NORMAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL PARA GUATEMALA

NSE 7.4

DISEÑO DE MAMPOSTERÍA REFORZADA

Edición 2024

Normas de Seguridad Estructural para Guatemala
Diseño de Mampostería reforzada
NSE 7.4 Edición 2024
Derechos reservados --
© Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES
Proyecto desarrollado por AGIES por medio de la Dirección de Comités Técnicos

La redacción, actualización y discusión de la Edición 2024 de estas normas ha sido posible por los aportes ad-honorem de tiempo de los miembros de los comités técnicos de AGIES y grupos revisores.

Nota de AGIES

Los aportes directos de nuestros patrocinadores se utilizan para diseminación de tecnología por medio de seminarios, mesas técnicas de trabajo, conferencias, cursos cortos, publicaciones colaterales y otros medios de difusión. Los aportes para impresión y publicación se reciben frecuentemente en especie.

La redacción de los documentos, la investigación bibliográfica o de campo y actividades relacionadas con la actualización y/o generación de textos, son aportadas por los miembros de los comités técnicos en su propio tiempo disponible. Ningún directivo de AGIES y ningún miembro de comités técnicos reciben emolumentos por parte de AGIES.

AGIES
Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica
Km 7.5 Carretera Antigua a El Salvador, 215-0 Colonia el Prado
Primer Nivel
Zona 4, Santa Catarina Pinula 01051
Guatemala
Tel. (502) 5493-0807
www.agies.org

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) es una entidad privada no lucrativa, académica, gremial formativa, científica y cultural, que promueve la investigación y divulgación de conocimientos científicos y tecnológicos en el campo de las estructuras, la sismología y áreas afines, así como el mejoramiento de los niveles docentes y profesionales en dichos campos, para el mejor y mayor uso de los recursos materiales y humanos conexos con el mismo. Es una gremial adscrita al Colegio de Ingenieros de Guatemala.

Las Normas de Seguridad Estructural (NSE) están dirigidas a personas calificadas para comprender el significado y limitaciones de su contenido y sus recomendaciones, quedando bajo la responsabilidad de estas personas el uso de los criterios aquí establecidos. La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica no asume ninguna responsabilidad, ni total, ni parcial, por el uso que se haga del contenido del presente documento y no será responsable de ningún daño, falla o pérdida derivada de la aplicación del mismo.

Los comentarios y sugerencias al presente documento deberán ser dirigidos al Comité Técnico de AGIES. Todas las personas, miembros o no de AGIES, están invitadas a colaborar con el mejoramiento del contenido de este y el resto de documentos que conforma las Normas de Seguridad Estructural.

NSE 7.4

DISEÑO DE MAMPOSTERÍA REFORZADA

Edición 2024

RECONOCIMIENTO

Este documento ha sido elaborado por un comité de ingenieros bajo la supervisión de la Dirección de Comités Técnicos de AGIES.

Director de Comités Técnicos

- Ing. Byron Paiz

Comité Redactor

- Dr. Héctor Monzón Despang
- Ing. Alberto José Monzón Posadas
- Ing. Carlos Moncada Díaz
- José Carlos Ramírez

Coordinación

- Ing. Leslie Reynoso Ambrocio
- Ing. Daniel Bóleres Sicajá

Créditos

- Ilustraciones: Edy Orozco
- Organización y Diseño: AGIES
- Diagramación: Nydia Monroy
- Foto de portada: Ing. Fernando Szasdi Bardales

TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN
1.1 — Alcance
1.1.1 — Acerca de esta norma
1.1.2 — Sistemas de refuerzo considerados
1.1.3 — Opciones simplificadas de cálculo
1.2 — Construcción con mampostería
1.2.1 — Definiciones adicionales
1.2.2 — Unidades y morteros aceptables
1.2.3 — Refuerzo en la mampostería
1.2.4 — Mampostería sin refuerzo
1.3 — Construcción de adobe
1.4 — Uso de sistemas especiales
1.5 — Otras normas citadas en este documento
1.6 — Sistema de medidas
1.7 — Documentos y cálculos
1.7.1 — General
1.7.2 — Planificación e información mínimos requeridos

CAPÍTULO 2
DEFINICIONES Y SMBOLOGÍAS
2.1 — Definiciones
2.2 — Simbología

CAPÍTULO 3
CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS Y DISEÑO
3.1 — Sistema estructural
3.1.1 — Tipología estructural
3.1.2 — Desempeño post-elástico
3.2 — Metodología de análisis
3.2.1 — General
3.2.2 — Métodos utilizables
3.2.3 — Análisis sísmico
3.3 — Cargas
3.3.1 — General
3.3.2 — Consideraciones de carga
3.3.3 — Resistencia a cargas incidentales
3.3.4 — Otros efectos
3.3.5 — Distribución de cargas según rigideces de componentes estructurales

CAPÍTULO 4
COMPONENTES DE LA MAMPOSTERÍA

4.1 — Unidades de mampostería
4.1.1 — Alcance
4.1.2 — Resistencia y normas aplicables
4.2 — Morteros
4.2.1 — Definición y normas aplicables
4.2.2 — Compatibilidad de mortero y unidades de mampostería
4.3 — Graut – Definición y normas aplicables
4.4 — Concreto
4.5 — Acero de refuerzo
4.5.1 — Especificaciones del refuerzo
4.6 — Otras características de la mampostería
4.6.1 — Coeficientes de expansión y contracción térmica
4.6.2 — Coeficientes de expansión por humedad
4.6.3 — Coeficiente de retracción
4.6.4 — Coeficientes de flujo plástico

CAPÍTULO 5
PAREDES DE MAMPOSTERÍA

5.1 — Alcance
5.2 — Aparejos del levantado de mampostería
5.3 — Refuerzo de paredes estructurales
5.3.1 — Técnicas de refuerzo
5.3.2 — Refuerzo confinante principal y refuerzo suplementario
5.4 — Refuerzos confinantes principales y complementarios
5.4.1 — General
5.4.2 — Mochetas principales
5.4.3 — Soleras principales
5.4.4 — Refuerzo complementario vertical
5.4.5 — Refuerzo complementario horizontal
5.5 — Propiedades geométricas y estructurales de las paredes
5.5.1 — Área neta $\mathbf{A_n}$ y área efectiva $\mathbf{A_e}$
5.5.2 — Colocación del lecho de mortero: MLC o MLP
5.5.3 — Tabiques internos de unidades huecas
5.5.4 — Aporte de rellenos de graut al área efectiva
5.5.5 — Aporte de mochetas al área efectiva
5.5.6 — Momento de inercia $\mathbf{I_e}$
5.5.7 — Área resistente a cortante $\mathbf{A_{ev}}$
5.5.8 — Módulo de sección efectivo
5.5.9 — Radio de giro
5.6 — Rigidez de paredes de mampostería
5.6.1 — Modelos analíticos y fracturación
5.6.2 — Módulo de elasticidad axial
5.6.3 — Módulo de rigidez cortante
5.6.4 — Suposiciones de rigidez lateral

5.7 — Capacidad de las paredes de mampostería
5.7.1 — Método de diseño por resistencia
5.7.2 — Factores de reducción **Φ**
5.7.3 — Capacidad básica del levantado
5.8 — Compresión y flexión
5.8.1 — Reducción de capacidad axial por esbeltez
5.8.2 — Esfuerzo axial máximo por ductilidad baja
5.8.3 — Diseño en flexo-compresión
5.8.4 — Flexo-compresión – método rápido
5.9 — Cortante
5.9.1 — Capacidad cortante en paredes con refuerzo complementario distribuido
5.9.2 — Capacidad cortante de paredes con refuerzo cortante intermitente
5.9.3 — “Muñecos”
5.10 — Cargas concentradas
5.10.1 — Cargas livianas
5.10.2 — Cargas significativas
5.11 — Muros de dos o más sogas
5.11.1 — General
5.11.2 — Acción compuesta
5.11.3 — Sogas sin acción compuesta

CAPÍTULO 6
DINTELES Y VIGAS
6.1 — Aspectos generales
6.1.1 — Definiciones
6.1.2 — Soporte lateral, apoyos y deflexiones
6.1.3 — Longitud del claro de vigas y dinteles
6.2 — Vigas y nervios
6.3 — Dinteles
6.3.1 — General
6.3.2 — Dinteles de mampostería
6.3.3 — Dinteles de concreto
6.4 — Vigas de remate sin diafragma

CAPÍTULO 7
COLUMNAS
7.1 — General
7.1.1 — Límites de dimensiones
7.1.2 — Materiales
7.2 — Columnas de concreto
7.2.1 — Estructuración tipo puntal
7.2.2 — Estructuración tipo marco
7.2.3 — Columnas de mampostería

PRÓLOGO

La presente norma constituye una actualización de la versión anterior, esta edición respeta íntegramente el contenido técnico, criterios y disposiciones de la NSE 7.4-2018, por lo que no se han introducido modificaciones.

Guatemala tiene un excelente sistema vernáculo de mampostería con refuerzo. Históricamente se le ha llamado de varias maneras, desde “mixto”, hace décadas, hasta “mampostería con refuerzo confinante”, últimamente. Los practicantes, en general, entienden fácilmente su uso como sistema constructivo integral, aunque la aplicación de criterios no sea uniforme.

Las normativas disponibles para este sistema constructivo, como el Reglamento FHA, no han sido de aplicación general, ni han examinado esfuerzos (aunque para bien, lo prescrito por FHA ha existido por 50 años). Las normas COGUANOR se refieren, cada una por separado, a la calidad de los materiales.

Por lo anterior, AGIES considera que esta normativa contribuirá positivamente a llenar los vacíos existentes.

En este país, el desarrollo de la mampostería con refuerzo confinante se inició desde mediados de los años 1920 para reconstruir edificaciones en el casco urbano de la Ciudad de Guatemala destruidas por los terremotos de 1917 y 1918. Una decena de constructores que eran simultáneamente arquitectos e ingenieros, inmigrantes europeos unos, guatemaltecos otros, se dieron a la tarea de amalgamar el ladrillo de la época con los noveles materiales ya disponibles: concreto y refuerzo de acero.

La idea de este sistema constructivo, que hoy se llama “mampostería con refuerzo confinante” y que esta difundido por toda América Latina, muy posiblemente se originó en Italia después del terremoto de Messina en 1908. Los países altamente sísmicos de Hispanoamérica fueron sus receptores principales.

Pero en Guatemala se introdujo un aspecto positivo que no está ampliamente difundido fuera del país: Se ponía y se pone un refuerzo horizontal a media altura de piso (que llamamos solera intermedia) y se agrega, al menos, un refuerzo vertical (que llamamos mocheta intermedia) entre los refuerzos principales de borde y de intersección de paredes que llamamos mochetas principales). Esos refuerzos intermedios han sido el sello distintivo de la mampostería reforzada local.

El sistema fue inicialmente utilizado en Ciudad de Guatemala por personas con ciertos recursos económicos. La generalidad de edificios gubernamentales de las décadas de 1930 y 1940, incluido el Palacio Nacional, fueron construidos con aquel novedoso sistema.

En la década de 1960 se fundó el FHA (Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas) que empezó a permitir a más personas adquirir vivienda en mensualidades a largo plazo. ¿Con qué sistema constructivo? Con mampostería con refuerzo confinante, naturalmente… Usando block cementicio en vez de ladrillo. Y surgió un reglamento prescriptivo que introdujo mucha uniformidad en el uso del sistema.

El Reglamento FHA ya utilizado por medio siglo; fue un gran aporte. El diseño se basa en prescripciones; nada de cálculo; pero dentro del contexto arquitectónico de la época aquello resultó suficiente. ¿Suficiente para qué? Pues suficiente para ser "validado" por el Terremoto de Guatemala de 1976. Una percepción de éxito del sistema constructivo (claro que contribuyó que hubiera un estándar supervisado de calidad).

El siguiente paso adelante fue espontáneo. Nadie lo dirigió. En todo el país donde hubo que reconstruir, y posteriormente también donde hubo daños, empezó a proliferar el sistema. Poblaciones enteras en todos los confines del país reemplazaron el peligroso adobe de limo por block a base de cemento. El sistema era fácil de usar, entender, ejecutar y costear. Miles de pequeños fabricantes artesanales de block surgieron por todo el país y también maestros albañiles que ejecutaban la obra razonablemente bien, aún con mínimo entrenamiento.

Hacía 1990-95 el riesgo sísmico en Guatemala venía en descenso…

Y entonces pasó lo que tenía que pasar por falta de aplicación de reglas. Estaba disponible el Reglamento FHA con directrices constructivas e indicación de calidades, pero ninguna autoridad competente se decidió nunca a exigir esos criterios, irónicamente disponibles.

La calidad artesanal nunca floreció; al contrario: cada centavo escatimado incrementaba la vulnerabilidad del sistema y la simplicidad y eficiencia de un sistema para dos pisos se extrapoló a 4 o 5 pisos sin ningún criterio formal de la acumulación de esfuerzos que se genera al amontonar un piso sobre otro. Resultado: producir bombas de tiempo que irán detonando con cada sismo de gran intensidad que ocurra; no sólo por malas prácticas, sino por escasa calidad de materiales.

En sectores con mayores recursos económicos que, si suelen manejar materiales de mayor calidad, se da otro problema.

Las reglas disponibles no han evolucionado suficiente en 50 años, son prescripciones geométricas de ubicación de refuerzos en paredes, pero no hay un análisis explícito de esfuerzos, ni criterios de distribución de paredes; frecuentemente áreas sociales y amplias áreas comerciales carecen de soportes suficientes, en número y en resistencia y eso también genera vulnerabilidad. Hay

que reconocer que ha habido poco énfasis en sectores académicos y gremiales para cuantificar las capacidades reales de los materiales y en diseñar formalmente componentes estructurales para resistir los esfuerzos que sorpresivamente llegarán en este país con tantos sismos.

Nótese que acá podemos comprar block, ladrillo o concreto de tal o cual resistencia, pero ¿Cómo traducimos esta capacidad básica a información sobre resistencia a cortantes sísmicos? ¿O a capacidad de momento flector?

- - - - - - - - - - -

AGIES, se ha propuesto reducir el déficit de procedimientos e información para saber cuándo se satisfacen las resistencias necesarias para tener edificaciones de mampostería reforzada adecuadamente sismo-resistentes. Para ello presentamos esta Norma de Seguridad Estructural NSE 7.4 que cubre este importante sistema estructural. Mampostería con refuerzo en general y con refuerzo confinante en particular.

Las normas NSE-1 (administración), NSE-2 (cargas) y NSE-3 (ensambles estructurales) siguen siendo el punto de partida y de allí se ramifica a los diversos sistemas constructivos con sus detalles y especialidades: Mampostería de concreto o de arcilla en este caso.

Con referencia a este sistema estructural, NSE 7.4 no es un documento aislado. Se complementa con un Manual o Guía de Uso, el documento DSE 4.1; NSE 7.4 y DSE 4.1 son documentos paralelos dirigidos a ingenieros, arquitectos y constructores con formación universitaria.

La documentación sobre mampostería con refuerzo se complementa con la norma NSE 4[1] (una norma prescriptiva básica) y el DSE 4.1[2] (dirigido a técnicos de construcción debidamente capacitados y que también es útil para ingenieros y arquitectos). El DSE 4.1 podrá ser usada por las municipalidades como norma básica para reglamentar la construcción menor en sus jurisdicciones.

En AGIES esperamos que esta NSE 7.4 que se presenta aquí logre cumplir su propósito de mejorar el uso de la mampostería reforzada en Guatemala.

Héctor Monzón Despang
Director de Comités Técnicos
AGIES

1. NSE 4 (2024) “Diseño de pequeña vivienda”.
2. DSE 4.1 (2021) “Manual de Diseño Sismo-resistente Simplificado para Guatemala – Mampostería de Block de Concreto”

CAPÍTULO 1 — INTRODUCCIÓN

1.1 — Alcance

1.1.1 — Acerca de esta norma

(a) Esta norma es parte del sistema de Normas de Seguridad Estructural AGIES NSE. En particular, es una de las normas de la serie NSE 7 que cubren sistemas constructivos específicos. Establece los requerimientos mínimos para el diseño estructural y la construcción de edificaciones de mampostería reforzada **con énfasis en la modalidad que utiliza refuerzo confinante**. Hay prescripciones y lineamientos para otras variantes.

(b) Para diseñar estructuralmente una edificación de mampostería con refuerzo utilizando NSE-7.4, será necesario recurrir previamente a las normas NSE-1, requisitos generales; NSE-2, cargas y NSE-3, análisis del sistema estructural. El Manual AGIES DSE 4.1 “Manual de Diseño Sismo-resistente Simplificado para Guatemala – Mampostería de block de concreto” ofrece ejemplos e ilustraciones para utilizar esta norma.

(c) Se permitirá la utilización del documento de referencia TMS 402 edición 2016 o posterior; sin embargo, en tal caso se seguirán sin excepción todos los detalles de materiales y sus resistencias, la ejecución y manera de supervisar indicados en ese documento. Además, se utilizarán las provisiones sísmicas del Capítulo 7 del TMS 402-16 aunque aplicado el Capítulo 4 de NSE 2 en cuanto a carga sísmica. En los informes estructurales el diseñador indicará lo conducente.

1.1.2 — Sistemas de refuerzo considerados

(a) El sistema constructivo denominando “mampostería con refuerzo confinante”, que se prioriza en esta Norma, utilizará elementos verticales y horizontales de concreto reforzado incorporados en las paredes mismas en localizaciones y posiciones prescritas en la norma o bien en lugares dictados por el cálculo sismo-resistente.

(b) La denominación “mampostería confinada”, se utilizará frecuentemente en esta norma para abreviar el texto; se considerará equivalente a la denominación formal de “mampostería con refuerzo confinante”. La denominación “mampostería reforzada”, que incluye todos los sistemas de refuerzo incluyendo el de refuerzo confinante, también se utilizará frecuentemente en esta norma para abreviar el texto.

