de baja resistencia (materiales). • Falta de muros. <p>Deficiencias de la ductilidad típicamente incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muros sin confinar. • Aberturas en muros sin confinar. | <p>Construcción de revoques de muros con o sin malla electrosoldada.</p> <p>Conversión del sistema estructural a Mampostería Confinada.</p> <p>Confinamiento de las aberturas en los muros.</p> <p>Construcción de nuevos muros.</p> |

CAPÍTULO 8.

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

8.1 — GENERAL

8.1.1 — CONSIDERACIONES PREVIAS

La fase de evaluación de la vivienda existente, descrita en las secciones 5 y 6 del presente documento y ejecutada por el diseñador estructural, se basa en gran parte en una inspección de tipo no destructivo y visual. Por esta razón, el conocimiento del estado existente de la construcción podría tener un grado de incertidumbre y algunos aspectos del diseño podrían necesitar ser basados sobre asunciones e hipótesis. Por lo tanto, la comparación entre lo propuesto en los planos de intervención y los elementos existentes antes de la ejecución de la obra final, resulta ser una labor de gran importancia para confirmar el alcance y las acciones a llevar a cabo. Esta responsabilidad es principalmente del constructor, quien deberá identificar cualquier tipo de no conformidad entre la realidad de la construcción inspeccionada y las hipótesis hechas al momento de la evaluación.

Donde la ejecución requiera un cambio en los planos aprobados, se deberá ver reflejado en los planos definitivos del proyecto.

Los trámites de licencia de construcción no son objeto de este documento y tendrán que sujetarse a la reglamentación vigente.

8.1.2 — ESPECIFICACIONES GENERALES

Las especificaciones técnicas aquí mencionadas deberán complementarse y detallarse de manera específica para cada obra, incluyendo cada caso de estudio desarrollado en el contexto de la misma, por ejemplo, estudio de suelos y soluciones estructurales particulares que estuviesen por fuera del alcance de lo presentado en este documento.

Todas las especificaciones referentes a los materiales de construcción se detallaron en el capítulo 4 del presente documento. Con respecto a la construcción de nuevos elementos, véase sección I.4.3.2.1 del Reglamento NSR-10 y el documento "Especificaciones de construcción y control de calidad de los materiales para edificaciones construidas de acuerdo con el Código Colombiano de Construcciones sismo Resistente" de 1988. Además, para construcción en concreto se seguirán los lineamientos indicados en el capítulo 5 de la "Guía del contratista para la construcción en concreto de calidad", del ACI; capítulos 15 y 16 del documento AIS 114-17 "Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado de tamaño y altura limitados". Véase también el Apéndice A-a del presente documento para otras especificaciones y ejemplos de buenas prácticas constructivas.

8.1.3 — DEMOLICIONES Y ESTRUCTURAS TEMPORALES

El constructor deberá desarrollar y revisar con el contratista la secuencia de demolición. Esta tendrá que realizarse solo en un piso a la vez, y no se debe pasar al nivel inferior hasta que la estabilidad de la estructura en los niveles de apoyo sea garantizada.

La demolición se debe ejecutar asegurando que la estructura mantenga adecuada estabilidad vertical y horizontal durante toda la construcción. El contratista debe proveer las medidas necesarias para proteger la estructura existente durante la demolición y la construcción, y el constructor deberá aprobarlas o pedir modificaciones y mejoras, donde lo considere necesario. Estas medidas incluyen, pero no se limitan, al arriostamiento y apuntalamiento de las cargas durante la construcción.

8.1.3.1 — Número De Niveles y Altura Libre — Donde el proyecto lo indique, es posible ejecutar acciones de demolición de uno o más pisos de la vivienda. De la misma manera, para disminuir la esbeltez de los muros, se puede ejecutar la demolición de la parte superior de los mismos, para reducir su altura. Todas las especificaciones técnicas para la ejecución de las labores en seguridad, asegurando la estabilidad de la estructura durante el proceso, deberán estar detalladas por el constructor y definidas de manera específica por cada vivienda.

8.2 — TRABAJOS PRELIMINARES

8.2.1.1 — Apiques de verificación — Dentro de las actividades preliminares para la ejecución, y donde no se haya ejecutado en fase de evaluación, se hace necesario realizar por lo menos un apique para investigar el estado del suelo y las asunciones de diseño sobre la existencia y el estado de los cimientos. Los resultados del apique determinarán eventuales ajustes al proyecto y al presupuesto, en caso de que las condiciones reales no coincidan con las asumidas por el diseño.

Por tratarse de viviendas existentes sin evidencia de daño en muros atribuibles a problemas o ausencia de cimentación, la profundidad mínima para el apique será de un (1) metro, medido desde el nivel superior de la placa de contrapiso. Véase sección 3.4.2 del presente documento.

Donde el constructor lo considere necesario, se podrán realizar más investigaciones, de acuerdo con lo definido por el Título H del Reglamento NSR-10.

8.2.1.2 — Edificaciones Y Predios Vecinos — Previo a la ejecución de la intervención, es aconsejable realizar un acta de vecindad por cada predio colindante, a través de la cual se registrará el estado y la condición de los elementos constructivos (estructurales y no estructurales) de cada vivienda. Cada acta deberá estar acompañada por un registro fotográfico detallado y referenciado, y se diligenciará con el fin de verificar que, al culminar la intervención estructural de la vivienda, no se haya generado algún tipo de deterioro o daño en las edificaciones colindantes.

8.3 — ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA

8.3.1 — ESCALERAS

Para las escaleras que se decidan intervenir dentro de las intervenciones descritas en la sección 7.5.1. del presente documento, se deberá verificar durante el proceso de construcción las asunciones de diseño y realizar las intervenciones planeadas o la demolición total y construcción de una nueva escalera.

● BIBLIOGRAFÍA

- American Society of civil engineers – ASCE (2003). ASCE 31-03 Seismic Evaluation of Existing Buildings.
- American Society of civil engineers – ASCE (2013). ASCE 41-13 Seismic Rehabilitation of Existing Buildings.
- American Society of civil engineers – ASCE (2017). ASCE 41-17 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings.
- AMVA & Universidad de los Andes. (2018). Aunar esfuerzos para el desarrollo de los estudios de riesgo sísmico del Valle de Aburrá, continuación del Sistema de Información Sísmico del Valle de Aburrá, y la elaboración y formación de la metodología para la evaluación de edificaciones después de un sismo. Bogotá: Convenio de asociación 1108 de 2016, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad de los Andes.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (2019). AIS 610 – EP-17: Evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y tapia pisada.
- Baena, J. F. (2019), Evaluación experimental de la respuesta fuera del plano de muros de mampostería, no reforzada y reforzada con franjas de mallas electrosoldadas y mortero, Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería de la universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Build Change (2015). Manual de Evaluación y Reforzamiento Sísmico para Reducción de Vulnerabilidad en Viviendas.
- CENAC (<https://www.cenac.org.co>).
- IDIGER (2018), Modelación del riesgo sísmico en edificaciones para la ciudad de Bogotá Versión 2018 SISMARB. - https://www.idiger.gov.co/documents/20182/71946/Modelacion_Riesgo_Sismico.pdf/dd040360-b271-4350-bd4d-b4a70b73e41b
- Fundación Global Earthquake Model (GEM), y disponibles en la plataforma OpenQuake-platform (<https://platform.openquake.org>) and SARA wiki (https://sara.openquake.org/risk:detailed_exposure:risk_colombia).
- Griffith, M.C., G. Margenes, G. Melis and L. Picchi (2003) "Evaluation of out-of-plane stability of unreinforced masonry walls subjected to seismic excitation. *Journal of Earthquake Engineering*, 7(1): 141-169.
- Jaramillo, J. (2002) "Mecanismo de transmisión de cargas perpendiculares al plano del muro en muros de mampostería no reforzada," *Revista de Ingeniería Sísmica* No. 67 53-78.
- Jaramillo, J., M. Morales y H. Gonzalo (2008) "Respuesta sísmica de muros de mampostería no reforzada sometidos a aceleraciones perpendiculares a su plano" *Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Vol. 8(2) 183-200.
- López, S. and N. Torres (2012) "Evaluación del comportamiento de muros de mampostería no reforzada recubierta con mortero reforzado," In *Proceedings of XXII Congreso Nacional, XI Congreso Internacional de Estudiantes y Profesionales de Ingeniería Civil*. Manizales, Colombia.
- López, S., P. N. Quiroga, and N. Torres (2012) "Evaluación del comportamiento de muros de mampostería no reforzada recubierta con morteros reforzados," In *Proceedings of XXXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural*, Rio de Janeiro, Brasil.
- NSR-10, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, Diario Oficial de Colombia 26 de marzo, 2010. Decretos 926 de 2010, 2525 de 2010, 092 de 2011 y 340 de 2012.
- Osorio Vergara, F. A., Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de mampostería no reforzada del valle de Aburrá, Antioquia (Colombia) Universidad EAFIT, Doctorado en Ingeniería. Pendiente por evidenciar.
- Torres, J.F., Jerez, S., Torres, N., Cano, W. y Pavan, A. (2019) "Estudios para la actualización del manual de evaluación y reforzamiento de vivienda informal de Build Change". IX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Cali, mayo 29 al 31 de 2019.
- Torres, J. F. (2019) "Propuesta de actualización parcial del manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas de mampostería no estructural de Build Change". Tesis de maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Vega, C. (2015) "Comportamiento dinámico de muros de mampostería no estructural reforzados mediante polímeros reforzados con fibra de carbono, CFRP". Tesis de maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Vega, C. y Torres, N. (2018) "Reforzamiento externo de muros de mampostería no reforzada mediante polímeros reforzados con fibra de carbono". *Ingeniería e investigación*, 38 (3), pp. 15-23.
- Willis, C.R. (2004), "Design of Unreinforced Masonry Walls for Out-of-plane Loading", *Ph.D Thesis, School of Civil and Environmental Engineering, The University of Adelaide*.

