

NEC

NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Ministerio
de Desarrollo
Urbano y Vivienda



CÓDIGO
NEC - SE - MP

Econ. Diego Aulestia Valencia
Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda

Econ. Luis Felipe Guevara Urquiza
Subsecretario de Hábitat y Asentamientos Humanos

Arq. Rubén Darío Paredes Cortez
Subsecretario de Vivienda

Arq. Jose Antonio Toral Valdivieso
Director de Hábitat y Asentamientos Humanos

Arq. Jose Antonio Martín Erquicia
Coordinador de proyecto

Textos:

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)
Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)

Producción Editorial:

Dirección de Comunicación Social, MIDUVI

Diciembre 2014

ISBN:0000000000

■ Prólogo

Al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, ente rector de las políticas de hábitat y vivienda a nivel nacional, le corresponde formular la normativa que propicie el desarrollo ordenado y seguro de los Asentamientos Humanos, la densificación de las ciudades y el acceso a la vivienda digna.



Bajo ese marco, y considerando además que nuestro país está localizado en una zona calificada de alto riesgo sísmico, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda llevó a cabo un proceso de actualización de la Normativa Técnica referente a la Seguridad Estructural de las Edificaciones (Código Ecuatoriano de la Construcción de 2001). Esta labor fue realizada en conjunto con la Cámara de la Industria de la Construcción, entidad que coordinó el desarrollo de varios documentos normativos a través de comités de expertos de entidades públicas, del sector privado y representantes de instituciones académicas. Se realizaron talleres de trabajo con los profesionales del sector y se aplicaron las mejores prácticas internacionales en el ámbito de la edificación.

El objetivo fue determinar nuevas normas de construcción de acuerdo a los avances tecnológicos a fin de mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, definir principios mínimos de diseño y montaje en obra, velar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad, y fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados en los procesos de edificación.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible



Econ. Diego Aulestia Valencia
Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda

TABLA DE DATOS

NOMBRE DEL DOCUMENTO HABILITANTE	FECHA
Expedición mediante Acuerdo Ministerial Nro. 0028	19 de agosto de 2014
MIDUVI, Registro Oficial, Año II, Nro. 319	26 de agosto de 2014
Actualización mediante Acuerdo Ministerial Nro. 0047	15 de diciembre de 2014
MIDUVI, Registro Oficial, Año II, Nro. 413	10 de enero de 2015

LISTADO DE PERSONAS Y ENTIDADES PARTICIPANTES

INSTITUCIÓN	NOMBRE
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Ing. José Vicente Chillusa Ochoa
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Arq. Francesca Blanc
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Ab. Jonathan Santiago Gómez Pumagualle
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Arq. Jose David Saura Gonzalez
Cámara de la Industria de la Construcción	Ing. Hermel Flores Maldonado
Cámara de la Industria de la Construcción	Ing. Ginno Manciatì Jaramillo
Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha	Ing. Carlos Baldeón Valencia
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Sigifredo Décimo Díaz Mendoza
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Patricio Honorato Placencia Andrade
Escuela Politécnica Nacional	Arq. Félix Policarpo Vaca Moncayo
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Hugo Alfonso Yépes Arosteguí
Universidad San Francisco de Quito	Ing. Telmo Andrés Sánchez Graunauer
Universidad San Francisco de Quito	Dr. Fabricio Oswaldo Yépez Moya
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	Ing. Oswaldo Marcelo Guerra Avendaño
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	Ing. Guillermo Ricardo Realpe Rivadeneira
Universidad Central del Ecuador	Msc. Ing. Hernán Estupiñan Maldonado
American Concrete Institute	Ing. Juan Carlos Garcés P.
FRACTALES Cia. Ltda.	Dr. Vinicio Andrés Suárez Chacón
GEOESTUDIOS S.A.	Dr. Xavier Fernando Vera Graunauer
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. José Andrés Vallejo Bermeo
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. Michael Joseph Maks Davis
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. Mathieu Lamour
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Dr. Mauro Pompeyo Niño Lázaro
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Dr. Miguel Angel Jaimes Téllez
Consultor Particular	Dr. Pedro Pablo Rojas Cruz
Consultor Particular	Ing. Jaime Enrique García Alvear
Consultor Particular	Ing. Fabián Enrique Espinosa Sarzosa
Consultor Particular	Ing. Jorge Luis Palacios Riofrío
Consultor Particular	Ing. Jorge Enrique Orbe Velalcázar
Consultor Particular	Msc. Ing. Alex Francisco Albuja Espinosa

NEC

NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Ministerio
de **Desarrollo**
Urbano y Vivienda



CÓDIGO
NEC - SE - MP

CONTENIDO

Índice de tablas	6
Índice de figuras	7
1. Generalidades	8
1.1. Definiciones	8
1.1.1. Definiciones generales.....	8
1.1.2. Definiciones específicas.....	8
1.2. Simbología.....	12
1.2.1. Unidades	12
1.2.2. Simbología	12
1.3. Marco normativo.....	16
1.3.1. Normas ecuatorianas de la construcción.....	16
1.3.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-MP de las NECs	16
2. Alcances y requisitos generales	17
2.1. Alcances	17
2.2. Justificación estructural	17
2.2.1. Requisitos generales y metodologías de justificación estructural	17
2.2.2. Estados límite.....	17
2.3. Planos y memorias.....	18
2.3.1. Planos estructurales	18
2.3.2. Memorias	19
3. Materiales en la mampostería estructural	20
3.1. Generalidades	20
3.1.1. Introducción.....	20
3.1.2. Requisitos y normas que deben cumplir los materiales de construcción	20
3.1.3. Tipos de piezas de mampostería.....	20
3.1.4. Cemento y cal: requisitos de calidad	21
3.2. Mortero de pega	21
3.2.1. Dosificación del mortero de pega	21
3.2.2. Uso de la cal	22
3.2.3. Agregados.....	22
3.2.4. Agua	22
3.3. Mortero de relleno	22

3.3.2.	Resistencia a compresión del mortero de relleno (f'_{cr})	23
3.3.3.	Cal	23
3.3.4.	Agregados	23
3.3.5.	Agua y aditivos	24
3.4.	Propiedades mecánicas de la mampostería	24
3.4.1.	Propiedades mecánicas intrínsecas	24
3.4.2.	Determinación de la resistencia de la mampostería a la compresión f'_m	24
4.	Requisitos constructivos para mampostería estructural	25
4.1.	Detalles del refuerzo	25
4.1.1.	Generalidades	25
4.1.2.	Embebido	25
4.1.3.	Diámetros máximos y mínimos permitidos para el refuerzo	25
4.1.4.	Límites de colocación del refuerzo	26
4.1.5.	Recubrimiento de las varillas colocadas en tendeles	26
4.1.6.	Longitud de desarrollo y de empalme	27
4.1.7.	Empalmes mecánicos o soldados	27
4.1.8.	Ganchos estándar	27
4.1.9.	Diámetros mínimos de doblez para varillas de refuerzo	28
4.2.	Cimentaciones	28
4.2.1.	Requisitos constructivos para cimentaciones	28
4.2.2.	Anclaje en la cimentación del refuerzo de los muros	28
4.2.3.	Tolerancia de localización del refuerzo de empalme con el muro	28
4.3.	Tuberías	28
4.3.1.	Tuberías embebidas	28
4.3.2.	Regatas	28
4.4.	Elementos de concreto reforzado dentro de la mampostería estructural	29
4.5.	Juntas de control	29
4.5.1.	Distancia entre juntas de control	29
4.5.2.	Configuración de la juntas de control	29
4.6.	Ventanas de inspección y limpieza	29
4.7.	Otros requisitos constructivos para mampostería estructural	30
5.	Requisitos generales de análisis y diseño	31
5.1.	Hipótesis y principios generales	31
5.1.1.	Generalidades	31
5.1.2.	Hipótesis de diseño	31
5.2.	Valores de resistencia de los elementos estructurales	32
5.2.1.	Resistencia requerida	32

5.2.2.	Resistencia de diseño	32
5.2.3.	Coefficiente de reducción de resistencia ϕ	32
5.3.	Módulos de elasticidad y de cortante	33
5.3.1.	Módulo de elasticidad	33
5.3.2.	Módulo de cortante	34
5.4.	Dimensiones efectivas	35
5.4.1.	Área efectiva (A_E) para el cálculo de esfuerzos axiales	35
5.4.2.	Espesor efectivo (t) para evaluar el efecto de pandeo	35
5.4.3.	Altura efectiva (h') para evaluar el efecto de pandeo	36
5.4.4.	Ancho efectivo (b) para flexión	36
	Para flexión perpendicular al plano del muro	36
	Para flexión paralela al plano del muro.....	36
5.4.5.	Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (A_{mv})	36
5.5.	Resistencia para cargas axiales a compresión	37
5.5.1.	Condición de resistencia para cargas axiales a compresión.....	37
5.5.2.	Resistencia nominal para carga axial	38
5.5.3.	Máxima resistencia axial.....	38
5.5.4.	Reducción de resistencia axial por esbeltez.....	38
5.6.	Resistencia a flexión sin carga axial	39
5.6.1.	Condición de resistencia a flexión sin carga axial	39
5.6.2.	Secciones solo con refuerzo a tracción	39
5.6.3.	Secciones con refuerzo a compresión.....	39
5.7.	Diseño de muros en la dirección perpendicular a su plano	40
5.7.1.	Resistencia a flexión de muros con carga axial $< 0.10 f'_m A_e$	40
5.7.2.	Resistencia a flexión de muros con carga axial $> 0.10 f'_m A_e$	41
5.8.	Diseño de muros en la dirección paralela a su plano	42
5.8.1.	Resistencia mínima a la flexión	42
5.8.2.	Resistencia a la flexocompresión	43
5.8.3.	Resistencia a cortante en la dirección paralela al plano del muro	43
5.8.4.	Elementos de borde.....	46
6.	Mampostería reforzada construida con unidades de perforación vertical.....	47
6.1.	Definición y requisitos	47
6.2.	Refuerzos de muros	47
6.2.1.	Cuantía mínima de refuerzo	47
6.2.2.	Refuerzo vertical mínimo	47
6.2.3.	Refuerzo horizontal mínimo	48
7.	Mampostería parcialmente reforzada construida con unidades de perforación vertical.....	49

7.1.	Definición y requisitos	49
7.2.	Refuerzos de muros	49
7.2.1.	Cuantía mínima.....	49
7.2.2.	Refuerzo vertical mínimo	49
7.2.3.	Refuerzo horizontal mínimo	49
8.	Mampostería no reforzada.....	51
9.	Otros elementos estructurales de mampostería	52
10.	Anexos: confección y ensayos de elementos de mampostería	53
10.1.	Confección y ensayo de prismas de mampostería	53
10.1.1.	Alcance y campo de aplicación.....	53
10.1.2.	Aparatos.....	53
10.1.3.	Dimensiones del prisma.....	53
10.1.4.	Construcción de prismas en laboratorio y en obra	54
10.1.5.	Medición del prisma	55
10.1.6.	Ensayo	55
10.1.7.	Resistencia prismática	55
10.1.8.	Informe de resultados	55
10.2.	Confección y ensayo de muretes de mampostería.....	56
10.2.1.	Alcance y campo de aplicación.....	56
10.2.2.	Aparatos.....	56
11.	Apéndice: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-MP	60

Índice de tablas

Tabla 1: Simbología	15
Tabla 2: Tipos de mortero, dosificación y resistencia mínima a compresión a los 28 días	22
Tabla 3: Clasificación y dosificación por volumen de mortero de relleno	23
Tabla 4: Valores del coeficiente de reducción de resistencia \emptyset	32
Tabla 5: Coeficientes para muros arriostrados con machones.....	35
Tabla 6: Valor del cortante nominal resistido por la mampostería, V_m	45
Tabla 7: Valor máximos para el cortante nominal, V_n	46

Índice de figuras

Figura 1: Carga en la dirección de la diagonal del murete	57
Figura 2: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-MP	60

1. Generalidades

1.1. Definiciones

1.1.1. Definiciones generales

Acciones

Una acción (F) es:

- Una fuerza (carga) aplicada a la estructura (acción directa); ó
- Una deformación impuesta (acción indirecta), por ejemplo, efectos de la temperatura o asientos.