Comentario 1.1.2 b
El término "mampostería confinada" es ampliamente aceptado en América Latina para designar el sistema constructivo de interés. Al emplearlo, se debe sobreentender que no son las unidades de mampostería la que están lateralmente confinadas en el sentido riguroso de la palabra. Son los paños de levantado de mampostería los que están "confinados" en el plano del paño por recuadros de "mochetas" verticales y "soleras" horizontales.

(c) Paredes hechas con unidades de mampostería hueca, tendrán refuerzo adicional distribuido incorporado en las celdas además de los elementos de refuerzo confinante, como se estipula en la Sección 5.3.2.

(d) Paredes hechas con unidades de mampostería sólida tendrán elementos secundarios de concreto reforzado en localizaciones intermedias según prescripción, además de los elementos principales de refuerzo confinante, como se estipula en el Capítulo 4.

(e) El sistema de refuerzo sin elementos confinantes también estará permitido con ciertas restricciones como se estipula en la Sección 5.3.1 b.

1.1.3 — Opciones simplificadas de cálculo

(a) El Manual DSE 4.1 incluye metodología simplificada para hacer estimaciones.

Comentario 1.1.3 a
El Manual DSE 4.1 incluye herramientas útiles para pre-dimensionar proyectos de mampostería reforzada o para la revisión rápida de proyectos. También permite que ingenieros civiles y arquitectos con menor entrenamiento en cálculo estructural puedan abordar el planteo de estructuras de mampostería reforzada, siempre que se satisfagan las limitaciones estipuladas en él.

1.2 — Construcción con mampostería

1.2.1 Definiciones adicionales — La mampostería es un sistema constructivo en el que se ensambla un levantado vertical de unidades o piezas que se unen entre ellas con un mortero de liga, con el objeto de generar paredes de soporte que, a su vez, conforman una estructura que se techa de diversas formas. La estructura puede ser de uno o varios pisos.

1.2.2 — Unidades y morteros aceptables

(a) Las unidades de mampostería aceptadas por esta norma con las que se permite ensamblar las paredes pueden ser sólidas o con perforaciones o celdas verticales que en conjunto no excedan el 50 por ciento del área bruta horizontal de la unidad de mampostería.

(b) Las perforaciones o celdas no deberán ser horizontales en paredes con objetivos estructurales.

(c) Los bloques o unidades hechas de concreto o pastas de cemento y arena deberán cumplir en configuración, materiales y resistencias con la norma COGUANOR NTG 41054, que incluye resistencias compresivas sobre área neta de las de las unidades, entre 70 kg/cm^2 y 140 kg/cm^2, excepto que esta norma también reconoce el uso de bloques con resistencias mínimas de 50 Kg/cm^2 sobre área neta.

(d) Los ladrillos o unidades de arcilla cocida deberán cumplir en configuración, materiales y resistencias con la norma COGUANOR NTG correspondiente. No serán aceptables unidades de arcilla cocida con tabiques entre celdas inferiores a 1 cm de espesor.

(e) Los morteros de pega deben cumplir en características y resistencias con la norma COGUANOR NTG 41050.

(f) Podrán utilizarse unidades de mampostería de suelo-cemento sólidas, sin celdas, con anchos mínimos de 20 cm y resistencias compresivas no inferiores a 25 kg/cm^2.

1.2.3 Refuerzo en la mampostería — Se considera que la mampostería resiste esfuerzos de compresión y de cortante, así como, se considerará que no resiste esfuerzos de tracción (para fines de diseño). Por lo tanto, todo levantado de mampostería requerirá refuerzo con varillas de acero para resistir fuerzas de tracción y para suplementar esfuerzos de tracción diagonal generados por fuerzas cortantes.

1.2.4 Mampostería sin refuerzo — No se permitirá el diseño y/o construcción de estructuras de mampostería sin refuerzo en ninguna parte del país.

1.3 — Construcción de Adobe

1.3.1 Esta norma no contempla ni avala el uso de mampostería de adobe, ni formando parte de la estructura portante ni para aplicaciones no-estructurales cuyo colapso sea una amenaza a las personas.

1.3.2 Se define como “adobes” a bloques hechos de limos, materiales arcillosos y otras mezclas de material terroso simplemente compactado, sin cocimiento a alta temperatura o sin el concurso de materiales cementicios.

1.3.3 En la típica construcción con adobes, éstos se ligan entre sí con pastas terrosas y no se utiliza refuerzo. Sin embargo, el uso de morteros cementicios o de

cal o la incorporación de refuerzo tampoco está contemplado ni avalado por esta norma.

Comentario 1.3
El adobe artesanal ha sido históricamente usado en Guatemala. El Terremoto del 4 de febrero de 1976 y otros eventos posteriores han puesto en evidencia la casi nula resistencia del adobe vernáculo; es además muy vulnerable a la lluvia y humedad.
En Guatemala el típico "adobe" es fabricado de limos arcillosos de muy baja o nula cohesión y generalmente obtenido del propio sitio de construcción sin ninguna selección de materia prima. Además, las unidades están ligadas entre sí con morteros no-cementicios. De ahí su inadecuada capacidad sismo-resistente en combinación con la casi imposibilidad de reforzarlo apropiadamente. Cuando las unidades de mampostería se fabrican con arcilla mejora su desempeño y durabilidad; aun así, no se puede asegurar que el sistema de adobe artesanal pueda desempeñarse satisfactoriamente en zonas de alta sismicidad.

1.4 — Uso de sistemas especiales

1.4.1 Sistemas de mampostería o similares no contemplados actualmente en la NSE 7.4 que quisieran integrarse a estas normas requerirían de la integración de una comisión técnica específica que pueda evaluar el aval de AGIES. La integración o no de tal comisión es potestad de la Junta Directiva.

1.5 — Otras normas citadas en este documento

- AGIES NSE 1-24 – Generalidades, Administración de las Normas y Supervisión Técnica.
- AGIES NSE 2-24 – Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio
- AGIES NSE 3-24 – Diseño Estructural de Edificaciones.
- COGUANOR NTG 41054 – Bloques Huecos De Concreto Para Muros. Especificaciones.
- COGUANOR NTG 41050 – Mortero de pega para unidades de mampostería. Especificaciones.

1.6 — Sistema de medidas

1.6.1 Se utiliza el sistema MKS.

1.7 — Documentos y cálculos

1.7.1 General — Los documentos e información que deberán mostrar los planos y el informe estructural se regirán por lo estipulado en la Norma AGIES NSE 1.

1.7.2— Planificación e información mínimos requeridos

(a) Indicación de las normas con las que diseñó la estructura.

(b) Cargas y pesos utilizados en el diseño.

(c) Especificación de la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería y sus características geométricas incluyendo dimensiones y áreas netas; tipo y colocación de mortero; especificaciones de concreto y graut; especificaciones de acero de refuerzo.

(d) Dimensiones y localización de los elementos estructurales.

(e) Limitaciones genéricas sobre tamaños y localización de conductos, tubos y mangas incorporados en el levantado de mampostería.

(f) Localización y detalles constructivos del refuerzo; deberá incluir calibres y tipos de refuerzo y detalles constructivos genéricos como empalmes, ganchos y colocación.

(g) No se requerirá un documento separado de especificaciones si toda la información indicada se acomoda en el juego de planos.

FIN DEL CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 2 — DEFINICIONES Y SIMBOLOGÍAS

2.1 — Definiciones

- ***Acción compuesta —*** Cuando hay transferencia de esfuerzos entre componentes de un miembro compuesto de modo que, en la resistencia de cargas, los componentes combinados actúan juntos como un miembro único.

- ***Altura efectiva —*** Altura libre de un miembro entre líneas de soporte o puntos de soporte usada para calcular esbelteces de paredes y elementos verticales.

- ***Aparejo —*** La disposición y colocación de unidades de mampostería en el levantado. Levantado escalonado – Levantado apilado.

- ***Área bruta —*** El área total en planta que ocupa una unidad de mampostería medida entre contornos exteriores de la sección. Por extensión, el área bruta en planta de una pared.

- ***Área cortante —*** El área efectiva en cortante definida en la Sección 5.9 capaz de resistir cortante en la dirección de interés.

- ***Área efectiva del levantado de pared —*** Es el área de la sección horizontal de contacto entre una hilada de mampostería y la siguiente tomando en cuenta la colocación del mortero y las celdas rellenas de graut. Véase definición de *Lecho Completo* y *Lecho Parcial de Mortero*.

- ***Área neta —*** El área real de la sección horizontal de las unidades de mampostería descontando el área de celdas y otros vacíos. Por extensión, el área neta de la sección transversal en planta de una pared.

- ***Autoridad competente —*** Ver Sección 1.2 de la NSE 1.

- ***Carga de servicio —*** Carga aplicada, estadísticamente esperada, sin mayoración.

- ***Carga muerta —*** Peso muerto permanente, especificada por NSE 2-24.

- ***Carga viva —*** Carga viva especificada por NSE 2-24.

- ***Columnas aisladas y puntales —*** Elemento estructural de acero o concreto reforzado, diseñado principalmente para resistir fuerzas compresivas paralelas a su eje longitudinal (como la gravedad). No es una “mocheta”. Una columna no se considera apta para tomar cortes sísmicos dentro de un sistema de mampostería reforzada (aunque sí podría tomar acciones sísmicas de volteo en ciertas estructuraciones).

- ***Conector —*** Dispositivo metálico utilizado para asegurar dos o más piezas, partes o miembros juntos, incluyendo anclajes, eslabones, y pasadores.

- ***Costilla —*** Elemento vertical de concreto con refuerzo utilizado a cada lado de las aberturas.

- ***Deriva de piso —*** La diferencia de desplazamientos sísmicos horizontales entre un piso y el consecutivo. **Deriva extrema** – entre los desplazamientos extremos de pisos consecutivos; **Deriva centroidal** – entre los centroides de piso.

- ***Diafragma —*** Un sistema de techo o piso que logra transmitir y distribuir fuerzas horizontales entre paredes de corte u otros elementos que resisten fuerzas sísmicas inerciales o fuerzas horizontales de otra índole.

- ***Dimensión nominal —*** Dimensión real más el espacio para mortero entre las unidades de mampostería. Las dimensiones nominales son usualmente mostradas en números redondos cercanos a las dimensiones reales.

- ***Dintel —*** Una viga que tiene una proporción de claro libre a peralte l_{eff}/d_v menor a 3 para tramos continuos y menor a 2 para un tramo único.

- ***Documentos de construcción —*** Documentos estableciendo el trabajo requerido e incluyendo, en particular, los dibujos del proyecto y las especificaciones del proyecto. Por extensión, la Bitácora de Obra que queda disponible cuando la obra finaliza.

- ***Especificaciones del proyecto —*** Los documentos escritos que establecen requerimientos para un proyecto de acuerdo con los parámetros de servicio y otros criterios establecidos por el diseñador y ocasionalmente por el dueño o el desarrollador. Las especificaciones no requieren ser documentos separados sino pueden incluirse como texto en los planos. Ver “planos del proyecto”.

- ***Estribo —*** Aro o rectángulo de barra de refuerzo o alambre encerrando el refuerzo longitudinal, usado para resistir corte en un miembro a flexión o proveer confinamiento a un miembro en compresión.

- ***Fachaleta*** **—** Un forro de piezas adheridas a una pared que provee un acabado exterior, pero que no está considerado para agregar resistencia o rigidez a la pared.

- ***Fachaleta adherida*** **—** Fachaleta soportada por adherencia.

- ***Fachaleta anclada*** **—** Fachaleta soportada por anclajes u otros herrajes que la conectan a la pared portante.

- ***Factores de reducción de resistencia,*** ϕ **—** Factor por el cual la resistencia nominal se multiplica para obtener la resistencia de diseño.

- ***Graut*** **— (1)** Una mezcla de materiales cementícios, agregados y agua, con o sin aditivos, con reología fluida pero pastosa y consistente, capaz de penetrar celdas huecas y espacios vacíos de los levantados de mampostería. **(2)** El material ya fraguado de esas mezclas no es líquido como la lechada de cemento ni tiene la reología del concreto.

- ***Graut auto-compactante*** **—** Un graut altamente fluido que se mantiene homogéneo cuando se coloca y no requiere vibración para que se consolide espontáneamente; típicamente fluidificado y estabilizado con aditivos (no con agua).

- ***Mampostería apilada*** **—** Colocación de mampostería de modo que cada sisa vertical en hiladas sucesivas está alineada con las hiladas adyacentes o están escalonadas por menos de un cuarto de la longitud de la unidad de mampostería.

- ***Mampostería compuesta*** **—** Miembros de mampostería de varias sogas unidas para trabajar como un todo.

- ***Mampostería de piedra*** **—** Mampostería cuyas unidades son piedras talladas unidas por mortero (aunque ocasionalmente las unidades pueden ser fragmentos irregulares de piedra).

- ***Mampostería hueca*** **—** Unidad de mampostería cuya área neta de sección trasversal es menor al 75% de su área bruta. Las unidades huecas aceptables deben tener menos del 50 % de vacíos respecto del área bruta.

- ***Mampostería parcialmente rellena de graut*** **—** Levantado en el que ciertas celdas son designadas para ser llenadas con graut, mientras que otras celdas o espacios no están rellenos de graut.

- ***Mampostería sin refuerzo (simple)*** **—** Levantado simple no permitido como estructura en esta norma.

- ***Mampostería sólida —*** Unidad de mampostería sin oquedades o celdas o cuya área neta de sección trasversal es mayor al 75% de su área bruta.

- ***Mocheta —*** Elemento vertical de concreto con refuerzo que debe quedar integrado efectivamente al levantado de pared mediante el recurso de dejar una brecha vertical en el levantado de pared (con el refuerzo preinstalado y anclado) y colocando el concreto subsecuentemente. Si el elemento vertical de concreto con refuerzo se completara antes de levantar el paño de mampostería no se lo podría considerar una “mocheta” integral y apta para funcionar como refuerzo en un sistema MRC.

- ***Módulo de elasticidad —*** Relación de esfuerzos versus deformaciones en el rango elástico de los materiales.

- ***Módulo de rigidez —*** El módulo de elasticidad, pero referido a las deformaciones por corte.

- ***Mortero colocado en lecho completo (mortero LC) —*** Cuando el mortero se coloca sobre toda la superficie disponible de la unidad de mampostería; Inciso 5.5.2.

- ***Mortero colocado en lecho parcial (mortero LP) —*** Cuando el mortero se coloca sobre una parte de la superficie disponible de la unidad de mampostería; Inciso 5.5.2.

- ***Pared de doble soga —*** Pared de mampostería hecha con dos levantados independientes, separados por un espacio o cavidad. Las razones podrán ser lograr mayor espesor estructural, especialmente en levantados de block; por razones funcionales, para permitir aislamiento térmico o acústico; o contramuros para ocultar instalaciones. En estos últimos casos los levantados estarán separados sin estar interconectados por soleras, refuerzo o accesorios metálicos (excepto a nivel de base y de entrepiso).

- ***Pared de soga simple —*** Término vernáculo que designa un levantado simple de unidades de mampostería colocadas en sentido longitudinal. Términos asociados: Pared de punta con las unidades colocadas transversalmente; pared de punta y soga con las unidades entrelazadas (aplica principalmente a la colocación de ladrillo y no se usa en levantado de block).

- ***Peralte —*** La dimensión de un miembro medida perpendicular al eje principal de la pieza.

- ***Planos del proyecto —*** Los dibujos y gráficos que, conjuntamente con las especificaciones de un proyecto, constituyen la información descriptiva para construir el proyecto. Ver “especificaciones del proyecto”.

- ***Prisma —*** Un ensamble de unidades de mampostería y mortero, usado como espécimen de ensayo para determinar las propiedades del levantado de mampostería.

- ***Puntal —*** *Véase Columnas aisladas y puntales.*

- ***Recubrimiento —*** Espesor de concreto o de graut que recubre al refuerzo.

- ***Refuerzo —*** Refuerzo de acero no presforzado.

- ***Refuerzo longitudinal —*** Refuerzo colocado paralelo al eje longitudinal del miembro.

- ***Refuerzo trasversal —*** Refuerzo colocado perpendicular al eje longitudinal del miembro.

- ***Resistencia a la compresión del levantado de mampostería —*** El máximo esfuerzo compresivo nominal resistido por un levantado de mampostería simple o compuesto, se expresa sobre el área efectiva de la pared, se determina por ensayos de prismas de mampostería o bien se calcula a partir de la resistencia compresiva de las unidades de mampostería, de acuerdo con lo estipulado en esta norma.

- ***Resistencia compresiva especificada de la mampostería*** f'_m **—** Véase la Sección 5.7.

- ***Resistencia de diseño —*** La resistencia nominal del elemento multiplicada por el factor de reducción apropiado.

- ***Resistencia nominal —*** La resistencia probabilísticamente esperada.

- ***Resistencia requerida —*** La resistencia requerida para resistir las cargas mayoradas.

- ***Sisa horizontal —*** La capa horizontal de mortero entre hiladas consecutivas de unidades de mampostería.

- ***Sisa vertical —*** El mortero colocado entre dos unidades de mampostería en la misma hilada o el mortero que rellena el espacio vertical entre dos levantados de soga adyacentes.

- ***Solera*** **—** Un elemento horizontal de concreto con refuerzo que se incluye en el levantado de mampostería para instalar refuerzo horizontal a tracción. Una solera puede ser también inclinada o escalonada (menos de 45° con la horizontal).

- ***Tabique*** **—** Una pared interior sin función estructural.