APÉNDICE A-1

LISTA DE VERIFICACIÓN

| | | | |
|--------------|--|-------------------|--|
| DIRECCIÓN: | | ING. RESPONSABLE: | |
| UBICACIÓN: | | CÓDIGO: | |
| PROPIETARIO: | | FECHA: | |

| LISTA DE VERIFICACIÓN | | | | | |
|-----------------------|----------------------|---|---------------------|-------------------------|------------------------|
| 1.0 | ESTADO DE EVALUACIÓN | CARACTERIZACIÓN DEL SITIO | NOTAS DE EVALUACIÓN | MEDIDAS DE INTERVENCIÓN | ESTADO DE INTERVENCIÓN |
| 1.1 | C NC N/A | <p>LICUACIÓN:</p> <p>La vivienda no está ubicada en suelos sueltos, granulares, saturados o materiales potencialmente licuables en los suelos de cimentación.</p> | | | C NC N/A |
| 1.2 | C NC N/A | <p>DESGLIZAMIENTOS:</p> <p>La vivienda está ubicada en una zona de amenaza baja con respecto a los mapas de riesgo del municipio o la pendiente del talud es inferior al 18%.</p> <p>Alternativamente:</p> <p>Pendiente del talud = _____%</p> <p>H = altura total del talud = _____m</p> <p>Distancia de la vivienda del talud abierto = _____m</p> <p>Para % de taludes > 18%: la distancia de la vivienda del talud es mayor a H/2;</p> <p>Para % de taludes < 18%: la distancia de la vivienda del talud es mayor a H/3;</p> | | | C NC N/A |
| 1.3 | C NC N/A | <p>AVENIDA TORRENCIAL O INUNDACIÓN INDUCIDA POR SISMO:</p> <p>No se evidencian posibles fuentes para avalancha por ejemplo presas, acueductos, tanques, tubos.</p> <p>La vivienda no está ubicada en zonas susceptibles a inundación como zonas costeras, áreas adyacentes a bahías o lagos, o áreas bajas con niveles freáticos superficiales.</p> | | | C NC N/A |
| 1.4 | C NC N/A | <p>INUNDACIONES:</p> <p>La vivienda no está ubicada en una zona de exclusión por inundación, definida por los mapas locales o las autoridades ambientales.</p> | | | C NC N/A |
| 1.5 | C NC N/A | <p>VOLCANES:</p> <p>La vivienda no está ubicada en una zona de exclusión por volcanes, definida por los mapas locales.</p> | | | C NC N/A |

| | | | | | |
|-----|----------------------|---|---------------------|-------------------------|------------------------|
| 1.6 | C NC N/A | ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN: Identifique uno o varios de los tipos de muros de contención presentes en la vivienda y conteste a las preguntas sobre el estado de cada uno: Muro de contención de sitio <ul style="list-style-type: none"> ● Si los muros son de gravedad, no superan los 2.0 m de altura. ● Los muros cuentan con perforaciones de drenaje. ● Los muros están en buenas condiciones, sin evidencia de deterioro, asentamientos o agrietamientos que puedan afectar su estabilidad, sin desplome ni daños. | | | C NC N/A |
| | C NC N/A | Muro de contención de cimentación <ul style="list-style-type: none"> ● Si los muros son de mampostería, no superan los 1.6 m de altura; ● Los muros cuentan con perforaciones de drenaje. ● Los muros están en buenas condiciones, sin desplome ni daños. | | | C NC N/A |
| | C NC N/A | Muro de contención integrado <ul style="list-style-type: none"> ● Si los muros son de mampostería, el nivel del suelo retenido no supera los 2.4 m de altura. ● Los muros cuentan con perforaciones de drenaje o no se evidencian humedades en la superficie. ● Los muros están en buenas condiciones, sin evidencia de deterioro, asentamientos o agrietamientos que puedan afectar su estabilidad, sin desplome ni daños. | | | C NC N/A |
| 2.0 | ESTADO DE EVALUACIÓN | ASPECTOS RELACIONADOS A LA CONFIGURACIÓN | NOTAS DE EVALUACIÓN | MEDIDAS DE INTERVENCIÓN | ESTADO DE INTERVENCIÓN |
| 2.1 | C NC N/A | VOLCAMIENTO: La altura total de la vivienda (H) es inferior a tres veces la menor dimensión horizontal en planta (W). H= _____ (m); W= _____ (m) H/W = _____ | | | C NC N/A |
| 2.2 | C NC N/A | IRREGULARIDADES EN PLANTA: La vivienda tiene una forma regular en planta. | | | C NC N/A |
| 2.3 | C NC N/A | NÚMERO DE NIVELES: La cantidad máxima de pisos es de tres (para zonas de amenaza sísmica baja o intermedia) o dos (para zona de amenaza sísmica alta). | | | C NC N/A |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|----------|
| 2.4 | C NC N/A | <p>ALTURA LIBRE:</p> <p>Para Mampostería Confinada: La altura máxima de los muros no es mayor a 25 veces el espesor mínimo de los muros en ese piso.</p> <p>Para Mampostería No Reforzada: Los límites de altura/espesor en cada piso respetan lo indicado en la Tabla 6.3 -2 del documento.</p> | | | C NC N/A | | | | | | | | | | |
| 3.0 | ESTADO DE EVALUACIÓN | ELEMENTOS ESTRUCTURALES | NOTAS DE EVALUACIÓN | MEDIDAS DE INTERVENCIÓN | ESTADO DE INTERVENCIÓN | | | | | | | | | | |
| 3.1 | C NC N/A | <p>CIMENTOS:</p> <p>Los apiques ejecutados (donde haya) y el estado general de los muros permiten asumir que existe bajo estos una cimentación adecuada para la transferencia de las cargas existentes.</p> <p>Se observa el nivel de daño en los muros y se clasifica como:</p> <table><tr><td></td><td>Ninguno / muy leve: grietas pequeñas difícilmente visibles, con abertura menor a 0.2 mm, sobre la superficie del muro.</td></tr><tr><td></td><td>Leve: Agrietamiento perceptible a simple vista, con aberturas entre 0.2 mm y 1.0 mm, sobre la superficie del muro.</td></tr><tr><td></td><td>Moderado: Agrietamiento diagonal incipiente, grietas con aberturas entre 1.0 mm y 3.0 mm</td></tr><tr><td></td><td>Fuerte: Agrietamiento diagonal severo, con aberturas mayores a 3.0 mm.</td></tr><tr><td></td><td>Severo: Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería, prolongación del agrietamiento diagonal en columnas y vigas de confinamiento.</td></tr></table> | | Ninguno / muy leve: grietas pequeñas difícilmente visibles, con abertura menor a 0.2 mm, sobre la superficie del muro. | | Leve: Agrietamiento perceptible a simple vista, con aberturas entre 0.2 mm y 1.0 mm, sobre la superficie del muro. | | Moderado: Agrietamiento diagonal incipiente, grietas con aberturas entre 1.0 mm y 3.0 mm | | Fuerte: Agrietamiento diagonal severo, con aberturas mayores a 3.0 mm. | | Severo: Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería, prolongación del agrietamiento diagonal en columnas y vigas de confinamiento. | | | C NC N/A |
| | Ninguno / muy leve: grietas pequeñas difícilmente visibles, con abertura menor a 0.2 mm, sobre la superficie del muro. | | | | | | | | | | | | | | |
| | Leve: Agrietamiento perceptible a simple vista, con aberturas entre 0.2 mm y 1.0 mm, sobre la superficie del muro. | | | | | | | | | | | | | | |
| | Moderado: Agrietamiento diagonal incipiente, grietas con aberturas entre 1.0 mm y 3.0 mm | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fuerte: Agrietamiento diagonal severo, con aberturas mayores a 3.0 mm. | | | | | | | | | | | | | | |
| | Severo: Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería, prolongación del agrietamiento diagonal en columnas y vigas de confinamiento. | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.2 | C NC N/A C NC N/A C NC N/A C NC N/A | <p>MUROS PERIMETRALES</p> <p>Hay muros perimetrales no compartidos y propios de la vivienda en estudio en cada uno de los lados, a no más de un 25% de la dimensión en planta medido desde el borde de la vivienda.</p> <p>En cada fachada la longitud continua de cada muro, corresponde al menos a la mayor entre 1.5 m y el 25% de la dimensión en planta de la vivienda en la dirección bajo evaluación.</p> <p>Alternativamente, la distancia estimada entre el centro de masa y el centro de rigidez, para cada dirección ortogonal, calculada en cumplimiento de la ecuación E.3.6-2 del Reglamento NSR-10, será menor al 15% de la mayor dimensión de la vivienda en planta.</p> <p>Estos muros perimetrales son continuos en los varios niveles de la vivienda desde la cimentación hasta nivel de viga de amarre o losa de techo.</p> | | | C NC N/A C NC N/A C NC N/A C NC N/A | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|--|----------------------|-----|----------|----------------------|-----|----|--|--|--|----------------------|-----|----|----------------------|-----|----|--|--|--|----------------------|-----|----|----------------------|-----|----|--|--|----------|
| 3.3 | C NC N/A | <p>MUROS INTERNOS:</p> <p>Los muros paralelos no tienen más de 4.0 m de distancia entre ellos.</p> <p>Los muros son continuos entre los diferentes niveles de la vivienda, desde la cimentación hasta nivel de viga de amarre o losa de techo.</p> <p>NOTA:</p> <p>Los muros se pueden considerar continuos también cuando estén apoyados sobre:</p> <ul style="list-style-type: none">● Muros perpendiculares que se prolonguen al menos 600 mm a cada lado del muro de arriba.● Muros paralelos con por lo menos ¼ de la longitud del muro superior (300 mm como mínimo) de traslapo con la pared de abajo. <p>Seleccione la tipología estructural existente:</p> <table><tr><td>Piso 1, Dirección X:</td><td>MNR</td><td>MC</td></tr><tr><td>Piso 1, Dirección Y:</td><td>MNR</td><td>MC</td></tr><tr><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Piso 2, Dirección X:</td><td>MNR</td><td>MC</td></tr><tr><td>Piso 2, Dirección Y:</td><td>MNR</td><td>MC</td></tr><tr><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Piso 3, Dirección X:</td><td>MNR</td><td>MC</td></tr><tr><td>Piso 3, Dirección Y:</td><td>MNR</td><td>MC</td></tr></table> <p>Todos los muros sin revoque (pañete) respetan los siguientes límites de espesor mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">● MNR - Piso 1: 110 mm,● MNR - Piso 2: 95 mm● MC - 110 mm | Piso 1, Dirección X: | MNR | MC | Piso 1, Dirección Y: | MNR | MC | | | | Piso 2, Dirección X: | MNR | MC | Piso 2, Dirección Y: | MNR | MC | | | | Piso 3, Dirección X: | MNR | MC | Piso 3, Dirección Y: | MNR | MC | | | C NC N/A |
| | Piso 1, Dirección X: | MNR | MC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Piso 1, Dirección Y: | MNR | MC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso 2, Dirección X: | MNR | MC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso 2, Dirección Y: | MNR | MC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso 3, Dirección X: | MNR | MC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piso 3, Dirección Y: | MNR | MC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | C NC N/A | | | | C NC N/A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.4 | C NC N/A | <p>VIGA DE AMARRE:</p> <p>Las viviendas con techo liviano cuentan con una viga de amarre en concreto reforzado, continuo sobre todos los muros conformando anillos cerrados.</p> <p>Para las vigas de amarre que se quieran mantener dentro del sistema estructural de la vivienda intervenida, se deberá evaluar que no presenten algunas de estas condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none">● Refuerzo expuesto.● Hormigueros o espacios vacíos.● Segregación de la mezcla de concreto.● Grietas verticales o diagonales con aberturas superiores a 0.5 mm.● Deformaciones o desalineamientos excesivos.● Ductos o tuberías de más de 25.4 mm (1") de diámetro pasando a través de la sección transversal del elemento.● Signos de corrosión del acero de refuerzo como manchas, o figuración en el sentido del refuerzo.● Carbonatación del concreto. | | | C NC N/A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | |
|-----|----------|---|--|--|----------|
| | C NC N/A | La sección mínima de estas vigas existentes deberá ser como mínimo del espesor del muro sobre el que se apoya y una altura tal que el área de su sección transversal sea de mínimo 20.000 mm ² . | | | C NC N/A |
| 3.5 | C NC N/A | <p><u>VOLADIZOS:</u></p> <p>Identifique uno o varios de los tipos de voladizo presentes en la vivienda:</p> <p>Voladizo Ocupado</p> <ul style="list-style-type: none"> Los voladizos NO se extienden desde los muros exteriores inferiores más allá del 50% del espesor del muro mismo. <p>Voladizo No Ocupado</p> <ul style="list-style-type: none"> La placa de entepiso no presenta daños asociados a deformaciones altas y/o insuficiencia de refuerzo. Los elementos no estructurales de borde como barandas o antepechos están debidamente amarrados a la placa y vinculados con una viga cinta a los muros aledaños. La longitud del voladizo es menor o igual a 600 mm. | | | C NC N/A |
| 3.6 | C NC N/A | <p><u>COLUMNAS DE CONFINAMIENTO:</u></p> <p>Las columnas existentes no presentan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Refuerzo expuesto. Hormigueros o espacios vacíos. Segregación de la mezcla de concreto. Grietas diagonales de más de 1.5 mm de abertura. Grietas verticales con ancho superior de 0.4 mm. Grietas horizontales de las de 1.5 mm de abertura. Deformaciones o desalineamientos excesivos. Ductos o tuberías de más de 25.4 mm (1") de diámetro pasando a través de la sección transversal del elemento. Signos de corrosión del acero de refuerzo como manchas, o figuración en el sentido del refuerzo. Carbonatación del concreto. <p>Si el sistema estructural es de mampostería confinada, hay columnas de confinamiento existentes en cada esquina, cada eje de muro y cada intersección entre muros.</p> | | | C NC N/A |
| 3.7 | C NC N/A | <p><u>ABERTURAS EN MUROS:</u></p> <p>Las puertas, las ventanas, y otras aberturas mayores a 500 mm se extienden hasta la viga de amarre/losa superior o cuentan con un dintel de concreto reforzado. Los dinteles existentes deben extenderse como mínimo 200 mm dentro de la mampostería adyacente, o estar conectados a un elemento vertical de concreto.</p> | | | C NC N/A |

| | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------|---|-------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|--|--|----------|
| | C NC N/A | Si el sistema estructural existente es de mampostería confinada, todas las aberturas con ancho mayor a 500 mm están confinadas por columnetas o dovelas verticales de concreto reforzado a sus lados. | | | C NC N/A | | | | |
| | C NC N/A | Las aberturas no presentan grietas en sus esquinas con ancho superior a 0.5mm. | | | C NC N/A | | | | |
| 3.8 | C NC N/A | ABERTURAS EN LOS SISTEMAS DE LOSAS: Las aberturas en losas adyacentes a los muros cortantes deberán cumplir los siguientes requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> ● Miden menos del 25% de la longitud del muro. ● No son mayores a 2.5 m en su longitud. ● Hay una viga de concreto reforzado en toda la longitud del muro adyacente. | | | C NC N/A | | | | |
| 3.9 | C NC N/A | COLUMNAS AISLADAS: Las columnas aisladas existentes que se desean mantener dentro de la solución de intervención: <ul style="list-style-type: none"> ● Están en buen estado y no presentan irregularidades en la sección transversal. ● Tienen una dimensión mínima de 250 mm si soportan una losa o un muro discontinuo sobre éste, y 300 mm si soporta dos niveles sobre la losa. ● No soportan directamente losas con espesor igual o inferior a 100 mm salvo si se tiene capiteles en la parte superior de la columna o cartelas en la losa. ● No están posicionadas en la fachada o expuesta a algún tipo de riesgo por impacto de medio de transporte, que puedan causar su colapso. ● Están amarradas por vigas de amarre superior o diafragma rígido. ● No presentan grietas diagonales de más de 1.5 mm de abertura. ● No presentan grietas verticales con ancho superior de 0.4 mm. ● No presentan grietas horizontales de más de 1.5 mm de abertura. | | | C NC N/A | | | | |
| 3.10 | C NC N/A | SISTEMAS DE LOSAS: Identifique uno o varios de los tipos de losa de entrepiso presentes en la vivienda: <table border="1"> <tr><td>Losa Maciza</td></tr> <tr><td>Losa Aligerada</td></tr> <tr><td>Sistema prefabricado de losa</td></tr> <tr><td>Losa con lámina colaborante</td></tr> </table> Los sistemas de entrepiso se encuentran en buen estado, sin grietas con abertura superior a 0.5 mm o deformaciones excesivas, sin refuerzo expuesto o corroído, sin eflorescencias en el concreto y sin humedades. | Losa Maciza | Losa Aligerada | Sistema prefabricado de losa | Losa con lámina colaborante | | | C NC N/A |
| Losa Maciza | | | | | | | | | |
| Losa Aligerada | | | | | | | | | |
| Sistema prefabricado de losa | | | | | | | | | |
| Losa con lámina colaborante | | | | | | | | | |
| | C NC N/A | Los sistemas de losa con bloquelon y perfiles metálicos o losa con lámina colaborante tienen vigas de amarre de confinamiento horizontal al mismo nivel de | | | C NC N/A | | | | |

| | | | | | |
|------|----------------------|--|---------------------|-------------------------|------------------------|
| | | la losa, debidamente vinculados al sistema de muros. | | | |
| 3.11 | C NC N/A | SISTEMAS DE TECHO: Identifique uno o varios de los tipos de techo losa presentes en la vivienda: | | | C NC N/A |
| | | Techo Liviano con paneles de fibrocemento o lámina metálica | | | |
| | | Techo en teja de barro | | | |
| | | Techo en Losa Maciza | | | |
| | | Techo en Losa Aligerada | | | |
| | | Techo en sistema de losa con bloquelón y perfiles metálicos | | | |
| | | Techo en lámina colaborante | | | |
| | | <p>Para techo Liviano: El techo está construido con material liviano (tejas en fibrocemento, lámina metálica), sobre una estructura de acero en buenas condiciones y bien amarrada a un elemento de concreto reforzado que puede transferir las cargas a los muros.</p> <p>Para Techo en Teja de Barro: El techo está construido con tejas de barro adecuadamente amarradas a una estructura de acero en buenas condiciones, la cual está bien amarrada a un elemento de concreto reforzado que puede transferir las cargas a los muros.</p> <p>Para techo en losa: Se encuentran en buen estado, sin figuraciones o deformaciones excesivas, sin refuerzo expuesto o corroído, sin eflorescencias en el concreto y sin humedades.</p> <p>Los sistemas de losa con bloquelón y perfiles metálicos o Lámina colaborante tienen vigas de amarre de confinamiento horizontal al mismo nivel de la losa, debidamente vinculados al sistema de muros.</p> | | | |
| 4.0 | ESTADO DE EVALUACIÓN | ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES | NOTAS DE EVALUACIÓN | MEDIDAS DE INTERVENCIÓN | ESTADO DE INTERVENCIÓN |
| 4.1 | C NC N/A | <p>ESCALERAS Y DESCANSOS:</p> <p>Las escaleras deberán cumplir todos los requisitos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Están construidas en concreto reforzado con una losa inclinada de espesor mínimo 0.1 m. ● Están conectada al entepiso de. ● No dependen de los muros del sistema de resistencia sísmica de la vivienda como forma de apoyo vertical. ● Están apoyadas sobre columnas aisladas competentes o muros de mampostería de por lo menos 600 mm de longitud. | | | C NC N/A |

