**NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y  
CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA PARA PUERTO VALLARTA, JALISCO**

**NOTACIÓN**

Área de acero de refuerzo colocada en el extremo de un muro.

Área total de refuerzo horizontal en el muro.

Área total de refuerzo vertical en el muro.

Área bruta de la sección transversal del muro (sin descontar huecos cuando es a base de bloques huecos).

Coeficiente para el cálculo de la resistencia ante carga vertical de muros rigidizados por elementos transversales.

Longitud de apoyo de una losa soportada por el muro.

Coeficiente de variación de la resistencia en compresión de las piezas.

Coeficiente de variación de la resistencia en compresión de la mampostería.

Coeficiente de variación de la resistencia en cortante de la mampostería.

Distancia entre el centroide del acero de tensión y el extremo opuesto del muro.

Menor dimensión de la sección del castillo o dala que confinan al muro.

Distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos de un muro.

Módulo de elasticidad de la mampostería para esfuerzos de compresión normales a las juntas.

Factor de reducción por efectos de excentricidad y esbeltez.

Factor de reducción de resistencia.

Resistencia especificada del concreto en compresión.

Media de la resistencia en compresión de la mampostería, referida al área bruta.

Resistencia de diseño en compresión de la mampostería, referida al área bruta.

Media de la resistencia en compresión de las piezas, referida al área bruta.

Resistencia de diseño en compresión de las piezas, referida al área bruta.

Esfuerzo de fluencia especificado del acero de refuerzo.

Módulo de cortante de la mampostería.

Altura no restringida del muro.

Altura efectiva del muro.

Longitud efectiva del muro.

Separación entre elementos que rigidizan transversalmente al muro.

Momento flexionante, aplicado en el plano, que resiste el muro en flexocompresion.

Momento flexionante, aplicado en el plano, que resiste el muro en flexion pura.

Carga axial total que obra sobre el muro, sin multiplicar por el factor de carga.

Carga axial total que obra sobre el muro multiplicada por el factor de carga.

Resistencia de diseño del muro a carga vertical.

Cuantía de refuerzo horizontal en el muro.

Cuantía de refuerzo vertical en el muro.

Factor de comportamiento sísmico.

Separación del acero de refuerzo.

Espesor del muro.

Fuerza cortante resistente.

Esfuerzo cortante de diseño, sobre área bruta.

Media de los esfuerzos cortantes resistentes de muretes, sobre área bruta.

1. **CONSIDERACIONES GENERALES**
   1. **Alcance**

Las secciones 2 a 5 de estas disposiciones se aplican al diseño y construcción de muros construidos por piezas prismáticas de piedra artificial, macizas o huecas, unidas por un mortero aglutinante. Incluyen muros reforzados con armados interiores, castillos, cadenas o contrafuertes.

La sección 6 se aplica al diseño y construcción de elementos de mampostería de piedras naturales.

1. **MATERIALES PARA MAMPOSTERÍA**
   1. **Piezas**
      1. **Tipos de piezas**

Las piezas usadas en los elementos estructurales de mampostería deberán cumplir los requisitos generales de calidad especificados en la Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE, con excepción de lo dispuesto para el límite inferior del área neta de piezas huecas.

**Tabla 2.1 Peso Volumétrico neto mínimo de piezas, en estado seco**

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de Pieza | Valores en  kN/m3 (kg/m3) |
| Tabique de barro recocido | 13 (1300) |
| Tabique de barro con huecos verticales | 17 (1700) |
| Bloque de concreto | 17 (1700) |
| Tabique de jalcreto (tabicón) | 15 (1500) |
|  |  |

En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo se fijan distintos factores de comportamiento sísmico, Q, en función del tipo de pieza que compone un muro y de sus refuerzos.

Para fines de aplicación de las normas mencionadas se consideran como piezas macizas aquellas que tienen en su sección transversal más desfavorable un área neta de por lo menos 75 por ciento del área total, y cuyas paredes no tienen espesores menores de 2 cm.

Las piezas huecas son las que tienen en su sección transversal más desfavorable un área neta de por lo menos 50 por ciento del área bruta; además el espesor de sus paredes exteriores no es menor que 1.5 cm (ver figura 2.1).

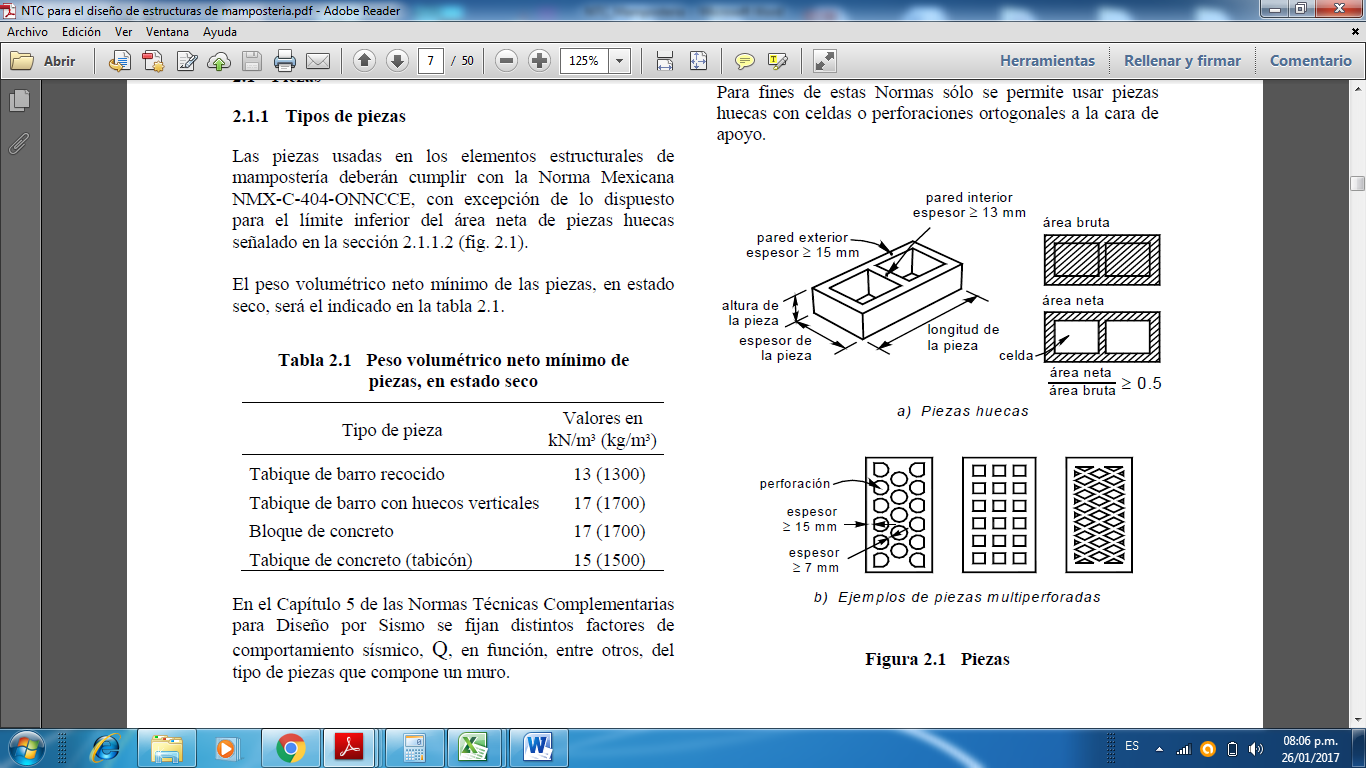


Figura 2. 1 Piezas Huecas

* + 1. **Resistencia en compresión**

La resistencia en compresión se determinará para cada tipo de piezas de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX- C-036.

