

VERIFICACIÓN DE MUROS PORTANTES

PROLOGO

Esta publicación se refiere a la verificación resistente del muro portante en tanto unidad funcional estructural.

Toma solamente esta parte del tema "Estructuras en base a muros portantes" perteneciente al programa del curso de Estabilidad de las Construcciones III.

Se desarrolla a partir de lo establecido en la norma de origen argentino CIRSOC 103 tal como se viene haciendo en dicho curso desde 1994.

Octubre de 2000

En esta nueva Edición la revisión del texto, reelaboración y confección de gráficos fueron realizados por la Arq. María Esther Fernández Iglesias.

Abril de 2006

INTRODUCCION

Muro es todo cerramiento lateral construido con materiales pétreos, naturales o artificiales, generalmente presentados en bloques de pequeñas dimensiones y unidos entre sí por algún tipo de mortero que le asegure un alto grado de monolitismo. Estos dos materiales conforman otro "material" que se designa como mampostería.

Será portante cuando, aprovechando su capacidad resistente a la compresión, se le confíe la transmisión de cargas verticales, constituyéndose en apoyo de los cerramientos horizontales.

El correcto manejo de este dispositivo constructivo, como base del diseño estructural, requiere: el conocimiento de criterios de organización global que aseguren la estabilidad del conjunto, la estimación de la capacidad portante y el conocimiento del material que lo constituye.

En esta publicación se aborda solamente el aspecto de la verificación de la capacidad portante. La normativa al respecto es muy variada en los distintos países. El desarrollo que se presenta sigue lo estipulado en la norma Argentina CIRSOC 103 cuyas prescripciones se consideran muy adecuadas a la realidad constructiva de nuestro medio.

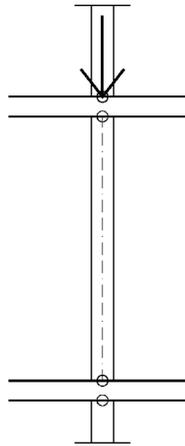
Las bases del método de verificación son compatibles con el estado del conocimiento sobre los materiales que existe en el medio y los valores que se dan en la clasificación de los mismos coinciden, sensiblemente, con los obtenidos en el muestreo realizado en el ICE en 1990.

CAPITULO I

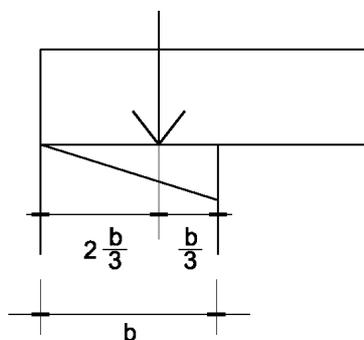
FORMAS DE ACCION
DE LAS CARGAS

La discontinuidad del material que forma el muro, con el que conforma los sucesivos cerramientos horizontales, hace que cada tramo de muro se considere articulado en su cabeza y en su pié. Esta observación es básica para plantear el modelo funcional del muro.

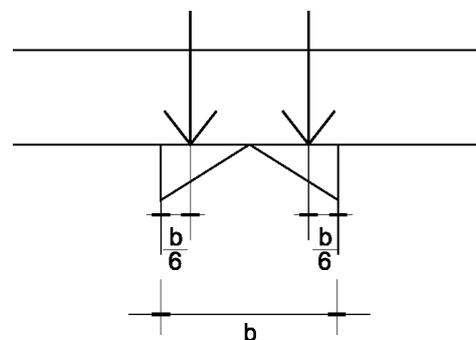
- Como consecuencia de que el muro está articulado en su apoyo inferior (pié) trasmite las acciones a la cabeza del tramo inferior en forma de una fuerza centrada.



- El apoyo de las losas, como consecuencia de su propia deformación, no es uniforme sobre el muro sino que tiende a ser mayor sobre la cara interna del mismo que sobre el eje. Se produce por lo tanto un descentramiento de la descarga. Este descentramiento tiene los valores indicados en la figura, varía según que el muro reciba descargas de un solo lado, como en el caso de un muro de borde, o de los dos como sucede en los muros internos.

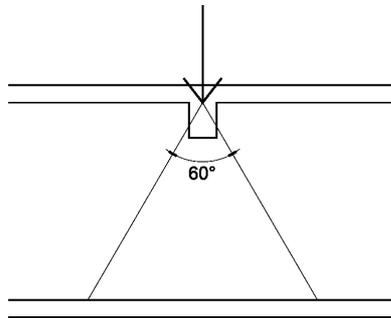


MURO DE BORDE

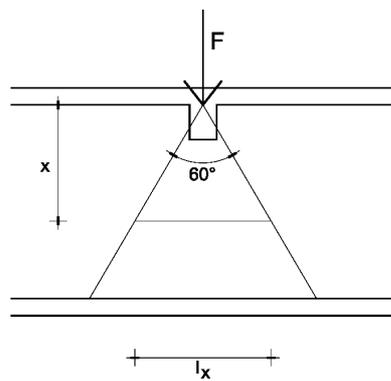


MURO INTERNO

- Cuando sobre un muro se presenta una carga puntual, por ejemplo la que proviene de una viga perpendicular, se considera que la misma afecta una zona de muro comprendida entre dos rectas que abren un ángulo de 60° .