| | | | | | |
|-----|----------------------|--|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> Las huellas y contrahuellas no son irregulares o no están en mal estado. No presentan hormigueros, o vacíos o eflorescencias en el concreto. No presentan refuerzo expuesto, ni corrosión del mismo. | | | |
| 4.2 | C NC N/A | <p>PARAPETOS:</p> <p>Los parapetos de mampostería están en buenas condiciones con sus elementos bien adheridos a la estructura que los soporta.</p> <p>Tienen una relación entre altura y espesor inferior a 1.5 y cuentan con soporte lateral (vigas de cinta, elementos verticales de resistencia fuera del plano).</p> | | | C NC N/A |
| 5.0 | ESTADO DE EVALUACIÓN | ASPECTOS RELACIONADOS A LA CALIDAD | NOTAS DE EVALUACIÓN | MEDIDAS DE INTERVENCIÓN | ESTADO DE INTERVENCIÓN |
| 5.1 | C NC N/A | <p>UNIDADES DE MAMPOSTERÍA:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las unidades de mampostería corresponden a bloques de arcilla o de concreto. Las puntas de los ladrillos no se encuentran desportilladas, esto es un indicador claro de baja calidad de las piezas de mampostería. No existen patologías específicas que puedan afectar la capacidad portante de las piezas de mampostería, como humedad excesiva, musgos, etc. No existe mezcla de tipos de mampuestos dentro de un mismo muro que pueda hacer impredecible el comportamiento del muro. | | | C NC N/A |
| 5.2 | C NC N/A | <p>MORTERO DE PEGA:</p> <ul style="list-style-type: none"> Existen juntas homogéneas entre las unidades de mampostería, presentes en todos los espacios entre los bloques. Existen juntas verticales entre las unidades de mampostería; El espesor de las juntas es homogéneo, de 10 mm en la mayoría de las pegas horizontales y verticales. El mortero se encuentra en buenas condiciones y no resulta de fácil remoción cuando sometido a la prueba. | | | C NC N/A |
| 5.3 | C NC N/A | <p>REVOQUES (PAÑETES) SOBRE MUROS:</p> <p>Los revoques (pañetes) aplicados sobre los muros son uniformes, se encuentran adheridos de forma correcta al muro y no presentan agrietamientos.</p> | | | C NC N/A |

Figura A.3 -3 Refuerzo de muro de contención integrado a la vivienda con nueva losa o viga de amarre superior - Altura del suelo hasta 1.8m.

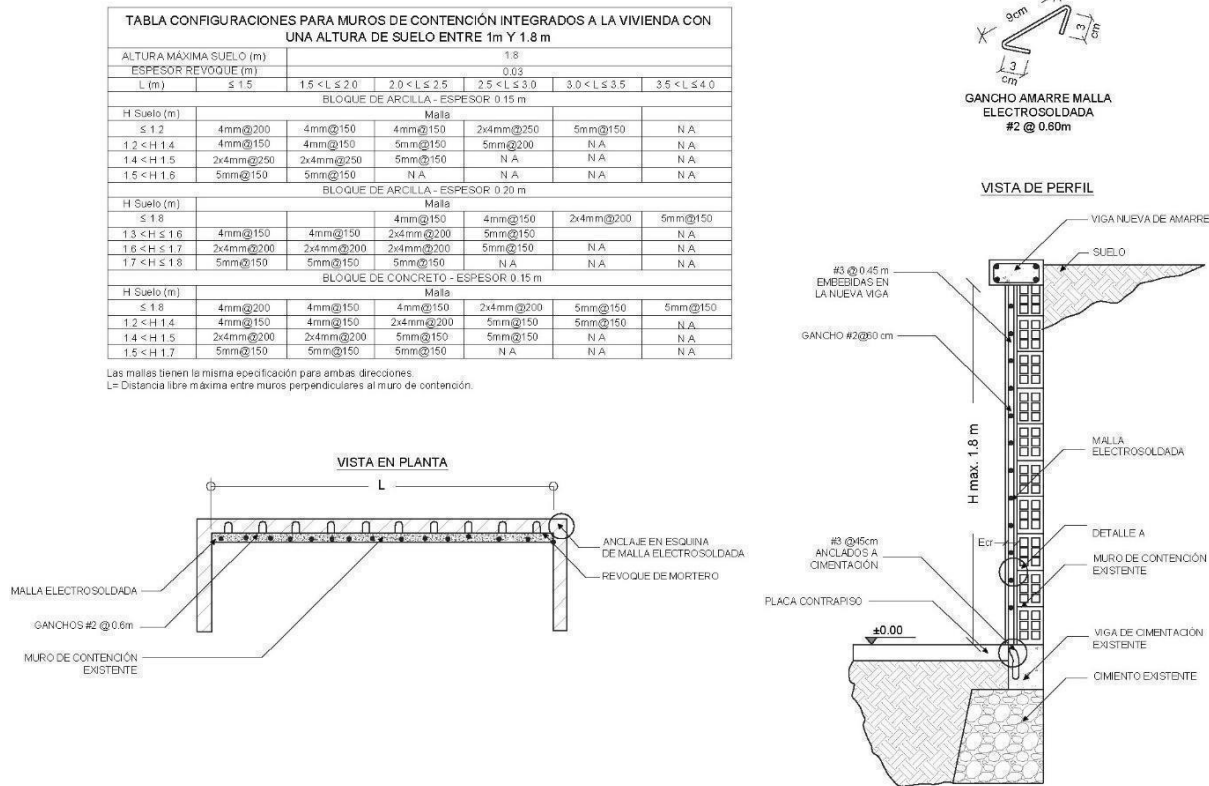


Figura A.3 -4 Refuerzo de muro de contención integrado a la vivienda con nueva losa o viga de amarre superior Altura del suelo entre 1.8m y 2.5m

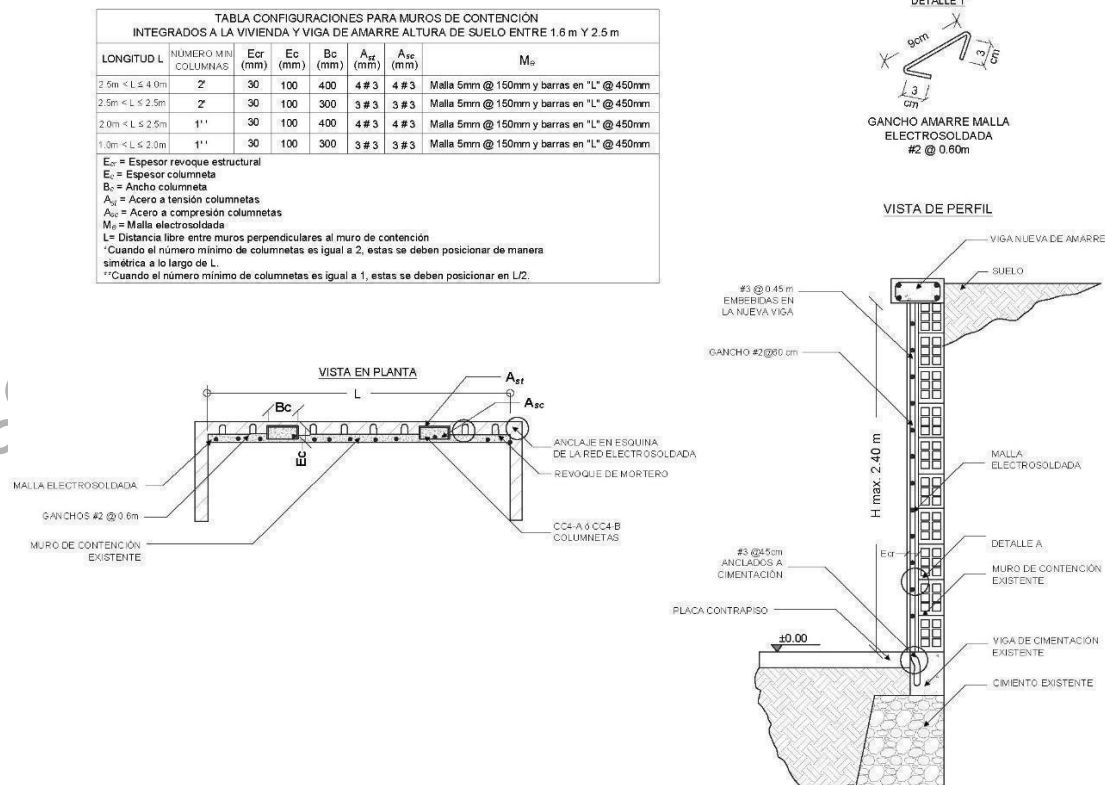
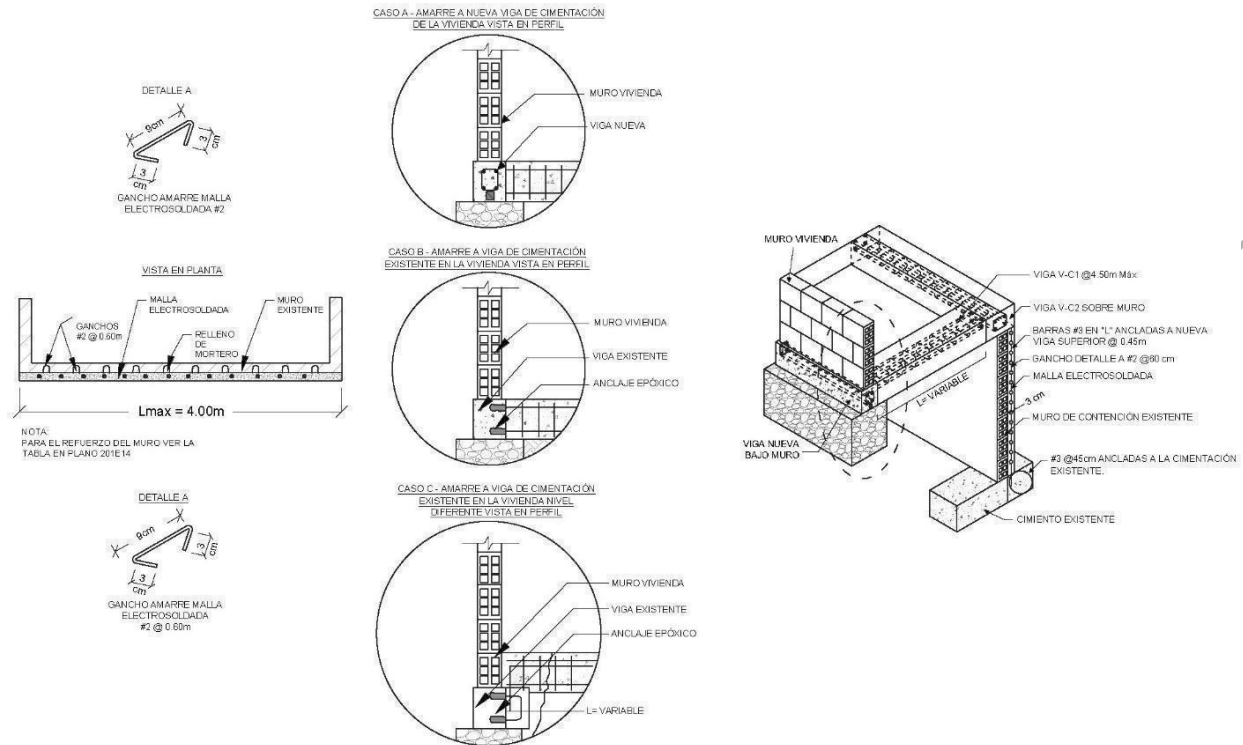


Figura A.3 -5 Refuerzo de muro de contención de cimentación.