2.2 — Simbología

- $\boldsymbol{A_b}$ = Área bruta de una unidad de mampostería, cm^2
- $\boldsymbol{A_g}$ = Área de la sección trasversal bruta de un perno, cm^2
- $\boldsymbol{A_{ev}}$ = Área efectiva de corte, cm^2 (in^2)
- $\boldsymbol{A_e}$ = Área efectiva del levantado de mampostería, cm^2
- $\boldsymbol{A_s}$ = Área de refuerzo longitudinal en tracción, cm^2 (in^2)
- $\boldsymbol{A_v}$ = Área de sección trasversal de refuerzo a corte, cm^2 (in^2)
- $\boldsymbol{A_1}$ = Área cargada, cm^2 (in^2)
- $\boldsymbol{A_2}$ = Área de soporte de carga, cm^2 (in^2)
- $\boldsymbol{a}$ = profundidad de un bloque equivalente de esfuerzos compresivos a resistencia nominal, cm (in)
- $\boldsymbol{b}$ = Ancho de la sección, cm (in)
- $\boldsymbol{b_w}$ = Ancho de la viga de muro, cm (in)
- $\boldsymbol{C_d}$ = Factor de amplificación de la deflexión
- $\boldsymbol{c}$ = Distancia de la fibra de deformación máxima a compresión al eje neutro, cm (in)
- $\boldsymbol{M}$ = Carga muerta o fuerzas y momentos internos relacionados
- $\boldsymbol{d}$ = Distancia entre la fibra extrema en compresión y la fibra extrema en tracción, cm (in)
- $\boldsymbol{d_v}$ = Peralte de un miembro en la dirección de corte considerada, cm (in)
- $\boldsymbol{S}$ = Efectos de carga de sismo o relacionado a fuerzas internas y momentos de sismo
- $\boldsymbol{E_m}$ = Módulo de elasticidad de la mampostería a compresión, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{E_s}$ = Módulo de elasticidad del acero, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{G_v}$ = Módulo de rigidez (módulo de corte) de la mampostería, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{f'_g}$ = Resistencia especificada a la compresión del graut, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{f'_m}$ = Resistencia especificada a la compresión de los levantados de mampostería, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{f_r}$ = Módulo de ruptura, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{f_{ud}}$ = Resistencia especificada a la compresión del bloque individual de mampostería, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{f_y}$ = Resistencia especificada a la tracción del acero para refuerzo y anclajes, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{h}$ = Altura efectiva de columna, muro, o pilastra, cm (in)
- $\boldsymbol{h_w}$ = Altura de toda la pared, base a la parte superior, cm (in)
- $\boldsymbol{h_p}$ = Altura piso a piso de una pared, cm (in)

- $\boldsymbol{I_{cr}}$ = Momento de inercia del área de la sección trasversal agrietada de un miembro, cm^4 (in^4)
- $\boldsymbol{I_e}$ = Momento de inercia efectivo, cm^4 (in^4)
- $\boldsymbol{I_g}$ = Momento de inercia del área de la sección trasversal bruta de un miembro, cm^4 (in^4)
- $\boldsymbol{I_n}$ = Momento de inercia del área de la sección trasversal neta de un miembro, cm^4 (in^4)
- $\boldsymbol{k_c}$ = Coeficiente de flujo plástico de la mampostería, por cada kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{k_e}$ = Coeficiente de expansión por humedad irreversible en la mampostería de barro cocido
- $\boldsymbol{k_m}$ = Coeficiente de retracción de la mampostería de concreto
- $\boldsymbol{k_t}$ = Coeficiente de expansión térmica para mampostería por grados ℃ (℉)
- $\boldsymbol{V}$ = Carga viva o fuerzas y momentos internos relacionados
- $\boldsymbol{l}$ = claro libre entre soportes, cm (in)
- $\boldsymbol{l_d}$ = Longitud de desarrollo básica de la que se derivan las longitudes de anclaje y traslape del refuerzo, cm (in)
- $\boldsymbol{l_e}$ = Longitud de desarrollo equivalente suministrada por el gancho estándar medida desde el inicio del gancho (punto de tangencia), cm (in)
- $\boldsymbol{Lp}$ = Longitud de la pared completa o del segmento de pared considerado en la dirección de la fuerza cortante, cm
- $\boldsymbol{My}$ = Momento flector al límite de cedencia, $cm - kgf$
- $\boldsymbol{Mu}$ = Momento flector mayorado, $cm - kgf$
- $\boldsymbol{M_a}$ = Momento máximo en el miembro debido a la carga no mayorada, $cm - kgf$
- $\boldsymbol{M_{cr}}$ = Momento nominal de resistencia al agrietamiento, $cm - kgf$ $(in - lb)$
- $\boldsymbol{M_n}$ = Momento nominal resistente, $cm - kgf$ $(in - lb)$
- $\boldsymbol{n}$ = Relación entre módulos de elasticidad. Véase Sección 5.6
- $\boldsymbol{N_u}$ = Fuerza compresiva mayorada actuando normal a la superficie de corte asociada con la combinación de carga V_u en consideración, kgf (lb)
- $\boldsymbol{P}$ = Carga axial, kgf (lb)
- $\boldsymbol{P_e}$ = Carga de pandeo de Euler, kgf (lb)
- $\boldsymbol{P_n}$ = Resistencia nominal axial, kgf (lb)
- $\boldsymbol{P_u}$ = Carga axial mayorada, kgf (lb)
- $\boldsymbol{Q}$ = Primer momento respecto al eje neutro de un área entre la fibra extrema y el plano en donde el esfuerzo de corte está siendo calculado, cm^3 (in^3)
- $\boldsymbol{R}$ = Coeficiente de modificación de respuesta
- $\boldsymbol{S_e}$ = Módulo de sección del área de la sección trasversal efectiva del elemento, cm^3
- $\boldsymbol{s}$ = Espaciamiento del refuerzo, cm (in)
- $\boldsymbol{t}$ = Espesor nominal de un elemento, cm (in)
- $\boldsymbol{t_p}$ = Espesor de pared, cm (in)
- $\boldsymbol{v}$ = Esfuerzo de corte, kgf/cm^2 (psi)
- $\boldsymbol{V}$ = Fuerza de corte, kgf (lb)
- $\boldsymbol{V_n}$ = Resistencia nominal a corte, kgf (lb)
- $\boldsymbol{V_{nm}}$ = Resistencia nominal a corte suministrada por la mampostería, kgf (lb)

- $\boldsymbol{V_{ns}}$ = Resistencia nominal a corte suministrada por el acero de refuerzo, kgf (lb)
- $\boldsymbol{V_u}$ = Fuerza de corte mayorada, kgf (lb)
- $\boldsymbol{V_{ub}}$ = Demanda de corte basal, kgf (lb)
- $\boldsymbol{z}$ = brazo interno de palanca entre las fuerzas de tracción y compresión en un dintel, cm
- $\boldsymbol{\gamma}$ = Factor de tamaño de refuerzo
- $\boldsymbol{\gamma_g}$ = Factor de resistencia de corte para pared de mampostería rellena de graut
- Δ= Deriva calculada del nivel, cm (in)
- Δ_a= Deriva admisible del nivel, cm (in)
- $\boldsymbol{\delta_{ne}}$ = Desplazamientos calculados usando las fuerzas sísmicas prescritas de la norma llegando al límite de cedencia, cm (in)
- $\boldsymbol{\delta_y}$ = Deflexiones horizontales o verticales al límite de cedencia
- $\boldsymbol{\delta_u}$ = Deflexión post-elástica final, cm (in)
- $\boldsymbol{\varepsilon_{mu}}$ = Deformación compresiva máxima usable de la mampostería
- $\boldsymbol{\rho}$ = Cuantía de refuerzo
- $\boldsymbol{\rho_{max}}$ = Cuantía de refuerzo de tensión máxima a flexión
- $\boldsymbol{\phi}$ = Factor de reducción de resistencia
- $\boldsymbol{\psi}$ = Factor de magnificación para efectos de segundo orden
- **Ж** = índice momento-corte. Véase Sección 5.9

FIN DEL CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 3 — CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS Y DISEÑO

3.1 — Sistema estructural

3.1.1 — *Tipología estructural*

(a) Las estructuras de mampostería reforzada serán en general sistemas E2 en los cuales la mayor parte de las demandas gravitacionales y todas las demandas laterales son resistidas por muros estructurales, que en este caso serán mayoritariamente de mampostería con refuerzo.

(b) No habrá limitaciones para combinar componentes de otros sistemas constructivos en estructuras de mampostería con refuerzo, ni limitaciones de introducir componentes de mampostería con refuerzo en otros sistemas constructivos. Esto extiende el uso de mampostería reforzada a los sistemas E3.

3.1.2 *Desempeño post-elástico* — La mampostería con refuerzo será considerada un sistema constructivo de ductilidad reducida como está estipulado en la Tabla 1.6.14-1 de la NSE 3, donde se indican los siguientes valores de modificación de respuesta sísmica:

(a) Variante de ductilidad limitada DL cubierta principalmente por esta norma **$R = 4$; $\Omega_R = 2.5$; $C_D = 3$.**

(b) Variante de ductilidad baja DB cubierta por NSE 4: **$R = 3$; $\Omega_R = 2.5$; $C_D = 2$.**

3.2 — Metodología de análisis

3.2.1 — *General*

(a) Se requerirá hacer un análisis lineal elástico de la estructura sujeta a cargas gravitacionales.

(b) Se hará un análisis lineal elástico de la estructura sujeta a las cargas de sismo estipuladas en NSE 2. La carga sísmica estará basada en un espectro sísmico de diseño. Se permitirán otros métodos de análisis sísmico, cuando estén apropiadamente fundamentados y documentados.

(c) El análisis detallado por viento sobre el conjunto estructural podrá, en general, obviarse ya que el sismo controla el diseño estructural por la naturaleza y baja altura de las edificaciones de interés. No obstante, los techos que no sean de concreto reforzado sí requieren atención local por viento conforme NSE 2. Lo mismo aplica a parapetos, vidrieras y otras superficies vulnerables al viento a criterio del diseñador.

(d) En algunos casos, a puntualizar en la Sección 3.2.2, se permitirá un análisis simplificado basado en análisis lineal elástico para cargas gravitacionales, sismo y/o viento.

3.2.2 *Métodos utilizables —* Las estructuras E2 de mampostería, en especial las de pocos pisos, son frecuentemente ensambles de placas perforadas o segmentadas de configuración irregular. En algunos casos serán secuencias modulares más regulares. En general podrán emplearse dos modalidades de análisis lineal elástico: modelado de placas con elementos finitos e idealización de placas como elementos lineales prismáticos piso a cielo.

3.2.3 — *Análisis sísmico*

(a) Deberán considerarse en el análisis los elementos estructurales asignados a resistir las cargas sísmicas. También deberán considerarse elementos que interfieran con el sistema sismo-resistente para desacoplarlos o incluirlos según el caso.

(b) Límite de desplazamientos horizontales – Bajo combinaciones de carga que incluyan sismo, las estructuras de mampostería deberán diseñarse para que las derivas entre centroides de rigidez de pisos consecutivos, calculadas en el análisis, no excedan la deriva horizontal última Δ_u = 0.007 estipulada en la Sección 4.3.3 de la NSE 3. La deriva horizontal al límite de cedencia será entonces la Ecuación 3.2.3-1.

$$\boldsymbol{\Delta y = \Delta u / Cd} \qquad (3.2.3\text{-}1)$$

(c) De haber elementos suficientemente rígidos pero que no se desee que participen en el sistema resistente deberán aislarse o desacoplarse de la estructura sismo-resistente.

3.3 — Cargas

3.3.1 — *General*

(a) La mampostería deberá diseñarse para resistir todas las combinaciones de carga a que esté sujeta con suficiente resistencia y adecuada rigidez.

(b) Trayectoria de las cargas – Se proveerá una adecuada ruta de cargas gravitacionales desde el punto de aplicación hasta la cimentación.

(c) Los elementos estructurales de mampostería que deban transmitir cargas sísmicas hacia la cimentación deberán cumplir con lo estipulado acerca de trayectoria de cargas en la Sección 1.2.3 de NSE 3.

3.3.2 *Consideraciones de carga —* Las cargas de diseño deberán establecerse conforme lo estipulado en NSE 2.

3.3.3 — *Resistencia a cargas incidentales*

(a) Las estructuras diseñadas conforme a esta norma deberán contar con un sistema estructural que resista las cargas sísmicas y cargas de viento estipuladas en NSE 2.

(b) El análisis por viento podrá obviarse cuando el cortante basal por viento sea menor que el sísmico; el analista ejercerá su criterio para identificar porciones de edificación vulnerables al viento. El análisis por sismo procederá siempre.

(c) Deberán considerarse otras cargas horizontales y verticales estipuladas en NSE 2, incluyendo empujes de suelo e hidrostáticos.

(d) Deberán considerarse las cargas de tefra volcánica siempre y cuando las autoridades competentes hayan puesto a disposición pública la información correspondiente de amenazas especiales en el sitio.

(e) Deberán tomarse en consideración posibles limitaciones de construcción por estar localizado el proyecto en alguna microzona sujeta a amenazas especiales (incluyendo, pero no limitadas a derrumbes, deslizamientos de suelo, deslaves, inundaciones, crecidas súbitas, lajares, flujos piroclásticos y licuación de suelo)

(f) El desarrollador y el diseñador individual no estarán obligados a considerar las cargas y casos indicados en los Incisos (d) y (e) cuando no están públicamente disponibles, pero sí deberán constatar la disponibilidad de esa información para la jurisdicción municipal del proyecto en los sitios de red de alguna de las autoridades competentes (CONRED, INSIVUMEH o Municipalidad)

3.3.4 — *Otros efectos*

(a) Deberán tomarse en consideración los efectos de las fuerzas y deformaciones de pre-esfuerzos, vibraciones ambientales, impactos, retracciones, expansiones, cambios de temperatura, flujo plástico y

desplazamientos diferenciales entre soportes. También transferencias de cargas en conexiones horizontales entre cuerpos estructurales.

(b) Muros, columnas y puntales deberán diseñarse para resistir cargas, momentos y cortes aplicados en las intersecciones con diafragmas y otros elementos horizontales.

(c) A menos que pueda validarse la suposición de un diafragma completamente rígido, la rigidez finita del diafragma, considerando aberturas y estrechamientos, deberá ser tomada en cuenta en el análisis y la capacidad de las distintas zonas del diafragma deberá establecerse, excepto si aplican los métodos simplificados de análisis.

3.3.5 — *Distribución de cargas según rigideces de componentes estructurales*

(a) A menos que apliquen las condiciones en la Sección 3.2.2 para hacer un análisis simplificado, se hará un análisis estructural que satisfaga los requerimientos de esta sección.

(b) Las cargas laterales deberán distribuirse de acuerdo con la rigidez de desplazamiento de cada componente, excepto que por diseño tenga la condición de componente “no-participante”. La estimación de la rigidez tomará en cuenta las contribuciones de la rigidez cortante y la rigidez en flexión.

(c) Aletones e intersecciones de muros entre sí, deberán incluirse en la determinación de la rigidez del sistema o bien se hará un análisis con elementos finitos (como lo pueden llevar a cabo numerosos programas modernos de análisis estructural).

(d) La distribución de cargas deberá incluir efectos de rotación en planta de la estructura debido a la excentricidad por las cargas laterales y la distribución desigual de la masa de la estructura.

FIN DEL CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 4 — COMPONENTES DE LA MAMPOSTERÍA

Comentario 4
La mampostería con refuerzo tiene cinco componentes: las unidades de mampostería, el mortero, el graut (eventual), el concreto y el refuerzo.

4.1 — Unidades de mampostería

4.1.1 — *Alcance*

(a) Las unidades de mampostería consideradas en esta norma incluyen bloques de concreto huecos y sólidos, ladrillos de barro extrudido cocido y ladrillos de barro compactado cocido.

(b) Bloques de suelo-cemento y adobes de arcilla cruda no están contemplados en esta norma. Sin embargo, mamposterías sólidas cuyos ensayos con prismas ad hoc superen resistencias de 17 kg/cm^2 podrían ser considerados por Autoridad Competente para construcción menor, aplicando para configuración y cálculo las metodologías de NSE 4.

(c) Los adobes crudos hechos con mezclas terrosas de limos y arenas y sin cohesión química interna no están permitidos por esta norma.

Comentario 4.1.1 b y c
El inciso (b) reconoce la circunstancia de poder usar mampostería sólida de mínima calidad; la resistencia indicada (17 kg/cm^2 en ensayo de prisma) corresponde a resistencias de unidad sólida no menores a 25 kg/cm^2, especialmente en la construcción menor cubierta por NSE 4. A pesar de la mínima resistencia, las paredes deberán satisfacer las demandas sísmicas estipuladas en esta norma o en las simplificaciones en la NSE 4; o sea que resistencias menores implicarán mayor área de paredes; si se desea utilizar menos área de paredes portantes, la resistencia de los ensambles de pared deberá incrementarse.
El inciso (c) subraya que lo estipulado en la Sección 4.1.1 no incluye los bloques terrosos no cohesivos que localmente reciben el nombre de "adobe", cuya fragilidad mecánica y vulnerabilidad ambiental constituye demostradamente un peligro a la vida humana.

4.1.2 — *Resistencia y normas aplicables*

(a) La resistencia de las unidades de mampostería se medirá sobre el área neta de su sección horizontal.

(b) La resistencia de las unidades de mampostería se determinará conforme a las siguientes normas COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas):

(i) Bloques huecos de concreto para muros NTG 41054; esta NTG define 3 clases de bloque A, B, C conforme a resistencia y permeabilidad.

(ii) Ladrillos de barro cocido — NGO 41022; esta NGO únicamente considera ladrillos densificados por extrusión.

(iii) La calidad de las unidades se estipula en las NTG y se refieren principalmente a absorción de humedad y características de la materia prima.

(c) Los ladrillos artesanales de arcilla cocida simplemente compactada (no extrudida) son unidades sin celdas o aberturas que tendrán una resistencia de al menos 25 kg/cm2. El diseñador que los utilice deberá aportar datos sobre su resistencia entre la documentación de soporte. A la fecha, no hay parámetros establecidos para dimensiones, calidad del barro o absorción de humedad.

(d) La Norma NSE 4 para construcción menor y la Sección 5.7.3 permiten el uso de bloques de concreto hueco clase D fabricados industrial o artesanalmente siempre que su resistencia exceda 50 kg/cm2 medida sobre área neta.