Estados límites últimos:

Son estados asociados al colapso u otras formas de fallo estructural, que puedan poner en peligro la seguridad de las personas.

Estados límites de utilización (o estados límite de servicio):

Son estados que si se sobrepasan no se cumplen los criterios de servicio especificado.

Estructura

Combinación organizada de las partes conectadas entre sí proyectada para proveer un cierto grado de rigidez. Este término se refiere a las partes sometidas a carga.

Sistema estructural

Elementos resistentes de la construcción y la forma en que se considera que trabajan a efectos de su modelización.

1.1.2. Definiciones específicas

a. Generalidades

Acero de armar

Acero para armaduras de uso en mampostería.

Aparejo de la fábrica

Disposición regular de las piezas trabadas para que trabajen conjuntamente.

Armadura de tendel

Armadura de acero preferiblemente prefabricada y que se coloca en los tendeles.

Hormigón de relleno

Hormigón con la consistencia y el tamaño del árido adecuado para rellenar cámaras o huecos de la

mampostería.

Llaga o Junta vertical

Junta de mortero perpendicular al tendel y a la cara del muro.

Mampostería

Conjunto trabado de piezas asentadas con mortero.

Mampostería armada

Mampostería en la que se colocan varillas o mallas, generalmente de acero, embebidas en mortero u hormigón, de modo que todos los materiales trabajen en conjunto.

Mampostería confinada

Mampostería construida rígidamente rodeada en sus cuatro lados por pilares y vigas de hormigón armado o de fábrica armada no proyectados para que trabajen como pórticos resistentes a flexión.

Mortero

Mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua y en algunos casos adiciones y aditivos.

Resistencia a compresión del mortero

Resistencia media a compresión de un número especificado de probetas de mortero ensayadas tras 28 días de curado.

Rejuntado

Proceso de rascado, rellenado y acabado de la junta de mortero.

Sutura

Junta de mortero vertical en el espesor del muro, paralela a su cara.

Tendel o Junta horizontal

Junta de mortero entre las tablas de las piezas de mampostería.

b. Piezas de mampostería

Pieza de mampostería

Unidad fabricada, para utilizarse en la construcción de mamposterías.

Soga

Dimensión correspondiente al lado mayor o largo.

Tizón

Dimensión correspondiente al lado intermedio o ancho.

Grueso

Dimensión al lado menor o altura.

Tabla

Cara mayor de una pieza de mampostería (soga x tizón).

Canto

Cara mediana de una pieza de mampostería (soga x grueso).

Testa

Cara menor de una pieza de mampostería (tizón x grueso).

Hueco

Vacío conformado en una pieza que puede o no atravesarla completamente.

Tabiquillo

Material entre huecos de una pieza.

Área bruta

Área de la sección de la pieza sin descontar el área de los huecos.

Resistencia a compresión

Resistencia media a compresión de un número especificado de piezas de mampostería.

c. Clasificación de la mampostería

Los tipos de muros de mampostería a los que se hará referencia en estas normas son los siguientes:

Mampostería reforzada

Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero. El mortero de relleno puede colocarse en todas las celdas verticales o solamente en aquellas donde está ubicado el refuerzo.

Mampostería parcialmente reforzada

Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero.

Mampostería simple (No reforzada)

Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero y que no cumplen las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada.

Mampostería de Muros Confinados

Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado construidos alrededor del muro o piezas de mampostería especiales donde se vacíe el hormigón de relleno logrando un confinamiento a la mampostería. Cuando se empleen estas piezas especiales, éstas pueden ser consideradas como parte del recubrimiento de los elementos de concreto reforzado.

d. Tipos de muros de mampostería

Muro de carga

Muro con área en planta mayor que 0.04 m^2 , proyectado para soportar otras cargas además de su peso propio.

Muro transverso

Muro que soporta acciones horizontales en su plano.

Muro arriostrante

Muro transverso perpendicular a otro muro para arriostrarlo contra acciones laterales o pandeo y estabilizar el edificio.

Muro sin carga

Muro no resistente cuya eliminación no perjudica a la integridad del resto de la estructura.

e. Resistencias de la mampostería

Resistencia a compresión

Es la resistencia a compresión sin tener en cuenta los efectos de las coacciones de sustentación, esbeltez o excentricidad de cargas.

Resistencia a corte

Resistencia de la mampostería sometida a esfuerzos cortantes.

Resistencia a flexión

Resistencia de la mampostería a flexión pura.

Resistencia de anclaje por adherencia

La resistencia de adherencia por unidad de superficie entre la armadura y el hormigón o mortero, cuando la armadura está sometida a esfuerzos de tracción o compresión.

1.2. Simbología

1.2.1. Unidades

Se emplearán las unidades del sistema internacional (S.I.) de acuerdo con la Norma ISO 1000.

Para el cálculo se utilizarán las siguientes unidades:

- Aceleraciones: m^2/s
- Alturas: m
- Áreas: m^2
- Fuerzas y cargas: kN o kN/m^2
- Masas: kg
- Momentos: KN.m
- Periodos: s
- Peso específico: kg/m^3
- Presión: Pa o N/m^2
- Resistencias: kPa
- Velocidad: m/s

1.2.2. Simbología

Símbolo	Definición
a	Profundidad del bloque equivalente de compresión (tomar 0.85c) (mm).
A_e	Área efectiva de la sección de mampostería (mm^2).
A_{mv}	Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm^2).
A_{s1}	Área del refuerzo a tracción equilibrado por la compresión en la mampostería (mm^2).
A_{s2}	Área del refuerzo a tracción equilibrado por el refuerzo de compresión (mm^2).
A_{se}	Área efectiva del refuerzo en tracción (mm^2).

Símbolo	Definición
A_{st}	Área total del acero de refuerzo longitudinal del elemento de confinamiento (mm^2).
A_v	Área del refuerzo para cortante (mm^2).
b	Ancho efectivo de la sección de muro para efectos de pandeo en el plano del muro (mm).
c	Profundidad del eje neutro en la zona de compresión (mm).
d	Distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción (mm).
d'	Distancia desde el centroide del refuerzo en compresión flexión hasta la fibra extrema en compresión (mm).
E_m	Módulo de elasticidad de la mampostería (MPa).
E_r	Módulo de elasticidad del mortero de relleno (MPa).
E_s	Módulo de elasticidad del acero de refuerzo (MPa).
f_r	Módulo de ruptura de la mampostería (MPa).
f'_m	Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).
f'_{cr}	Resistencia a la compresión del mortero de relleno (MPa).
f'_u	Resistencia especificada a la compresión de la unidad de Mampostería medida sobre Área neta (MPa).
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa).
f'_{cp}	Resistencia especificada a la compresión del mortero de pega (MPa).
G_m	Módulo de cortante de la mampostería (MPa).

Símbolo	Definición
G_r	Módulo de cortante del mortero de relleno, MPa
h	Altura de la unidad de Mampostería (mm).
h'	Longitud de la diagonal del paño de muro entre elementos de confinamiento, o altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo (mm).
i	Índice de macizo (adimensional)
K	Recubrimiento del refuerzo
k_p	Factor de corrección por absorción de la unidad (adimensional): <ul style="list-style-type: none"> • 1.4 para unidades de concreto • 0.8 para unidades de arcilla
l_d	Longitud de desarrollo
l_{de}	Longitud de desarrollo efectiva
l_w	Longitud horizontal total del muro, medida centro a centro entre columnas de confinamiento de borde (mm).
M_{cr}	Momento de agrietamiento del muro de mampostería.
M_n	Momento resistente nominal del muro.
M_u	Momento mayorado solicitado de diseño del muro.
P_b	Carga axial nominal balanceada, en N.
P_n	Resistencia nominal a carga axial, en N
P_o	Máxima resistencia axial teórica, N.

Símbolo	Definición
P_u	Fuerza axial de diseño solicitada en compresión sobre el muro, en N.
R_e	Coefficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión
ρ_n	Cuantía de refuerzo horizontal que resiste cortante en un muro en un plano perpendicular al plano A_{mv}
s	Separación del refuerzo de corte medida a lo largo del eje vertical del muro, en mm.
t	Espesor efectivo del elemento para evaluar efectos de pandeo, en mm.
U	Resistencia requerida para resistir las cargas mayoradas o momentos y fuerzas internas correspondientes
V_m	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por la mampostería, en N.
V_n	Fuerza cortante resistente nominal del muro, en N.
V_s	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo cortante, en N.
V_u	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro, en N.
\emptyset	Coefficiente de reducción de resistencia.

Tabla 1: Simbología

1.3. Marco normativo

1.3.1. Normas ecuatorianas de la construcción

- [NEC-SE-CG](#): Cargas (no sísmicas)
- [NEC-SE-DS](#): Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente
- [NEC-SE-RE](#): Riesgo sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras
- [NEC-SE-GM](#): Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
- [NEC-SE-HM](#): Estructuras de Hormigón Armado
- [NEC-SE-AC](#): Estructuras de Acero
- [NEC-SE-MP](#): Estructuras de Mampostería Estructural
- [NEC-SE-MD](#): Estructuras de Madera
- [NEC-SE-VIVIENDA](#): Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m

1.3.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-MP de las NECs

- Unidades: se emplearán las unidades del S.I. de acuerdo con la Norma [ISO 1000](#).
- Anclaje en la cimentación del refuerzo de los muros: parte cimentaciones del [ACI 318](#).
- Refrentados de las caras de apoyo y de las zonas de apoyo del cabezal: la resistencia debe determinarse usando la correspondiente norma [ASTM](#).