La resistencia en compresión, , para tabicones de jalcreto o de concreto así como para cualquier tipo de bloques huecos no será menor de , y para tabiques de barro recocido no será menor de 25 .

Cuando se utilicen bloques huecos, de jalcreto, de concreto o de barro, su resistencia, , se calculará con los valores resultante de dividir la carga que resiste cada pieza entre su área bruta, esto es, entre su ancho por largo sin descontar huecos.

Para diseño se empleará un valor de la resistencia, , medida sobre el área bruta, que se determinara como el que es alcanzado por lo menos por el 98% de las piezas producidas.

Cuando se tenga evidencia de que el valor mínimo garantizado por el fabricante cumple con la definición anterior, podrá tomarse como resistencia de diseño.

Cuando se no se cumpla lo anterior, la resistencia de diseño se determinará con base en la información estadística existente sobre el producto en cuestión o a partir de muestreos de la producción de la pieza en cuestión. En este último caso se obtendrán al menos tres muestras de diez piezas cada una, de lotes diferentes de la producción. Las 30 piezas así obtenidas se ensayarán con el procedimiento especificado en la norma NMX-C-036 y la resistencia de diseño se calculará como:

(2.1.1)

Donde:

Es el promedio de las resistencias en compresión de las piezas ensayadas.

Es el coeficiente de variación de la resistencia de las piezas ensayadas, pero su valor no se tomará menor que 0.20 para piezas provenientes de plantas mecanizadas con control de calidad de la resistencia, que 0.30 para piezas de fabricación mecanizada, pero sin control de calidad de resistencia, y que 0.35 para piezas de producción artesanal.

* 1. **MORTEROS**

Los morteros que se empleen en elementos estructurales de mampostería deberán cumplir con los requisitos siguientes:

1. Su resistencia en compresión será por lo menos de .
2. La relación volumétrica entre la arena y la suma de cementantes se encontrará entre 2.25 y 3. El volumen de arena se medirá en estado suelto.
3. Se empleará la mínima cantidad de agua que dé como resultado un mortero fácilmente trabajable.
4. No se admitirá el empleo de morteros que contengan únicamente cal como material cementante.

Será responsabilidad del constructor verificar la calidad de los agregados y ejercer el control de calidad necesario en la elaboración de los morteros de tal manera que para los diferentes tipos de morteros especificados en el proyecto estructural se obtengan las siguientes resistencias mínimas:

**Tabla 2.2.1RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DEL MORTERO**

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de mortero | Resistencia mínima en compresión, en kg/cm² |
| I | 125 |
| II | 75 |
| III | 40 |

La tabla siguiente es una guía para la dosificación de los morteros. El uso de estos proporcionamientos no exime de la obligación de obtener las resistencias mínimas especificadas en la tabla anterior.

**PROPORCIONAMIENTOS, EN VOLUMEN, RECOMEDADOS PARA**

**MORTERO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo  de  mortero | Partes  de  cemento | Partes de  cemento de albañilería | Partes  de cal | Partes  de arena\* |
| I | 1  1 | -----  0 a ½ | 0 a ¼  ----- | No menos de 2.25 ni más de 3 veces la suma de cementantes en volumen |
| II | 1  1 | -----  ½ a 1 | ¼ a ½  ----- |
| III | 1 | ----- | ½ a 1¼ |

* 1. **ACERO DE REFUERZO**

El refuerzo que se emplee en castillos, dalas, elementos colocados en el interior del muro y/o en el exterior del muro, estará constituido por barras corrugadas, por malla de acero, por alambres corrugados laminados en frío, o por armaduras soldadas por resistencia eléctrica de alambre de acero para castillos y dalas, que cumplan con las Normas Mexicanas correspondientes. Se admitirá el uso de barras lisas, como el alambrón, únicamente en estribos, en mallas de alambre soldado o en conectores. El diámetro mínimo del alambrón para ser usado en estribos es de 5.5 mm.

El módulo de elasticidad del acero de refuerzo ordinario, Es, se supondrá igual a 2×106 kg/cm².

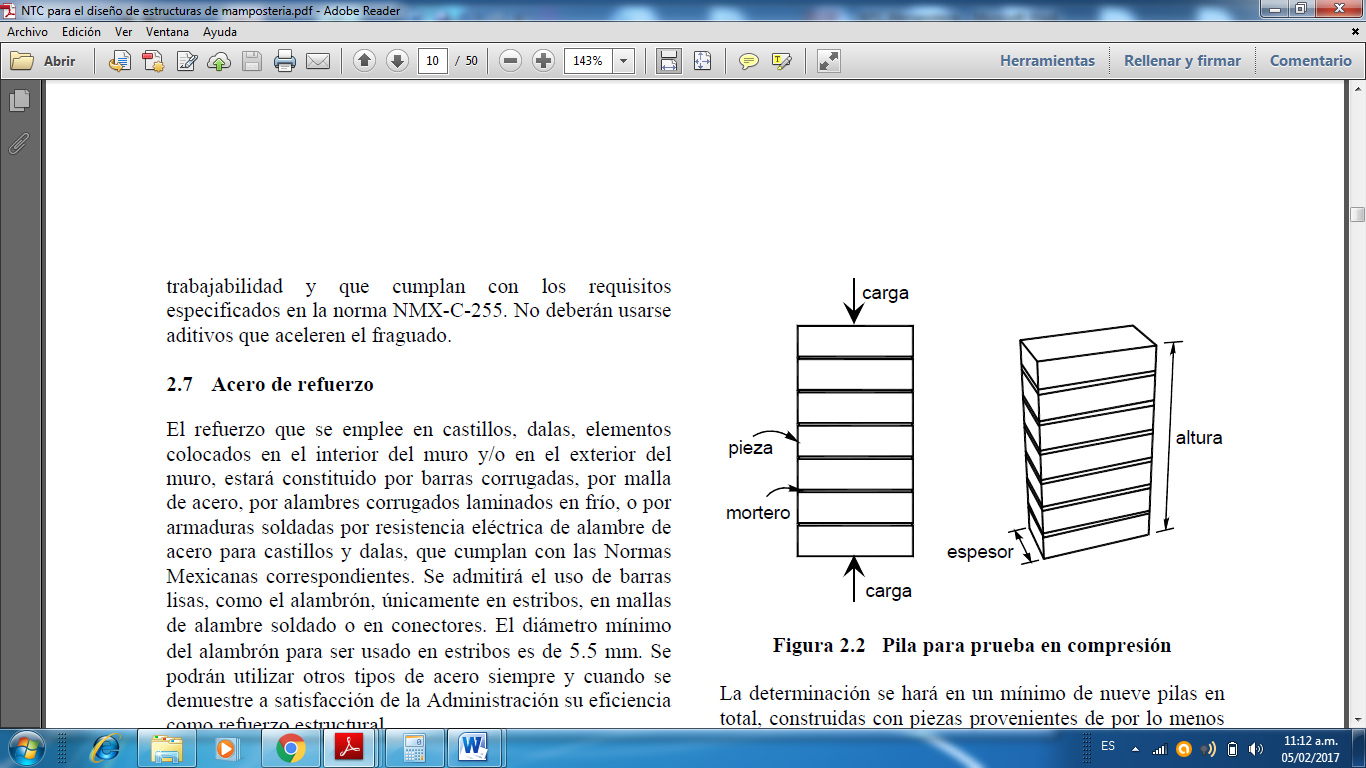
Para diseño se considerará el esfuerzo de fluencia mínimo, fy, garantizadopor el fabricante. La verificación de calidad del acero es responsabilidad del constructor.