La fuerza puntual F se va dispersando y a una distancia x del punto de aplicación es equivalente a una fuerza uniformemente distribuida de valor $\frac{F}{l_x}$ por metro.



CAPITULO II

SOLICITACIONES

La descarga de los tramos superiores, si los hay, de las losas actuantes en la cabeza del tramo y el peso propio comprimen al muro, pero no en forma centrada.

Como ya se ha visto en el capítulo anterior las descargas de las losas en la cabeza son descentradas. A ello se debe agregar que, dadas las características del proceso de ejecución, es difícil garantizar la perfecta verticalidad del eje del muro, por lo cual se hace conveniente considerar una excentricidad debida a esas imperfecciones que se suma a la anteriormente mencionada.

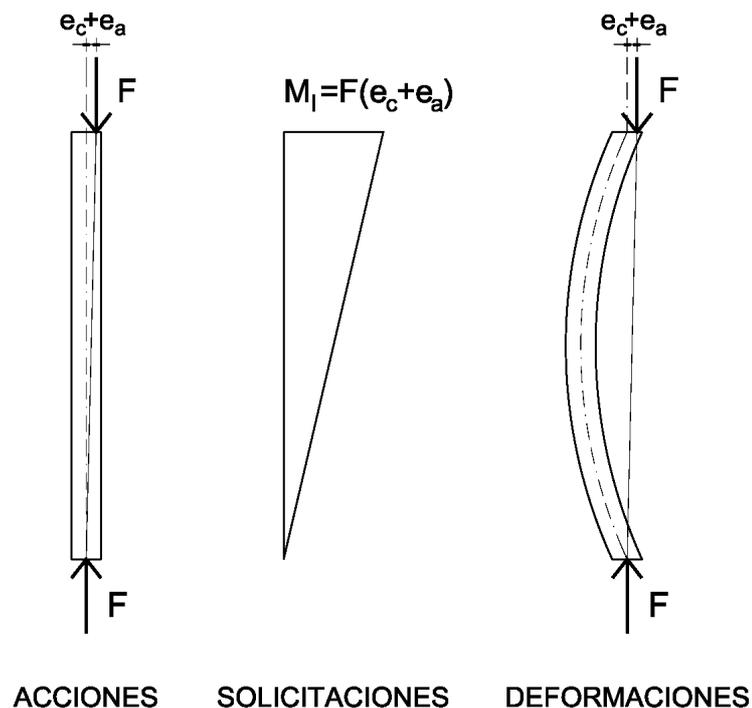
En el estudio de las solicitaciones del muro se deberán considerar de partida dos excentricidades:

e_c , excentricidad en la cabeza, debida al descentramiento de las descargas de las losas; se determina ubicando la resultante total de fuerzas actuantes por toma de momentos.

e_a , excentricidad accidental, debida a las imperfecciones en la construcción; se toma para ella el valor $\frac{b}{50} + \frac{H}{500}$ donde b es el espesor del muro y H su altura.

La excentricidad tiene el valor máximo $e_c + e_a$ en la cabeza del muro y va disminuyendo hasta hacerse cero en el pié, donde ya se ha visto que la fuerza que se trasmite al tramo inferior debe ser centrada.

Surgen así los esquemas que se expresan en la figura.



Frente a estas solicitaciones de primer orden, como en todo elemento comprimido esbelto, se debe tener en cuenta el aumento de estas solicitaciones que producen las deformaciones.

El momento produce la curvatura de la pieza y esa curvatura aumenta la excentricidad de la fuerza y por lo tanto al momento.