4.2 — Morteros

4.2.1 — Definición y normas aplicables

(a) El mortero es el material que liga las unidades de mampostería para formar una estructura de mampostería (reforzada o no). Es una mezcla dosificada de arenas, cemento, cal hidratada y agua que se coloca antes de fraguar entre unidades de mampostería conforme se requiere o permite, según el caso, en la Sección 4.5.

(b) La calidad, componentes y resistencias esperadas de los morteros se determinarán conforme a lo siguiente:

(i) COGUANOR NTG 41050 (ASTM C270) — "Mortero de pega para unidades de mampostería";

(ii) COGUANOR NTG 41066 (ASTM C1586) — "Guía para el aseguramiento de la calidad de los morteros de pega para unidades de mampostería".

4.2.2 — Compatibilidad de morteros y unidades de mampostería

(a) Las NTG definen tres tipos básicos de morteros: M, S, N.

Comentario 4.2.2
La designación M, S, N utilizada proviene históricamente de las normas modelo ASTM. Se basan en letras contenidas en la palabra "masonry" guardando el orden de las consonantes M, S, N; por eso suenan arbitrarias en español.

(b) Deberá haber compatibilidad entre la resistencia de las unidades de mampostería y la del mortero de pega. No se combinarán morteros y unidades de mampostería con resistencias excesivamente disímiles. Se considerará que la resistencia apropiada del mortero estará entre 90 por ciento y 130 por ciento de la resistencia de la unidad de mampostería. En la Sección 5.7.3 (e) se propone una guía para establecer la compatibilidad de tipo de mortero y resistencia de las unidades

(c) El tipo N no se utilizará como mortero estructural de pega.

Comentario 4.2.2 b y c
Debido a las técnicas de dosificación y colocación manual del mortero la dispersión de su resistencia efectiva es muy amplia; de allí que no se pueda requerir un margen más estrecho para su resistencia y que incluso se admitan resistencias menores a las de la unidad que ligan; ese aspecto se toma en cuenta para especificar la resistencia efectiva de los levantados (por ejemplo, la Ecuación 5.7.3-1). Las mezclas pre-dosificadas envasadas industrialmente reducen considerablemente las incertidumbres en la calidad y resistencia del mortero.
El mortero tipo S resulta la más "universal" de las dosificaciones, pero deberá atenderse que la resistencia que se logre sea compatible con las unidades de mampostería más resistentes conforme al Inciso (c). Con ese criterio, el mortero tipo M resulta compatible únicamente con las unidades de mayor resistencia (bloques Clase A, B y ladrillos extrudidos).
Es de la mayor importancia que los constructores diseñen y conozcan la resistencia de los morteros que utilicen mediante pruebas formales de laboratorio y que los supervisores tengan experiencia y conocimiento de laboratorio de las resistencias que diversas dosificaciones logran.

(d) No se utilizarán morteros de pega que no contengan cal hidratada conforme a dosificación en las NTG.

(e) Tal como lo estipulan las NTG, no se utilizarán mezclas de mortero retrabajadas y se prepararán únicamente las cantidades a ser utilizadas en lapsos inferiores a dos horas.

Comentario 4.2.2 d y e
La cal hidratada incrementa la trabajabilidad (y marginalmente la vida útil) de la mezcla fresca de mortero.

4.3 — Graut – Definición y normas aplicables

(a) El graut es una mezcla dosificada de arena, cemento, agua, posibles aditivos y ocasionalmente gravilla. Su propósito es rellenar celdas de las unidades de mampostería hueca con dos posibles objetivos:

(i) En celdas donde se requiera refuerzo inter-bloque, para lograr una liga entre el refuerzo y el levantado de unidades de mampostería;

(ii) Para generar un tramo de pared de mayor resistencia, rellenando celdas consecutivas o alternas; estas celdas podrán tener o no refuerzo.

(b) El graut es una combinación altamente fluida del cemento, los componentes áridos y los aditivos necesarios para lograr la fluidez y la resistencia especificada, manteniendo una retracción razonablemente baja. Los agregados serán arenas y cuando el diseño de mezcla lo permita, agregados gruesos del orden de 6 mm máximo.

(c) La calidad, componentes y resistencias posibles del graut cumplirán lo siguiente:

(i) Norma NTG 41052 (ASTM C476). "Graut para mampostería. Especificaciones";

(ii) Norma NTG 41032 (ASTM C404) "Agregados para uso en el graut de mampostería. Especificaciones";

(iii) Norma NTG 41056 (ASTM C1019). "Método de ensayo. Muestreo y ensayo del graut para mampostería"

Comentario 4.3
La palabra "graut" se ha tomado de su fonética en inglés a falta de un término castizo que aplique. No es concreto como tal y tampoco le aplica el término "lechada de cemento" que es agua con cemento.

4.4 — Concreto

4.4.1 En la modalidad de mampostería con refuerzo confinante, los elementos que generan el confinamiento (mochetas y soleras) serán de concreto (con refuerzo). Estos concretos podrán ser de resistencias bajas entre 170 y 200 kg/cm^2 y podrán ser dosificados y mezclados en obra, aunque se recomienda el uso de mezclas pre-dosificadas.

4.5 — Acero de refuerzo

4.5.1 — *Especificaciones del refuerzo*

(a) ASTM A706: como para todos los sistemas sismo-resistentes modernos la primera opción será utilizar este tipo de refuerzo.

(b) NTG 36011 (ASTM A615): por ser la mampostería con refuerzo un sistema de ductilidad limitada, este tipo de refuerzo será aplicable en Grado 40 y en Grado 60 sin las limitaciones de la Norma NSE 7.1 (o las de ACI 318-19).

(c) NTG 41053 (ASTM A1064): por ser la mampostería con refuerzo un sistema de ductilidad limitada, este tipo de refuerzo será aplicable para estribos, eslabones y refuerzo de cortante vertical y horizontal, en varillas o mallas electro-soldadas hasta Grado 75. Será aplicable para refuerzo horizontal de flexión. No aplicará para refuerzo vertical en flexión (mochetas principales y bordes de muros de concreto) en edificaciones de mampostería de más de 3 pisos.

4.6 — Otras características de la mampostería

4.6.1 — *Coeficientes de expansión y contracción térmica*

(a) Mampostería de concreto

$$k_t = 8.1 \times 10^{-6} cm/cm/°C \qquad (4.6.1\text{-}1)$$

(b) Ladrillos de barro cocido

$$k_t = 7.2 \times 10^{-6} cm/cm/°C \qquad (4.6.1\text{-}2)$$

Comentario 4.6.1
Los coeficientes se han tomado de TMS 402-16. Las contracciones y expansiones se consideran reversibles. Los coeficientes para blocks de concreto pueden variar con la clase de agregado utilizado.

4.6.2 — *Coeficiente de expansión por humedad*

(a) Mampostería de concreto: no aplica

(b) Mampostería de barro cocido

$$k_{he} = 3 \times 10^{-4} cm/cm \qquad (4.6.2\text{-}1)$$

Comentario 4.6.2
Los coeficientes se han tomado de TMS 402-16. La expansión del barro cocido es un efecto irreversible a largo plazo (un lustro) causado por la exposición al medio ambiente. La expansión no se observa en mampostería de concreto.

4.6.3 — *Coeficiente de retracción*

(a) Mampostería de Concreto

$$k_r = 0.5\, S_l \qquad (4.6.3\text{-}1)$$

(b) Mampostería de barro cocido: No aplica

Comentario 4.6.3
Los coeficientes se han tomado de TMS 402-16. Solamente los blocks de concreto se contraen por pérdida de humedad; La retracción lineal total S_l se determina en ASTM A426-18. La retracción máxima admitida es 0.065%. La retracción no aplica a ladrillos de barro.

4.6.4 — *Coeficientes de flujo plástico*

(a) Mampostería de concreto

$$k_{pc} = 0.36 \times 10^{-6} \ por\ cada\ Kgf/cm^2 \qquad (4.6.4\text{-}1)$$

(b) Mampostería de barro cocido

$$k_{pb} = 0.10 \times 10^{-6} \ por\ cada\ Kgf/cm^2 \qquad (4.6.4\text{-}1)$$

Comentario 4.6.4
Los coeficientes se han tomado de TMS 402-16. Se reportan como valores máximos. Los materiales sujetos a esfuerzos permanentes se deforman en la dirección del esfuerzo a que están sujetos.

FIN DEL CAPÍTULO 4

CAPITULO 5 — PAREDES DE MAMPOSTERÍA

5.1 — Alcance

5.1.1 Este capítulo cubre las paredes de mampostería que cumplen funciones estructurales y son parte de un sistema estructural E2 o E3.

5.1.2 Paredes de mampostería que no están supuestas a participar en el sistema estructural están cubiertas en la Sección 5.5.3.

Comentario 5.1
En el DRAE la palabra "muro" es sinónimo de "pared" sin ninguna connotación especial; la primera acepción de "pared" es "obra de albañilería vertical". En esta norma se usará "pared de mampostería" cuando haya función estructural y "tabique de mampostería" cuando la pared no tenga función estructural.

En la Norma 7.1 y en general en la NSE se viene utilizando la palabra "muro" para indicar las paredes de concreto reforzado con función estructural.

5.2 — Aparejos del levantado de mampostería

(a) Los aparejos de la mampostería serán escalonados de soga simple o múltiple.

(b) Los levantados de doble soga podrán separarse para recibir un núcleo de graut; los núcleos de graut de 8 cm o más llevarán refuerzo; opcionalmente el núcleo podrá ser de concreto, pero el espacio entre sogas será de 10 cm o más.

(c) No se permitirán aparejos apilados con fines estructurales, excepto que las unidades sean huecas, rellenas de graut en su totalidad; la capacidad en corte está estipulada en la Sección 5.9.

(d) No se permitirán aparejos con celdas horizontales para fines estructurales bajo ninguna condición.

5.3 — Refuerzo de paredes estructurales

5.3.1 — *Técnicas de refuerzo*

(a) La técnica de refuerzo priorizada en esta norma es **refuerzo confinante combinado con refuerzo suplementario** como se indicó en la Sección 1.1.2.

(b) Se permitirá la utilización de las técnicas de refuerzo descritas en el documento de referencia TMS 402 edición 2016 o posterior; sin embargo, en tal caso se seguirán sin excepción todos los detalles de materiales, ejecución y manera de supervisar indicados en ese documento. En los informes estructurales el diseñador indicará lo conducente.

5.3.2 — Refuerzo confinante principal y refuerzo suplementario

(a) Formación de paneles — las paredes de la estructura E2 o E3 se considerarán, en cada piso, como paneles, generalmente rectangulares, de piso a cielo, en ambas direcciones y que pueden o no intersectarse entre sí.

(b) Se requiere enmarcar estos paneles de mampostería con elementos de concreto con refuerzo; éstos deberán ser fundidos después de hacer el levantado para generar la mejor liga posible entre ellos y la mampostería.

(c) Adicionalmente, habrá refuerzo intermedio suplementario en los paneles.

5.4 — Refuerzos confinantes principales y complementarios

5.4.1 *General* — En el Manual DSE 4.1 se ilustra la disposición esperada de los elementos de refuerzo principales y suplementarios definidos en las Secciones 5.4.2, 5.4.3, 5.4.4 y 5.4.5. Su cálculo estructural se indica en las Secciones 5.8.3 y 5.8.4.

5.4.2 — *Mochetas principales*

(a) En esta norma los refuerzos confinantes verticales se denominan “mochetas principales” (o simplemente “mochetas” cuando no haya equívoco con otras mochetas con diferente función).

(b) El propósito de las mochetas principales será enmarcar los extremos de un panel de mampostería tomando efectos de volteo, especialmente aquellos generados por sismos.

(c) La sección de la mocheta principal estará dictada por esfuerzos axiales en el concreto de tal forma que para cada combinación de carga sean inferiores a lo estipulado en la Sección 5.8.2. El ancho mínimo será el espesor del levantado de mampostería, aunque nada previene que sea más ancha; la longitud mínima de la mocheta será el espesor de la propia pared o el de la pared transversal si hubiera.

(d) La longitud mínima entre los bordes de dos mochetas será la longitud de las unidades de mampostería (que en ese caso se pondrán apiladas). Longitudes menores se resolverán unificando las mochetas en una sola de mayor longitud.

(e) El refuerzo mínimo requerido será 0.0075 del área de la mocheta principal.

5.4.3 — *Soleras principales*

(a) Los refuerzos confinantes horizontales según su localización serán “soleras de base” (“hidrófugas” en términos vernáculos), “soleras de piso” o “soleras de entrepiso” y “soleras de remate”.

(b) La dimensión mínima horizontal de las soleras principales será el espesor de la pared; la altura mínima de las soleras principales será 15 cm.

(c) El refuerzo mínimo en las soleras será 0.0075 de su sección transversal. Las soleras principales no podrán estar alojadas en unidades tipo ‘U’.

5.4.4 — *Refuerzo complementario vertical*

(a) Se permiten dos modalidades de refuerzo distribuido vertical: refuerzo inter-bloque y mochetas intermedias.

(b) Los refuerzos inter-bloque (“pines” en términos vernáculos) son aplicables en mampostería hueca de cemento o ladrillo.

(c) Para aprovechar la capacidad cortante incrementada desarrollada por el refuerzo vertical distribuido, los refuerzos inter-bloque tendrán una separación máxima de cinco veces el ancho de las unidades de mampostería. La cuantía sumada de refuerzo complementario vertical y horizontal no será menor que 0.002 de la sección de la pared y el refuerzo vertical no será menor que el 0.0007 de la sección de la pared. Guías para interpretar estos requisitos se presentan en el Manual DSE 4.1.

Comentario 5.4.3 c
El propósito principal del refuerzo complementario es aumentar la capacidad de corte de las paredes al contribuir a mantener la integridad de las paredes sujetas a la tracción diagonal que producen los cortantes sísmicos horizontales. Ver los esquemas correspondientes en el Manual DSE 4.1. Ambos refuerzos complementarios, el vertical y el horizontal, contribuyen a controlar la tracción diagonal. El vertical es más eficaz en paredes largas; el horizontal cobra más importancia en paredes cortas y altas.

(d) Utilizando “mochetas intermedias” que son mochetas menores que serán colocadas entre las mochetas principales, aplicables en mampostería de unidades sólidas y electivamente aplicables en levantados con unidades huecas.

(e) La capacidad cortante de una pared reforzada con mochetas intermedias se establecerá conforme la Sección 5.4.3. Las mochetas intermedias tendrán una separación máxima de diez veces el ancho de las unidades de mampostería. La cuantía sumada de refuerzo complementario vertical y horizontal no será menor que 0.002 de la sección de la pared y el refuerzo vertical no será menor que el 0.0007 de la sección de la pared. Guías para interpretar estos requisitos se presentan en el Manual DSE 4.1.

Comentario 5.4.3 e
Los refuerzos complementarios son más eficaces cuando el refuerzo está distribuido, como en el Esquema A del Comentario 5.4. No obstante, las mochetas intermedias y la solera intermedia del Esquema B del Comentario 5.4, utilizadas en Guatemala desde los años 1930 (y preservadas por las prescripciones del FHA desde los años 1960) fueron un notable acierto de los maestros constructores de principios del Siglo XX, sin que ellos tuvieran una idea de esfuerzos de tracción diagonal, pero sí la capacidad de observación de los patrones de agrietamiento sísmico. El patrón de refuerzo del Esquema B utilizado a lo largo de 80 años es característico de Guatemala.

5.4.5 *Refuerzo complementario horizontal —* El refuerzo complementario horizontal se podrá colocar como se indica a continuación:

(a) Utilizando dos o más soleras intermedias colocadas entre soleras principales para aprovechar la capacidad de corte incrementada desarrollada por el refuerzo complementario horizontal distribuido conforme la Sección 5.4.5.

(b) Utilizando una sola solera intermedia colocada entre soleras principales en cuyo caso la capacidad cortante se determinará conforme la Sección 5.9.1.

(c) Se permitirá utilizar bloques “U” en lugar de soleras intermedias configuradas con moldes.

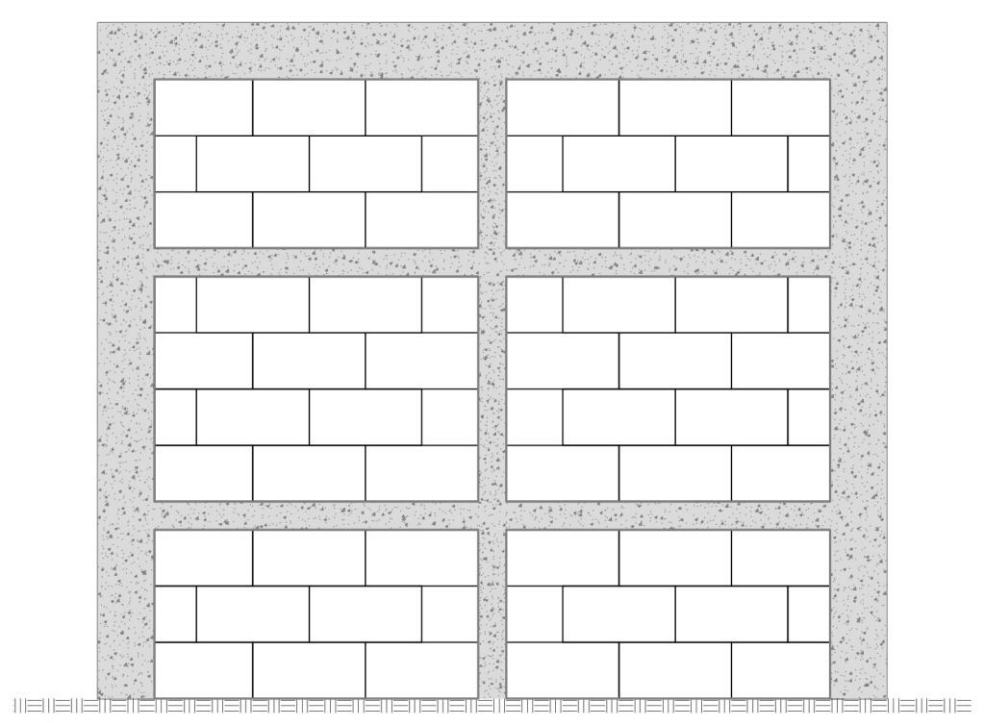
(d) No se permitirá utilizar varillas colocadas entre la sisa de mortero como refuerzo complementario horizontal con función estructural.