* 1. **MAMPOSTERÍA**
     1. **RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

La resistencia de diseño en compresión de la mampostería, , sobre área bruta, se determinará con alguno de los procedimientos siguientes:

1. ***Ensayes de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearán en la obra***.

Las pilas estarán formadas por lo menos con 3 piezas sobrepuestas. La relación altura espesor de la pila estará comprendida entre 2 y 5; las pilas se ensayarán a la edad de 28 días. En la elaboración, curado, transporte, almacenamiento, cabeceado y procedimiento de ensaye de los especímenes se seguirá la Norma Mexicana correspondiente.



El esfuerzo medio obtenido calculado sobre el área bruta, se corregirá multiplicándolo por los factores de la tabla siguiente:

**FACTORES CORRECTIVOS PARA LAS RESISTENCIAS DE PILAS CON DIFERENTES RELACIONES DE ESBELTEZ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Relación de esbeltez de la pila | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Factores correctivo | 0.75 | 0.90 | 1.00 | 1.05 |

Para esbelteces intermedias se interpolará linealmente.

La resistencia de diseño se calculará como:

= (2.4.1)

En que:

Es el promedio de la resistencia de las pilas ensayadas, corregida por esbeltez.

El coeficiente de variación de la resistencia de las pilas ensayadas, que en ningún caso se tomara inferior a 0.15.

La determinación se hará en un mínimo de 9 pilas construidas con piezas provenientes de por lo menos 3 lotes diferentes del mismo producto.

1. ***A partir de la resistencia dediseño de las piezas y el mortero***
2. Para bloques y tabiques de jalcreto o de concreto con relación altura a espesor no menor que un medio, y con ≤ 200 kg/cm², la resistencia de diseño a compresión será la que indica la tabla siguiente, si se comprueba que las piezas y el mortero cumplen con los requisitos de calidad especificados en 2.1 y 2.2, respectivamente.

**RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA MAMPOSTERÍA DE PIEZAS DE JALCRETO O DE CONCRETO**

**(**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| , en kg/cm² |  | Mortero I | , en kg/cm²  Mortero II | Mortero III |
| 40 |  | 20 | 16 | 16 |
| 50 |  | 25 | 20 | 20 |
| 75 |  | 40 | 35 | 30 |
| 100 |  | 50 | 45 | 40 |
| 150 |  | 75 | 60 | 60 |
| 200 |  | 100 | 90 | 80 |

Para valores intermedios se interpolará linealmente.

1. Para piezas de barro y otros materiales, excepto concreto, con relación altura a espesor no menor que un medio, la resistencia de diseño a compresión será lo que se obtiene de la tabla siguiente para los morteros recomendados.

**RESISTENCIADE DISEÑO A COMPRESIÓN DE LA**

**MAMPOSTERÍA DE PIEZAS DE BARRO**

**(**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| , en kg/cm² |  | Mortero I | , en kg/cm²  Mortero II | Mortero III |
| 25 |  | 10 | 10 | 10 |
| 40 |  | 16 | 16 | 16 |
| 50 |  | 20 | 20 | 20 |
| 75 |  | 30 | 30 | 25 |
| 100 |  | 40 | 40 | 30 |
| 150 |  | 60 | 60 | 40 |
| 200 |  | 80 | 70 | 50 |
| 300 |  | 120 | 90 | 70 |
| 400 |  | 140 | 110 | 90 |
| 500 |  | 160 | 130 | 110 |

Para valores intermedios se interpolará linealmente.

1. Resistencia en compresión de mampostería con refuerzo interior. Para mampostería con refuerzo interior que cumpla con los requisitos especificados en 3.4, se tomara para el valor que corresponde a mampostería sin refuerzo, incrementado en 25%, pero no en más de 7 kg/cm².
2. Resistencia en compresión de muros confinados. Para muros reforzados con dalas y castillos que cumplan los requisitos de 3.3, el esfuerzo resistente en compresión , calculado para la mampostería sin refuerzo podrá incrementarse en 4 kg/cm².
   * 1. **Esfuerzo cortante de diseño**

La resistencia a fuerza cortante de muros de mampostería según se calcula en la Sección 4.4, se basa en el esfuerzo cortante resistente de diseño, , el cual se calculará de la manera siguiente:

1. Para muros diafragma (Sección 3.2)

(2.4.2)

1. Para otros muros

(2.4.3)

Donde el valor de no deberá incluir el incremento permitido en el inciso (C) o en el inciso (D) de la Sección 2.4.1 de estas normas. A menos que se determine el esfuerzo cortante resistente mediante los ensayes indicados más abajo, el esfuerzo cortante resistente de diseño, , será el calculado con la Ecuación 2.4.2 si se trata de muros diafragmas o con la Ecuación 2.4.3 para otros muros. En ninguno de los dos casos el valor de será mayor al valor consignando en la tabla siguiente:

**ESFUERZO CORTANTE RESISTENTE DE DISEÑO MÁXIMO PARA ALGUNOS TIPOS DE MAMPOSTERÍA, SOBRE ÁREA BRUTA.**

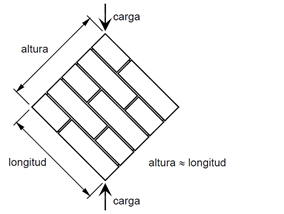
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Pieza | Tipo de mortero | en kg/cm² |
| Tabique de barro recocido | I  II y III | 3.5  3 |
| Tabicón de jalcreto o concreto | I  II ó III | 3  2 |
| Bloque de jalcreto o de concreto¹ | I  II y III | 3.5  2.5 |
| Tabique con hueco de barro² | I  II y III | 3  2 |

¹ Las piezas huecas deberán cumplir con los requisitos fijados en 2.1.

² Tabique de barro con perforaciones verticales con relación de áreas neta a bruta no menor de 0.45.

Sera aceptable la determinación del esfuerzo cortante resistente a partir del ensaye de muretes con una longitud de al menos una vez y media la máxima dimensión de la pieza y con el número de hiladas necesario para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. Los muretes se ensayarán sometiéndolos a una carga de compresión a lo largo de su diagonal y el esfuerzo cortante medio se determinará dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida sobre la misma diagonal.

La determinación se hará sobre un mínimo de 9 muretes construidos con piezas provenientes de por lo menos tres lotes diferentes.



Para diseño se utilizará un esfuerzo resistente igual a:

En que:

Es el promedio de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados.

Es el coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados que no se tomara menor que 0.20.