Este aumento del momento es lo que se llama solicitación de segundo orden. Se evalúa considerando una excentricidad complementaria, e_e , cuyo valor es

$$e_e = b \left(\frac{\lambda^2}{2400} - \frac{1}{70} \right)$$

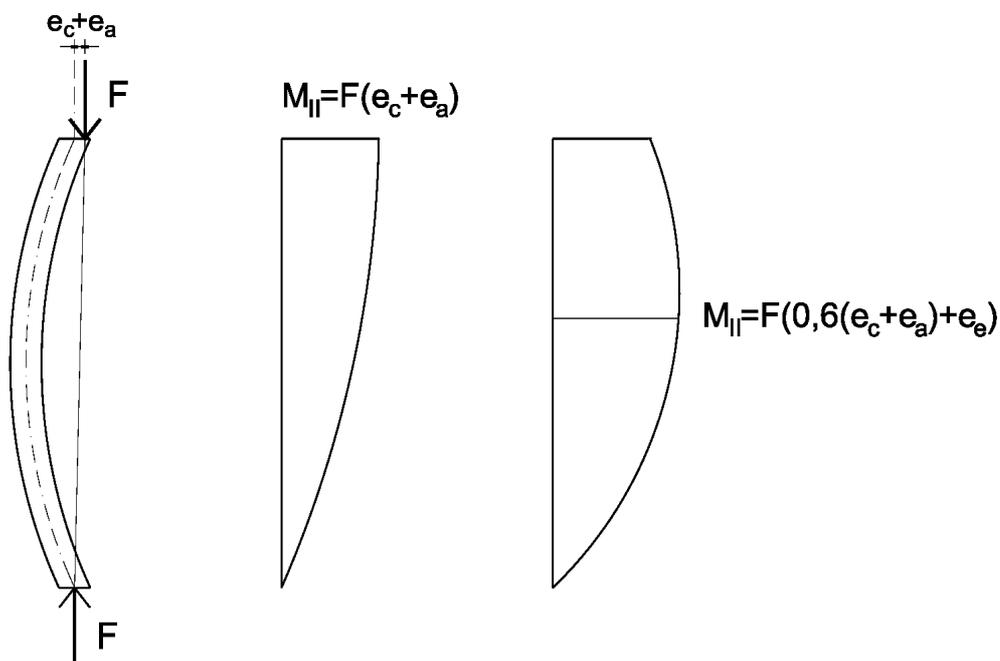
donde:

$$\lambda = \frac{H}{b}$$

H = altura del muro

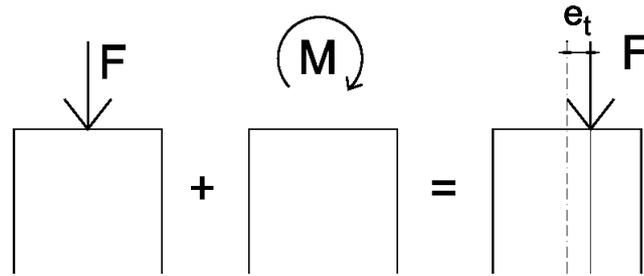
b = espesor del muro

Estas tres excentricidades se combinan para establecer la situación crítica. Como se expresa en la figura, el punto de mayor excentricidad, y por lo tanto de mayor momento, puede ser: en la cabeza con $e_c + e_a$ ó en el tramo a $0,6.H$ del pie donde la excentricidad total es $0,6(e_c + e_a) + e_e$.



Con la fuerza de compresión y el correspondiente valor de M_{II} , que tiene en cuenta las solicitaciones de primer y segundo orden, se realiza la verificación o dimensionado.

La fuerza y el momento, actuando conjuntamente, equivalen a la fuerza descentrada actuando a una distancia e_t del eje.



Donde e_t es el mayor de los dos valores:

$$e_t = e_c + e_a$$

$$e_t = 0,6(e_c + e_a) + e_e$$

siendo,

e_c , la excentricidad en la cabeza, debida al descentramiento de las descargas de las losas,

e_a , la excentricidad accidental, debida a las imperfecciones en la construcción, $= \frac{b}{50} + \frac{H}{500}$

e_e , la excentricidad complementaria, por efectos de segundo orden, $= b \left(\frac{\lambda^2}{2400} - \frac{1}{70} \right)$

CAPITULO III

TENSIONES EN LA MAMPOSTERIA

La sollicitación de presoflexión resultante produce en el material una deformación que cumple la ley de Bernouilli:

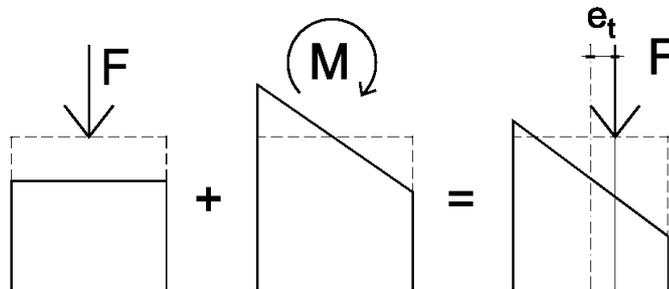
- “Las secciones normales planas previas a la deformación siguen siendo normales y planas en la pieza deformada”.

Es válido también el principio de superposición:

- La deformación que corresponde a la presoflexión es suma de la que corresponde a la compresión más la que corresponde al momento.