2. Alcances y requisitos generales

2.1. Alcances

Este capítulo presenta criterios y requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de mampostería simple, mampostería armada y mampostería confinada, de hasta 4 pisos. Estructuras para vivienda de 1 y 2 pisos con luces de hasta 5 m pueden diseñarse de acuerdo a la [NEC-HS-VIDRIO](#).

Los requisitos indicados en este capítulo, están dirigidos a lograr un comportamiento apropiado de las construcciones en mampostería estructural bajo condiciones de carga definidas en la [NEC-SE-CG](#).

Se diseñarán estructuras capaces de resistir a todos los esfuerzos internos esperados (compresión, tracción, flexión, torsión, etc. y sus combinaciones), a deformarse y a desplazarse de manera admisible.

2.2. Justificación estructural

2.2.1. Requisitos generales y metodologías de justificación estructural

Los requisitos se cumplirán eligiendo los materiales apropiados, el proyecto y los detalles correctos y estableciendo métodos de control de producción, construcción y uso aplicables a dicho proyecto.

Una estructura se proyectará y ejecutará de modo que:

- Se mantenga apta para el uso requerido con una probabilidad aceptable, considerando la vida prevista del edificio y su costo.
- Soporte las acciones e incidencias que puedan producirse, tanto durante la ejecución y uso con una apropiada fiabilidad, y tenga una durabilidad acorde al costo del mantenimiento.

Las estructuras de mampostería deberán diseñarse por el **método del estado límite** de resistencia.

Sin embargo, también se permite el diseño de estas estructuras por el **método de los esfuerzos admisibles**.

2.2.2. Estados límite

Estados límites son estados que si se sobrepasan, la estructura no satisface las exigencias de comportamiento.

Se clasifican en:

- estados límites últimos
- estados límites de utilización

a. Estados límites últimos

Son estados asociados al colapso u otras formas de fallo estructural, que puedan poner en peligro la seguridad de las personas.

Los estados límites últimos que deben considerarse son:

- Pérdida de equilibrio de la estructura o de una parte de la misma, considerada como cuerpo rígido.
- Fallo por deformación excesiva, rotura o inestabilidad de la estructura o de una parte de la misma, incluso sustentaciones y cimentaciones.

b. Estados límites de utilización

Son estados que si se sobrepasan no se cumplen los criterios de servicio especificado.

Los estados límites últimos que se incluyen son:

- Deformaciones que puedan afectar a la apariencia o al uso de la estructura (incluyendo el mal funcionamiento de máquinas o servicios) o causar daños a los acabados o a elementos no estructurales.
- Vibraciones que molesten a las personas, dañen al edificio o a su contenido, o limiten su efectividad funcional.

2.3. Planos y memorias

2.3.1. Planos estructurales

Además de los requisitos correspondientes que deben cumplir los planos estructurales, estos deben especificar y detallar los siguientes puntos:

- Características de las unidades de mampostería utilizadas en el diseño.
- Valor o valores de la resistencia nominal a la compresión de la mampostería utilizada en el proyecto, especificada respecto al área neta promedio de la sección (f'_m).
- Definición del tipo de mortero de pega (M5, M10, M15).
- Ubicación de las celdas y cavidades que deben inyectarse con mortero de relleno.
- Definición del tipo de mortero de relleno indicando su resistencia mínima a la compresión.
- Tamaño y localización de todos los elementos especificados.
- Tamaño especificado, resistencia, tipo y localización de los refuerzos, anclajes mecánicos y conectores utilizados en el diseño.
- Ubicación, tamaño y característica de las juntas de control y de las juntas de construcción.

2.3.2. Memorias

- Las memorias de un proyecto de Edificación de Mampostería Estructural deben contener, entre otras cosas los siguientes puntos:
- Descripción global del proyecto.
- Características de los materiales utilizados en la mampostería.
- Método de Análisis y diseño adoptado.
- Resultados.

3. Materiales en la mampostería estructural

3.1. Generalidades

3.1.1. Introducción

Un material de construcción, es cualquier producto procesado o fabricado destinado a ser incorporado con carácter permanente en cualquier obra, sea de edificación o de ingeniería civil.

En general, los materiales de construcción deben cumplir estos requisitos:

- Resistencias mecánicas acordes con el uso que recibirán.
- Estabilidad química (resistencia a agentes agresivos).
- Estabilidad física (dimensional).
- Seguridad para su manejo y utilización.
- Protección de la higiene y salud de obreros y usuarios.
- No conspirar contra el ambiente.
- Aislamiento térmico y acústico (colaborar en el ahorro de energía).
- Estabilidad y protección en caso de incendio (resistencia al fuego).
- Comodidad de uso, estética y economía.

3.1.2. Requisitos y normas que deben cumplir los materiales de construcción

Los materiales de construcción, serán evaluados y verificados por los organismos competentes, para que cumplan con los requisitos, conforme con el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN) y la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) que se encuentren vigentes.

En el caso que el RTE INEN ó la NTE INEN no se encuentren actualizados, se remitirán a los requisitos dados en las normas ASTM vigentes.

3.1.3. Tipos de piezas de mampostería

Se establece la siguiente clasificación:

- Piezas de arcilla.
- Piezas silicio – calcáreas.
- Piezas de hormigón.

3.1.4. Cemento y cal: requisitos de calidad

Los materiales utilizados para la construcción de estructuras de mampostería estructural distintas a las que se definen en la [NEC-HS-VIDRIO](#), cumplirán los requisitos de calidad que se especifican en esta sección.

El cemento utilizado estará en condiciones apropiadas para su uso y será del tipo y clase al indicado en las dosificaciones para la elaboración del concreto y morteros. Se deben satisfacer los requisitos indicados en las siguientes normas:

- Cemento hidráulico: [NTE INEN 0152](#) (ASTM C150), [NTE INEN 0490](#) (ASTM C595) y [NTE INEN 2380](#) (ASTM C1157).
- Cal viva: [NTE INEN 0248](#) (ASTM C5).
- Cal hidratada: [NTE INEN 0247](#) (ASTM C207).

3.2. Mortero de pega

Los morteros de pega, deben cumplir con la norma [NTE INEN 0247](#) (ASTM C207). Estos morteros deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento; y, además garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante.

3.2.1. Dosificación del mortero de pega

Para la dosificación de los componentes de los morteros de pega, se realizarán previamente ensayos de laboratorio o se utilizarán experiencias en obras similares. Serán clasificados según la dosificación mínima de sus componentes y con la resistencia a la compresión. Esta clasificación se muestra en la [Tabla 2](#).

Tipo de mortero	Resistencia mínima compresión días (MPa)	a 28	Composición en partes por volumen		
			Cemento	Cal	Arena
M20	20.0		1	-	2.5
M15	15.0		1	-	3.0
			1	0.5	4.0
	10.0		1	-	4.0

Tipo de mortero	Resistencia mínima a compresión (MPa) a 28 días	Composición en partes por volumen		
		Cemento	Cal	Arena
M10		1	0.5	5.0
M5	5.0	1	-	6.0
		1	1.0	7.0
M2.5	2.5	1	-	7.0
		1	2.0	9.0

Tabla 2: Tipos de mortero, dosificación y resistencia mínima a compresión a los 28 días

3.2.2. Uso de la cal

La cal utilizada en la preparación del mortero de pega, será cal hidratada y se verificará que ésta no sea perjudicial a ninguna de las propiedades del mortero.

3.2.3. Agregados

Los agregados para el mortero de pega, deben cumplir con la norma [NTE INEN 2536 \(ASTM C144\)](#) y estar libres de materiales contaminantes que puedan deteriorar las propiedades del mortero.

3.2.4. Agua

El agua utilizada para el mortero de pega debe estar libre de elementos perjudiciales tales como aceites, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que puedan ser dañinas para el mortero o el refuerzo embebido.

3.3. Mortero de relleno

Los morteros de relleno deben cumplir con la norma [ASTM C476](#). Estos morteros, tendrán buena consistencia y fluidez suficiente para penetrar en las celdas de inyección sin segregación.

3.3.1. Dosificación del mortero de relleno

La dosificación de los componentes del mortero de relleno, se basará en ensayos previos de laboratorio o en experiencias de obras similares. Se clasifican de acuerdo con la dosificación

mínima de sus componentes y con la resistencia a la compresión. Esta clasificación se muestra en la [Tabla 3](#).

Tipo de mortero	Cemento hidráulico	Agregados / cemento			
		Fino		Grueso (tamaño < 10 mm)	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Fino	1	2.25	3.5	-	-
Grueso	1	2.25	3.0	1	2

Tabla 3: Clasificación y dosificación por volumen de mortero de relleno

3.3.2. Resistencia a compresión del mortero de relleno (f'_{cr})

La resistencia a la compresión del mortero de relleno, medida a los 28 días, tendrá un valor tal como:

$1.2 f'_m \leq f'_{cr} \leq 1.5 f'_m$ $f'_{cr} \geq 10 \text{ MPa}$ Dónde: f'_{cr} Resistencia a la compresión del mortero de relleno (MPa). f'_m Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).
--

3.3.3. Cal

La cal utilizada en la preparación del mortero de relleno, cumplirá con la norma [NTE INEN 0247](#) (ASTM C207) con una dosificación máxima del 10% del volumen del cemento.

3.3.4. Agregados

Los agregados para el mortero de relleno, cumplirán con la norma [ASTM C404](#) y estarán libres de materiales contaminantes que puedan deteriorar las propiedades del mortero.

El tamaño máximo del árido, no será mayor que 10 mm cuando el hormigón rellene huecos de dimensión no menor que 50 mm o cuando el recubrimiento de las armaduras esté entre 15 mm y 25 mm. No será mayor que 20 mm cuando el hormigón rellene huecos de dimensión no menor que 100 mm o cuando el recubrimiento de la armadura no sea menor que 25 mm.

3.3.5. Agua y aditivos

El agua utilizada para la preparación del mortero de relleno, estará libre de elementos perjudiciales, tales como aceites, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que sean dañinas para el mortero o el acero de refuerzo embebido.

3.4. Propiedades mecánicas de la mampostería

3.4.1. Propiedades mecánicas intrínsecas

La mampostería posee propiedades mecánicas intrínsecas, entre las que se citan las siguientes:

Dónde:

f'_m Resistencia a compresión .

f_v Resistencia a corte .

f_x Resistencia a flexión

σ - ϵ Relación tensión deformación

La resistencia a tracción de la mampostería, se puede despreciar en los cálculos.

3.4.2. Determinación de la resistencia de la mampostería a la compresión f'_m

La resistencia a compresión de la mampostería, se puede determinar de dos maneras:

- Experimental
- Teórica.