Para muros que dispongan de algún sistema de refuerzo cuya contribución a la resistencia se quiera evaluar o que tengan características que no pueden representarse en el tamaño de murete, las pruebas de compresión diagonal antes descritas deberán realizarse en muros de al menos 2 × 2 metros.

* + 1. **RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO**

Cuando una carga concentrada se transmite directamente a la mampostería, el esfuerzo de contacto no excederá de 0.6. El esfuerzo actuante se calculará con las cargas de diseño obtenidas aplicando los factores correspondientes a la combinación de acción de que se trate según la Sección 4.2.

* + 1. **RESISTENCIA A TENSIÓN**

Se considerará que es nula la resistencia de la mampostería a esfuerzos de tensión perpendiculares a las juntas. Cuando se requiera esta resistencia deberá proporcionarse el refuerzo necesario.

* + 1. **MÓDULO DE ELASTICIDAD**

El módulo de elasticidad de la mampostería, E, podrá determinarse experimentalmente o calcularse en forma aproximada como sigue:

Para mampostería de tabicones y bloques de jalcreto:

E = 600para cargas de corta duración

E = 350para cargas sostenidas

Para mampostería de tabicones y bloques de concreto:

E= 800para cargas de corta duración

E = 350para cargas sostenidas

Para mampostería de tabique de barro y otras piezas:

E = 600para cargas de corta duración

E = 350para cargas sostenidas

* + 1. **MÓDULO DE CORTANTE**

El módulo de cortante de la mampostería se tomará como:

G = 0.4 E

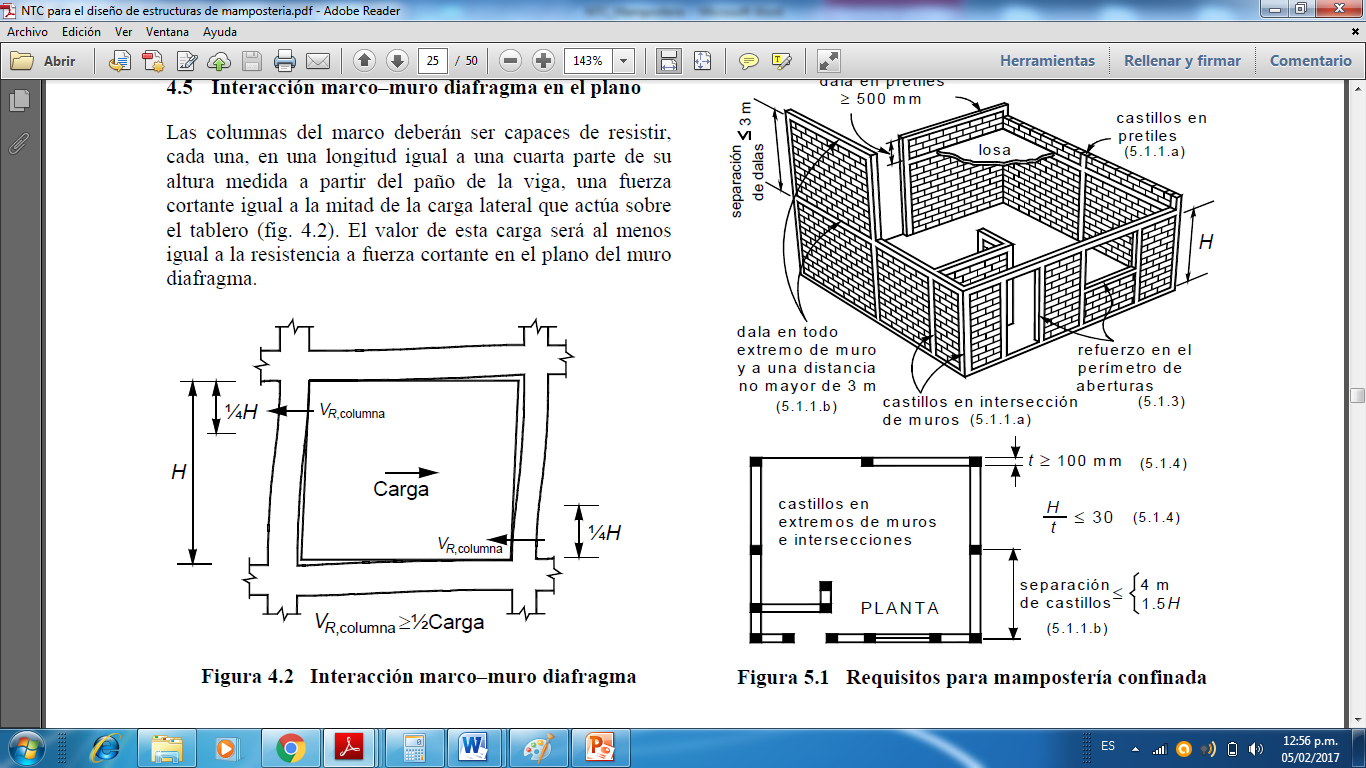
1. **SISTEMAS ESTRUCTURALES A BASE MUROS DE MAMPOSTERÍA**

**3.1 TIPOS DE MUROS**

Los muros que tengan una función estructural en la construcción quedarán incluidos en una de las modalidades descritas en los casos siguientes.

**3.2 MUROS DIAFRAGMA**

Estos son los que se encuentran rodeados por las vigas y columnas de un marco estructural al que proporcionan rigidez ante cargas laterales.

La unión entre el marco y el muro diafragma deberá evitar la posibilidad de volteo del muro perpendicularmente a su plano y las columnas de marco deberán ser capaces de resistir, cada una, en una longitud igual a una cuarta parte de su altura medida a partir del paño de la viga, una fuerza cortanteigual a la mitad de la carga lateral que actúa sobre el tablero.

**3.3 MUROS CONFINADOS**

Estos son los que están reforzados con castillos y dalas que cumplen con los requisitos siguientes:

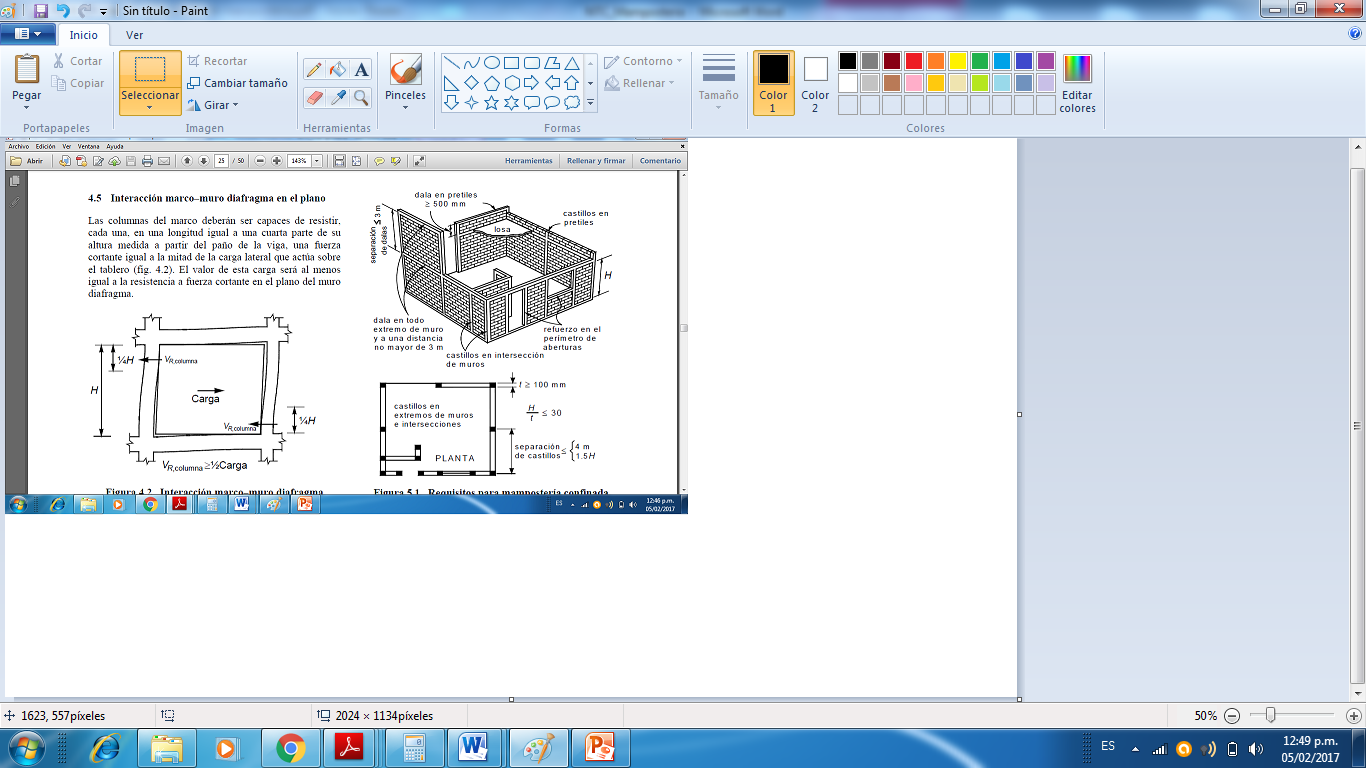
Las dalas o castillos tendrán como dimensión mínima el espesor del muro. El concreto tendrá una resistencia a compresión, no menor de 150 kg/cm², y el refuerzo longitudinal estará formado por lo menos de tres barras, cuya área total no será inferior a 0.2/ multiplicado por el cuadrado del espesor del muro, t², y estará anclado en los elementos que limitan al muro de manera que pueda desarrollar su esfuerzo de fluencia.

El área del refuerzo transversal no será inferior a 1000s/ siendo s la separación de los estribos y la menor dimensión de la sección del castillo o dala. La separación de los estribos no excederá de 1.5 ni de 20 cm.

Existirán castillos por lo menos en los extremos de los muros y en puntos intermedios del muro a una separación no mayor que una vez y media su altura, ni 4 metros.

Existirá una dala en todo extremo horizontal del muro, a menos que este últimoesté ligado a un elemento de concreto reforzado de al menos 15 cm de peralte. Además, existirán dalas en el interior del muro a una separación no mayor de 3 metros.

Existirán elementos de refuerzo con las mismas características que las dalas y castillos en el perímetro de todo hueco cuya dimensión exceda de la cuarta parte de la longitud del muro en la misma dirección.

La relación altura a espesor del muro no excederá de 20.

Podrá incrementarse la resistencia a fuerza cortante de muros confinados, de acuerdo con lo establecido en 4.4.2, cuando se coloque refuerzo horizontal en las juntas con las cuantías mínimas especificadas en dicha sección y que cumpla con los requisitos de separación máxima y de detallado especificados para muros reforzados interiormente en la Sección 3.4. Dicho refuerzo horizontal deberá estar anclado a los castillos extremos e interiores.

* 1. **MUROS REFORZADOS INTERIORMENTE**

Estos muros reforzados con malla o barras corrugadas de acero, horizontales y verticales, colocadas en los huecos de las piezas, en ductos o en las juntas. Para que un muro pueda considerarse como reforzados deberán cumplirse los siguientes requisitos mínimos.

La suma de la cuantía de refuerzo horizontal, , y vertical , no será menor que 0.002 y ninguna de las dos cuantias será menor que 0.0007. Lacuantía de refuerzo horizontal se calcula como / s t, donde es el refuerzo horizontal que se colocará en el espesor t del muro a una separación s; , en que es el área total de refuerzo que se colocara verticalmente en la longitud L del muro. Cuando se emplee acero de refuerzo de fluencia especificado mayor de 4,200 kg/cm², las cuantías de refuerzo mencionadas en este párrafo podrán reducirse multiplicándolas por 4,200 / .

Todo espacio que contenga una barra de refuerzo vertical deberá tener una distancia libre mínima entre el refuerzo y las paredes de la pieza igual a la mitad del diámetro de la barra y deberá ser llenado a todo lo largo con mortero o concreto. La distancia libre mínima entre una barra de refuerzo horizontal y el exterior del muro será de 1.5 cm o una vez el diámetro de la barra, la que resulte mayor. El refuerzo horizontal deberá estar embebido en toda su longitud en mortero o concreto.

Para el colado de los huecos donde se aloje el refuerzo vertical podrá emplearse el mismo mortero que se usa para pegar las piezas, o un concreto de alto revenimiento, con agregado máximo de 1 cm y resistencia a compresión no menor de 75 kg/cm². El hueco de las piezas tendrá una dimensión mínima mayor de 5 cm y un área no menor de 30 cm².

Deberá colocarse por lo menos una barra No. 3 de grado 42, o refuerzo de otras características con resistencia a tensión equivalente, en dos huecos consecutivos en todo extremo de muros, en las intersecciones entre muros o a cada 3 metros. El refuerzo vertical en el interior del muro tendrá una separación no mayor de 6 veces el espesor del mismo ni mayor de 80 cm.

Cuando los muros transversales lleguen a tope, sin traslape de piezas, será necesario unirlos mediante dispositivos que aseguren la continuidad de la estructura.

El refuerzo horizontal debe ser continuo y sin traslape en la longitud del muro y anclado en sus extremos. Se deberán cumplir los mismos requisitos de anclaje que para concreto reforzado. Deberá haber refuerzo consistente en una barra No. 3 de grado 42, o con resistencia a tensión equivalente, alrededor de toda abertura cuya dimensión exceda de 60 cm en cualquier dirección.

La relación altura/ espesor de estos muros no será superior a 20.

Deberá haber una supervisión continua en la obra que asegure que el refuerzo este colocado de acuerdo con lo indicado en planos y que los huecos en que se aloja el refuerzo sean colados completamente.

1. **PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO**

**4.1 ANÁLISIS**

**4.1.1 CRITERIO GENERAL**

La determinación de las fuerzas internas en los muros se hará en general por medio de un análisis elástico. En la determinación de las propiedades elásticas de los muros deberá considerarse que la mampostería no resiste tensiones en dirección normal a las juntas y emplear por tanto las propiedades de las secciones agrietadas y transformadas cuando dichas tensiones aparezcan.