Comentario 5.4.4 d
La eficacia del refuerzo depende de la adherencia generada entre refuerzo y unidades de mampostería y el mortero es el componente con mayor variabilidad de calidad. Además, las varillas colocadas en el lecho de mortero pueden no tener suficiente recubrimiento quedando más expuestas a la corrosión. Esta norma no reconoce funciones estructurales de refuerzos colocados en el lecho de mortero.

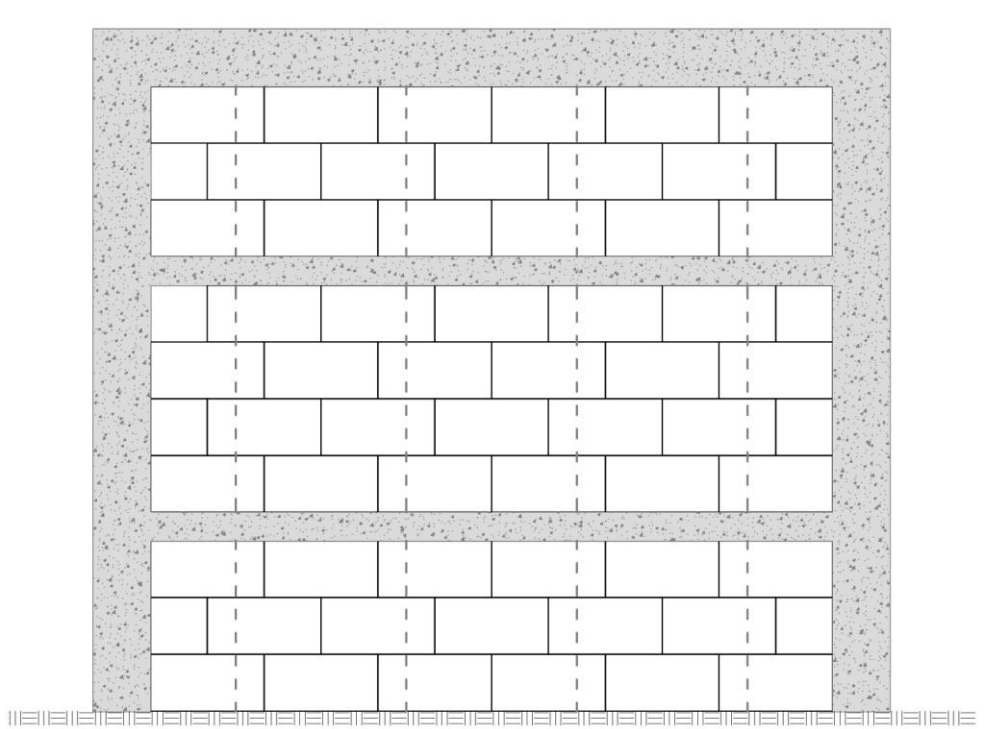
(e) La cuantía sumada de refuerzo complementario horizontal y vertical no será menor que 0.002 de la sección de la pared y el refuerzo horizontal no será menor que el 0.0007 de la sección de la pared. Guías para interpretar estos requisitos se presentan en el Manual DSE 4.1.

Comentario 5.4

Esquema A – Muro con refuerzo complementario vertical, mochetas secundarias.



Esquema B – Muro con refuerzo complementario vertical, refuerzo inter-bloque.



5.5 — Propiedades Geométricas y Estructurales de las paredes

Comentario 5.5
*En el **Manual DSE 4.1** hay ilustraciones para el manejo de los parámetros para mampostería definidos en esta sección. También hay ejemplos típicos para la mampostería en uso en Guatemala.*

5.5.1 — *Área neta A_n y área efectiva A_e*

(a) Las capacidades de la mampostería se medirán en primera instancia sobre el Área Neta de las unidades de mampostería (Véanse las definiciones en la Sección 2.1 y la simbología en la Sección 2.2).

$$A_n = k_n * A_b \qquad (5.5.1\text{– }1)$$

Donde:

- $0.50 \leq k_n \leq 1.00$ es una característica geométrica de la sección horizontal de las unidades de mampostería que indica la proporción de vacíos
- 0.50 es el mínimo k_n permitido
- k_n es parte de las especificaciones de las unidades y deberá comprobarse en los ensayos de las unidades de mampostería.

(b) Si la unidad de mampostería tiene un área de celdas vacías menor o igual a 25% del área bruta de la unidad, el área neta se tomará igual al área bruta y k_n = 1.0

(c) Las capacidades de la mampostería dependerán en segunda instancia de las características del levantado y se basarán en el Área Efectiva, que será una modificación adicional al Área Neta como sigue:

$$A_e = k_e * t_p * L_p \qquad (5.5.1\text{– }2)$$

Donde:

- k_e dependerá de la forma de colocar el lecho de mortero entre hiladas consecutivas de mampostería; podrá depender de la geometría de las unidades de mampostería; podrá depender de la distribución de celdas huecas rellenas de graut.

5.5.2 — Colocación del lecho de mortero: MLC o MLP

(a) Hay dos formas de colocar el mortero entre hiladas consecutivas y entre unidades adyacentes: colocación de mortero en **lecho completo (MLC)** cuando el mortero se aplica a toda el área neta; colocación de mortero en **lecho parcial (MLP)** cuando el mortero solamente se aplica sobre parte del área neta.

(b) Se deberá tomar en cuenta la diferencia en capacidad estructural cuando se utilice una u otra opción de la siguiente manera:

(i) $k_e = k_n$ cuando se utilice **MLC**

(ii) $k_e < k_n$ cuando se opte por **MLP**; el área efectiva se estimará calculando el área de contacto y k_e será el resultado de dividir el área de contacto entre el área bruta.

(c) En los planos del proyecto se indicará específicamente la extensión del lecho de mortero utilizado en la estimación de capacidades; la decisión no quedará únicamente a criterio del constructor.

Comentario 5.5.2

Esta sección penaliza el uso del mortero colocado en lecho parcial, muy extendido actualmente, en el cual se aplican únicamente 2 franjas de mortero; bajo la apariencia de una economía de mano de obra y material, literalmente se "desperdicia" la resistencia de las unidades de mampostería. Tómese en cuenta que la resistencia del mortero es muy incierta y además con frecuencia es el componente de menos calidad en el levantado; por ello no se considera un posible "corrector" por resistencia de mortero incrementada; de argumentarse que el mortero en uso compensa resistencias, la comprobación más efectiva tendría que venir de ensayos de prismas.

Los levantados más severamente "desperdiciados" resultan ser los de unidades sólidas, como los ladrillos, en los cuales la técnica del MLP hace "estragos" no sólo físicos sino de cálculo, ya que de no hacer la corrección de la Ecuación 5.5.1-2, las capacidades, tanto axiales como de cortante, quedan sobreestimadas.

*El **Manual DSE 4.1** presenta ejemplos con valores típicos para levantados de mampostería frecuentemente utilizadas en Guatemala.*

5.5.3 — Tabiques internos de unidades huecas

(a) Deberá tomarse en cuenta el número y la disposición de los tabiques interiores de las unidades huecas para establecer si es posible en la práctica utilizar lechos completos o sólo es posible aplicar lechos parciales.

(b) En los planos del proyecto se indicará el tipo de unidades de mampostería que el diseño estructural requiere o acepta, incluyendo el número de celdas por unidad y la distribución de estas. Como guía véase el Comentario 5.5.3.

Comentario 5.5.3
*Con referencia a bloques de concreto, en Guatemala la configuración más frecuentemente utilizada es el block de dos celdas, aunque en dos variantes: tabique central único (**block UT**) y tabique central doble (**block DT**). El block DT tiene una característica deseable: permite utilizar liga de mortero con lecho completo porque en el levantado siempre hay tabiques que alinean verticalmente; además, con su doble tabique central, tiene una configuración robusta y está originalmente diseñado para poderse dividir fácil y exactamente. (Las unidades DT están, afortunadamente, muy difundidas entre los fabricantes artesanales del país). Las unidades UT sólo permiten el uso de mortero LP.*
*Los ladrillos de arcilla cocida extrudidos que son de dos celdas tienen configuración **DT** y se prestan a la aplicación del mortero LC.*

5.5.4 ***Aporte de rellenos de graut al área efectiva —*** En los casos en que haya rellenos de graut uniformemente distribuidos se podrá aplicar una modificación favorable al área efectiva, mostrada en la Ecuación 5.5.4-1.

$$A_e = \left(k_e + n_g * k_g\right) t_p * L_p \qquad (5.5.4\text{-}1)$$

Donde:

- $k_g = 0.0$ cuando no hay relleno de graut o cuando la mampostería es sólida, sin celdas.
- $k_g > 0.0$ cuando el relleno de graut llena sistemáticamente cada 3, cada 2 o todas las celdas de la mampostería hueca;
- k_g se estimará como el área realmente rellena dividida por el área bruta correspondiente.
- $k_g > 0.0$ también aplicará en casos de sogas dobles con núcleo intermedio de graut.
- n_g es la relación de módulos elásticos entre graut y levantado. En general podrá suponerse $n_g = 1.0$ a menos que se aplique la Sección 5.6.2 (f).

Comentario 5.5.4
Esta norma reconoce el aporte de celdas de mampostería hueca rellenas de graut. Se promueve en especial su utilización en paredes de poca longitud en planta; estos tramos cortos de pared llamados "muñecos" en la jerga constructiva local, pueden ser una necesidad funcional o arquitectónica, pero han demostrado ser altamente vulnerables en sismos.

***El Manual DSE 4.1** presenta ejemplos de medidas de celdas y distribución de rellenos de graut con valores de k_g para unidades de mampostería frecuentemente utilizadas en Guatemala.*

5.5.5 *Aporte de mochetas al área efectiva —* Ya que las mochetas son secciones sólidas de concreto, el analista podrá tomar ventaja de su presencia a costo de un análisis más elaborado. Se podría acreditar la presencia de un segmento de pared de longitud L_m con mayor espesor, es decir como se muestra en la Ecuación 5.5.5-1. Véase la Sección 5.6.2 (f) para la definición de n_c.

$$(n_c * t_p)L_m \qquad (5.5.5\text{-}1)$$

Comentario 5.5.5
*En el **Manual DSE 4.1** se incluyen ejemplos que toman en cuenta el material más rígido de las mochetas. No obstante ignorar la mayor rigidez real de las mochetas no tiene mayores consecuencias por ser tramos de pared muy cortos.*
En el caso de haber muros de concreto con longitud mayor que 3 espesores de pared sí es oportuno tomarlos en cuenta utilizando directamente las propiedades mecánicas del concreto y no la equivalencia n_g.

5.5.6 — *Momento de inercia I_e*

(a) Cuando se haga necesario calcular el momento de inercia de un panel de mampostería es apropiado incluir los segmentos perpendiculares a la pared de interés, especialmente los que estén en los extremos o próximos a ellos.

Comentario 5.5.6
Tal como se indica en las Secciones 3.2 y 3.3.5 (c), hay dos formas de establecer esfuerzos de flexo-compresión: utilizando el método de elementos finitos o planteando elementos verticales prismáticos en flexo-compresión en cada dirección de análisis. En este último caso será necesario establecer los momentos de inercia I_e en flexión de tales elementos en cada dirección (lo cual no es necesario al discretizar y analizar las paredes como elementos finitos).

(b) La sección modelada podrá ser una ***I***, ***T***, ***L*** o simplemente un segmento rectangular; la sección tendrá entonces un “alma” y “alas”. Las alas y el alma podrán, en conjunto, considerarse en la resistencia de las acciones aplicadas (excepto que para cortante solo el alma se considerará eficaz).

(c) El ancho de las alas que se podrá considerar en el análisis del elemento será 6 veces el espesor del ala a cada lado del alma o hasta el punto medio entre alas vecinas o bien la longitud disponible, lo que sea menor.

(d) Los cálculos se harán utilizando el área efectiva A_e de los segmentos de pared.

5.5.7 *Área resistente a cortante A_{ev} —* El área de pared A_{ev} que se considerará eficaz para resistir cortante será solamente el área efectiva A_e de la pared en la dirección de la carga horizontal, (el "alma" del segmento de pared en el caso de secciones modeladas como compuestas).

> ***Comentario 5.5.7***
> *El considerar solamente el alma de las secciones en concreto o mampostería ha sido desde siempre un eficaz modelo analítico para evaluar cortante. Recuérdese que la distribución de esfuerzos cortantes es parabólica con esfuerzos cero en los extremos de la sección y esfuerzo máximo en el centroide; por anchas que sean las alas, su contribución al cortante es marginal; el esfuerzo uniforme que planteará este modelo en las Secciones 5.7.6 y 5.7.7 es simplemente un promedio de la parábola de esfuerzos.*

5.5.8 — *Módulo de Sección Efectivo*

(a) Los cálculos de módulo de sección efectivo podrán variar conforme el método de análisis, la herramienta de cálculo final y el criterio del calculista.

(b) Una vez calculado el momento de inercia y el centroide de la pared modelada como sección compuesta, se tendrá:

$$S_{e1} = {}^{I_e}/_{C_1} \quad ; \quad S_{e2} = {}^{I_e}/_{C_2} \tag{5.5.8-1}$$

Donde

- C_1 y C_2 son las distancias de los extremos al centroide de la sección compuesta

5.5.9 Radio de giro — El radio de giro que podría ser de interés es r_t normal al plano de la pared. Sin embargo, en las formulaciones de esbeltez máxima, esta norma utiliza directamente el espesor de pared como parámetro indicativo. Véase la Ecuación 5.8.1-1. No obstante, de hacerse necesario, el radio de giro puede aproximarse con la Ecuación 5.5.9-1.

$$r_t = \sqrt{\frac{I_{et}}{A_e}} \approx 0.288 t_p \tag{5.5.9-1}$$

5.6 — Rigidez de paredes de mampostería

5.6.1 — *Modelos analíticos y fracturación*

(a) Las paredes deberán analizarse tomando en cuenta las propiedades efectivas de las secciones estipuladas a lo largo de la Sección 5.5.

(b) Al plantear modelos estructurales, el analista deberá resolver de manera apropiada el posible conflicto de modelado analítico entre la sección geométrica bruta y las secciones efectivas.

(c) Fracturas diagonales: Las consideraciones sobre fisuras sísmicas están en la Sección 5.6.4.

5.6.2 — *Módulo de elasticidad axial*

(a) Mampostería de Concreto — Para el análisis estructural de mampostería de concreto el módulo de elasticidad axial podrá tomarse como:

$$E_m = 900\, f'_m \qquad (5.6.2\text{-}1)$$

(b) Mampostería de ladrillo — Para el diseño de mampostería de ladrillo el módulo de elasticidad axial podrá tomarse como:

$$E_m = 800\, f'_m \qquad (5.6.2\text{-}2)$$

(c) Utilizando ensayos con prismas — El Módulo de elasticidad axial podrá ser estimado con base en la resistencia máxima a la compresión de prismas hechos en obra de acuerdo al método estipulado en las normas COGUANOR NTG correspondientes al tipo de mampostería de interés.

(d) El módulo de elasticidad axial del graut se tomará como:

$$E_g = 500\, f'_g \qquad (5.6.2\text{-}3)$$

(e) El módulo de elasticidad del concreto se tomará conforme ACI 318:

$$E_c = 15100\sqrt{f'_c} \quad [\text{kg/cm}^2] \qquad (5.6.2\text{-}4)$$

(f) Combinación de módulos — No será necesario combinarlos explícitamente. Se incorpora implícitamente al utilizar la relación de módulos n_c o n_g en las formulaciones de A_e. Los valores de n_c o n_g se podrán establecer con redondeos a dos cifras significativas a partir del cociente entre los módulos elásticos de los dos materiales que actúan juntos.

Comentario 5.6.2 f
Al examinar los posibles valores de "n" en el caso del graut (con f'_g cercano a 175 kg/cm^2) será evidente que el valor está cercano a 1. En el caso de las mochetas de concreto, aún para f'_c cercano a 175 kg/cm^2, el valor de "n" rondará 2 o 3 (por la contribución del agregado grueso) y podría resultar ventajoso considerar el área equivalente en los análisis. Véanse las Secciones 5.7 y 5.8.

5.6.3 ***Módulo de rigidez cortante —*** El módulo de rigidez para deformaciones por cortante se derivará del respectivo módulo de elasticidad axial mediante la siguiente ecuación:

$$G_v = 0.4\, E_{axial} \qquad (5.6.3\text{-}1)$$

5.6.4 —*Suposiciones de rigidez lateral*

(a) La rigidez para la distribución de cortante debido a fuerzas horizontales tomará en cuenta la capacidad de deformación por flexión combinada con la capacidad de deformación por cortante:

$$K_v = \frac{1}{\delta_f + \delta_v} \qquad (5.6.4\text{-}1)$$

$$\delta_f = \frac{h^3}{12 * E_{axial} * I_e} \qquad (5.6.4\text{-}2)$$

$$\delta_y = \frac{h}{G_v * A_e} \qquad (5.6.4\text{-}3)$$

(b) La rigidez dada por la Ecuación 5.6.4-1 supone una sección de pared aún no fracturada por el cortante horizontal. En el análisis se permitirá el empleo de las rigideces sin fracturar. Se usará el área y el momento de inercia efectivos de cada paño de pared.

Comentario 5.6.4 b
La mampostería en esta norma se diseña como un sistema estructural de baja ductilidad (R=4 o R=3) que implica excursiones post-elásticas más reducidas; por lo tanto, se permite analizar las deformaciones laterales con sección no fracturada.
La generalidad de los programas de cálculo estructural permite asignar modificadores de rigidez a los componentes estructurales que en este caso serían K=1.0

5.7 — Capacidad de las paredes de mampostería

5.7.1 — Método de diseño por resistencia

(a) Las paredes se diseñarán estructuralmente por el Método de Resistencia en el cual se comparan demandas de carga mayoradas con capacidades al límite elástico de la mampostería. El límite elástico es el nivel de esfuerzos al que se considera que los componentes estructurales entran en un desempeño esfuerzo-deformación post-elástico irreversible.