Para el efecto se aplicarán los procedimientos establecidos en la norma [ACI 530](#) u otros procedimientos aplicables.

4. Requisitos constructivos para mampostería estructural

4.1. Detalles del refuerzo

4.1.1. Generalidades

El acero de refuerzo debe satisfacer los requisitos indicados en esta sección. Durante el almacenamiento y colocación, estará protegido de la corrosión y previo a la fundición de un elemento estructural, estará libre de grasas, aceites, polvo o cualquier material que deteriore la adherencia entre éste y el hormigón.

4.1.2. Embebido

Todo refuerzo que se emplee en los diferentes tipos de mampostería estructural debe estar embebido en concreto, mortero de relleno o mortero de pega, y debe estar localizado de tal manera que se cumplan los requisitos mínimos de recubrimiento mínimo, anclaje, adherencia y separación mínima y máxima con respecto a las unidades de mampostería y a otros refuerzos.

4.1.3. Diámetros máximos y mínimos permitidos para el refuerzo

Los refuerzos que se empleen en la mampostería estructural deben cumplir los diámetros máximos y mínimos expuestos en este párrafo.

a. Para refuerzo longitudinal en celdas y cavidades que se inyectan

El refuerzo longitudinal que se coloca dentro de celdas de unidades de perforación vertical, celdas de unidades especiales tipo viga o cavidades que posteriormente se inyectan con mortero debe cumplir los siguientes requisitos:

- El diámetro mínimo es 10 mm.
- Para muros con espesor nominal de 200 mm o más no puede tener un diámetro mayor que 25 mm.
- Para muros de menos de 200 mm. de espesor nominal no puede tener un diámetro mayor que 20 mm.
- El diámetro no puede exceder la mitad de la menor dimensión libre de la celda.

b. Refuerzo de tendel

El refuerzo horizontal colocado en los tendeles debe cumplir los siguientes requisitos:

- El diámetro debe ser mínimo de 4 mm.
- El diámetro no puede exceder la mitad del espesor del tendel.

c. Refuerzo longitudinal y transversal en elementos de confinamiento

Los diámetros mínimos y máximos que debe cumplir el refuerzo longitudinal y transversal en los elementos de confinamiento de la mampostería confinada, están indicados en la [NEC-HS-VIDRIO](#).

4.1.4. Límites de colocación del refuerzo

Se establecen los siguientes límites respecto a la colocación del refuerzo en la mampostería estructural:

a. Numero de varillas por celda vertical

En la mampostería de unidades de perforación vertical solo debe colocarse una varilla de refuerzo vertical por celda. Cuando la dimensión menor de la celda sea mayor de 140 mm se permite colocar dos varillas por celda siempre y cuando su diámetro no sea mayor de 16 mm.

b. Barras en paquete

Cuando se permiten colocar dos varillas por celda en la mampostería de unidades de perforación vertical, las varillas pueden ser colocadas en paquete y en contacto para actuar como una unidad. Los puntos de corte de las varillas individuales de un paquete deben estar espaciados como mínimo 40 veces el diámetro de la varilla.

c. Distancia entre la varilla y el borde interior de la celda

El espesor de mortero de relleno entre el refuerzo y la unidad de mampostería no debe ser menor de 13 mm.

d. Recubrimiento del refuerzo

La distancia de recubrimiento de las varillas de refuerzo en mampostería de unidades de perforación vertical es la siguiente:

e. Recubrimiento de las varillas colocadas en celdas

Las varillas de refuerzo deben tener un recubrimiento incluyendo el mortero de relleno y la pared de la unidad de mampostería no menor a los dos valores siguientes:

- Para mampostería expuesta al contacto con la tierra o intemperie:
 - 51 mm para varillas mayores a 16 mm.
 - 38 mm para varillas menores o iguales a 16 mm.
- Para mampostería no expuesta al contacto con la tierra o intemperie:
 - 38 mm.

4.1.5. Recubrimiento de las varillas colocadas en tendeles

El refuerzo horizontal debe estar completamente embebido en mortero de pega con un recubrimiento mínimo de 12 mm cuando la mampostería está en contacto con la tierra o intemperie, y 6 mm cuando no se encuentra en contacto con la tierra o intemperie.

4.1.6. Longitud de desarrollo y de empalme

a. Longitud de desarrollo

La longitud de desarrollo l_d para varillas corrugadas embebidas en mortero de relleno en tracción o en compresión, viene dada por la siguiente ecuación:

$$l_d = \frac{l_{de}}{\phi} \geq 300mm$$

Dónde:

$$l_{de} = \frac{1.8d_b^2 f_y}{K \sqrt{f'_m}} \leq 52d_b$$

l_d Longitud de desarrollo

l_{de} Longitud de desarrollo efectiva

K Recubrimiento del refuerzo, y no debe exceder de $5d_b$

ϕ Coeficiente de reducción de resistencia ($\phi = 1.5$ para desarrollo del refuerzo)

f'_m Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).

d Distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción (mm).

f_y Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa).

b Ancho efectivo de la sección de muro para efectos de pandeo en el plano del muro (mm).

Para varillas lisas, la longitud de desarrollo será el doble de la obtenida para varillas corrugadas.

b. Longitud de empalme por traslazo

La longitud de empalme por traslazo se debe tomar igual a la longitud de desarrollo l_d . Las varillas unidas por medio de empalmes por traslazo que no estén en contacto, no deben estar espaciadas transversalmente más de una quinta parte de la longitud requerida de traslazo ni más de 200 mm.

4.1.7. Empalmes mecánicos o soldados

Los empalmes mecánicos o soldados deben ser capaces de resistir por lo menos 1.25 veces f_y de la barra.

4.1.8. Ganchos estándar

Los ganchos estándar en esta norma tienen las siguientes características:

- Un doblez de 180° mas una extensión recta de al menos 4 veces el diámetro de la varilla pero no menor de 64 mm. en el extremo libre de la varilla.
- Un doblez de 90° mas una extensión recta de al menos 12 veces el diámetro de la varilla en

el extremo libre de la varilla.

- Un dobléz de 135° mas una extensión recta de al menos 6 veces el diámetro de la varilla en el extremo libre de la varilla.

4.1.9. Diámetros mínimos de dobléz para varillas de refuerzo

Diámetro de las barras	Valor de f_y	diámetro Mínimo de dobléz
ϕ 10 mm a ϕ 22 mm	240 MPa	$5d_b$
ϕ 10 mm a ϕ 25 mm	420 MPa	$6d_b$

4.2. Cimentaciones

4.2.1. Requisitos constructivos para cimentaciones

Las características propias de las cimentaciones para mampostería estructural, obedecen a las condiciones del suelo de cimentación y del proyecto en sí mismo.

4.2.2. Anclaje en la cimentación del refuerzo de los muros

Todos los refuerzos verticales de los muros estructurales deben quedar anclados de acuerdo a lo que especifica el [ACI 318](#) en la parte de cimentaciones, mediante varillas de empalme que sobresalgan la longitud necesaria para realizar el traslapo.

4.2.3. Tolerancia de localización del refuerzo de empalme con el muro

La tolerancia de colocación longitudinal y transversal de la varilla de empalme debe ser como máximo una cuarta parte de la dimensión de la celda en cada sentido. En caso de que se exceda esta tolerancia, la posición de la varilla de empalme se puede corregir con inclinación suave 1H:16V. Se prohíbe la corrección brusca de la posición de la barra de empalme.

4.3. Tuberías

4.3.1. Tuberías embebidas

Se pueden embeber tuberías en los muros de mampostería siempre y cuando se coloquen en celdas no inyectadas y que tengan un diámetro inferior a la menor dimensión de la celda.

4.3.2. Regatas

Se prohíbe la colocación de tuberías en los muros de mampostería estructural de unidades de perforación vertical mediante regatas.

4.4. Elementos de concreto reforzado dentro de la mampostería estructural

Se permite el empleo de elementos de concreto reforzado embebidos dentro de la mampostería estructural, o en combinación con ella, en elementos tales como dinteles, vigas, elementos conectores de diafragmas, machones, etc. para los casos diferentes a los contemplados explícitamente dentro de cada uno de los tipos de mampostería estructural.

Los enchapes realizados con piezas de mampostería cuando se utilicen como formaleta para vaciar el concreto, pueden considerarse como parte del recubrimiento de los elementos de concreto reforzado.

4.5. Juntas de control

Deben proveerse juntas de control en los muros para permitir los movimientos relativos previstos en la construcción, en los siguientes sitios:

- En donde la altura del muro cambia de manera apreciable.
- En cambios de espesor en la longitud del muro.
- Cuando está previsto así su funcionamiento en el diseño.
- En empates con elementos estructurales de función diferente y no integrados a la función del muro.
- En donde haya juntas de control en la fundación, en las losas ó en las cubiertas.
- En antepechos de ventanas cuando así se haya previsto.

4.5.1. Distancia entre juntas de control

La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m. Esta distancia puede aumentarse en caso de que haya evidencia técnica que se lo permita.

4.5.2. Configuración de la juntas de control

La junta de control se configura con las unidades de mampostería apropiadas para tal función. En ausencia de unidades especiales para junta, esta debe ser diseñada y detallada en los planos de construcción. En todos los casos se debe garantizar que no haya movimiento diferencial en la dirección transversal, entre los muros separados por la junta.

4.6. Ventanas de inspección y limpieza

Deben dejarse ventanas de inspección y limpieza en la base de los muros en cada celda con refuerzo vertical, cumpliendo los siguientes requisitos:

Las dimensiones de las ventanas no deben ser menores de 75 mm x 75 mm, ni mayores de 100 mm x 100 mm.

Cuando se hagan inyecciones parciales en altura no se requiere el uso de ventana de inspección si la porción de muro de inyectar no supera 1.4 metros.

Se deben retirar las rebabas internas y externas de la junta de pega.

4.7. Otros requisitos constructivos para mampostería estructural

El diseñador se podrá referir al [capítulo D4 del título D](#) de la [NSR 2010](#) por lo que trata de:

- actividades preliminares a la construcción
- requisitos constructivos para muros de mampostería
- requisitos constructivos para losas de entrepiso
- apuntalamiento de muros
- curado de muros de mampostería

5. Requisitos generales de análisis y diseño

5.1. Hipótesis y principios generales

5.1.1. Generalidades

El análisis y diseño de la mampostería estructural deberán hacerse utilizando métodos racionales basados en principios aceptados por la ingeniería, de tal forma que reflejen las características y propiedades de los materiales y los métodos constructivos.

Se usarán los métodos definidos en la sección [2.2](#).

Se deberá cumplir la siguiente condición:

$$\text{Resistencia de Diseño} = \emptyset \times \text{Resistencia Nominal} \geq \text{Resistencia Requerida} = U$$

Dónde:

\emptyset Coeficiente de reducción de resistencia

U Resistencia Requerida

Véase la sección [5.2](#).