**4.1.2 ANÁLISIS POR CARGAS VERTICALES**

Para el análisis por cargas verticales se tomará en cuenta que en las juntas de los muros y los elementos de piso ocurren rotaciones locales debidas al aplastamiento del mortero. Por tanto, para muros que soportan losas de concreto, la junta tiene suficiente capacidad de rotación para que pueda considerarse que, para efectos de la distribución de momentos en el nudo, la rigidez de los muros es nula. Para el diseño solo se tomarán en cuenta los momentos debidos a los efectos siguientes:

1. Los momentos que deben ser resistidos por condiciones de estática y que no pueden ser redistribuidos por la rotación del nudo, como son los momentos debidos a un voladizo que se empotre en el muro y los debidos a empujes, de viento o sismo normales al plano del muro.
2. Los momentos debidos a la excentricidad con que se transmite la carga de la losa del piso inmediatamente superior en muros extremos; tal excentricidad se tomara igual a:

En que **t** es el espesor del muro y **b** el de la porción de este en que se apoya la losa soportada por este.

Será admisible determinar únicamente las cargas verticales que actúan sobre cada muro mediante una bajada de cargas por áreas tributarias y tomar en cuenta los efectos de excentricidades y esbeltez mediante los valores aproximados del factor de reducción, , recomendados en el caso I de la Sección 4.3.2, cuando se cumplan las condiciones siguientes:

1. Las deformaciones de los extremos superior e inferior del muro en la dirección normal a su plano están restringidas por el sistema de piso o por otros elementos.
2. No hay excentricidad importante en la carga axial aplicada ni fuerzas significativas que actúan en dirección normal al plano del muro.
3. La relación altura espesor del muro no excede de 20.

**4.1.3 ANÁLISIS POR CARGAS LATERALES**

El análisis para la determinación de los efectos de las cargas laterales debidas a sismo se hará con base en las rigideces relativas de los distintos muros. Estas se determinarán tomando en cuenta las deformaciones de cortante y de flexión. Para estas últimas se considerará la sección transversal agrietada del muro cuando la relación de carga vertical a momento flexionante es tal que se presentan tensiones verticales. Se tomará en cuenta la restricción que impone a la rotación de los muros la rigidez de los sistemas de piso y techo y la de los dinteles.

1. Será admisible considerar que la fuerza cortante que toma cada muro es proporcional a su área transversal, ignorar los efectos de torsión y de momento de volteo, y emplear el Método Simplificado de Diseño Sísmico especificado en el Título X, Capítulo IV, Del Diseño por Sismo, del Reglamento de Construcción para el Municipio de Puerto Vallarta, Jalisco, cuando se cumplan los requisitos especificados de dicho Título X, Capítulo IV, del reglamento que son los siguientes:
2. En todos los niveles, al menos 75 por ciento de las cargas verticales están soportadas por muros ligados entre sí mediante losas monolíticas u otros sistemas de pisos suficientemente resistentes y rígidos al corte. Dichos muros tendrán distribución sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales, o en su defecto, el edificio tendrá, en cada nivel, al menos dos muros perimetrales de carga, sensiblemente paralelos entre sí, ligados por los sistemas de piso antes citados en una longitud no menor que la mitad de la dimensión del edificio en la dirección de dichos muros.
3. La relación entre longitud y ancho de la planta del edificio no excede de 2.0 a menos que, para fines de análisis sísmico, se pueda suponer dividida dicha planta en tramos independientes cuya relación longitud a ancho satisfaga esta restricción y cada tramo se revise en forma independiente en su resistencia a efectos sísmicos.
4. La relación entre la altura y dimensión mínima de la base del edificio no excede de 1.5 y la altura del edificio no es de más de 3 pisos, ni mayores de 9 metros.

Además, cuando se use dicho método simplificado, la contribución a la resistencia a fuerza cortante de los muros cuya relación de altura de entrepiso, H, a longitud, L, es mayor que 1.33, se reducirá multiplicándola por el coeficiente .

**4.2 Factores de carga**

Como se indica en el Artículo 174 del Reglamento de Construcción para el Municipio de Puerto Vallarta, Jalisco, se revisará que para las distintas combinaciones de acciones especificadas en el Artículo 161, del Reglamento de Construcción para el Municipio de Puerto Vallarta y para cualquier estado límite de falla posible, la resistencia de diseño sea mayor o igual al efecto de las acciones que intervengan en la combinación de cargas en estudio o multiplicado por los factores de carga correspondientes, según lo especificado a continuación:

1. Para combinaciones de acciones clasificadas en el caso I del Artículo 16del Reglamento de Construcción para el Municipio de Puerto Vallarta, se aplicará un factor de carga de 1.4.
2. Para combinaciones de acciones clasificadas en el caso II del Artículo 161 del Reglamento de Construcción para el Municipio de Puerto Vallarta, se considerará un factor de carga de 1.1 aplicado a los efectos de todas las acciones que intervengan en la combinación.
3. Para revisión de estados límites de servicio se tomará en todos los casos un factor de carga unitario.
   1. **Resistencia a cargas verticales**
      1. **Formula general**

La carga vertical resistente se calculará como:

Donde:

Es la carga vertical total resistente de diseño.

Se tomará como 0.6 para muros confinados o reforzados interiormente de acuerdo con la sección 3.3 o 3.4 y como 0.3 para muros no reforzados.

Es la resistencia de diseño en compresión de la mampostería.

Es un factor de reducción por excentricidad y esbeltez que se obtendrá de acuerdo con 4.3.2.

Es el área de la sección transversal del muro

* + 1. **Factor de reducción por excentricidad y esbeltez**

1. Cuando se cumplan los requisitos especificados en los incisos c), d) y e) de 4.1.2, podrá tomarse igual a 0.7 para muros interiores que soporten claros que no difieren en más de 50 por ciento y como 0.6 para muros extremos o con claros asimétricos y para casos en que la relación entre cargas vivas y cargas muertas de diseño excede de uno.
2. Cuando no se cumplan las condiciones del caso I, el factor de reducción por excentricidad y esbeltez se determinará como el menor del que se especifica en el caso I y el que se obtiene con la ecuación siguiente:

En que:

Es el espesor del muro.

Es la excentricidad calculada para la carga vertical, , más una excentricidad accidental que se tomará igual a .

La altura efectiva del muro que se determinara a partir de la altura no restringida, H, según el criterio siguiente:

Para muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior.

Para muros limitados por dos losas continuas a ambos lados del muro.

Para muros extremos en que se apoyan losas.

* + 1. **Efecto de las restricciones a las deformaciones laterales**

En casos en que el muro en consideración esté ligado a muros transversales, a contrafuerte so a columnas o castillos que restrinjan su deformación lateral, el factor calculado con la Ecuación 4.1 se incrementará sumándole la cantidad , pero el resultado no será en ningún caso mayor que 0.9.

B es un coeficiente que depende de la separación de los elementos rigidizantes, , y se obtiene de la tabla siguiente:

**FACTOR CORRECTIVO, B, POR EFECTO DE LA RESTRICCIÓN DE MUROS TRANSVERSALES**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.5 | 1.75 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| B | 0.70 | 0.60 | 0.50 | 0.40 | 0.33 | 0.25 | 0.20 |

* + 1. **Contribución del refuerzo a la resistencia a cargas verticales**

La contribución a la resistencia a carga vertical de castillos y dalas o del refuerzo interior se considerará mediante los incrementos en el esfuerzo resistente en compresión, , de la mampostería, permitidos según los incisos 2.4.1 d) y e) de estas normas, a menos que mediante ensayes a escala natural se haya demostrado que se justifica un incremento mayor en la resistencia debido a dicho refuerzo.