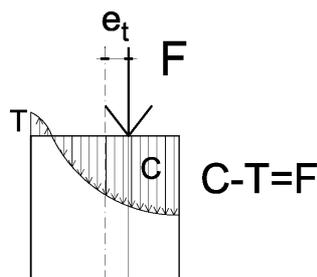
La fuerza de compresión produce acortamientos uniformes, el momento alargamientos y acortamientos con variación lineal, definiendo una línea neutra.

En la suma resultan aumentados los acortamientos y disminuidos los alargamientos, manteniéndose la variación lineal, la línea neutra se desplaza.

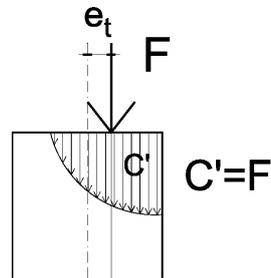


A esta deformación le corresponde un estado tensional. Si el material tiene capacidad para resistir compresiones y tracciones el resultado será como el que expresa la figura, en la zona que se acorta se producen compresiones y en la que se alarga tracciones.

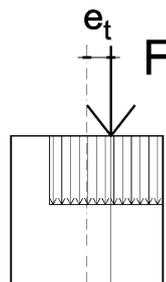
Se cumple, en razón del equilibrio, que la resultante de las tensiones de compresión menos la resultante de las tracciones resulta igual a la fuerza actuante F .



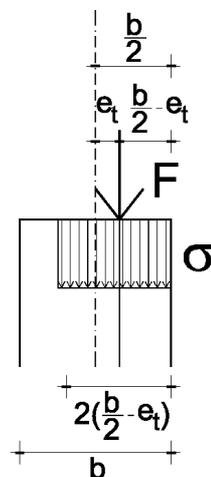
Si el material resiste compresiones pero no tracciones, el material se fisurará y el equilibrio se establece solamente entre la fuerza F y las compresiones produciéndose una redistribución de tensiones con respecto al diagrama anterior que desplaza, hacia la derecha, el punto de tensiones cero de forma que la resultante de las compresiones coincida en valor y en línea de acción con F .



Por realizarse la verificación en el estado límite de agotamiento resistente, se admite una simplificación para el diagrama de tensiones que lo transforma en un rectángulo.



De acuerdo a la condición de equilibrio, para que la resultante de las compresiones tenga la misma línea de acción que la fuerza F , el ancho de la zona tensionada (activa) será el doble de la distancia entre la fuerza y el borde del muro.



Este ancho activo del muro puede expresarse en función del ancho real, definiéndose un coeficiente r que, multiplicado por el ancho real, da el valor del ancho activo o reducido:

$$2 \cdot \left(\frac{b}{2} - e_t \right) = b \cdot r$$

$$b - 2 \cdot e_t = b \cdot r$$

$$b \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_t}{b} \right) = b \cdot r$$

$$\boxed{1 - \frac{2 \cdot e_t}{b} = r}$$

En el Anexo se presenta una tabulación de este coeficiente.

En resumen, el estado tensional que produce la presoflexión en un muro de espesor real b es equivalente al que produce la fuerza actuando centrada en un muro de espesor ficticio $b \cdot r$, menor que b .

CAPITULO IV

VERIFICACIONES DE LA CAPACIDAD RESISTENTE

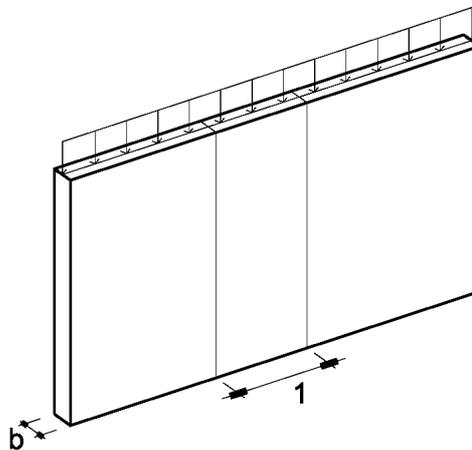
Criterio general de verificación.

La verificación de los muros portantes se realiza en el estado límite último de agotamiento resistente. La tensión máxima, mayorada, producida en la mampostería no deberá superar el valor de la resistencia característica minorada.

Verificación general para el caso de cargas uniformemente distribuidas.

La situación normal de carga para los muros portantes es la acción de cargas uniformemente distribuidas. Las descargas de las losas y el peso propio tienen esta condición, cuando se presenten cargas puntuales se ha visto que estas se dispersan y distribuyen en el muro.

Dada esta condición de carga, la verificación de los muros portantes se realiza por fajas representativas de sus acciones con un ancho que, por ser operativamente conveniente, se toma de 1 metro.