(b) Las cargas se incrementarán (se aplicará “mayoración”) según se establece en el Capítulo 8 de NSE- 2.

(c) A las capacidades nominales de la mampostería se les aplicará un factor de reducción para tomar en cuenta incertidumbres de desempeño.

(d) A menos que se determine con pruebas calificadas, en base a las Normas COGUANOR, deberán utilizarse los valores estipulados en esta sección para determinar las capacidades de las paredes y soportes de mampostería con refuerzo.

5.7.2 ***Factores de reducción Φ —*** Las capacidades nominales de diseño serán reducidas en atención a las incertidumbres de desempeño de la mampostería sujeta a diversos tipos de esfuerzos:

(a) Φ = 0.90 en flexo-compresión, mampostería con refuerzo complementario distribuido;

(b) Φ = 0.80 en flexo-compresión, mampostería con refuerzo complementario intermitente;

(c) Φ = 0.80 para cortante, mampostería con refuerzo complementario distribuido;

(d) Φ = 0.67 para cortante, mampostería con refuerzo complementario intermitente;

(e) Φ = 0.60 para aplastamiento local

Comentario 5.7.2
El documento TMS 402-16 indica Φ = 0.90 para mampostería reforzada, Φ = 0.60 para flexo-compresión de mampostería sin refuerzo, Φ = 0.80 para cortante y Φ = 0.60 para aplastamiento por fuerzas concentradas.

En esta norma se ha tomado el mismo valor Φ = 0.90 para flexo-compresión cuando la mampostería tiene refuerzo complementario distribuido. El reductor se tomó Φ = 0.80 en el caso de mampostería sin refuerzo complementario distribuido en atención a las mayores superficies de pared localmente no reforzadas.

Para el reductor Φ por cortante se tomó un criterio análogo, bajando la capacidad en un 20 % adicional, de 0.80 a 0.67 cuando no hay refuerzo cortante distribuido; no obstante, se hace la observación que si hay refuerzo cortante – las mochetas intermedias – aunque la mayor separación podría promover mayor agrietamiento.

5.7.3 — Capacidad básica del levantado

(a) Para el diseño de mampostería de concreto y ladrillo, a falta de ensayos de prismas hechos en condiciones de obra, la resistencia básica del levantado de mampostería f'_m se tomará como:

$$f'_m = 0.70\, f_{ud} \qquad (5.7.3\text{-}1)$$

Donde:

- f_{ud} corresponde a la resistencia a la compresión sobre área neta de las unidades de mampostería según se estipule para cada tipo de unidad en las respectivas Normas NTG de COGUANOR.

(b) Se podrá establecer f'_m mediante ensayos de prismas de levantado, conforme a Normas NTG.

Comentario 5.7.3 a y b

f'_m representa la resistencia a la compresión del levantado de mampostería trabajando en conjunto; f_{ud} representa la resistencia a la compresión de una unidad individual que es más fácil de certificar o ensayar. Si se desea tratar de mejorar el parámetro de resistencia indicado por la Ecuación 5.7.3-1, eso se deberá hacer conforme a Normas NTG, mediante ensayos específicos de prismas de levantados hechos en obra; o en laboratorio, hechos por las personas que lo trabajarán en campo.

De aplicarse la vía fácil para establecer f'_m, o sea la Ecuación 5.7.3-1, cabría preguntarse si se asigna el mismo f'_m a levantados con lecho completo de mortero y con lecho parcial o a levantados que contengan rellenos. Conforme esta norma, la respuesta es afirmativa. La "corrección" en capacidad efectiva la incorpora el concepto de área efectiva que "penaliza" la menor área de contacto lograda con lechos de mortero parciales.

De aplicarse la vía más rigurosa de ensayar probetas, el punto queda zanjado al reportar el ensayo sobre área efectiva.

(c) Límite inferior — La mínima resistencia a la compresión f_{ud} de las unidades de mampostería que se contempla en esta norma será 50 kg/cm^2 para mampostería hueca y 25 kg/cm^2 para mampostería sólida bajo las condiciones estipuladas en la Sección 4.1.2.

Comentario 5.7.3 c

El límite inferior es una concesión a la manufactura artesanal y a la posibilidad de emplear los recursos disponibles en áreas remotas del país. La comparativamente baja resistencia vendría compensada, al diseñar, por una mayor cantidad de pared portante.

(d) Límite superior — La máxima resistencia a la compresión f_{ud} de las unidades de mampostería que se contempla en esta norma será 180 Kgf/cm² para mampostería de concreto. No deberá exceder 270 Kgf/cm² para mampostería de barro cocido extrudido. La aplicación de la Ecuación 5.7.3-1 se considerará válida para f_{ud} ≤ 150 kg/cm². Para resistencias f_{ud} mayores se recurrirá a ensayos específicos para determinar f'_m .

Comentario 5.7.3 d
El límite superior se estableció aproximadamente al 50% de lo que TMS 402-16 permite como máximo. Se reconoce la menor resistencia de los insumos acostumbrados localmente; resistencias superiores no se consideran factibles con los materiales y procedimientos localmente disponibles en la actualidad.
De haber disponibles insumos de mayor resistencia que la indicada en el Inciso d, deberían procesarse conforme lo indica TMS 402-16 y el Inciso 1.1.1 c de esta norma.

(e) Compatibilidad morteros con resistencia de unidades — En el comentario adjunto se propone una guía para compatibilidad de resistencias, aunque será responsabilidad del constructor y supervisor asegurarse que la resistencia del mortero caiga en el rango 90% a 130% que se indica en la Sección 4.2.2.

Comentario 5.7.3 e
Guía para seleccionar tipo y resistencia de mortero de pega

Unidad de mampostería	Tipo de Mortero			Resistencia de referencia Kg/cm²
	M	S	N	
Block Clase A (140 kg/cm²)	si	posible	no	185 - 125
Block Clase B (100 kg/cm²)	posible	si	no	135 - 90
Block Clase C (70 kg/cm²)	no	si	no	95 - 65
Block Clase D (50 kg/cm²)	no	si	no	65 - 45
Ladrillo extrudido de 150 kg/cm²	si	posible	no	200 - 135
Ladrillo artesanal de 35 kg/cm²	no	establecer	no	45 - 30

Es de la mayor importancia que los constructores diseñen y conozcan la resistencia de los morteros que utilicen mediante pruebas formales de laboratorio y que los supervisores tengan experiencia y conocimiento de laboratorio de las resistencias que diversas dosificaciones logran.

(f) Resistencia a la compresión del graut — Para unidades de concreto Clase A o superior, la resistencia a la compresión f'_g del graut deberá ser al menos 210 Kgf/cm². Para unidades de concreto Clase B o menor, la resistencia a la compresión f'_g del graut deberá ser al menos 175 Kgf/cm². Para mampostería de barro cocido extrudido, la resistencia a compresión especificada del graut f'_g será 245 Kgf/cm² pero no excederá 280 Kgf/cm².

5.8 — Compresión y Flexión

5.8.1 — *Reducción de capacidad axial por esbeltez*

(a) Relación de esbeltez normal al plano de la pared:

(i) No excederá la Ecuación 5.8.1-1.

$$\frac{h}{t_p} \leq 28 \qquad (5.8.1\text{-}1)$$

(ii) Alternativamente podrá usarse la limitación de la Ecuación 5.8.1-2.

$$\frac{h}{r_p} \leq 99 \qquad (5.8.1\text{-}2)$$

Donde:

- El radio de giro transversal r_t fue definido en la Sección 5.5.9.

(b) El esfuerzo axial nominal (antes de aplicar Φ), aplicado al área efectiva A_e, no excederá:

$$\sigma_{nm} = 0.80\left\{0.80f'_m\left[1-\left(\frac{h_p}{40t_p}\right)^2\right]\right\} \qquad (5.8.1\text{-}3)$$

Comentario 5.8.1

El documento modelo TMS 402 permite esbelteces transversales de pared mayores que $h/r_t = 99$. *En esta norma, no se consideró conveniente permitir tales esbelteces.*

En la Ecuación 5.8.1-3, el primer factor 0.80 modela una excentricidad mínima transversal a la pared. El segundo factor 0.80 se ha conservado del TMS 402. La contribución en compresión del refuerzo vertical de acero en condición de fluencia, incluida en las Ecuaciones 9-15 y 9-16 del TMS 402-16 se consideró menos relevante dentro del contexto de esta norma ya que la cuantía general de acero es poca y además no siempre habrá refuerzo complementario distribuido; finalmente, dados los bajos esfuerzos axiales permitidos en esta norma, el acero puede no haber fluido al llegar a los límites permitidos.

5.8.2 — *Esfuerzo axial máximo por ductilidad baja*

(a) Los esfuerzos estipulados en esta sección son nominales (antes de aplicar Φ).

(b) El esfuerzo axial medio [P_u / A_e] sobre un paño de pared, entre mochetas principales, en las combinaciones gravitacionales, aplicado al área efectiva $\mathbf{A_e}$, no excederá:

$$\sigma_{nm} = 0.18 f'_m \qquad (5.8.2\text{-}1)$$

(c) El esfuerzo axial máximo, en cualquiera de las combinaciones que involucren carga sísmica y aplicado al área efectiva $\mathbf{A_e}$, no excederá

$$\sigma_{nm} = 0.20 f'_m \qquad (5.8.2\text{-}2)$$

(d) El esfuerzo axial máximo en mochetas, en cualquiera de las combinaciones de carga, gravitacionales o sísmicas, no excederá:

$$\sigma_{nc} = 0.20 f'_c \qquad (5.8.2\text{-}3)$$

(e) El esfuerzo axial máximo, en cualquiera de las combinaciones que involucren carga sísmica podrá incrementarse a las Ecuaciones 5.8.2-2 y 5.8.2-3a cuando el extremo del panel esté en una intersección T o una esquina donde la pared transversal tenga al menos tres espesores de longitud.

$$\sigma_{nm} = 0.25 f'_m \qquad (5.8.2\text{-}2a)$$

$$\sigma_{nc} = 0.25 f'_c \qquad (5.8.2\text{-}3a)$$

(f) Para el apropiado desempeño del graut que pueda utilizarse para rellenar celdas deberán cumplirse las resistencias mínimas estipuladas en el Inciso 5.7.3 (f).

Comentario 5.8.2

La mampostería es un sistema constructivo de baja ductilidad. Son necesarias precauciones específicas en zonas sísmicas. Por eso es que R=4 o inclusive R=3 en algunos casos. En la dirección transversal al levantado de pared la mampostería no puede confinarse y en caso de excesivos esfuerzos axiales la pared puede descascararse lateralmente reduciendo la capacidad portante inicial; la manera de prevenir este potencial modo de falla (que además es súbito, "explosivo") es limitarse a esfuerzos en que el levantado tenga aún cierto margen post-elástico.

Se debe recordar que el modificador R permite comportamiento post-elástico aún a nivel del sismo de diseño por lo que todavía debe quedar cierta capacidad remanente para casos en que el sismo de diseño mismo sea excedido.

Esta limitación de esfuerzos axiales es congruente con lo estipulado en NSE 7.9 en que se permiten muros de concreto sin refuerzo confinante transversal. pero limitando esfuerzos axiales.

Es pertinente reiterar un comentario que ya se hizo en la introducción: La designación que se ha venido utilizando en América Latina de "Mampostería Confinada" para una modalidad de mampostería sismo-resistente puede generar confusión y dar lugar a pensar que la mampostería podría estar confinada lateralmente, lo que no es así. Lo que intenta indicar el nombre es que la mampostería está "confinada", "enmarcada", "encerrada" en dirección de su propio plano por elementos perimetrales de concreto con refuerzo.

5.8.3 — Diseño en flexo-compresión

(a) En cada extremo de un segmento de pared en flexo-compresión habrá una mocheta, con sección apropiada, funcionando en conjunto con la mampostería propiamente dicha. Las jambas de paredes y ventanas llevarán mochetas de sección adecuada de piso a cielo. En cada intersección de dos, tres o cuatro segmentos de pared habrá una mocheta. (Los supuestos en los Incisos b, c, d, e, f y g se utilizarán en el diseño estructural de mampostería confinada con refuerzo distribuido)

(b) Existe compatibilidad de deformación entre la mampostería, las mochetas, las soleras y el graut con o sin refuerzo. Para ello se requiere que el concreto fresco de las mochetas se vierta después de levantar las unidades de mampostería a las que la mocheta confina.

Comentario 5.8.3 b
Si el elemento vertical de concreto con refuerzo se construye primero y el levantado después el ensamble no se logrará la mampostería cubierta por estas normas.

(c) La resistencia nominal de la sección en planta de la mampostería con refuerzo para carga axial y flexión combinada se basará en las condiciones aplicables de equilibrio.

(d) La deformación unitaria máxima utilizable ε_{mu} en la fibra extrema de compresión de la mampostería será 0.0035 para mampostería de barro cocido y 0.0025 para la mampostería de concreto. Estas deformaciones últimas se considerarán satisfechas al limitar los esfuerzos cedentes a lo prescrito en la Sección 5.8.2.

Comentario 5.8.3 d
Esta provisión es nominal ya que la estipulación para lograr adecuada reserva post-elástica en la Sección 5.8.2 previene el desarrollo de estas ε_{mu} en los muros.

(e) Las deformaciones y los esfuerzos en el refuerzo y la mampostería son directamente proporcionales a la distancia del eje neutro cuando el análisis estructural suponga elementos discretos; cuando el análisis sea por elementos finitos, las deformaciones serán proporcionales a los esfuerzos indicados por los resultados.

(f) Esfuerzos de tracción y compresión en el refuerzo serán iguales a E_s multiplicado por la deformación del acero, pero no mayores a f_y.

(g) El levantado de mampostería en zonas donde el análisis indicará tracción no contribuirá a la resistencia en flexo-tracción. Esfuerzos de tracción axial o de flexión se supondrán resistidos totalmente por el acero de refuerzo.

(h) Para establecer interacciones flexo-axiales se tomará una distribución trapezoidal o triangular de esfuerzos compresivos.

(i) Se permitirá agregar a la mocheta el área de acero equivalente [$n_s A_s$] en compresión, siempre y cuando sean al menos 4 barras en compresión que estén contenidas en estribos de cualquier calibre, separados menos de 8 diámetros de la varilla vertical menor; la relación máxima largo/ancho del estribo será 1.5 en tal caso.

Comentario 5.8.3 i
Nuevamente, esto es en atención a los bajos esfuerzos máximos prescritos.

(j) Área máxima de refuerzo de tracción por flexión: para paneles de mampostería donde [$M_u/(V_u d_v) \geq 1$], el refuerzo que podrá instalarse en la mocheta de extremo de pared no excederá 1.5 veces el refuerzo correspondiente indicado por el análisis. Para paneles de mampostería donde $M_u/(V_u d_v) \leq 1$ o cuando se diseñara usando $R \leq 1.5$, no existe límite superior para el refuerzo máximo en tracción.

5.8.4 — Flexo-compresión – método rápido

(a) En las expresiones siguientes se examinarán todas las parejas P_u , M_u derivadas de las varias combinaciones de carga, gravitacionales, sísmicas y de otra índole. El área A_e se calculará conforme las Ecuaciones 5.5.1-1 o 5.5.1-2 según el caso. A_m es el área de la mocheta de borde considerando o no el área equivalente de acero cuando esto se permite.

(b) En el método rápido se modelará el momento flector como un par de fuerzas concentradas en las mochetas de extremo del panel en flexo-compresión. La carga axial sí se considerará distribuida sobre la longitud del panel. Aplican las siguientes ecuaciones:

$$\frac{P_u}{A_e} \leq \phi \sigma_{nm} \qquad (5.8.4\text{-}1)$$

Comentario 5.8.4 b
Si esto no se satisface la longitud de pared disponible habrá que rellenar celdas con graut, o aumentar el espesor de pared, o reemplazar mampostería por concreto, o instalar otra soga de pared; cambiar localmente la resistencia de la mampostería requiere mayor supervisión.

$$A_m \geq \frac{M_u + P_u L_m}{L_p \phi \sigma_{nc}} \qquad (5.8.4\text{-}2a)$$

$$A_{sm} \geq \frac{M_u - P_u L_m}{L_p \phi f_y} \geq 0.0075 A_m \qquad (5.8.4\text{-}3a)$$

Donde:

- A_m y A_{sm} son área de mocheta y refuerzo de mocheta;
- L_m y L_p son longitud de mocheta (supuesta del ancho de pared en la ecuación) y longitud de pared;
- M_u y P_u son valores absolutos

(c) En los casos que $L_p > h_p$

$$A_m \geq \frac{M_u + P_u L_m}{h_p \phi \sigma_{nc}} \qquad (5.8.4\text{-}2b)$$

$$A_{sm} \geq \frac{M_u - P_u L_m}{h_p \phi f_y} \geq 0.0075 A_m \qquad (5.8.4\text{-}3b)$$

Comentario 5.8.4 c
La Ecuación 5.8.4-3b es un artificio para que los esfuerzos de borde en las mochetas no se "diluyan" excesivamente

5.9 — Cortante

Comentario 5.9
La mampostería es un ensamble en el cual la resistencia en tracción es una fracción de su resistencia en compresión; por lo tanto, su resistencia cortante está regida por los esfuerzos de tracción que se inducen al sujetarla a corte: esta es la llamada tracción diagonal.