Refuerzo de vigas de cimentación

Figura A.3 -6 Despiece de nuevas vigas de cimentación para refuerzo de sistemas existentes.

| TABLA DE DESPIECE DE VIGAS DE CIMENTACIÓN | | | | | |
|---|------|---------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|
| VIGAS DE CIMENTACIÓN PARA MUROS NUEVOS | | | | | |
| ID | TIPO | SECCIÓN b(m) x h(m) | REFUERZO LONGITUDINAL | REFUERZO TRANSVERSAL (cm) | RECUBRIMIENTO r (cm) |
| V-C1 | I | 0.20 x 0.25 | 4 #3 | E #2 @ 10 cm | 5.0 |
| V-C2 | I | 0.30 x 0.25 | 4 #4 | E #2 @ 10 cm | 5.0 |
| VIGAS DE CIMENTACIÓN PARA CONFORMACIÓN DE DIAFRAGMA | | | | | |
| V-C3 | II | 0.20 x 0.25 | 4 #3 | Conectores @ 80 cm | 5.0 |
| V-C4 | III | 0.20 x 0.25 | 2 #4 #3 | Conectores @ 80 cm | 5.0 |

ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ESTRIBOS

TIPO I: $b \times h$, $b \times h$, $b \times h$

TIPO II: $b \times h$, $b \times h$, $b \times h$

TIPO III: $b \times h$, $b \times h$, $b \times h$

**** Medidas referidas al centro de las barras.**
Véase planos 201E02 a 201E06 para los procesos constructivos.

REFORMACIÓN DE CIMENTACIÓN - VISTA EN PLANTA

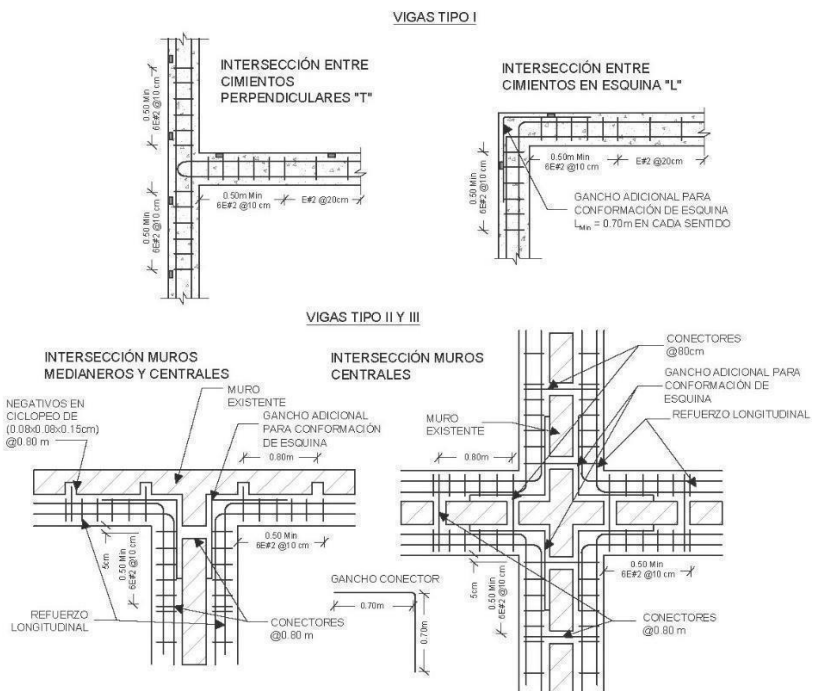


Figura A.3 -7 Nueva viga de cimentación en concreto reforzado para muros perimetrales sobre concreto ciclópeo existente.

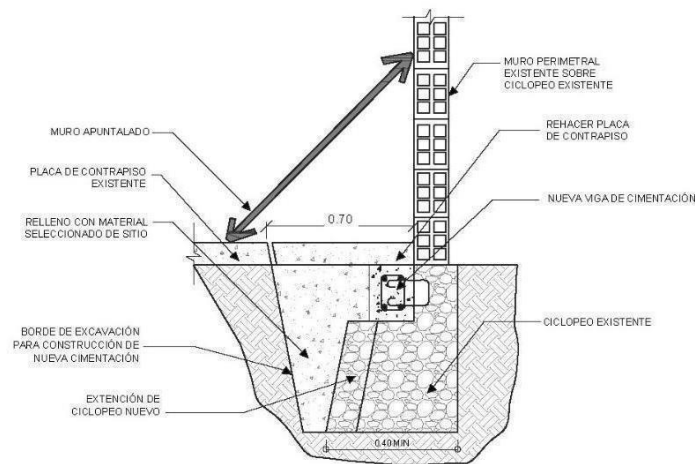


Figura A.3 -8 Nueva viga de cimentación en concreto reforzado para muros internos sobre concreto ciclópeo existente.

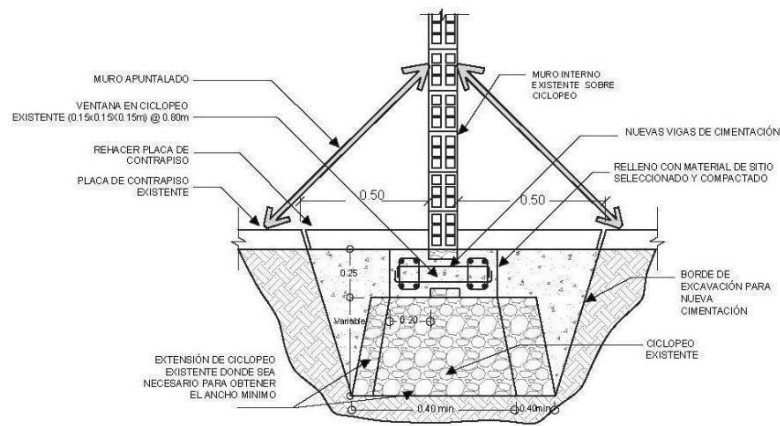
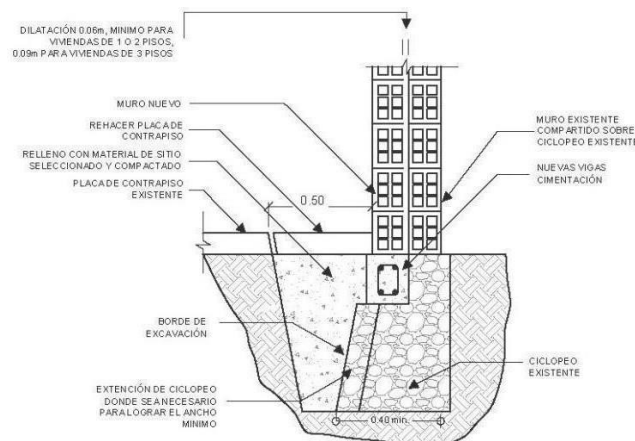


Figura A.3 -9 Nueva viga de cimentación en concreto reforzado para muros perimetrales nuevos juntos a muros compartidos.



Construcción de nuevos elementos

Figura A.3 -10 Sección típica de nuevo muro.