La sección activa sobre la que actúa la fuerza uniformemente distribuida F resulta en cm^2 , $100 \cdot b \cdot r$, y la tensión, constante, en ella vale:

$$\sigma = \frac{F}{100 \cdot b \cdot r}$$

por lo tanto, la condición de verificación es:

$$\gamma_f \cdot \sigma \leq \frac{f_{Mk}}{\gamma_M}$$

donde:

f_{Mk} , resistencia característica de la mampostería,

γ_f , coeficiente de mayoración de las acciones,

γ_M , coeficiente de minoración de la resistencia de la mampostería.

sustituyendo:

$$\frac{\gamma_f \cdot F}{100 \cdot b \cdot r} \leq \frac{f_{Mk}}{\gamma_M}$$

por lo tanto:

$$\gamma_f \cdot F \leq \frac{f_{Mk}}{\gamma_M} \cdot 100 \cdot b \cdot r$$

Para γ_f se toma el valor de 1,3.

Para γ_M se distinguen dos situaciones según que la mampostería esté o no confinada entre elementos de hormigón armado. Cuando aparecen los elementos de confinamiento, carreras y pilares de traba, como se favorece la conservación del monolitismo del muro, se toma un coeficiente 2,6. Cuando no existen los elementos de confinamiento el coeficiente es 5.

Los valores de f_{Mk} varían en función de la calidad de los materiales componentes. En el Anexo se indican los valores más comunes.

El valor de F debe ser tomado a media altura del muro, sumándose a las descargas que se producen en la cabeza del tramo que se verifica, el peso propio hasta mitad de altura y las cargas puntuales dispersas, también en la media altura.

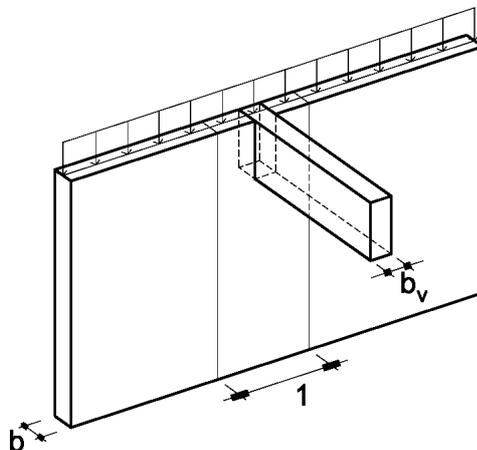
Verificación complementaria para el caso de cargas puntuales.

La existencia de cargas puntuales implica, para las mismas, una doble consideración en cuanto a la verificación del muro.

La primera es que deben ser consideradas dispersas en la verificación general. La segunda es la verificación local de no aplastamiento de la mampostería en la superficie de apoyo de la carga.

El elemento constructivo que produce la descarga puntual en el muro genera, en su apoyo, tensiones que pueden superar la capacidad resistente de la mampostería y producir la rotura local del muro.

Ejemplificándose para el caso más común, que es la descarga de una viga perpendicular al muro, la superficie de apoyo resulta un rectángulo de dimensiones iguales al espesor del muro (b) por la base de la viga (b_v).



La tensión resultante en esa área de apoyo es:

$$\sigma_1 = \frac{\text{descarga de la viga}}{b_v \cdot b} + \frac{\text{descarga en la cabeza del muro}}{100 \cdot b}$$

no habrá riesgo de rotura si

$$\gamma_f \cdot \sigma_1 \leq \frac{f_{Mk}}{\gamma_M}$$

con $\gamma_f = 1,3$ y $\gamma_M = 2,6$ queda expresada la condición de verificación como:

$$1,3 \left(\frac{\text{descarga de la viga}}{b_v \cdot b} + \frac{\text{descarga en la cabeza del muro}}{100 \cdot b} \right) \leq \frac{f_{Mk}}{2,6}$$

El valor que surge de esta verificación local es siempre superior al que resulta de la verificación general.

Si no se puede, o no resulta conveniente construir todo el muro respondiendo a la exigencia de esta verificación, se puede optar por la solución constructiva de reforzar la mampostería, sea con un pilar o con un elemento de transición, apoyo, entre la viga y la mampostería resolviendo así esta mayor exigencia y proyectar el muro de a cuerdo a lo requerido por la verificación general.