- *En consecuencia, cuando se instalan refuerzos verticales y horizontales colocados entre los bordes de una pared de mampostería, estos absorben las tracciones diagonales y la capacidad de corte inherente se ve incrementada.*
- *Adicionalmente, si la pared está sujeta a compresión se contrarresta parcialmente la tracción diagonal y la capacidad cortante se ve incrementada.*
- *Finalmente, si los momentos flectores en el plano de la pared son significativos la compresión se reduce en un tramo de la pared o incluso se puede tensar, y eso incide desfavorablemente en la capacidad cortante. Las fórmulas incluyen ese efecto por medio del factor* ***𝓚 = [M/d] / V*** *en el cual M/d es una diagnosis indirecta de la influencia de esfuerzos axiales causados por el momento flector; a mayor M/d relativo a V, menor capacidad cortante.*

Los tres aspectos anteriores se ven reflejados en el planteo de las ecuaciones de la Sección 5.9.

5.9.1 — Capacidad cortante en paredes con refuerzo complementario distribuido

(a) El aporte de la mampostería propiamente dicha a la capacidad cortante nominal de una pared con el refuerzo complementario distribuido (conforme se indica en las Secciones 5.4.3 *(b)* y 5.4.4 *(a)*) podrá ser considerado como:

$$V_{nm} = A_{ev} * 0.45\sqrt{f'_m} \qquad (5.9.1\text{-}1)$$

Donde:

- f'_m en esta expresión deberá estar en kg/cm^2 y A_{ev} en unidades congruentes.

(b) Opcionalmente, la ecuación anterior puede complementarse como sigue:

$$V_{nm} = \left[A_{ev}(0.80 - 0.35Ж)\sqrt{f'_m}\right] + [0.20P_u] \qquad (5.9.1\text{-}2)$$

Donde:

- f'_m estará en kg/cm^2 y las demás variables estarán en unidades congruentes
- P_u es la carga axial concurrente con V_u (que es cada uno de los cortantes mayorados que actúan sobre la pared), positiva cuando es compresión, negativa si fuera tracción
- $Ж = (M_u / d_v) / V_u$
- M_u deberá ser concurrente con V_u y P_u
- $Ж$ es valor absoluto que no necesita ser mayor que 1.0

(c) El aporte del refuerzo distribuido a la capacidad cortante nominal no excederá la Ecuación 5.9.1-3. El refuerzo se instalará en ambas direcciones como se estipula en la Sección 5.9.1 (f).

$$V_{ns} = 0.50\left[\frac{A_{sv}}{s}\right] f_y d_v \qquad (5.9.1\text{-}3)$$

(d) La capacidad cortante total será

$$V_n = (V_{nm} + V_{ns}) * \gamma_g \qquad (5.9.1\text{-}4)$$

Donde:

- $\gamma_g = 1.30$ cuando la mampostería es sólida MLC o bien cuando todas las celdas de block estén rellenas de graut.

(e) Límites de V_n — La capacidad cortante total, calculada con la Ecuación 5.9.1-4, no excederá lo indicado por la Ecuación 5.9.1-5 cuando Ж ≥ 1.0. Cuando Ж ≤ 0.25 el valor máximo podrá incrementarse a lo indicado por la Ecuación 5.9.1-6. Para valores intermedios de Ж puede interpolarse linealmente.

$$V_n \leq \left(A_{ev}0.80\sqrt{f'_m}\right) * \gamma_g \qquad (5.9.1\text{-}5)$$

$$V_n \leq \left(A_{ev} 1.25 \sqrt{f'_m}\right) * \gamma_g \qquad (5.9.1\text{-}6)$$

(f) El refuerzo distribuido para cortante ***[A_{sv} / s]*** calculado con la Ecuación 5.9.1-3 se instalará en ambas direcciones de la pared, vertical y horizontal. Se permitirá que se instale como se indica en la Tabla 5.9.1-1.

Tabla 5.9.1-1 — Instalación de refuerzo distribuido para cortante

Proporción del tablero de pared	Refuerzo más eficaz	Refuerzo distribuido vertical	Refuerzo distribuido horizontal
L_p / h_p ≥ 1.3	vertical	***≥ 1.0 [A_{sv} / s]***	***≥ 0.75 [A_{sv} / s]***
1.3 > L_p / h_p > 0.75	ambos igual	***≥ 1.0 [A_{sv} / s] [1]***	***≥ 1.0 [A_{sv} / s] [1]***
L_p / h_p ≤ 0.75	horizontal	***≥ 0.75 [A_{sv} / s]***	***≥ 1.0 [A_{sv} / s]***

[1] *se permitirá interpolar entre 0.75 y 1.0 donde esto pueda aplicar*

Comentario 5.9.1

La Ecuación 5.9.1-1 planteada en esta norma recuerda la expresión v_c para cortante en flexión del concreto. Nótese que no es más que una simplificación de la Ecuación 5.9.1-2. Según se comenta en la Sección 9.3.4.1.2 de TMS 402-16, las Ecuaciones 5.9.1-2 y 5.9.1-3 están basadas en ensayos; la aparente "ineficiencia" del refuerzo en la Ecuación 5.9.1-3 puede adjudicarse a que el acero no necesariamente fluye con el cortante de diseño y su esfuerzo efectivo es menor que f_y.

La relación Ж, que en esta norma se presenta de una manera menos "críptica" que en TMS 402-16, calibra la relación ente el momento flector y el cortante; a mayor momento flector más tendencia al agrietamiento y por lo tanto reduce la resistencia al cortante. La relación Ж incide en varias de las ecuaciones de la Sección 5.9.1.

El factor γ_g en la Ecuación 5.9.1-4 reconoce la robustez de la mampostería sólida.

La Tabla 5.9.1-1 no es de aplicación obligatoria pero alerta al diseñador sobre el desempeño relativo del refuerzo cortante vertical y horizontal.

5.9.2 — Capacidad cortante en paredes con refuerzo cortante intermitente

(a) La capacidad cortante nominal de una pared en la que el refuerzo complementario no esté distribuido, sino que se instala intermitente, concentrado en mochetas intermedias, se calculará con las mismas fórmulas y ecuaciones que para la mampostería con refuerzo distribuido. Habrá una diferencia en el factor de reducción **Φ** que será 0.67 en lugar de 0.80.

(b) Se permitirá aplicar la Ecuación 5.9.1-3 acreditando la acción del refuerzo de las mochetas intermedias. El término ***s*** será la distancia a la mocheta vecina más lejana.

Comentario 5.9.2 b
La Ecuación 5.9.1-3 se ha considerado aplicable para reforzar mochetas intermedias. Esta norma no pretende desincentivar el uso de tales mochetas intermedias en el caso que no se utilice refuerzo complementario distribuido. Su uso está arraigado en todo el ámbito de la norma ***y su práctica no debe perderse cuando se opte por no usar el refuerzo distribuido.*** *Aunque el uso de refuerzo complementario distribuido es teóricamente superior, los resultados de la mocheta intermedia han sido históricamente satisfactorios para separaciones entre mochetas menores a 2 metros; es más, cuando la calidad de colado del refuerzo inter-block es deficiente, el desempeño se revierte (aunque la raíz de la deficiencia de los inter-block durante el sismo de febrero de 1976 radicó en que en la época se intentaba utilizar concreto para rellenar las celdas y no graut, por lo que el llenado tendía a ser deficiente)*

(c) La Tabla 5.9.1-1 no aplicará en el caso de refuerzo intermitente con mochetas intermedias.

5.9.3 —"Muñecos"

(a) **Definición abierta**: en términos vernáculos se llama "muñecos" a segmentos de pared de poca longitud o a segmentos de pared de poca altura cautivos entre sillares y/o dinteles.

(b) Se considera que un tramo de pared es un "muñeco alto" cuando su longitud en planta sea menor que 0.4 h_p.

(c) Se considera que un tramo de pared es un "muñeco cautivo" cuando su longitud en planta sea menor que 0.4 h_p y su altura entre dintel y sillar sea menor que h_p.

Comentario 5.9.3 a, b y c
En la literatura en inglés estos elementos se llaman "piers".
El desempeño sísmico de los "muñecos" ha sido históricamente deficiente; el problema principal radica en la dificultad de acomodar refuerzo de corte horizontal suficiente y poco espaciado.
En el caso de los "muñecos altos" la relación Ж (Inciso 5.9.1b) suele ser alta con tendencia a generar fractura diagonal temprana y sin posibilidad de interceptarla con refuerzo horizontal paralelo al cortante – al igual que vigas y columnas largas y esbeltas necesitan estribos paralelos al cortante, un muñeco largo y esbelto necesita refuerzo paralelo al cortante (en este caso horizontal); el uso de refuerzo horizontal en las sisas de mortero parecería adecuado en estos casos; no obstante el aumento de la sección efectiva mediante graut o el uso de soleras 'U' reforzadas y espaciadas una o dos hiladas entre ellas se considera más eficaz, especialmente donde sea inevitable tener que instalar un interruptor eléctrico. En segmentos con longitud menor a 0.25 h_p, el reemplazo por un muñeco fundido con adecuado refuerzo horizontal es lo más recomendable; en segmentos cortos donde sea inevitable instalar contadores y tableros eléctricos, los contra-muros no-estructurales serán lo más aconsejable.
En el caso de los "muñecos cautivos" que resultan excesivamente rígidos para su tamaño físico lo más recomendable puede ser desacoplarlos de sillares y dinteles y después aplicar las recomendaciones para muñecos altos.

(d) En el caso de muñecos altos y en general en paredes cuya longitud sea menor a 2/3 de su altura libre se deberá instalar refuerzo horizontal con espaciamiento que no exceda el 50% de la longitud horizontal del segmento de pared.

Comentario 5.9.3 d
Este requerimiento no debe sorprender ya que es análogo al de espaciamiento máximo de estribos en vigas de concreto reforzado; más aún, en zonas sísmicas se requiere ¼ del peralte efectivo de una viga de concreto reforzado criterio que no se está trasladando a los segmentos cortos de pared.

(e) En el caso de muñecos cautivos, la separación del refuerzo cortante vertical no excederá 50% de la longitud horizontal y la separación del refuerzo cortante horizontal no excederá 50% de la altura libre entre restricciones.

(f) En el caso de muñecos cautivos, el análisis de esfuerzos deberá tener en cuenta el incremento de rigidez de corte y de flexión.

Comentario 5.9.3 f
En caso de no poder desacoplar el segmento cautivo de pared por razones arquitectónicas o funcionales, se tomarán las precauciones necesarias para no desatender la gran capacidad de atraer fuerzas cortantes de la pared cautiva por su gran rigidez de flexión y corte. La rigidez en corte aumenta en proporción [h_p / h_m] y la rigidez en flexión se incrementa al cubo; el análisis por elementos finitos lo toma en cuenta más fácilmente que el análisis por elementos prismáticos.

5.10 — Cargas concentradas

5.10.1 — Cargas livianas

(a) Cargas verticales (como reacciones de artesonados metálicos o de madera) que puedan descansar en platinas metálicas se colocarán sobre soleras de modo que la presión de contacto no exceda $\boldsymbol{\Phi\ 0.80\ f'_c}$. La altura de la solera de concreto será tal que la presión que llegue a la mampostería no exceda $\boldsymbol{\Phi\ 0.80\ f'_m}$ cuando esté distribuida sobre una longitud igual a la de la platina más una altura de solera.

(b) Cargas adosadas lateralmente por medio de placas metálicas o tablones de madera se podrán fijar a solera de concreto fijaciones epoxicadas, o pernos expansivos, utilizando las cargas permitidas por los fabricantes de los dispositivos; de utilizar pernos atravesados se aceptará un coeficiente de fricción $\boldsymbol{\mu = 0.60}$ con $\boldsymbol{\Phi = 0.60}$.

(c) Fijaciones directas a la mampostería serán aceptables mientras no excedan las especificaciones de substrato del fabricante de los dispositivos.

5.10.2 — Cargas significativas

(a) Cargas ejercidas por pilastras, puntales, placas de pared superpuestas perpendicularmente se colocarán sobre mochetas intencionalmente localizadas bajo el punto de carga.

(b) Las cargas serán mayoradas como se estipula para cualquier otra carga; aplicará el Inciso 1.2.3 de NSE 3 en cuanto a trayectoria de cargas y los Incisos 1.9.4 y 1.9.5 de NSE 3 en cuanto a irregularidades verticales y transferencias, incluyendo el magnificador de capacidad elástica Ω_R cuando aplique.

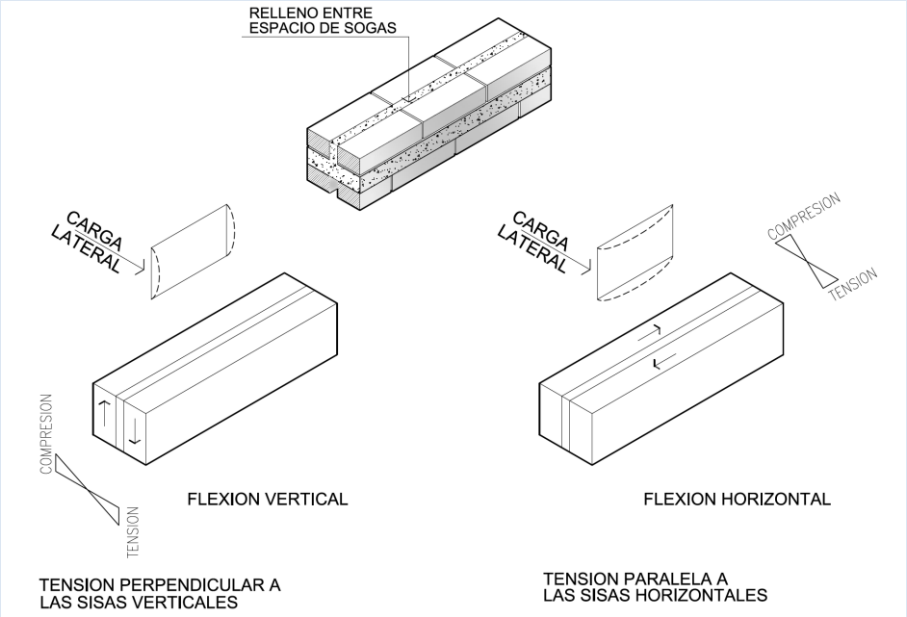
5.11 — Muros de dos o más sogas

5.11.1 *General —* El diseño de mampostería compuesta de dos o más sogas deberá satisfacer los requisitos de esta sección.

Comentario 5.11.1
Las paredes compuestas de dos o más sogas son un buen recurso para reducir altos esfuerzos en paredes de mampostería, especialmente en los llamados muñecos de la Sección 5.9.3.

5.11.2 *Acción compuesta —* Las juntas entre sogas diseñadas para una acción compuesta deberán llenarse de graut o cuando menos con mortero y las soleras deben abarcar todo el ancho de la pared compuesta.

Comentario 5.11.2
Distribución de esfuerzos en un muro compuesto de varias sogas



5.11.3 — Sogas sin acción compuesta

Comentario 5.11.2
Las sogas desacopladas cumplen fines utilitarios como contra-muros en sanitarios o paredes para alojar tableros y otras instalaciones que no se deben poner en un muro estructural.
Ocasionalmente sirven fines estructurales como un levantado para sostener un descanso de escaleras in que estas interfieran sísmicamente con el levantado portante principal.

(a) Cada soga deberá diseñarse para resistir individualmente los efectos de las cargas que se le demanden.

(b) Las juntas entre sogas no deberán tener graut o mortero entre ellas.

(c) Las cargas horizontales deberán asignarse solamente por la soga a la que es aplicada la carga. La transferencia de esfuerzos de cada carga entre sogas no deberá desarrollarse.

FIN DEL CAPÍTULO 5

CAPITULO 6 — DINTELES Y VIGAS

6.1 — Aspectos generales

6.1.1 — *Definiciones*

(a) Viga — su peralte total es menor o igual que 1/3 del claro libre; será de concreto reforzado (no de mampostería); su ancho mínimo será 20 cm; en general, por su baja rigidez fracturada relativa no participa en la sismo-resistencia de la edificación. Tendrá al menos 4 barras de refuerzo y tendrá estribos.

(b) Nervios — su peralte total es menor o igual que 1/3 del claro libre; será de concreto reforzado (no de mampostería); su propósito principal es formar parte de sistemas de losa; su ancho mínimo será 10 cm; por su posición que generalmente no coincide con el plano de ningún muro, no participan en la sismo-resistencia de la edificación. Tendrá al menos 2 barras de refuerzo y llevará eslabones.

(c) Dinteles — su peralte total es mayor que 1/3 del claro libre; su ancho mínimo será de 14 cm. Podrá ser de concreto o de mampostería; su propósito principal es generar el marco superior de puertas o ventanas cuando éste es más bajo que el entrepiso o la azotea; por su rigidez, los dinteles tienden a participar en la sismo-resistencia, pero son vulnerables a agrietamientos severos; se permite desacoplarlos parcialmente de sus apoyos para reducir potencial agrietamiento sísmico. Si hubiera tabiques secundarios de 9 o 10 cm de espesor, no llevarán dinteles; se usarán sobreluces de materiales flexibles.

(d) Vigas de remate sin diafragma — Su acción principal será flexión horizontal y su geometría en el plano horizontal estará dictada por limitaciones de flexión horizontal. En el plano vertical la viga de remate puede ser una viga como en el Inciso (a) o un dintel como en el Inciso (c).

6.1.2 —*Soporte lateral, apoyos y deflexiones*

(a) La zona en compresión de vigas, nervios o dinteles deberá ser soportada lateralmente a un espaciamiento máximo que será el menor de [$32\ b$] o [$120\ b\ /\ (h_d)^2$].

(b) La longitud de apoyo de las vigas sobre sus soportes deberá ser al menos 14 cm en la dirección del claro. Se comprobarán los esfuerzos locales mayorados de aplastamiento que no deberán exceder [$\Phi\ 0.8\ f'_m$].

(c) Deflexiones — las vigas y dinteles deberán dimensionarse para limitar las deflexiones gravitacionales que puedan afectar el servicio de la estructura. Excepto que se pueda comprobar que no ocurrirá, se supondrán en el análisis sísmico secciones fracturadas, con reductor de momento de inercia $k = 0.35$.

6.1.3 — *Longitud del claro de vigas y dinteles*

(a) En modelos analíticos con elementos finitos, la longitud del claro de vigas o dinteles podrá tomarse a medio espesor de pared dentro del soporte o bien el claro libre. En modelos con elementos prismáticos se tomará en cuenta el semi-ancho real del elemento prismático de soporte (nudo rígido o semi-rígido).