5.1.2. Hipótesis de diseño

Las hipótesis para el cálculo de elementos de mampostería armada sometidos a compresión o flexión simple o compuesta son:

- La sección se mantiene plana.
- La resistencia a tracción de la mampostería es nula.
- Máxima deformación
 - La máxima deformación a compresión de la fábrica depende del material.
 - La máxima deformación a tracción de la armadura depende del material.
- Diagrama tensión-deformación
 - El diagrama tensión-deformación de la mampostería será rectangular.
 - El diagrama tensión-deformación de la armadura es el adoptado para un acero de $f_y = 420$ MPa.
- Deformación unitaria
 - La armadura tiene la misma variación de deformación unitaria que la mampostería.
 - En secciones con solo esfuerzo normal a compresión, la deformación unitaria se

limita a 0.002.

- En secciones no totalmente comprimidas, la deformación unitaria límite a compresión se tomará igual a 0.0035.
 - En situaciones intermedias, el diagrama se define admitiendo que la deformación unitaria es 0.002 a 3/7 de la altura de la sección, medida desde la cara más comprimida.
- Cuando una zona comprimida incluya parte de mampostería y parte de hormigón, como resistencia de cálculo a compresión se tomará la del material menos resistente.

5.2. Valores de resistencia de los elementos estructurales

5.2.1. Resistencia requerida

La resistencia requerida de los elementos de mampostería estructural se obtiene como el valor máximo de las solicitaciones resultantes de la aplicación de diferentes cargas y de sus combinaciones, tal como definido en la [NEC-SE-CG](#).

5.2.2. Resistencia de diseño

La resistencia de diseño que tiene un elemento, en términos de momento flector, axial, cortante y torsión, debe ser igual a su resistencia nominal calculada de acuerdo con los requisitos y suposiciones de la presente sección, multiplicada por un coeficiente de reducción de resistencia ϕ , tal como indicado en la sección [5.2.3](#).

5.2.3. Coeficiente de reducción de resistencia ϕ

a. Fuerzas paralelas y perpendiculares al plano del muro

Fuerzas	Coeficiente de reducción de resistencia ϕ
Fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro	
Flexión y Flexo-compresión	0.80
Cortante	0.60
Fuerzas horizontales paralelas al plano del muro	
Flexión	0.85
Compresión y Flexo-compresión	0.60

Tabla 4: Valores del coeficiente de reducción de resistencia ϕ

b. Valores de ϕ para muros

Para muros con refuerzo simétrico y que $f_y \leq 420$ MPa, se puede incrementar ϕ linealmente hasta 0.85, en la medida que ϕP_n disminuye desde $0.10f'_m A_e$ ó $0.25P_b$ hasta 0.

Dónde:

f_y Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa).

P_n Resistencia nominal a carga axial (en N)

A_e Área efectiva de la sección de mampostería (mm²).

P_b Carga axial nominal balanceada (en N).

Para muros con todas sus celdas inyectadas, P_b puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$P_b = 0.85 \cdot f'_m \cdot a_b$$

Dónde:

f'_m resistencia a compresión de la mampostería

P_b Carga axial nominal balanceada (en N).

$$a_b = 0.85d \frac{\epsilon_{mu}}{\epsilon_{mu} + \frac{f_y}{E_s}}$$

Este valor puede incrementarse a $\phi = 0.85$ en muros donde la resistencia nominal a cortante excede el cortante correspondiente al desarrollo de su resistencia nominal a flexión para la combinación de fuerzas mayoradas.

c. Valores de ϕ para el refuerzo

Para el refuerzo embebido en mortero de relleno:

- Desarrollo del refuerzo y empalmes por traslapo: $\phi = 0.80$

5.3. Módulos de elasticidad y de cortante

5.3.1. Módulo de elasticidad

Para los módulos de elasticidad se deben tomar los siguientes valores:

a. Acero de refuerzo

El valor para el módulo de elasticidad del acero de refuerzo debe tomarse como:

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Dónde:

E_s Módulo de elasticidad del acero de refuerzo (MPa)

b. Mampostería

El valor para el módulo de elasticidad de la mampostería se debe establecer por medio de ensayos de laboratorio de muretes fabricados y ensayados, calculando en la curva esfuerzo-deformación obtenida en el ensayo la pendiente de la secante desde $0.05f'_m$ hasta $0.33 f'_m$. Los registros históricos del módulo de elasticidad determinado experimentalmente para proyectos en construcción, pueden utilizarse en diseños posteriores de obras con materiales similares.

En ausencia de los valores experimentales, pueden emplearse los siguientes:

Mampostería en concreto: $E_m = 900 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$

Mampostería en arcilla: $E_m = 750 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$

Dónde:

E_m Módulo de elasticidad de la mampostería

f'_m Resistencia a compresión de la mampostería

c. Mortero de relleno

El valor para el módulo de elasticidad del mortero de relleno se debe establecer por medio de ensayos de laboratorio de cilindros fabricados y ensayados. En ausencia de valores experimentales, puede emplearse el siguiente:

$E_r = 2500 (f'_{cr})^{1/2} \leq 20000 \text{ MPa}$

Dónde:

E_r Módulo de elasticidad del mortero de relleno (MPa).

f'_{cr} Resistencia a la compresión del mortero de relleno (MPa)

5.3.2. Módulo de cortante

Para los módulos de cortante se deben tomar los siguientes valores:

Mampostería $G_m = 0.4E_m$

Mortero de relleno $G_r = 0.5E_r$

Dónde:

E_m Módulo de elasticidad de la mampostería (MPa).

E_r Módulo de elasticidad del mortero de relleno (MPa).

G_m Módulo de cortante de la mampostería (MPa).

G_r Módulo de cortante del mortero de relleno (MPa).

5.4. Dimensiones efectivas

5.4.1. Área efectiva (A_E) para el cálculo de esfuerzos axiales

El área efectiva a utilizar para el cálculo de los esfuerzos axiales debe ser la suma del área mínima de contacto entre el mortero de pega y la unidad de mampostería y el área neta inyectada. Cuando la junta de mortero sea ranurada el área efectiva debe reducirse proporcionalmente. En la mampostería confinada incluye el área de los elementos de confinamiento.

5.4.2. Espesor efectivo (t) para evaluar el efecto de pandeo

El espesor efectivo t a utilizar para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo, se debe tomar de la siguiente forma:

- Para muros sin machones o columnas de arriostramiento, el espesor efectivo es su espesor real.
- Para muros arriostrados a distancias regulares por machones integrados monolíticamente al muro, el espesor efectivo es el producto del espesor real del muro por el coeficiente de la [Tabla 5](#).
- En elementos de sección rectangular se debe considerar como espesor efectivo la dimensión de la sección en la dirección considerada. Para secciones no rectangulares se debe considerar como espesor efectivo en cada dirección el espesor de una sección rectangular de igual ancho e inercia equivalente.

$\frac{\text{Espaciamiento machón}}{\text{Espesor machón}}$	$\frac{\text{Espesor machón}}{\text{Espesor muro}}$		
	1	2	3
6 ó menos	1	1.4	2
8	1	1.3	1.7
10	1	1.2	1.4
15	1	1.1	1.2
20 ó más	1	1	1

Tabla 5: Coeficientes para muros arriostrados con machones

Nota: Para valores intermedios se puede interpolar

5.4.3. Altura efectiva (h') para evaluar el efecto de pandeo

- En elementos soportados lateralmente arriba y abajo en la dirección considerada, como la distancia libre entre apoyos.
- En elementos no soportados en un extremo en la dirección considerada, como el doble de la dimensión medida desde el apoyo.
- Cuando se justifique apropiadamente, se puede utilizar como altura efectiva una dimensión menor a la distancia libre entre apoyos.

Para muros estructurales, se debe cumplir la siguiente relación:

$$\frac{h'}{t} \leq 25$$

Dónde:

h' Longitud de la diagonal del paño de muro entre elementos de confinamiento, o altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo (mm).

t Espesor efectivo del elemento para evaluar efectos de pandeo, en mm.

5.4.4. Ancho efectivo (b) para flexión

El ancho efectivo para ser empleado en los cálculos de la resistencia a flexión y flexo-compresión de muros de mampostería construidos con unidades de perforación vertical, debe tomarse de la siguiente manera:

Para flexión perpendicular al plano del muro

Cuando la dirección de las fuerzas horizontales es perpendicular al plano del muro, e inducen flexión o flexo-compresión con respecto a un eje paralelo al muro, el ancho efectivo b que se debe tomar para efectos de diseñar la sección es, para aparejo trabado, la mayor entre 6 veces el ancho nominal del muro y la distancia centro a centro entre refuerzos verticales. En la mampostería con todas sus celdas inyectadas, la sección se considera sólida y no hay necesidad de aplicar las reducciones indicadas anteriormente.

Para flexión paralela al plano del muro

Cuando la dirección de las fuerzas horizontales es paralela al plano del muro, e inducen flexión o flexo-compresión con respecto a un eje perpendicular al plano del muro, el ancho efectivo b que se debe tomar para efectos de diseñar la sección es igual al ancho sólido promedio del muro. El ancho efectivo b , corresponde al área efectiva dividida por la longitud horizontal del muro ($b=A_e/l_w$).

5.4.5. Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (A_{mv})

El área efectiva para calcular esfuerzos cortantes en muros de mampostería construidos con unidades de perforación vertical, debe tomarse de la siguiente manera:

a. Para cortante en la dirección perpendicular al plano del muro

Cuando la dirección de la fuerza horizontal es perpendicular al plano del muro, e induce esfuerzos

cortantes en esa dirección, el área efectiva para cortante es igual a A_e ($A_{mv} = A_e$), excepto cuando se emplea mortero de pega sólo en las paredes laterales de la unidad de perforación vertical, caso en el cuál A_{mv} corresponde a la suma de las porciones del muro inyectadas con mortero de relleno, incluyendo las paredes de las unidades de mampostería que las circundan y que tienen mortero de pega.

Dónde:

A_{mv} Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm^2)

A_e Área efectiva de la sección de mampostería (mm^2).

b. Para cortante en la dirección paralela al plano del muro

Cuando la dirección de las fuerzas horizontales es paralela al plano del muro, e induce esfuerzos cortantes en esa dirección, solo el alma de la sección resiste esfuerzos cortantes y A_{mv} es el área neta del alma de la sección.

De manera general:

$$A_{mv} = b l_w$$

Dónde:

A_{mv} Área neta del alma de la sección

b Ancho efectivo del alma

l_w Longitud horizontal total del muro, medida centro a centro entre columnas de confinamiento de borde.

No obstante, cuando hay concentraciones de celdas inyectadas con mortero de relleno en los extremos del muro, el ancho efectivo para este propósito debe calcularse en la zona central del alma.