CAPITULO V

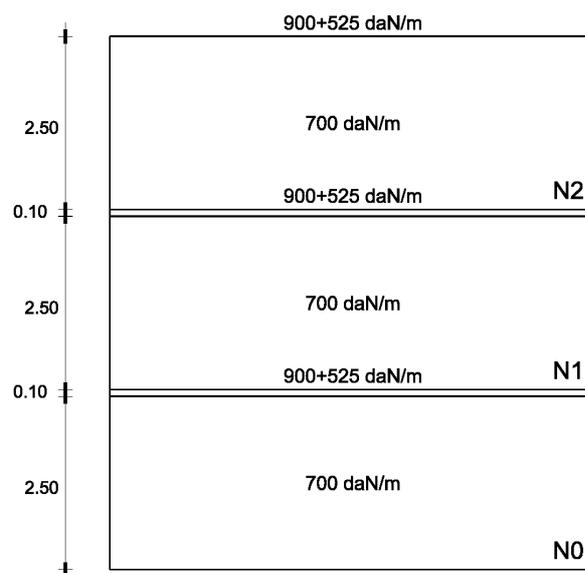
EJEMPLOS

PRIMER EJEMPLO

Ejemplo de verificación de un muro en el que actúan solamente cargas uniformemente distribuidas.

Sea un muro de tres niveles a construirse con un espesor terminado de 15 cm lo que implica usar mampuestos con 12 cm de dimensión.

Las acciones son las indicadas. Las losas ubicadas a izquierda y derecha del muro descargan respectivamente 900 y 525 daN/m en todos los niveles. El peso propio del muro, por metro y con 2,50m de altura, es de 700 daN.



La expresión que permitirá realizar la verificación es la deducida en la página 18:

$$\gamma_f \cdot F \leq \frac{f_{Mk}}{\gamma_M} \cdot 100 \cdot b \cdot r$$

dado que lo que se debe llegar a determinar en la verificación es la calidad de la mampostería resulta conveniente despejar el valor de f_{Mk} .

$$f_{Mk} \geq \frac{\gamma_M \cdot \gamma_f \cdot F}{100 \cdot b \cdot r}$$

y de acuerdo al valor que resulte, mediante la tabla 3 del Anexo se determinan las características de los componentes de la mampostería.

Para γ_M se toma el valor 2,6 ya que al construirse con pilares de traba y carreras la mampostería se considera confinada.

La determinación de la calidad de la mampostería se realizará nivel a nivel. Los datos de partida son el valor de la fuerza de compresión a mitad de altura del tramo y la excentricidad de las descargas en la cabeza.

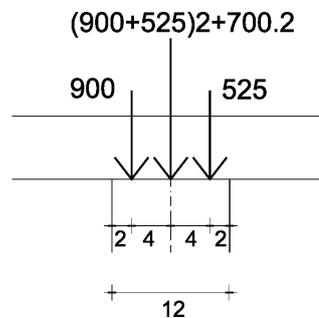
Entre los niveles 0 y 1.

Fuerza a mitad de altura:

$$F_{0-1} = (900 + 525) \times 3 + 700 \times 2 + \frac{700}{2} = 6025 \text{ daN}$$

Excentricidad en la cabeza:

Se debe ubicar la resultante de las descargas en la cabeza. Para ello a partir del esquema de las tres descargas: la de los niveles superiores $[(900+525) \times 2 + 700 \times 2]$ y la de las dos losas $[900 \text{ y } 525]$, el punto de ubicación de la resultante se determina tomando momentos con respecto al eje del muro:



$$F_C = (900 + 525) \times 3 + 700 \times 2 = 5.675 \text{ daN}$$

$$5.675 \cdot e_C = 900 \times 4 - 525 \times 4$$

de donde

$$e_C = \frac{900 \times 4 - 525 \times 4}{5.675} = 0,27 \text{ cm}$$

Coefficiente reductor:

Entrando en la tabla 1 del Anexo, "Coeficiente reductor según CIRSOC 103", con los valores de $e_C=0,27\text{cm}$, espesor de muro 12cm y altura 2,50 m, interpolando, se obtiene

$$r = 0,566$$

La resistencia característica necesaria será, por lo tanto:

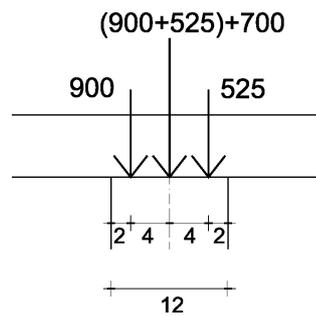
$$f_{Mk} \geq \frac{2,6 \times 1,3 \times 6.025}{100 \times 12 \times 0,566} = 29,99 \text{ daN/cm}^2$$

Entre los niveles 1 y 2.