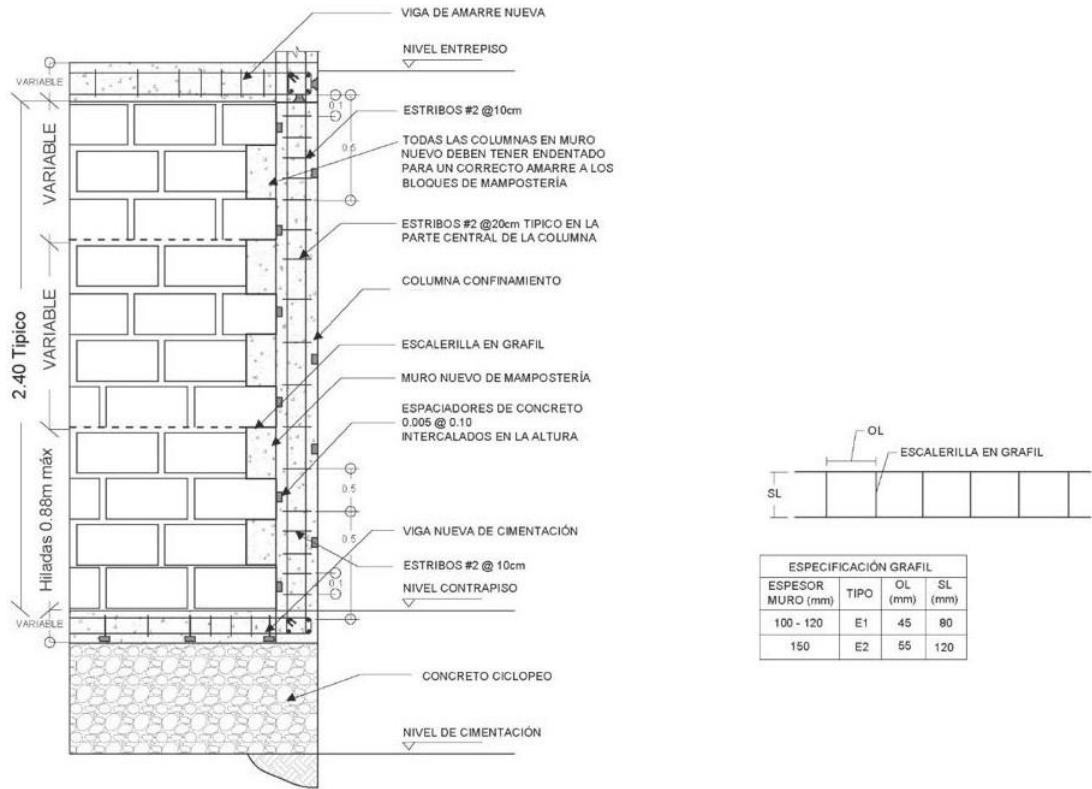


Figura A.3 -11 Esquema de distribución de estribos

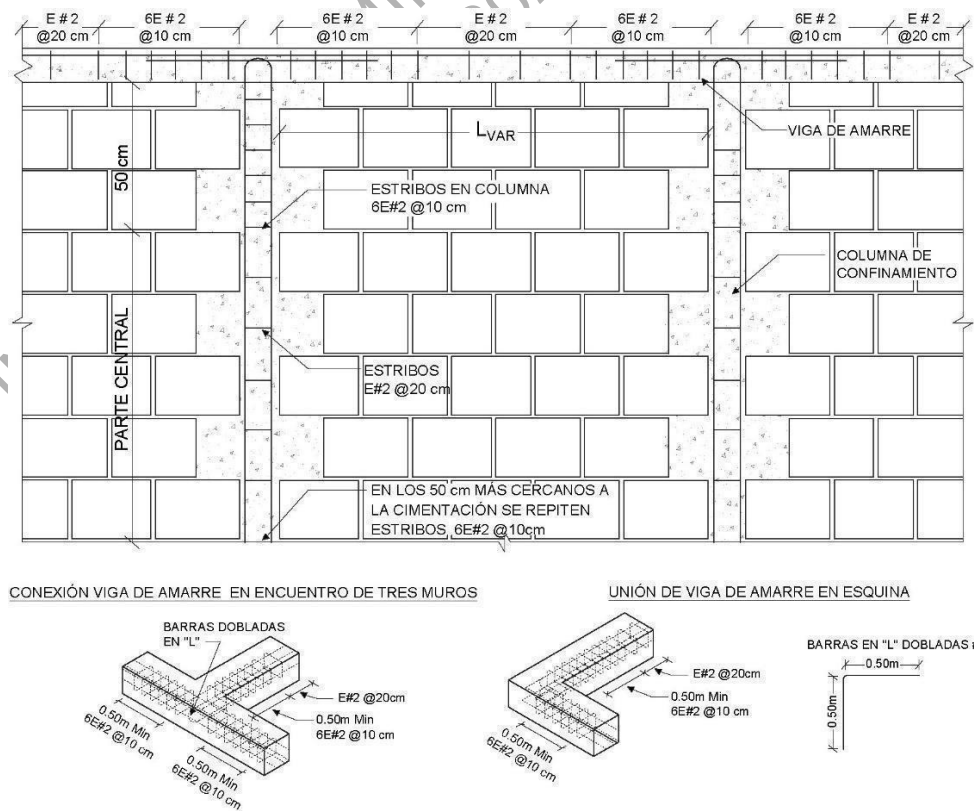
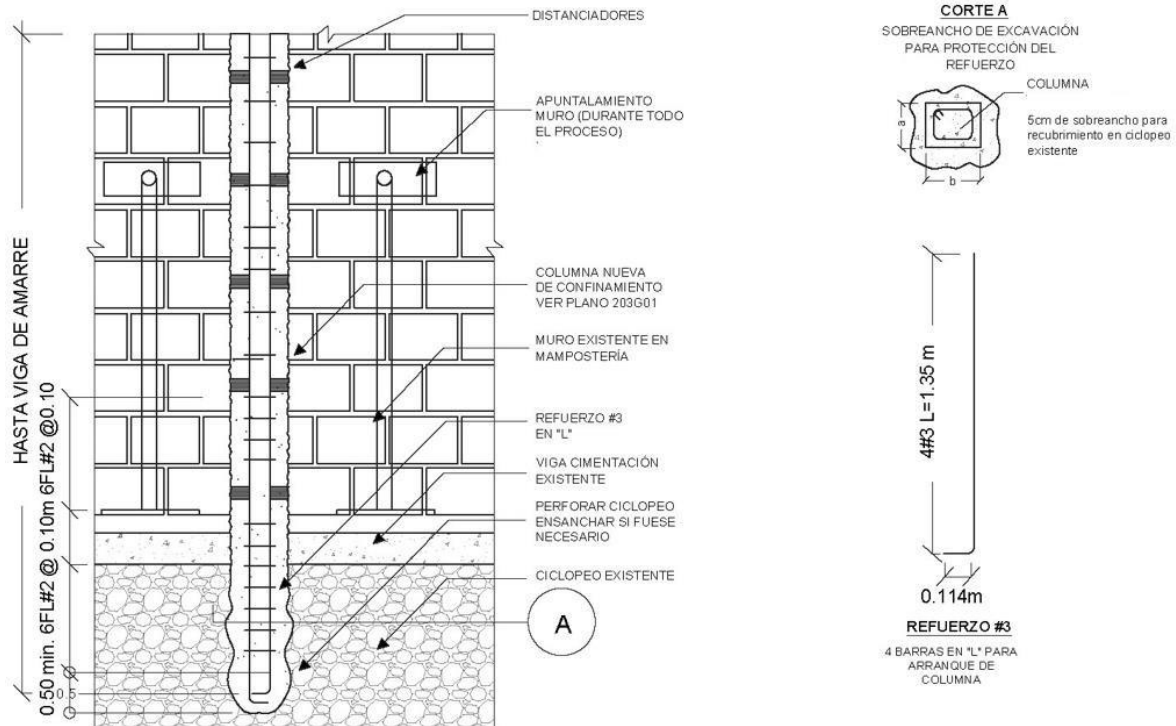


Figura A.3 -12 Anclaje de nueva columna de confinamiento a cimentación existente.



Refuerzo de elementos existentes

Figura A.3 -13 Refuerzo de parapeto existente.

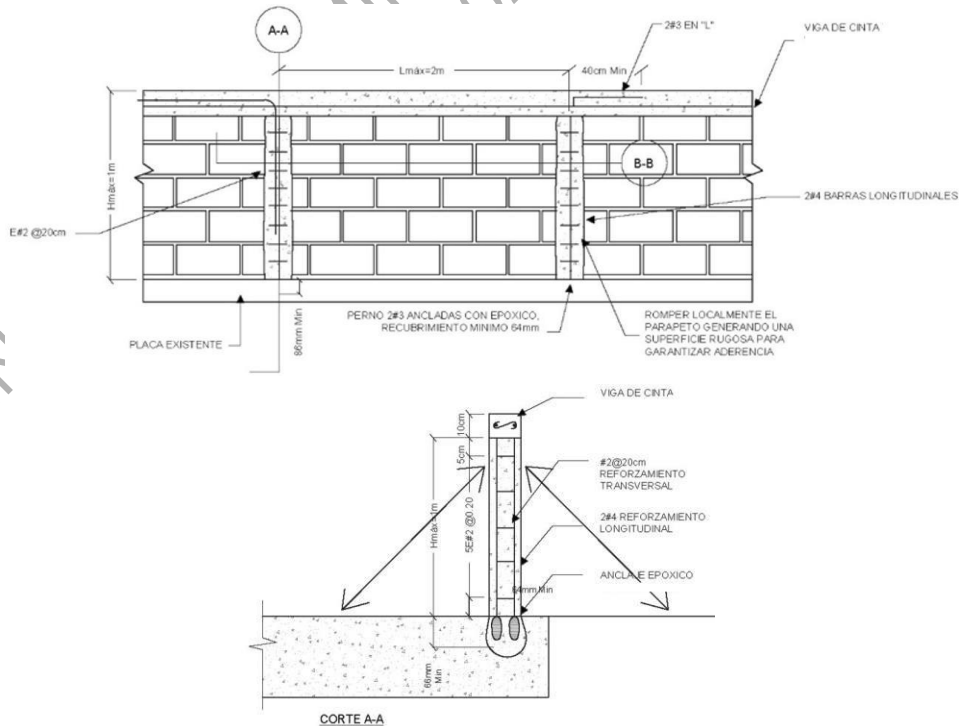


Figura A.3 -14 Refuerzo de vanos existentes.

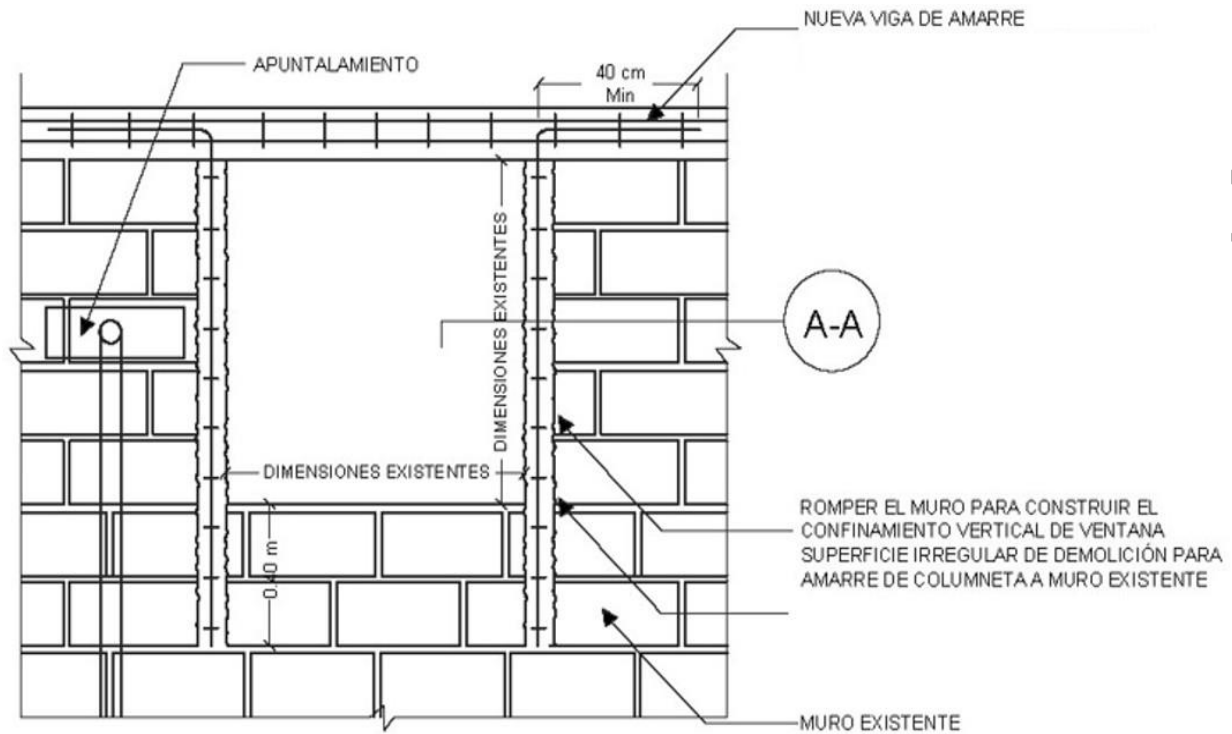


Figura A.3 -15 Dilatación de muros existentes.