5.5. Resistencia para cargas axiales a compresión

5.5.1. Condición de resistencia para cargas axiales a compresión

La máxima resistencia de diseño para carga axial de compresión P_u , sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, está dada por la siguiente expresión:

$$P_u \leq \phi P_n = \phi 0.80 P_o R_e$$

Dónde:

P_u Fuerza axial de diseño solicitada en compresión sobre el muro (N),

P_n Resistencia nominal a carga axial (N),

P_o Máxima resistencia axial teórica (N).

Re Coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión

5.5.2. Resistencia nominal para carga axial

La resistencia nominal para carga axial de compresión P_n sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, no puede ser mayor que el valor dado a continuación:

$$P_n = 0.80 P_o R_e$$

Dónde:

P_n Resistencia nominal a carga axial (en N)

P_o Máxima resistencia axial teórica, N.

Re Coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión

5.5.3. Máxima resistencia axial

La máxima resistencia axial teórica del muro sometido a carga axial sin excentricidad, P_o , se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$P_o = 0.85 f'_m (A_e - A_{st}) + A_{st} f_y \leq f'_m A_e$$

Dónde:

P_o Máxima resistencia axial teórica, N

A_e Área efectiva de la sección de mampostería (mm²).

A_{st} Área total del acero de refuerzo longitudinal del elemento de confinamiento (mm²).

f'_m Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).

f_y Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa).

5.5.4. Reducción de resistencia axial por esbeltez

El efecto de la esbeltez del muro en la resistencia nominal para carga axial se obtiene por medio del parámetro R_e :

$$R_e = 1 - \left[h' / 40t \right]^3$$

Dónde:

Re Coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión

h' Longitud de la diagonal del paño de muro entre elementos de confinamiento, o altura efectiva del elemento para evaluar efectos de pandeo (mm).

t Espesor efectivo del elemento para evaluar efectos de pandeo, en mm.

5.6. Resistencia a flexión sin carga axial

5.6.1. Condición de resistencia a flexión sin carga axial

Cuando la sección del muro está sometida a momento flector sin la presencia de carga axial, se debe cumplir la siguiente condición:

$$M_u \leq \phi M_n$$

Dónde:

M_n Momento resistente nominal del muro.

M_u Momento mayorado solicitado de diseño del muro.

5.6.2. Secciones solo con refuerzo a tracción

Cuando la sección del muro está simplemente reforzada, y su cuantía es menor del 75% de la cuantía para condiciones balanceadas, la resistencia nominal a flexión M_n , se puede obtener por medio de la siguiente ecuación:

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Dónde:

M_n Momento resistente nominal del muro.

f_y Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa).

d Distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción (mm).

A_s Área del refuerzo a tracción equilibrado por la compresión en la mampostería (mm²).

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_m b}$$

5.6.3. Secciones con refuerzo a compresión

Cuando la sección del muro tiene refuerzo que trabaja a compresión, y se puede probar que el refuerzo de compresión está en fluencia, la resistencia nominal a flexión M_n , se puede obtener por medio de la siguiente ecuación:

$$M_n = A_{s1} f_y (d - a/2) + A_{s2} f_y (d - d')$$

Dónde:

A_{s1} Área del refuerzo a tracción equilibrado por la compresión en la mampostería (mm²).

A_{s2}	Área del refuerzo a tracción equilibrado por el refuerzo de compresión (mm ²).
d	Distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción (mm).
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa).
M_n	Momento resistente nominal del muro.
d'	Distancia desde el centroide del refuerzo en compresión flexión hasta la fibra extrema en compresión (mm).

5.7. Diseño de muros en la dirección perpendicular a su plano

Los requisitos de esta sección se emplearán para el diseño por el método del estado límite de resistencia, de muros de mampostería estructural de unidades de perforación vertical y de cavidad reforzada para el efecto de las cargas horizontales perpendiculares al plano del muro, además de las fuerzas verticales que actúan sobre el muro.

5.7.1. Resistencia a flexión de muros con carga axial $< 0.10 f'_m A_e$

Cuando la carga axial que actúa sobre el muro P_u en la sección bajo estudio es menor que $0.10 f'_m A_e$, el momento de diseño solicitado, M_u , debe cumplir la condición dada por la ecuación:

$$M_u \leq \phi R_e M_n$$

Dónde:

R_e Coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión (véase la sección [4.4](#))

M_n Momento resistente nominal del muro

M_u Momento mayorado solicitado de diseño del muro

M_n se obtiene por medio de:

$$M_n = A_{se} f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Dónde:

f_y Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa).

A_{se} Área efectiva del refuerzo en tracción (mm²).

P_u Fuerza axial de diseño solicitada en compresión sobre el muro (en N).

b Ancho efectivo de la sección de muro para efectos de pandeo en el plano del muro (mm).

d Distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción (mm).

f'_m Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).

$$A_{se} = \frac{A_s f_y + P_u}{f_y}$$

$$a = \frac{A_s f_y + P_u}{0.85 f'_m b}$$

La cuantía de refuerzo a flexión es tal como:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \leq 0.5 \rho_b$$

Dónde:

b Ancho efectivo de la sección de muro para efectos de pandeo en el plano del muro (mm).

d Distancia de la cara de compresión al centroide del refuerzo en tracción (mm).

A_{s1} Área del refuerzo a tracción equilibrado por la compresión en la mampostería (mm²).

A_{s2} Área del refuerzo a tracción equilibrado por el refuerzo de compresión (mm²).

5.7.2. Resistencia a flexión de muros con carga axial $> 0.10 f'_m A_e$

Cuando la carga axial que actúa sobre el muro P_u en la sección bajo estudio es mayor que $0.1 f'_m A_e$, la relación de esbeltez del muro h'/t no debe ser mayor que 30, y el momento de diseño solicitado, M_u , que acompaña la carga axial P_u , debe cumplir la condición dada por la ecuación:

$$M_u \leq \phi R_e M_n$$

Dónde:

R_e Coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión (véase la sección [4.4](#))

M_n Momento resistente nominal del muro. Se obtiene teniendo en cuenta la interacción entre momento y carga axial, de acuerdo con los principios enunciados y empleando el coeficiente de reducción de resistencia ϕ apropiado.

M_u Momento mayorado solicitado de diseño del muro

Se debe cumplir la siguiente condición con respecto a la fuerza cortante que actúa en la dirección perpendicular al plano del muro:

$$V_u \leq \phi V_n$$

Dónde:

V_n Fuerza cortante resistente nominal del muro (en N).

V_u Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (en N).

$$V_n = \frac{1}{6} A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

Dónde:

V_n Fuerza cortante resistente nominal del muro (N),

A_{mv} Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm^2),

f'_m Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).

5.8. Diseño de muros en la dirección paralela a su plano

Los requisitos de esta sección se emplean para el diseño por el método del estado límite de resistencia, de muros de mampostería estructural de unidades de perforación vertical y de cavidad reforzada para el efecto de las cargas horizontales paralelas al plano del muro, además de las fuerzas verticales que actúan sobre el muro.

5.8.1. Resistencia mínima a la flexión

Cuando el modo de falla dominante del muro es la flexión, la resistencia nominal a flexión del muro M_n debe cumplir la siguiente relación:

$$M_n \geq \alpha M_{cr}$$

$$M_{cr} = \frac{bl_w^2}{6} f_r$$

Dónde:

M_{cr} Momento de agrietamiento que viene dado por la ecuación.

M_n Momento resistente nominal del muro.

α 1.8 para mampostería con todas sus celdas inyectadas con mortero de relleno.

α 3.0 para mampostería donde solo están inyectadas las celdas que contienen refuerzo.

f_r Módulo de ruptura de la mampostería y que se obtiene así:

Mampostería con todas sus celdas inyectadas:

$$f_r = 0.33 \sqrt{f'_m} \leq 1.6 \text{MPa}$$

Dónde:

f_r Módulo de ruptura de la mampostería

$f'm$ Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).

Mampostería con solo las celdas con refuerzo inyectado:

$$f_r = 0.21\sqrt{f'_m} \leq 0.8MPa$$

Dónde:

f_r Módulo de ruptura de la mampostería

$f'm$ Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).

5.8.2. Resistencia a la flexocompresión

El momento de diseño solicitado, M_u , que acompaña la carga axial P_u debe cumplir la condición anterior para el nivel de carga P_u .

$$M_u \leq \phi M_n$$

Dónde:

M_u Momento mayorado solicitado de diseño del muro.

M_n Momento resistente nominal del muro.

M_n se obtiene teniendo en cuenta la interacción entre momento y carga axial, de acuerdo con los principios enunciados, los cuales permiten calcular un diagrama de interacción del muro, empleando el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ apropiado y que depende del nivel de carga axial.

5.8.3. Resistencia a cortante en la dirección paralela al plano del muro

Se debe cumplir la siguiente condición con respecto a la fuerza cortante que actúa en la dirección perpendicular al plano del muro.

$$V_u \leq \phi V_n$$

Dónde:

V_u Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (en N).

V_n Fuerza cortante resistente nominal del muro (en N).

V_s Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo cortante (en N).

$$V_n = V_m + V_s$$

V_n	Fuerza cortante resistente nominal del muro (en N).
V_m	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por la mampostería (en N).
V_s	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo cortante (en N).

Si $V_u \geq \phi V_m$, entonces el refuerzo debe tomar todo el esfuerzo cortante y V_m y V_s se calcula de acuerdo a lo que veremos a continuación. Además el cortante nominal total, V_n no puede exceder en ninguna sección horizontal del muro el valor dado en la [Tabla 7](#).

a. Verificación de articulación plástica

Si el cortante nominal del muro V_n , excede el cortante que se produce con la resistencia nominal a flexión del muro M_n , existe la posibilidad de que se desarrolle una articulación plástica en la base del muro y deben adoptarse precauciones especiales dentro de una región que va desde la base del muro hasta una altura igual a l_w . Todas las secciones dentro de esta región deben tener una resistencia nominal al cortante igual a:

$$V_n = V_s$$

Dónde:

V_n Fuerza cortante resistente nominal del muro (en N).

V_s Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo cortante (en N).

La resistencia al corte requerida, V_u para esta región puede determinarse con base en el momento resistente M_n en una sección localizada a una altura igual a $l_w/2$, pero no más de medio piso, por encima de la base del muro. La separación, s , del refuerzo horizontal de cortante dentro de esta región comprendida entre la base y una altura igual a l_w , no puede exceder tres veces el ancho nominal del muro, t , ni 600 mm.

En el resto del muro hacia arriba, la resistencia nominal al cortante puede determinarse por medio de la ecuación dada en la sección [5.8.3](#).

b. Valor de V_m

El cortante nominal resistido por la mampostería, V_m , se calcula utilizando las expresiones dadas en la [Tabla 6](#), donde M es el momento que ocurre simultáneamente con V en la sección bajo consideración, y d puede tomarse como $0.8l_w$ en ausencia de un análisis de compatibilidad de deformaciones. A_{mv} está definida en la sección [5.4.5](#).