En muros sometidos a momento flexionantes significativos, perpendicularmente a su plano, podrá determinarse la resistencia en flexocompresión toman en cuenta el refuerzo vertical del muro, cuando la separación de este no exceda de seis veces el espesor del muro.

El cálculo se realizará con el criterio de resistencia en flexocompresión que se especifica para concreto reforzado, y con base en las hipótesis siguientes:

1. La distribución de deformaciones unitarias longitudinales en la sección transversal de un elemento es plana.
2. Los esfuerzos de tensión son resistidos por el refuerzo únicamente.
3. Existe adherencia perfecta entre el refuerzo y el concreto o mortero que lo rodea.
4. La sección falla cuando se alcanza, en la mampostería, la deformación unitaria máxima a compresión que se tomará igual a 0.003.

A menos que ensayes en pilas permitan obtener mejor determinación de la curva esfuerzo-deformación de la mampostería, está se supondrá lineal hasta la falla.

El efecto de esbeltez se tomará en cuenta afectando la carga resistente por el factor, según la Seccion 4.3.2.

* 1. **Resistencia a cargas laterales**
     1. **Consideraciones generales**

La resistencia a cargas laterales de un muro deberá revisarse para el efecto de la fuerza cortante, del momento flexionante en su plano y eventualmente también de momentos flexionantes debidos a empujes normales a su plano.

Cuando sean aplicables los requisitos del método simplificado de diseño sísmico, ver Sección 4.1.3, la revisión podrá limitarse a los efectos de la fuerza cortante.

* + 1. **Fuerza cortante resistida por la mampostería**

La fuerza cortante resistente de diseño se determinará como sigue:

1. Para muros diafragma
2. Para otros muros

En que:

P es el 100% de la carga vertical muerta más el 50% de la carga vertical viva que actúan sobre el muro, ambas sin multiplicar por el factor de carga.

Es el esfuerzo cortante medio de diseño que se determinara según la Sección 2.4.2

El factor de reducción de resistencia, , se tomará como:

0.7 para muros diafragma, muros confinados y muros con refuerzo interior, según se definen en la Sección 3 de estas normas.

No se considerara incremento alguno de la fuerza cortante resistente por efecto de las dalas y castillos de muros confinados de acuerdo con la Sección 3.3 Cuando se coloque refuerzo horizontal en las juntas con las características definidas en la Sección 3.3 para muros confinados y en la Sección 3.4 para muros con refuerzo interior, podrá incrementarse en 25 por ciento la fuerza cortante resistente calculada con la Ecuación 4.3, siempre que la cuantía de refuerzo horizontal, , no sea inferior a 0.0005 ni al valor que resulte de la expresión siguiente:

* + 1. **Resistencia a flexocompresión en el plano del muro**

La resistencia a flexión y a flexocompresión en el plano del muro se calculará, para muros sin refuerzo, según la teoría de resistencia de materiales suponiendo una distribución lineal de esfuerzos en la mampostería. Se considerará que la mampostería no resiste tensiones y que la falla ocurre cuando aparece en la sección critica un esfuerzo de compresión igual a .

La capacidad a flexión o flexocompresión en el plano de un muro con refuerzo interior o exterior se calculará con un método de diseño basado en las hipótesis estipuladas en la Sección 4.3.4. En todos los casos la capacidad deberá afectarse por el factor de resistencia determinado como se indica al final de esta Seccion 4.4.3.

Para muros reforzado con barras colocadas simétricamente en sus extremos, las formulas simplificadas siguientes dan valores suficientemente aproximados y conservadores del momento resistente de diseño.

Para flexión simple, el momento resistente se calculará como:

Es el área de acero colocada en el extremo del muro.

La distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro.

Cuando exista carga axial sobre el muro, el momento resistente de la sección se modificará de acuerdo con la ecuación:

; si

; si

Donde:

Es la carga axial de diseño total sobre el muro, que se considerara positiva si es de compresión.

El peralte efectivo del refuerzo de tensión.

La resistencia a compresión axial.

Setomará igual a 0.8 si e igual a 0.6 en caso contrario.

1. **CONSTRUCCIÓN**

**5.1 Materiales**

**5.1.1 Piezas**

*Condiciones.* Las piezas empleadas deberán estar limpias y sin rajaduras.

*Humedecimiento de las piezas.* Deberán saturarse previamente a su colocación todas las piezas de jalcreto y barro a menos que la ficha técnica del mortero empleado especifique lo contrario.

**5.1.2 Morteros**

*Mezcla de mortero.* La consistencia del mortero se ajustará tratando de que se alcance la mínima fluidez compatible con una fácil colocación. Los materiales se mezclarán en un recipiente no absorbente, prefiriéndose, siempre que seaposible, un mezclado mecánico. El tiempo de mezclado, una vez que el agua se agrega, no debe ser menor de 3 minutos.

*Remezclado.* Si el mortero empieza a endurecerse, podrá remezclarse hasta que vuelva a tomar la consistencia deseada agregándole agua si es necesario.

Los morteros a base de cementoPortland estándar deberán usarse dentro del lapso de 2.5 horas a partir del mezclado inicial.

**5.1.3 Concretos**

Los concretos para el colado de elementos de refuerzo, interiores o exteriores al muro, tendrán la cantidad de agua que asegure una consistencia liquida sin segregación de los materiales constituyentes. El tamaño del agregado será de 1 cm.

**5.2 Procedimientos de construcción**

**5.2.1 Juntas**

El mortero en las juntas cubrirá totalmente las caras horizontales y verticales de la pieza. Su espesor será el mínimo que permita una capa uniforme de mortero y la alineación de las piezas. El espesor de las juntas no excederá de 1.5 cm, excepto la junta entre la primera hilada y la cimentación que podrá tener 2.5 cm.

**5.2.2 Aparejo**

Las formulas y procedimientos de cálculoespecificados en éstas disposiciones son aplicables solo si las piezas se colocan en forma cuatrapeada; para otros tipos de aparejo, el comportamiento de los muros deberá deducirse de ensayes a escala natural.

**5.2.3 Concreto y mortero**

En castillos y huecos interiores se colará de manera que se obtenga un llenado completo de los huecos. El colado de elementos interiores verticales se efectuará en tramos no mayores de 1.5 metros a menos que el área del hueco sea mayor de 65 cm², caso en el cual se permitirá el colado en tramos hasta de 3 metros, siempre que sea posible comprobar, por aberturas en las piezas, que el colado llega hasta el extremo inferior del elemento.

**5.2.4 Refuerzo**

El refuerzo se colocará de manera que se asegure que se mantenga fijo durante el colado. El recubrimiento, separación y traslapes mínimos serán los que se especifican para concreto reforzado]; para refuerzo colocado en las juntas regirá lo especificado en la Sección 3.4. No se admitirá traslape de barras de refuerzo colocadas en juntas horizontales.

**5.2.5 Construcción de muros**

En la construcción de muros, además de los requisitos de las secciones anteriores, se cumplirán los siguientes:

La dimensión de la sección transversal de un muro que cumpla alguna función estructural o que sea de fachada no será menor de 10 cm.

Todos los muros que se toquen o crucen deberán anclarse o ligarse entre sí, salvo que se tomen precauciones que garanticen su estabilidad y buen funcionamiento.