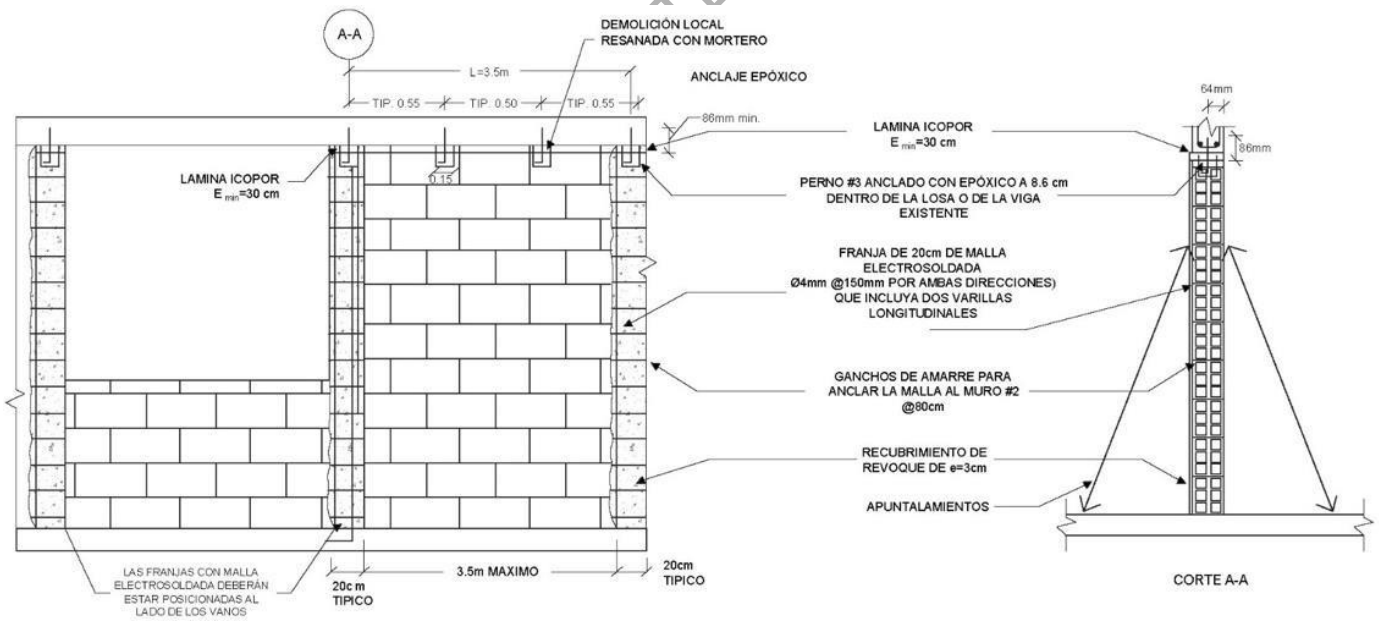


Figura A.3-16 Refuerzo de muro existente con de revoque con malla.

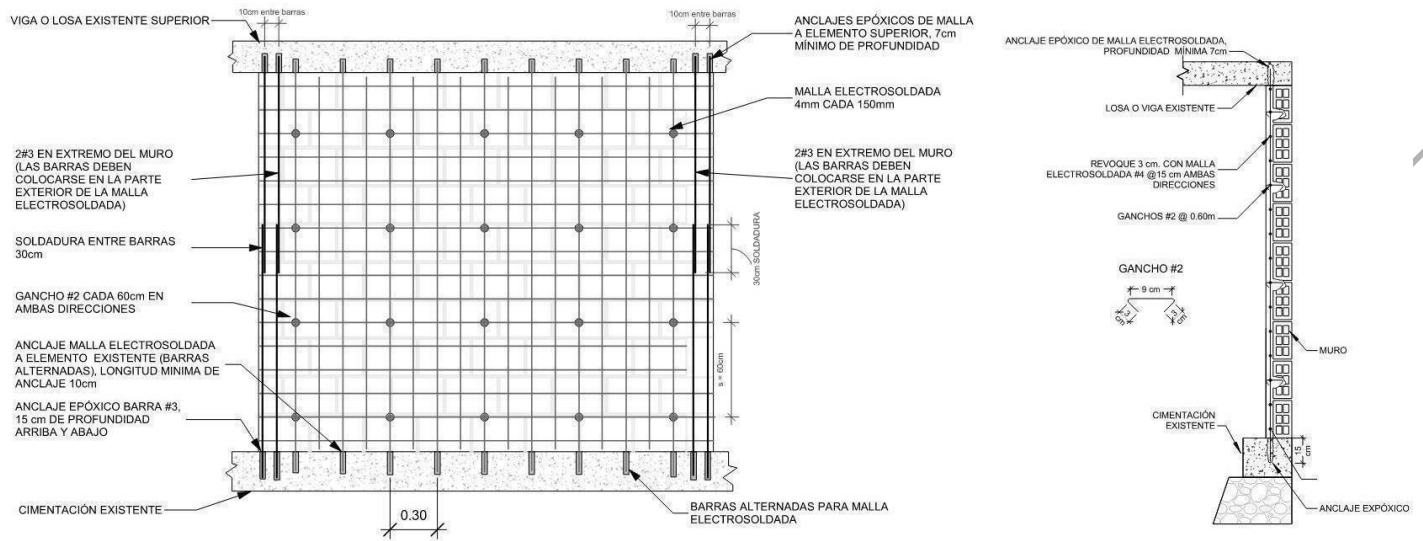


Figura A.3 -17 Conexión de muro nuevo a losa maciza existente.

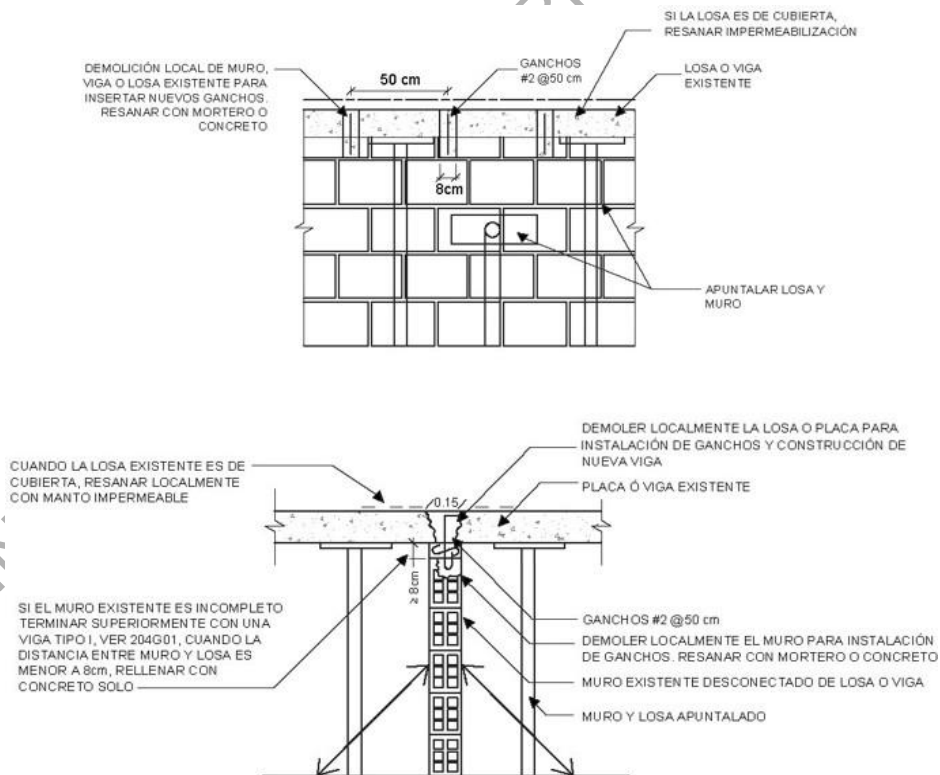


Figura A.3 -18 Conexión de muro nuevo a losa existente con nervios. Muro perpendicular a los nervios.