$\frac{M}{Vd}$	V_m
----------------	-------

$0.25 \geq \frac{M}{Vd}$	$V_m = 0.20A_{mv}\sqrt{f'_m}$
$0.25 < \frac{M}{Vd} < 1.00$	$V_m = \left[0.23 - 0.13\left(\frac{M}{Vd}\right) \right] A_{mv}\sqrt{f'_m}$
$\frac{M}{Vd} \geq 1.00$	$V_m = 0.10A_{mv}\sqrt{f'_m}$

Tabla 6: Valor del cortante nominal resistido por la mampostería, V_m

c. Valor de V_s

El cortante nominal resistido por el refuerzo horizontal de cortante V_s , se calcula utilizando la ecuación:

$$V_s = \rho_n f_y A_{mv}$$

Dónde:

f_y Resistencia a la fluencia del refuerzo cortante

ρ_n Cuantía del refuerzo que contribuye a resistir la fuerza cortante.

A_{mv} Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm²).

$$\rho_n = \frac{A_v}{sb}$$

Dónde:

A_v Área de refuerzo horizontal que resiste cortante, espaciado una separación s medida verticalmente, colocado dentro de elementos horizontales embebidos dentro del muro.

s Separación del refuerzo de corte medida a lo largo del eje vertical del muro (mm).

b Ancho efectivo de la sección de muro para efectos de pandeo en el plano del muro (mm).

d. Valores máximos de V_n

El cortante nominal V_n , no puede exceder valores dados en la [Tabla 7](#)

$\frac{M}{Vd}$	V_n
$0.25 \geq \frac{M}{Vd}$	$0.50A_{mv}\sqrt{f'_m} \leq 2.7A_{mv}$
$0.25 < \frac{M}{Vd} < 1.00$	$\left[0.56 - 0.23\left(\frac{M}{Vd}\right)\right]A_{mv}\sqrt{f'_m} \leq \left[3.0 - 1.3\left(\frac{M}{Vd}\right)\right]A_{mv}$
$\frac{M}{Vd} \geq 1.00$	$0.33A_{mv}\sqrt{f'_m} \leq 1.7A_{mv}$

Tabla 7: Valor máximos para el cortante nominal, V_n

Dónde:

M Momento que ocurre simultáneamente con **V** en la sección bajo consideración

A_{mv} Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm²).

f'_m Resistencia nominal a la compresión de la mampostería (MPa).

d Puede tomarse como $0.8l_w$ en ausencia de un análisis de compatibilidad de deformaciones.

5.8.4. Elementos de borde

Se pueden utilizar elementos de borde en los muros de mampostería de unidades de perforación vertical, cuando el modo de falla del muro sea en flexión y el esfuerzo de compresión de la fibra extrema exceda $0.20f'_m$ en condiciones de cargas mayoradas.

Deben cumplirse además los siguientes requisitos:

- Los elementos de borde se pueden suspender a partir de la sección en la que el esfuerzo de compresión sea inferior a $0.15f'_m$, pero no deben suspenderse antes de llegar a una altura igual a l_w , medida desde la base del muro.
- Los esfuerzos se calculan para las fuerzas mayoradas, utilizando un modelo linealmente elástico y considerando la sección como no agrietada.
- Los elementos de borde deben avanzar hacia el centro del muro una distancia no menor de 3 veces el espesor del muro, para que confinen todo el refuerzo vertical cuyo esfuerzo de compresión correspondiente en la mampostería adyacente exceda a $0.4f'_m$.
- Los elementos de borde deben tener estribos de confinamiento de diámetro 10 mm separados verticalmente a 200 mm o su equivalente, dentro del espacio inyectado con mortero de relleno.

6. Mampostería reforzada construida con unidades de perforación vertical

6.1. Definición y requisitos

Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos de la presente sección.

- Los muros de este tipo de mampostería deben tener un espesor mínimo nominal de 120 mm.
- Sólo se admite el aparejo trabado y no se admiten morteros M2.5 y M5.
- La resistencia de la mampostería f'_m para este tipo de muros no debe ser menor a 10 MPa ni una resistencia mayor de 28 MPa.

6.2. Refuerzos de muros

6.2.1. Cuantía mínima de refuerzo

Se deben cumplir las siguientes cuantías mínimas:

- La cuantía del refuerzo evaluada sobre el área bruta de la sección del muro, en cada una de las direcciones, vertical y horizontal, no debe ser menor que 0.0007.
- La suma de ambas cuantías, horizontal y vertical, no puede ser menor que 0.0020.
- La cuantía del refuerzo vertical no puede ser menos de la mitad de la cuantía del refuerzo horizontal.
- En la evaluación de las cuantías se puede tener en cuenta los refuerzos mínimos vertical y horizontal, siempre y cuando sean continuos en el tramo del muro.
- El refuerzo requerido por cortante colocado en los elementos embebidos se puede considerar dentro de la evaluación de la cuantía horizontal.

6.2.2. Refuerzo vertical mínimo

Deben cumplirse los siguientes requisitos para el refuerzo vertical:

- El espaciamiento horizontal entre refuerzos verticales no puede ser mayor de 1200 mm.
- Se debe disponer como mínimo una barra de 12 mm en cada extremo del muro.
- Se debe disponer como mínimo una barra de 12 mm al lado de ventanas o aberturas interiores mayores de 600 mm horizontal o verticalmente. Este refuerzo debe ser continuo dentro del tramo del muro.

6.2.3. Refuerzo horizontal mínimo

Deben cumplirse los siguientes requisitos para el refuerzo horizontal:

- El diámetro del refuerzo horizontal en las juntas horizontales de pega no puede ser menor de 4 mm y no puede espaciarse verticalmente a más de 600 mm.
- El refuerzo horizontal colocado dentro de elementos embebidos dentro de unidades de mampostería especiales, no puede espaciarse verticalmente a más de 1.20 m.
- Se debe colocar un refuerzo horizontal mínimo de dos barras 10 mm en el remate y arranque de los muros y a nivel de las losas de entrepiso.
- Se debe colocar además un refuerzo horizontal mínimo de dos barras 10 mm en la parte superior y en la parte inferior de aberturas interiores con dimensiones mayores de 600 mm. Este refuerzo debe extenderse dentro del muro al menos 600 mm.

7. Mampostería parcialmente reforzada construida con unidades de perforación vertical

7.1. Definición y requisitos

Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos de la presente sección:

- Los muros de este tipo de mampostería deben tener un espesor mínimo nominal de 120 mm.
- No se admite el uso de morteros M2.5 y M5.
- La resistencia a la compresión de la mampostería f'_m de este tipo de mampostería estructural no puede ser menor de 8 MPa.

7.2. Refuerzos de muros

7.2.1. Cuantía mínima

La cuantía del refuerzo en cada una de las direcciones, vertical y horizontal, no debe ser menor que 0.00027, evaluadas sobre el área bruta de la sección del muro, teniendo en cuenta en la evaluación de la cuantía únicamente el refuerzo que sea continuo en el tramo del muro.

7.2.2. Refuerzo vertical mínimo

Deben cumplirse los siguientes requisitos para el refuerzo vertical:

- El espaciamiento horizontal entre refuerzos verticales no puede ser mayor de 2.40 m.
- Se debe disponer como mínimo una barra de 10 mm en cada extremo del muro.
- Se debe disponer como mínimo una barra de 10 mm al lado de ventanas o aberturas interiores mayores de 600 mm horizontal o verticalmente. Este refuerzo debe ser continuo dentro del tramo del muro.

7.2.3. Refuerzo horizontal mínimo

Deben cumplirse los siguientes requisitos para el refuerzo horizontal:

- El refuerzo horizontal en las juntas horizontales de pega no puede ser menor de 4 mm. y no puede espaciarse verticalmente a más de 800 mm.
- El refuerzo horizontal colocado dentro de elementos embebidos dentro de unidades de mampostería especiales, no puede espaciarse verticalmente a mas de 3.00 m.
- Se debe colocar un refuerzo horizontal mínimo de dos barras 10 mm en el remate y arranque de los muros y a nivel de las losas de entrepiso.

- Se debe colocar además un refuerzo horizontal mínimo de dos barras 10 mm en la parte superior y en la parte inferior de aberturas interiores con dimensiones mayores de 600 mm. Este refuerzo debe extenderse dentro del muro al menos 600 mm.

8. Mampostería no reforzada

Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumple las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada.

Los muros de este tipo de mampostería deben tener un espesor mínimo nominal de 120 mm.

Los muros de mampostería no reforzada deben diseñarse por el método de esfuerzos admisibles.

9. Otros elementos estructurales de mampostería

El diseñador se referirá a los siguientes capítulos del título D de la [NSR 2010](#) por lo que trata de:

- D6 – MAMPOSTERÍA DE CAVIDAD REFORZADA
- D10 – MAMPOSTERÍA DE MUROS CONFINADOS
- D11 – MUROS DIAFRAGMA
- D12 – MAMPOSTERÍA REFORZADA EXTERNAMENTE

10. Anexos: confección y ensayos de elementos de mampostería

10.1. Confección y ensayo de prismas de mampostería

10.1.1. Alcance y campo de aplicación

Este anexo establece el método para la confección de prismas de mampostería y para efectuar el ensayo de comprensión.

10.1.2. Aparatos

a. Prensa de ensayo

Debe tener de rigidez suficiente para transmitir los esfuerzos del ensayo sin alterar las condiciones de distribución y dirección de la carga.

Debe tener un sistema de rótula que permita hacer coincidir la resultante de la carga aplicada con el eje del prisma.

Las superficies de aplicación de la carga deben ser lisas y planas; no se aceptan desviaciones con respecto al plano mayores que 0.015 mm en 100 mm, medidos en cualquier dirección.

Las dimensiones de las aristas de las placas de carga deben ser mayores o iguales a las aristas del prisma.

NOTA: En caso de usar placas suplementarias para aumentar la dimensión de las placas de carga de la prensa, éstas deben tener superficies rectificadas de acuerdo con el literal (c) de 6.A.1.1, espesor mayor o igual a 50mm y dureza mayor o igual a la de las placas de la prensa.

- La sensibilidad de la prensa debe ser tal que la menor división de la escala de lectura sea menor o igual al 1% de la carga máxima.
- La exactitud de la prensa debe tener una tolerancia de \pm el 1% de la carga dentro del rango utilizable de la escala de lectura.
- La prensa debe contar con dispositivos de regulación de la carga que permitan aplicarla como se indica en 6.A.1.5 (d).

b. Regla graduada

La regla graduada o cinta metálica de medir debe contar con una escala graduada en mm.