Fuerza a mitad de altura:

$$F_{1-2} = (900 + 525) \times 2 + 700 + \frac{700}{2} = 3.900 \text{ daN}$$

Excentricidad en la cabeza:



resultante de las descargas en la cabeza:

$$F_C = (900 + 525) \times 2 + 700 = 3.550 \text{ daN}$$

tomando momentos,

$$3.550 \times e_C = 900 \times 4 - 525 \times 4$$

de donde,

$$e_C = \frac{900 \times 4 - 525 \times 4}{3.550} = 0,43 \text{ cm}$$

Coefficiente reductor:

Entrando en la tabla 1 del Anexo "Coeficiente reductor según CIRSOC 103" con los valores de $e_c=0,43\text{cm}$, espesor de muro 12cm y altura 2,50m, e interpolando, se obtiene:

$$r = 0,55$$

La resistencia característica será por lo tanto

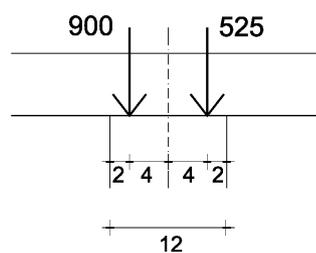
$$f_{Mk} \geq \frac{2,6 \times 1,3 \times 3.900}{100 \times 12 \times 0,55} = 19,98 \text{ daN/cm}^2$$

Entre los niveles 2 y 3.

Fuerza a mitad de altura:

$$F_{2-2} = 900 + 525 + \frac{700}{2} = 1.775 \text{ daN}$$

Excentricidad en la cabeza:



resultante de las descargas en la cabeza:

$$F_C = 900 + 525 = 1.425 \text{ daN}$$

tomando momentos:

$$1.425 \times e_C = 900 \times 4 - 525 \times 4$$

de donde:

$$e_C = \frac{900 \times 4 - 525 \times 4}{1.425} = 1.06 \text{ cm}$$

Coefficiente reductor:

Entrando en la tabla 1 del Anexo "Coeficiente reductor según CIRSOC 103" con los valores de $e_c=1,06\text{cm}$, espesor de muro 12cm y altura 2,50 m, e interpolando, se obtiene:

$$r = 0,483$$

La resistencia característica será por lo tanto

$$f_{Mk} \geq \frac{2,6 \times 1,3 \times 1.775}{100 \times 12 \times 0,483} = 9,19 \text{ daN/cm}^2$$

En resumen:

ENTRE NIVELES	RESISTENCIA CARACTERISTICA NECESARIA
2 - 3	9,19 daN/cm ²
1 - 2	19,98 daN/cm ²
0 - 1	29,99 daN/cm ²

Para especificar el tipo de mampuesto y de mortero necesarios para obtener una determinada resistencia característica se dispone de la tabla 3 del Anexo. Consultando dicha tabla se puede especificar para este caso, por niveles, lo siguiente:

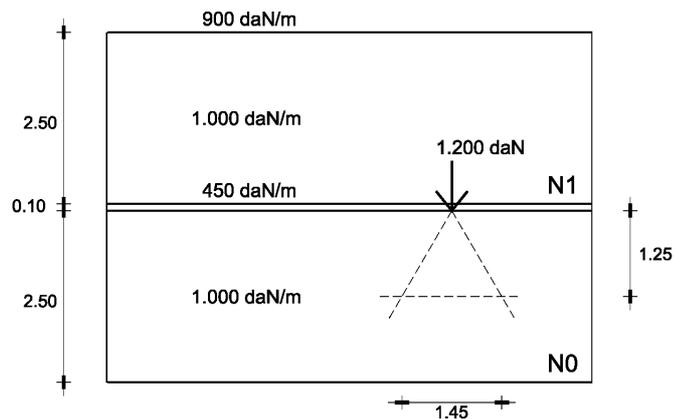
- En el tramo más bajo del muro, entre los niveles 0 y 1 se construiría con ladrillos cerámicos macizos de producción industrial, con una resistencia característica mayor de 85 daN/cm² y mortero tipo 3.
- El tramo intermedio se podrá continuar con los mismos materiales o, si resulta más conveniente, utilizarse en lugar de ladrillos cerámicos macizos de producción industrial con una resistencia característica mayor de 85 daN/cm², ladrillos perforados (rejillas) con una resistencia característica mayor de 80 daN/cm² y mortero tipo 3.
- Para el nivel más alto se repiten las opciones del intermedio.

Estas distintas opciones, con respecto a los materiales, se decidirán respondiendo a los requerimientos del conjunto de la obra. Se deberá resolver integralmente el muro en tanto cerramiento, no atendiendo solamente a los aspectos resistentes.

SEGUNDO EJEMPLO

Ejemplo de verificación de un muro con cargas uniformemente distribuidas y puntuales.

Sea un muro de dos niveles, a construirse con un espesor terminado de 20 cm, usándose mampuestos de 12 cm de dimensión como portantes y un revestimiento cerámico de medio ladrillo. Las acciones son las indicadas. Las losas ubicadas a la derecha del muro descargan en cada nivel 900 y 450 daN/m respectivamente. El peso propio del muro revestido, por metro y con 2,50m de altura, es de 1.000 daN. La carga puntual es producida por una viga perpendicular al muro y que tiene 17 cm de base.