(b) Cuando se pueda analizar por métodos aproximados, los momentos en las vigas o dinteles que son continuos en los soportes, la longitud efectiva del claro $\boldsymbol{L_D}$ deberá tomarse como la distancia a centros entre soportes o 1.15 multiplicado por el claro libre, el que sea menor.

(c) La longitud del claro de dinteles desacoplados, solo parcialmente integrales con los soportes podrá tomarse como el claro libre, cuando se evalúe por métodos aproximados. En modelos analíticos detallados, normalmente se introducirá una articulación total o con restricción parcial, a criterio del analista.

6.2 — Vigas y Nervios

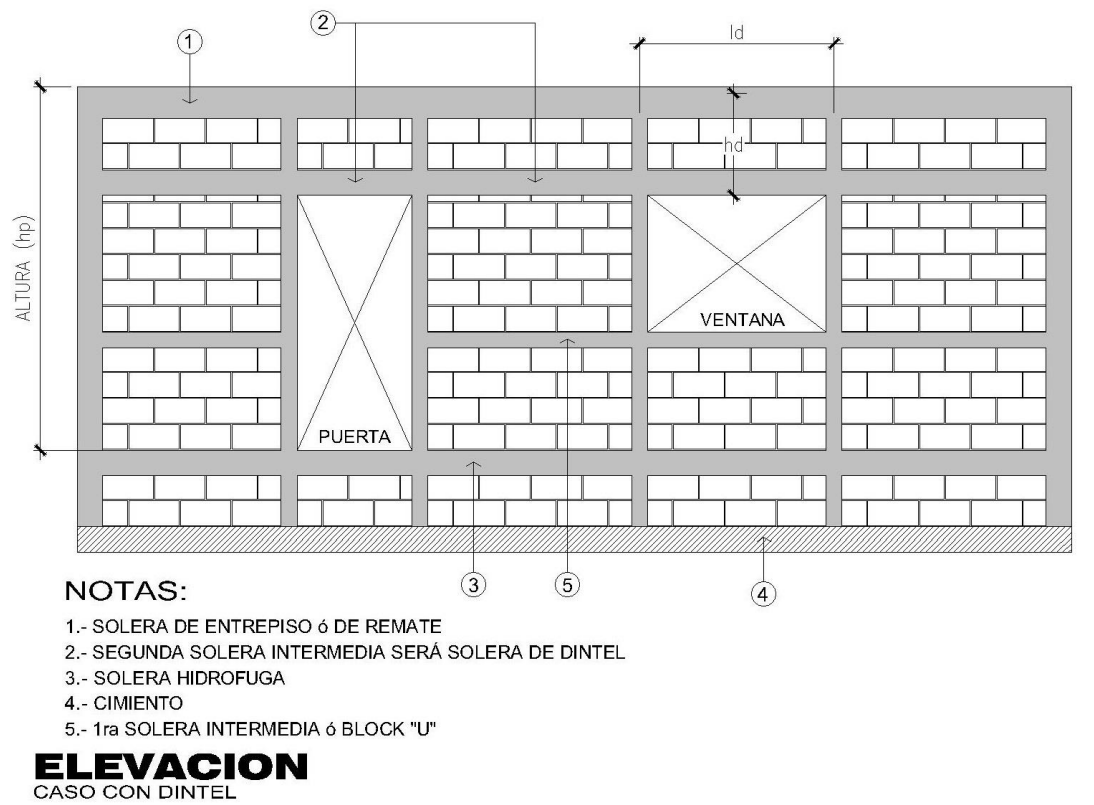
6.2.1 Se diseñarán por el método de resistencia (cargas mayoradas menores o iguales que resistencias nominales reducidas). Se utilizarán los métodos convencionales del concreto reforzado.

6.3 — Dinteles

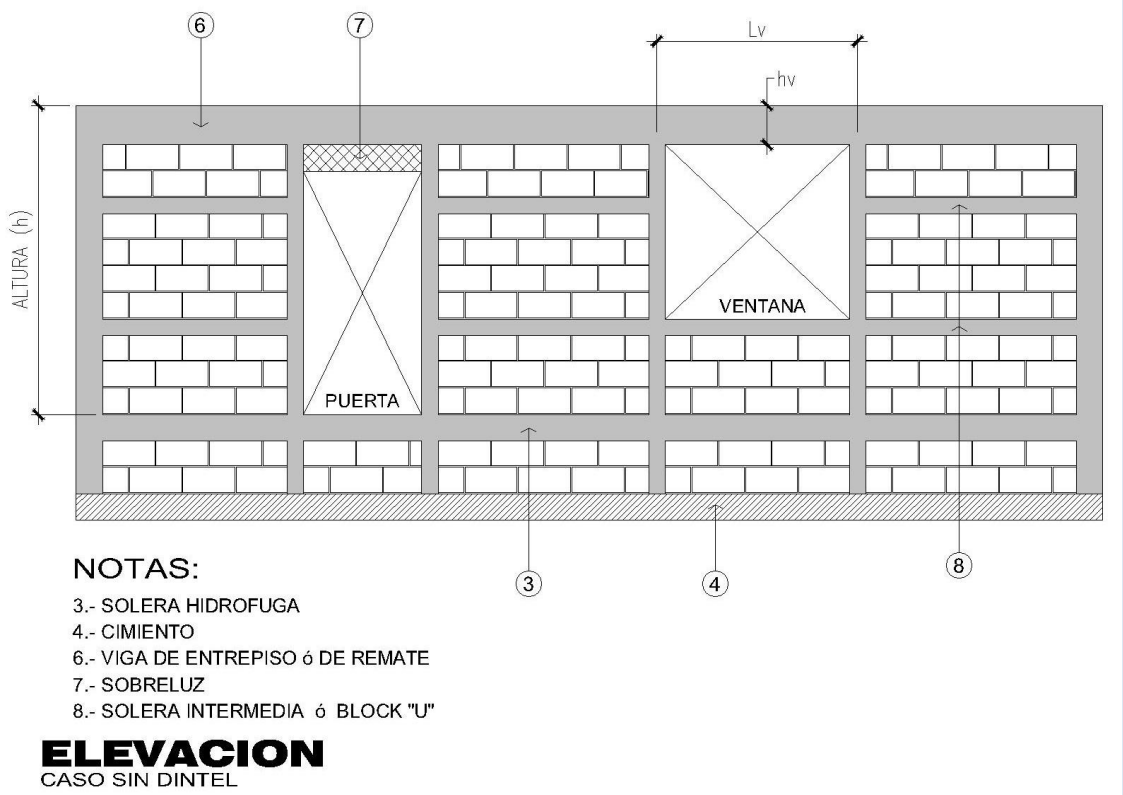
6.3.1 *General* — Los dinteles serán de mampostería confinada por dos soleras, superior e inferior (como se ilustra en el Comentario 6.3 A) o podrán ser de concreto reforzado en todo su peralte. También podrá rematarse el piso sin dinteles con simples vigas de concreto como se ilustra en el Comentario 6.3 B). También se pueden consultar los ejemplos correspondientes en el Manual DSE 4.1.

Comentario 6.3 A

Los dinteles serán de mampostería confinada por dos soleras, superior e inferior



Comentario 6.3 B – Caso sin dintel con vigas poco profundas



6.3.2 — Dinteles de mampostería

(a) De utilizarse dinteles de mampostería confinada, la solera superior será la solera de borde de entrepiso o la solera de remate. No se permite el uso de soleras U en los dinteles. Las soleras tendrán continuidad entre las paredes de apoyo (al menos 4 espesores de dintel o bien continuidad a lo largo de la estructura).

(b) El peralte para calificar la condición de dintel y también el peralte de análisis será la altura total del elemento.

(c) Refuerzo a flexión — El peralte efectivo d_d de diseño se tomará a ejes medios de las soleras de borde. El área de acero en cada solera será [$As = Mu / (d_d \, \Phi \, f_y)$]. La cuantía mínima de refuerzo en cada solera de borde será 0.0075 del área de la solera.

(d) Resistencia cortante — se permitirá prescindir de refuerzo de corte vertical si el cortante mayorado de análisis satisface la Ecuación 6.3.2-1.

$$\frac{V_u}{0.60} \leq h_d k_e b_d \left(0.45\sqrt{f'_m}\right) \qquad (6.3.2\text{-}1)$$

Comentario 6.3.1 d
La formulación es idéntica a la Ecuación 5.9.1-1. Por ser mampostería sin refuerzo (de corte en este caso) Φ=0.60. El factor k_e reduce el espesor bruto a espesor efectivo; puede mejorarse k_e rellenando celdas con graut.

(e) Resistencia cortante con refuerzo de corte – si no se satisface la Ecuación 6.3.2-1, entonces se instalará refuerzo de corte que podrá aportar:

$$V_{ns} = 0.50 \left(\frac{A_{sv}}{s}\right) f_y d_v \qquad (6.3.2\text{-}2)$$

(i) La resistencia total será

$$V_u = \phi \left[h_d b_d \left(0.45\sqrt{f'_m}\right) + V_{ns}\right] \gamma_g \qquad (6.3.2\text{-}3)$$

(ii) Donde $\Phi = 0.80$ por haber refuerzo de corte; $ke = 1$ y $\gamma_g = 1.3$ por estar las celdas rellenas de graut, aunque la resistencia total no excederá

$$V_u \leq \phi \left[h_d b_d \sqrt{f'_m}\right] \gamma_g \qquad (6.3.2\text{-}4)$$

(iii) La cuantía mínima de refuerzo de corte será 0.001 que rematará con escuadras de anclaje.

Comentario 6.3.1 e
La formulación de las Ecuaciones 6.3.2-2 a 6.3.2-4 es una adaptación de las Ecuaciones 5.9.1-

6.3.3 — *Dinteles de concreto*

(a) El peralte para calificar la condición de dintel y también el peralte de análisis será la altura total del elemento. El peralte efectivo para diseño será el 80 por ciento del peralte total para dinteles de concreto, a menos que se haga un diseño más riguroso considerando la condición de viga profunda,

(b) Refuerzo a flexión – El refuerzo longitudinal a flexión deberá proveerse en la zona del dintel que está en tracción y será distribuido sobre la mitad de la altura h_d del dintel. El máximo espaciamiento del refuerzo a flexión no deberá exceder 1/5 del peralte de la viga, ni 15 cm; la cuantía mínima del refuerzo en tracción en la mitad inferior del dintel será 0.0075. El refuerzo longitudinal a compresión tendrá la configuración del refuerzo de una solera; la cuantía mínima del refuerzo en la mitad superior del dintel será 0.0075.

(c) Refuerzo a corte – será calculado y distribuido como se especifica para vigas convencionales de concreto reforzado.

6.4 — Vigas de remate sin diafragma

(a) Cuando no haya un diafragma horizontal en el techo de la edificación o por una doble altura en un entrepiso el elemento de concreto que remata la altura de piso deberá tener capacidad de flexión horizontal y la suficiente rigidez horizontal para satisfacer las limitaciones de deflexión horizontal por empujes sísmicos o de otra índole.

(b) La viga de remate SD será obligadamente de concreto con refuerzo; no podrán utilizarse soleras U. Su ancho mínimo será [***32 b***] donde b es el ancho de la viga de remate. Su peralte vertical estará dictado por lo que se indique para vigas o dinteles en las Secciones 6.2 o 6.3. En general la viga de remate podrá ser modelada como una viga continua apoyada horizontalmente en el extremo de las paredes transversales de la edificación.

(c) La carga horizontal de viento será dictada por el área tributaria vertical del piso conforme lo estipule el Capítulo 5 de NSE 2.

(d) La carga sísmica horizontal será

$$\omega_h = 0.5 S_{cd} W_y \qquad (6.4\text{-}1)$$

Donde:

- ω_h es la carga horizontal aplicada al remate derivada de la carga vertical tributaria a la viga de remate W_v; la carga horizontal ω_h será distribuida si W_v es una carga distribuida como los pesos de pared aplicados a la viga; será puntual si W_v es puntual como la reacción de una armadura de techo; o podrá ser una combinación de ambos casos. Esta carga es sísmica y no requiere factores de mayoración para establecer los momentos y cortes de diseño.
- S_{cd} es la aceleración espectral probable de período corto obtenida en la Sección 4.5.5 de NSE-2. Nótese que esta aceleración espectral ya incluye el reductor probabilístico K_d. El reductor post-elástico R ya está incorporado en el coeficiente 0.5.

(e) La deflexión horizontal máxima permitida será [$\boldsymbol{Lv}$ / $\mathbf{180}$]

FIN DEL CAPÍTULO 6

CAPÍTULO 7 — COLUMNAS

Comentario 7
El diseño de estructuras Tipo E2 de mampostería con refuerzo conforme esta norma, contempla que la rigidez lateral del sistema debe ser suministrada por las paredes de mampostería, que deben aportar al menos ochenta por ciento de la rigidez total en dirección de análisis, en cada piso. Bajo esa línea, las columnas que pueda haber en el diseño arquitectónico (corredores, apoyos puntuales) deberán desempeñarse como elementos que resistan principalmente cargas gravitacionales. Por ello, las prescripciones de este capítulo proveen detalles de baja ductilidad.

Las columnas en estas estructuras Tipo E2 pueden ser de diversos materiales incluyendo acero, ocasionalmente madera, concreto y secciones de mampostería. Hay casos en que las columnas están ahogadas en las paredes o son adyacentes; recolectan cargas significativas que la pared no tiene la capacidad puntual de resistir como carga axial.

Este capítulo sólo cubre columnas propiamente hechas de mampostería y de concreto. No cubre columnas (puntales) de otros materiales cuyas prescripciones pueden hallarse en otras normas de la serie NSE.

7.1 — General

7.1.1 — *Límites de dimensiones*

(a) Las distancias entre soportes laterales de la columna no deberán exceder 28 veces el menor espesor.

(b) La dimensión nominal mínima será de 30 cm, excepto que sea una columna embebida en una pared cuya dimensión mínima podrá ser el espesor de pared.

7.1.2 ***Materiales —*** Las columnas podrán ser fundidas totalmente de concreto o podrán ensamblarse con mampostería.

7.2 — Columnas de concreto

7.2.1 — *Estructuración tipo puntal*

(a) Puntales – columnas aisladas o conectadas a la estructura de modo que recolectan menos del 4% del cortante de piso tendrán una capacidad nominal axial:

$$P_n = \left[A_g 0.3 f'_C + 0.50 A_S f_y\right] \geq \frac{P_u}{\phi} \qquad (7.2.1\text{-}1)$$

Donde:

- La cuantía vertical ρ en columnas aisladas no deberá ser menor que 0.0075 y no deberá exceder 0.02.
- El mínimo número de barras deberá ser 8 de acero A706 o A615;
- Los estribos podrán ser A1064 de 6.3 mm de diámetro o mayores separados a no más de 6 diámetros de la barra longitudinal menor.

(b) Puntales embebidos se proporcionarán como en el inciso anterior; podrán ser del mismo espesor que la pared o podrán ser de mayor espesor. El mínimo número de barras podrá ser 6 barras A706 o A615; los estribos podrán ser A1064 de 4.5 mm de diámetro o mayores y el espaciamiento entre estribos no excederá 8 diámetros de la barra longitudinal menor.

(c) El primer estribo debe localizarse a 5 cm arriba del nivel superior de la zapata o losa en cada nivel y 5 cm debajo del punto más bajo horizontal del refuerzo en vigas, losa o ábaco superior. Dos estribos se instalarán dentro de la zapata y los estribos se continuarán entre las vigas, losa o ábaco superior a menos que se desarrolle un detalle de articulación que solo transmita cortante; un 15% de la carga axial en cada dirección.

(d) Columnas de concreto aisladas sujetas a mayor presión que la permitida en el Inciso (a) podrán utilizarse pedro deberán cumplir todos los requisitos estipulados por una columna en la Norma NSE 7.1.

7.2.2 — *Estructuración tipo marco*

(a) Podrán incorporarse marcos de concreto reforzado en la estructuración Tipo E2, pero las paredes, sin la participación del marco o marcos, deberán ser capaces de resistir el 80% del cortante de diseño del piso. Los marcos se diseñarán para los cortantes impuestos por su rigidez lateral como marcos de ductilidad intermedia conforme a la Norma NSE 7.1.

(b) La dimensión mínima de las columnas será de 25 cm por lado.

Comentario 7.2.2
La inclusión de marcos en estructuras Tipo E2 generalmente obedece a requerimientos arquitectónicos como corredores perimetrales y arcadas. El 80% de cortante que se estipula en la Sección 7.2.2 impide que la estructura se transforme en Tipo E3 que requeriría mayor ductilidad de las paredes de mampostería que la que puede proporcionar la NSE 7.4.

7.2.3 —*Columnas de mampostería*

(a) Si por razones no-estructurales se requieren columnas de sección mayor a 30 cm por lado, las columnas se pueden construir en mampostería con unidades huecas, mortero MLC, rellenas de graut, celdas perimetrales con refuerzo. La sección podrá ser totalmente de mampostería o con núcleo hueco o relleno de graut.

(b) Estará sujeta a las mismas limitaciones que las columnas de concreto del Inciso (a) de la Sección 7.2.1 y su capacidad axial se calculará conforme a la Ecuación 7.3.3-1.

$$\boldsymbol{P_n = \left[A_e 0.2 f'_m + 0.50 A_S f_y\right] \geq \frac{P_u}{\phi}} \qquad (7.3.3\text{-}1)$$

Donde:

- La cuantía vertical $\boldsymbol{\rho}$ no deberá ser menor que 0.0075 y no deberá exceder 0.015;
- El mínimo número de barras deberá ser una por celda rellena y el acero será A706 o A615;
- Los estribos podrán ser A1064 de 6.3 mm de diámetro o mayores separados a cada hilada de block o doble hilada de ladrillo sin exceder 20 cm.

FIN DEL CAPÍTULO 7