10.1.3. Dimensiones del prisma

c. Espesor

El espesor del prisma debe ser igual al espesor de los muros y vigas de la estructura.

d. Longitud

La longitud del prisma debe ser mayor o igual al espesor y a la longitud de la unidad de albañilería.

e. Altura

La altura del prisma debe cumplir con las siguientes condiciones:

- incluir un mínimo de tres hiladas; y
- el cociente entre la altura y el espesor debe ser mayor o igual a 3.

10.1.4. Construcción de prismas en laboratorio y en obra

- Los prismas deben construirse reflejando, tanto como sea posible, las condiciones y calidad de los materiales y mano de obra que se tendrán efectivamente en la construcción.

En este aspecto, se tendrán especialmente en cuenta la consistencia y el tipo de mortero, el contenido de humedad de las unidades, el espesor y el trabajo de juntas y el relleno de los huecos con hormigón de relleno.

- Los huecos de las unidades deben llenarse con hormigón de relleno sólo en el caso que en la obra estén todos llenos. La colocación del hormigón de relleno en los huecos debe hacerse desde el extremo superior, dos días después de construido el prisma, usando el mismo método de compactación usando en la obra.
- Los prismas construidos en la obra deben protegerse y transportarse de manera tal que se eviten los golpes y caídas.

a. Curado de los prismas

Los prismas construidos en laboratorio deben almacenarse cubriéndose con polietileno durante los primeros 14 días. Durante las últimas semanas deben mantenerse descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio.

Los prismas construidos en la obra deben mantenerse en ella por un plazo no inferior a los catorce días, en condiciones similares a los elementos que representan. Después que los prismas hayan sido despachados al laboratorio, el curado debe realizarse manteniéndolos descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio hasta el momento del ensayo.

b. Refrentado de las caras de apoyo

El prisma debe refrentarse en sus extremos con una pasta de yeso. El espesor promedio de la capa de refrentado debe ser menor o igual a 3.5mm. Las capas de refrentado deben colocarse por lo menos 24 horas antes de efectuar el ensayo.

La pasta de yeso debe tener una resistencia a la comprensión mayor o igual a 35MPa en el momento del ensayo. Esta resistencia debe determinarse usando la norma correspondiente ASTM.

c. Edad de ensayo

Los prismas deben ensayarse, en general, a la edad de 28 días, la cual se considera como edad de referencia.

e. Altura

La altura del prisma debe cumplir con las siguientes condiciones:

- incluir un mínimo de tres hiladas; y
- el cociente entre la altura y el espesor debe ser mayor o igual a 3.

10.1.4. Construcción de prismas en laboratorio y en obra

- Los prismas deben construirse reflejando, tanto como sea posible, las condiciones y calidad de los materiales y mano de obra que se tendrán efectivamente en la construcción.

En este aspecto, se tendrán especialmente en cuenta la consistencia y el tipo de mortero, el contenido de humedad de las unidades, el espesor y el trabajo de juntas y el relleno de los huecos con hormigón de relleno.

- Los huecos de las unidades deben llenarse con hormigón de relleno sólo en el caso que en la obra estén todos llenos. La colocación del hormigón de relleno en los huecos debe hacerse desde el extremo superior, dos días después de construido el prisma, usando el mismo método de compactación usando en la obra.
- Los prismas construidos en la obra deben protegerse y transportarse de manera tal que se eviten los golpes y caídas.

a. Curado de los prismas

Los prismas construidos en laboratorio deben almacenarse cubriéndose con polietileno durante los primeros 14 días. Durante las últimas semanas deben mantenerse descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio.

Los prismas construidos en la obra deben mantenerse en ella por un plazo no inferior a los catorce días, en condiciones similares a los elementos que representan. Después que los prismas hayan sido despachados al laboratorio, el curado debe realizarse manteniéndolos descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio hasta el momento del ensayo.

b. Refrentado de las caras de apoyo

El prisma debe refrentarse en sus extremos con una pasta de yeso. El espesor promedio de la capa de refrentado debe ser menor o igual a 3.5mm. Las capas de refrentado deben colocarse por lo menos 24 horas antes de efectuar el ensayo.

La pasta de yeso debe tener una resistencia a la comprensión mayor o igual a 35MPa en el momento del ensayo. Esta resistencia debe determinarse usando la norma correspondiente ASTM.

c. Edad de ensayo

Los prismas deben ensayarse, en general, a la edad de 28 días, la cual se considera como edad de referencia.

- carga máxima registrada, N;
- resistencia prismática, en MPa ;
- observaciones relativas al modo de falla y cualquier otra información específica del ensayo que sea útil para su mejor interpretación;
- referencia a esta norma.

10.2. Confección y ensayo de muretes de mampostería

10.2.1. Alcance y campo de aplicación

Este anexo establece el método para la confección de muretes de mampostería y para efectuar el ensayo de compresión diagonal.

El ensayo de compresión diagonal de muretes de mampostería se efectúa aplicando una carga de compresión según una diagonal del murete, hasta llegar a la rotura.

10.2.2. Aparatos

a. Prensa de ensayo

- Debe tener rigidez suficiente para transmitir los esfuerzos del ensayo sin alterar las condiciones de distribución y dirección de la carga.
- Debe tener un sistema de rótula que permita hacer coincidir la resultante de la carga aplicada con la diagonal cargada del murete.
- Las superficies de aplicación de la carga deben ser lisas y planas; no se aceptan desviaciones con respecto al plano, mayores que 0.015 mm en 100 mm, medidas en cualquier dirección.
- Las dimensiones de las aristas de las placas de carga deben ser mayores que las dimensiones del cabezal de aplicación de la carga.

NOTA: En caso de usar placas suplementarias para aumentar la dimensión de las placas de carga de la prensa, éstas deben tener superficies rectificadas de acuerdo con el literal 3 de B.1, espesor mayor o igual a 50 mm y dureza mayor o igual a la de las placas de la prensa.

- *La sensibilidad de la prensa debe ser tal que la menor división de la escala de lectura sea menor o igual al 1% de la carga máxima.*
- *La exactitud de la prensa debe tener una tolerancia de \pm el 1% de la carga dentro del rango utilizable de la escala de lectura.*
- *La prensa debe contar con dispositivos de regulación de la carga que permitan aplicarla como se indica en el aparato "Ensayo" expuesto más adelante).*

b. Regla graduada

La regla graduada o cinta metálica de medir debe contar con una escala graduada en mm.

c. Cabezales para aplicar la carga

Estos aparatos de acero se utilizan para aplicar la carga en la dirección de la diagonal del murete, como se muestra en la Figura 6.B.1. La longitud r de repartición de la carga aplicada debe ser menor o igual a 150mm para evitar los efectos de confinamiento en el murete.

El ancho del cabezal debe ser igual al espesor del murete más 25mm.

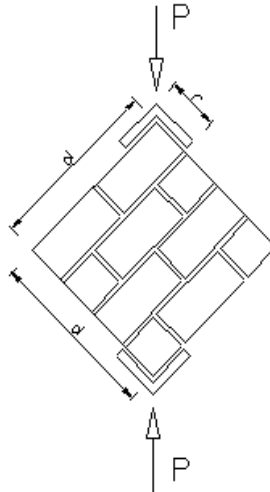


Figura 1: Carga en la dirección de la diagonal del murete

d. Dimensiones del murete

Espesor

El espesor del murete debe ser igual al espesor de los muros de la estructura.

Longitud de la arista del murete

La longitud de la arista del murete debe ser mayor o igual a 60 cm, debiendo tener el murete por lo menos cuatro hiladas.

e. Construcción de muretes en laboratorio y en obra

- Los muretes deben construirse reflejando las condiciones y calidad de los materiales y mano de obra que se tendrán efectivamente en la construcción. En este aspecto, se tendrán especialmente en cuenta la consistencia y el tipo de mortero, el contenido de humedad de las unidades, el espesor y el trabajo de las juntas.
- Los huecos de las unidades deben llenarse sólo en el caso que en la obra estén todos llenos. La colocación del material de relleno den los huevos debe hacerse usando el mismo método de compactación usado en la obra.
- Los muretes contruidos en la obra deben protegerse y transportarse de manera tal que se evitan los golpes y caídas.

Curado de los muretes

Los muretes construidos en laboratorio deben almacenarse cubriéndose con polietileno durante los primeros 14 días. Durante las últimas semanas deben mantenerse descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio.

Los muretes construidos en la obra deben mantenerse en ella por un plazo no inferior a catorce días, en condiciones similares a los elementos que representan. Después que los muretes hayan sido despachados al laboratorio, el curado debe realizarse manteniéndolos descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio hasta el momento del ensayo.

Refrentado de las zonas de apoyo del cabezal

El murete debe refrentarse en las zonas de apoyo de los cabezales con una pasta de yeso. El espesor promedio de la capa de refrentado debe ser menor o igual a 4 mm. Las capas de refrentado deben colocarse por lo menos 24 h antes de efectuar el ensayo.

La pasta de yeso debe tener una resistencia a la compresión mayor o igual a 35 MPa en el momento del ensayo.

Esta resistencia debe determinarse usando la correspondiente norma ASTM.

f. Edad de ensayo

Los muretes deben ensayarse, en general, a la edad de 28 días, la cual se considera como edad de referencia.

g. Medición del murete

Espesor y longitud de la arista

El espesor y la longitud de la arista del murete deben determinarse con el promedio de las mediciones realizadas en los cuatro lados del murete.

Las medidas del murete deben expresarse en mm con aproximación a 1 mm.

h. Ensayo

El procedimiento debe consultar las siguientes etapas:

- limpiar la superficie de las placas de carga, la superficie de las placas de apoyo de los cabezales y las superficies del refrentado;
- colocar el cabezal inferior sobre la placa de carga inferior;
- colocar el murete sobre el cabezal inferior alineando su diagonal vertical con el centro de la placa de carga;
- colocar el cabezal superior y asentar la placa de carga superior sobre el cabezal;
- aplicar la carga en forma continua, sin choques, a una velocidad uniforme, de modo que el ensayo demore entre 3 y 4 min en alcanzar la carga de agrietamiento diagonal;
- registrar la carga de agrietamiento diagonal, expresándola en N.

i. Resistencia básica de corte

- La resistencia básica de corte debe calcularse como el cociente entre la carga de agrietamiento diagonal y el área bruta de la sección diagonal del murete.
- Los resultados deben expresarse en MPa con una aproximación inferior o igual a 0.01 MPa.

j. Informe de resultados

El informe debe incluir los siguientes antecedentes para cada uno de los muretes:

- fecha y edad en el momento del ensayo;
- espesor medio del murete;
- longitud media de la arista del murete;
- defectos exteriores del murete;
- carga de agrietamiento diagonal;
- resistencia básica de corte, calculada según el aparato precedente, en MPa;
- observaciones relativas al modo de falla y cualquier otra información específica del ensayo que sea útil para su mejor interpretación;
- referencia a esta norma.

11. Apéndice: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-MP



Figura 2: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-MP