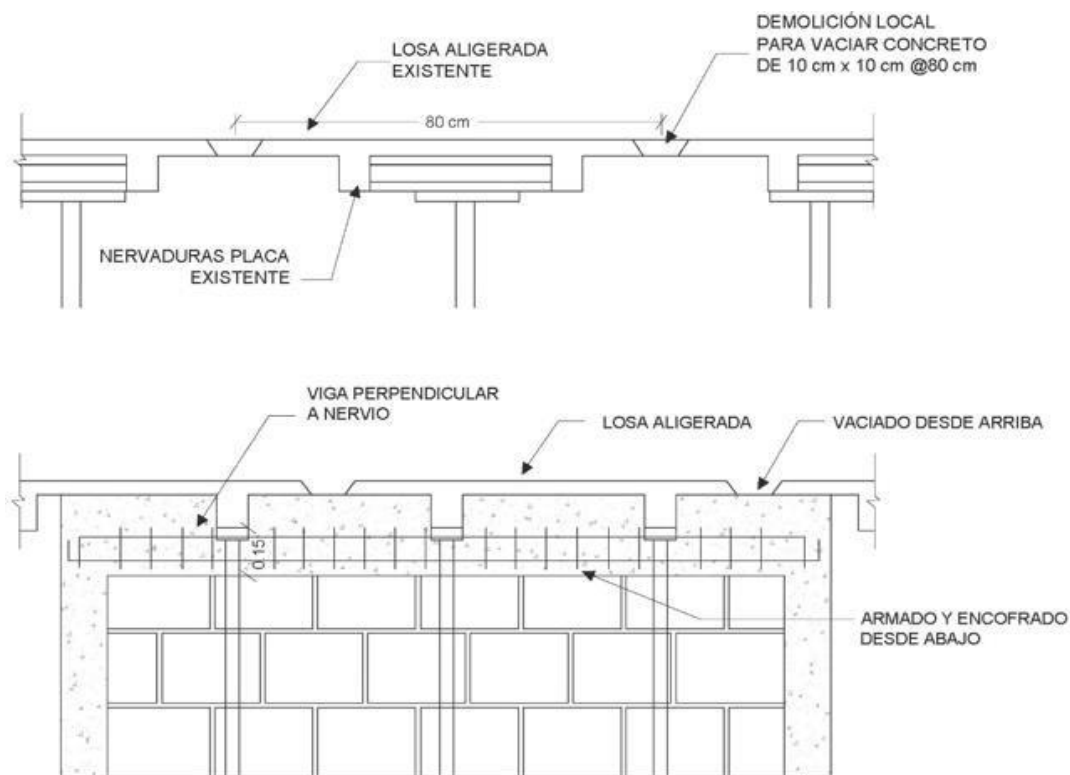


Figura A.3 -19 Conexión de muro nuevo a losa existente con nervios. Muro paralelo a los nervios.

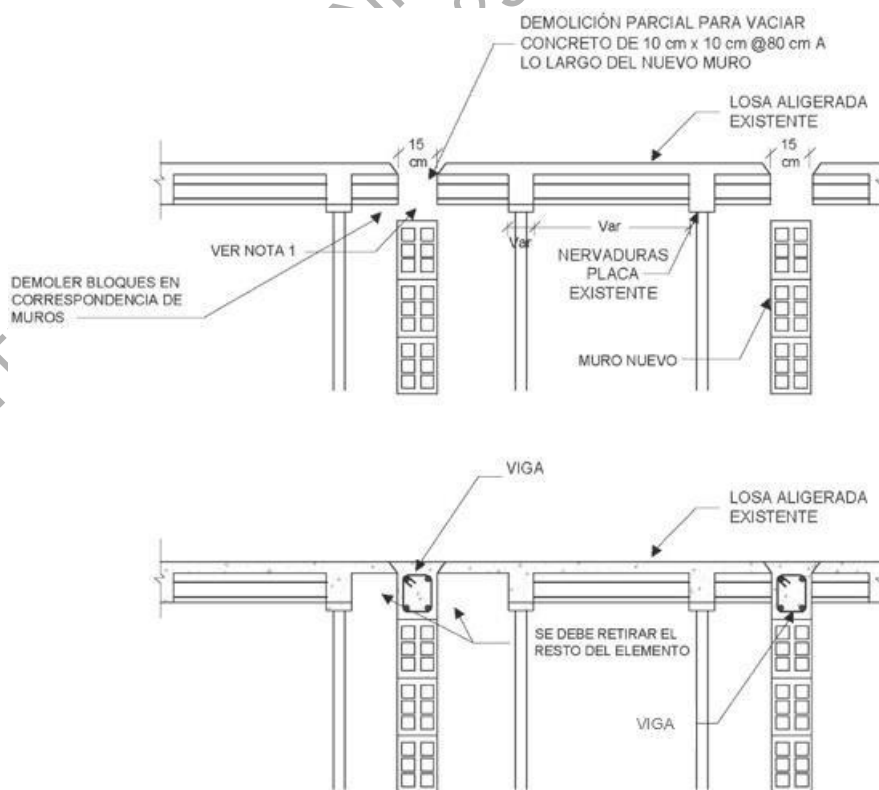
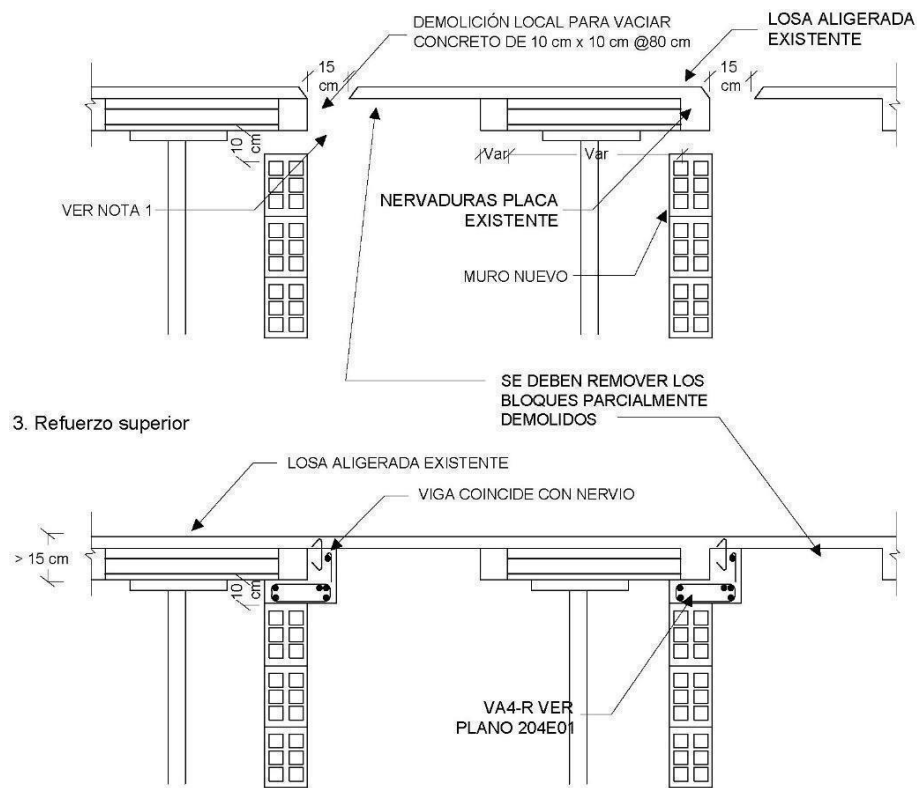


Figura A.3 -20 Conexión de muro nuevo a losa existente con nervios. Muro coincidente con los nervios.



Refuerzo de sistema de losa con bloquelón y perfiles metálicos existente

Figura A.3 -21 Construcción de nueva viga para dar rigidez al diafragma. Viga perpendicular a los perfiles metálicos.

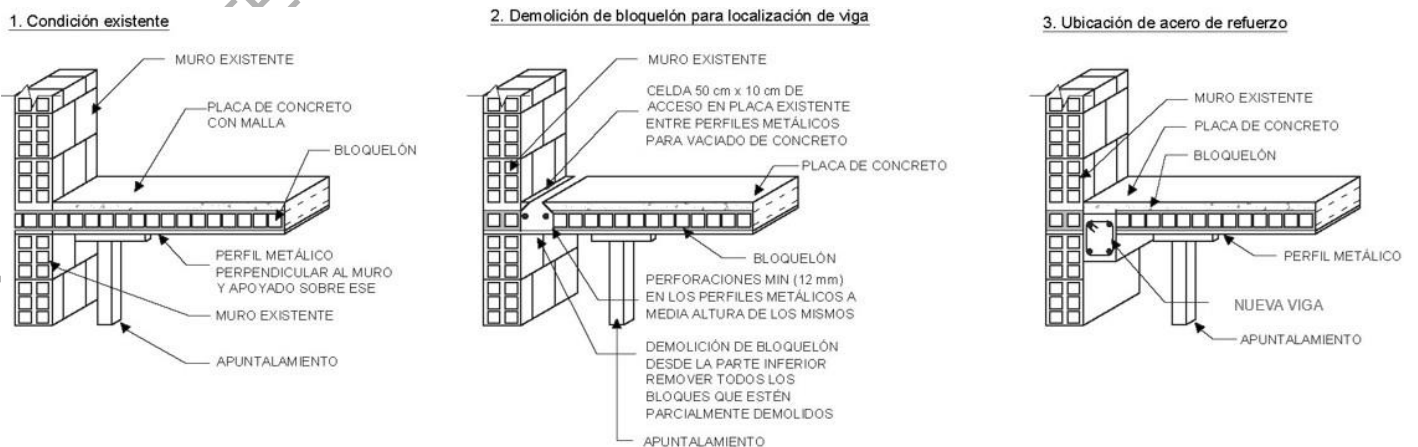
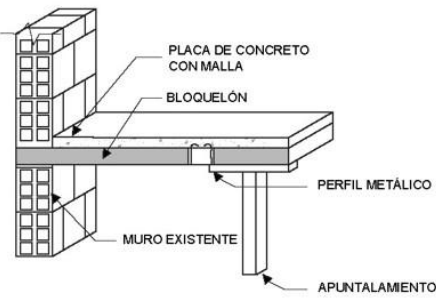
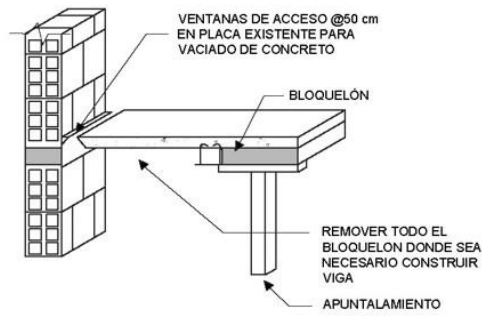


Figura A.3 -22 Construcción de nueva viga para dar rigidez al diafragma. Viga paralela a los perfiles metálicos.

1. Condición existente



2. Demolición de bloquelón para localización de viga desde la parte inferior



3. Ubicación de acero de refuerzo