Los muros de fachada que reciban recubrimiento de materiales pétreos naturales o artificiales deberán llevar elementos suficientes de liga y anclaje para soportar dichos recubrimientos.

Durante la construcción de todo muro se tomarán las precauciones necesarias para garantizar su estabilidad en el proceso de la obra, tomando en cuenta posibles empujes horizontales, incluso viento y sismo.

En los planos de construcción deberán especificarse claramente: peso máximo admisible de las piezas, resistencia de las mismas y tolerancia en sus dimensiones; así como el mortero considerado en el diseño y los detalles del aparejo de las piezas, del refuerzo y su anclaje y traslape, detalles de intersecciones entre muros y anclajes de elementos de fachada.

**5.2.6 Tolerancias**

a) En ningún punto el eje de un muro que tenga función estructural distara de más de 2 cm del de proyecto.

b) El desplome de un muro no será mayor que 0.004 veces su altura ni 1.5 cm.

**6. Mampostería de Piedras Naturales**

**6.1 Alcance**

Esta sección se refiere al diseño y construcción de cimientos, muros de retención y otros elementos estructurales de mampostería formada por piedras naturales sin labrar unidas por mortero.

**6.2 Materiales**

**6.2.1 Piedras**

Las piedras que se empleen en elementos estructurales deberán satisfacer los requisitos siguientes:

* Resistencia mínima a compresión en dirección normal a los planos de deformación 150 kg/cm²
* Resistencia mínima a compresión en dirección paralela a los planos de deformación 100 kg/cm²
* Absorción máxima 4%
* Resistencia al intemperismo: máxima pérdida de peso después de 5 ciclos en 10% solución saturada de sulfato de sodio

Las piedras no necesitarán ser labradas, pero se evitará en lo posible el empleo de piedras de formas redondeadas y de cantos rodados. Por lo menos el 70% del volumen del elemento estará construido por piedra con un peso mínimo de 30 kg cada una.

**6.2.2 Morteros**

Los morteros que se empleen para mampostería de piedras naturales deberán cumplir con los requisitos siguientes:

1. La relación volumétrica entre la arena y la suma de cementantes se encontrará entre 2.25 y 5
2. La resistencia mínima en compresión será de 15 kg/cm²
3. La resistencia se determinará según lo especificado en la norma NMX C 486 ONNCCE 2014.

**6.3 Esfuerzos resistentes de diseño**

Los esfuerzos resistentes de diseño en compresión, , y en cortante, , se tomarán como sigue:

Mampostería unida con mortero de resistencia en compresión no menor que 50 kg/cm²:

;

Mampostería unida con mortero de resistencia en compresión menor que 50 kg/cm²:

;

Los refuerzos de diseño anteriores incluyen ya un factor de reducción, , que por lo tanto no deberá ser considerado nuevamente en las fórmulas de predicción de resistencia.

**6.3.2 Determinación de la resistencia**

Se verificará que en cada sección la fuerza normal actuante de diseño no exceda la fuerza resistente dada por la expresión:

Siendo t el peralte de la sección, , su área y e la excentricidad con que actua la carga. La expresión anterior es valida cuando la relación entre la altura del elemento de mamposteria y el peralte de su sección no excede de 5; cuando dicha relación se encuentre entre 5 y 10, la resistencia se tomará igual al 80% de la calculada con la expresión anterior; cuando la relación exceda de 10 deberán tomarse en cuenta explícitamente los efectos de esbeltez en la forma especificada para mampostería de piedras artificiales.

La fuerza cortante actuante no excederá de la resistente obtenida de multiplicar el área transversal de la sección más desfavorable por el esfuerzo cortante resistente según la sección anterior.

**6.4 Construcción**

**6.4.1 Piedras**

Las piedras que se emplean deberán estar limpias y sin rajaduras. No se emplearán piedras que presentan forma de laja. Las piedras se mojarán antes de usarlas.

**6.4.2 Mortero**

El mortero se elabora con la cantidad de agua mínima necesaria para obtener una pasta manejable. Para el mezclado y remezclado se respetarán los requisitos de la Sección 5.1.2.

**6.4.3 Procedimiento constructivo**

La mampostería se desplantará sobre una plantilla de mortero o concreto que permita obtener una superficie plana. En las primeras hiladas se colocarán las piedras de mayores dimensiones y las mejores caras de las piedras se aprovecharán para los paramentos. Cuando las piedras sean de origen sedimentario se colocarán de manera que los lechos de estratificación queden normales a la dirección de las comprensiones. Las piedras deberán humedecerse antes de colocarlas y se acomodarán de manera de llenar lo mejor posible el hueco formado por las otras piedras. Los vacíos se rellenarán completamente con piedra chica y mortero. Deberán usarse piedras a tizón, que ocuparán por los menos una quinta parte del área del paramento y estarán distribuidas en forma regular. Se respetan, además los requisitos de la Sección 5.2.5. que sean aplicables.

**6.5 Cimientos**

En cimientos de piedra braza la pendiente de las caras inclinadas, medida desde la arista de la dala o muro, no será menor que 1.5 (vertical) : 1(horizontal)

En cimientos de mampostería de forma trapecial con un talud vertical y el otro inclinado, tales como cimientos de lindero, deberá verificarse la estabilidad del cimiento a torsión. De no efectuarse esta verificación, deberán existir cimientos perpendiculares a ellos a separaciones no mayores de lasque señala la siguiente tabla:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Presión de contacto  con el terreno, p, ton/m² | Claro máximo en m  Caso (1) Caso (2) | |
| p ≤ 2.0 | 5.0 | 10.0 |
| 2.0 < p ≤ 2.5 | 4.5 | 9.0 |
| 2.5 < p ≤ 3.0 | 4.0 | 7.5 |
| 3.0 < p ≤ 4.0 | 3.0 | 6.0 |
| 4.0 < p ≤ 5.5 | 2.5 | 4.5 |

En todo cimiento deberán colocarse dalas en concreto reforzado, tanto sobre los cimientos sujetos a momento de volteo como sobre los perpendiculares a ellos. Los castillos deben empotrarse en los cimientos no menos de 40 cm.

EN la tabla anterior, el claro máximo permisible se refiere a la distancia entre los ejes de los cimientos perpendiculares, menos el promedio de los anchos medios de estos. Los casos (1) y (2) corresponden respectivamente a mampostería ligada con mortero de cal y con mortero de cemento. No deberán existir planos definidos de falla transversales al cimiento.

**6.6 Muros de contención.**

En el diseño de muros de contención se tomará en cuenta la combinación más desfavorable de cargas laterales y verticales debidas a empuje de tierras, al peso propio del muro, a las demás cargas muertas que puedan obrar y a la carga viva que tienda a disminuir el factor de seguridad contra volteo o deslizamiento.

**7. REFERENCIAS**

Reglamento Orgánico del Municipio de Guadalajara. Apartado Sexto. Título Décimo Tercero de la Seguridad Estructural de las Construcciones, 1997.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostera del Reglamento de Construcción para el D.F., Gaceta Oficial del D.F., 27 de febrero de 1995.

Propiedades Mecánicas de la Mampostería, Roberto Meli Piralla y Alejandro Reyes G., Instituto de Ingeniería, UNAM, 1971.

Propiedades de Piezas de Mampostería Producidas en el Distrito Federal, Roberto Meli Piralla y Oscar Hernández, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1971.