Entre los niveles 0 y 1.

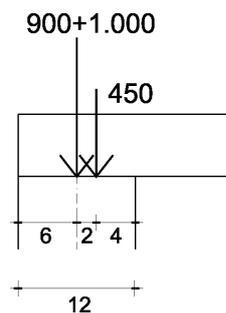
Fuerza a mitad de altura:

Para determinarla se debe considerar, además de las cargas distribuidas, la dispersión de la carga concentrada.

La dispersión de la carga concentrada se realiza de acuerdo al criterio visto en la página 8.

$$F_{0-1} = (900 + 1.000) + 450 + \frac{1.000}{2} + \frac{1.200}{1,45} = 3.678 \text{ daN}$$

Excentricidad en la cabeza:



resultante de las descargas en la cabeza,

$$F_C = (900 + 1.000) + 450 = 2.350 \text{ daN}$$

tomando momentos,

$$2.350 \times e_C = 450 \times 2$$

de donde:

$$e_c = \frac{450 \times 2}{2.350} = 0,39 \text{ cm}$$

Coefficiente reductor:

Entrando en la tabla 1 del Anexo "Coeficiente reductor según CIRSOC 103" con los valores de $e_c=0,39\text{cm}$, espesor del muro 12cm y altura 2,50m, e interpolando, se obtiene

$$r = 0,554$$

La resistencia característica necesaria será por lo tanto

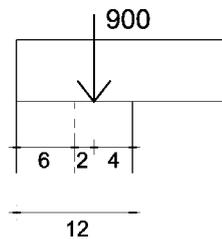
$$f_{Mk} \geq \frac{2,6 \times 1,3 \times 3.675}{100 \times 12 \times 0,554} = 18,70 \text{ daN/cm}^2$$

Entre los niveles 1 y 2.

Fuerza a mitad de altura:

$$F_{1-2} = 900 + \frac{1.000}{2} = 1.400 \text{ daN}$$

Excentricidad en la cabeza:



hay una sola descarga en la cabeza, por lo tanto

$$F_c = 900 \text{ daN}$$

$$e_c = 2 \text{ cm}$$

Coefficiente reductor:

Entrando en la tabla 1 del Anexo "Coeficiente reductor según CIRSOC 103" con los valores de $e_c=2$ cm, espesor del muro 12cm y altura 2,50m se obtiene:

$$r = 0,393$$

La resistencia característica necesaria será por lo tanto:

$$f_{Mk} \geq \frac{2,6 \times 1,3 \times 1.400}{100 \times 12 \times 0,393} = 10,04 \text{ daN/cm}^2$$

Verificación local por la acción de la carga concentrada.

La expresión que permitirá realizar la verificación es la deducida en la página 19:

$$1,3 \left(\frac{\text{descarga de la viga}}{b_v \cdot b} + \frac{\text{descarga en la cabeza del muro}}{100 \cdot b} \right) \leq \frac{f_{Mk}}{2,6}$$

dado que lo que, en la verificación, se debe llegar a determinar la calidad de la mampostería, resulta conveniente despejar el valor de f_{Mk} .

$$f_{Mk} \geq 2,6 \times 1,3 \left(\frac{\text{descarga de la viga}}{b_v \cdot b} + \frac{\text{descarga en la cabeza del muro}}{100 \cdot b} \right)$$

$$f_{Mk} \geq 2,6 \times 1,3 \left(\frac{1.200}{17 \times 12} + \frac{2.350}{100 \times 12} \right) = 26,54 \text{ daN/cm}^2$$

En resumen:

ENTRE NIVELES	RESISTENCIA CARACTERISTICA NECESARIA
1 - 2	10,04 daN/cm ²
0 - 1	18,70 daN/cm ²
CARGA PUNTUAL	26,54 daN/cm ²

Nuevamente consultando la tabla 3 del Anexo, que define para algunos tipos de mampostería su resistencia característica en función de la calidad de los mampuestos y del mortero, se puede especificar para este caso, por niveles, lo siguiente:

- Para el tramo más bajo del muro, entre los niveles 0 y 1, el valor determinante es el que surge de la verificación de la carga concentrada, lo que requiere que se construya con ladrillos cerámicos macizos de producción industrial con una resistencia característica mayor de 85 daN/cm² y mortero tipo 3.
- Para el tramo más alto se podrá continuar con los mismos materiales o, si resulta más conveniente, utilizarse en lugar de ladrillos cerámicos macizos de producción industrial con una resistencia característica mayor de 85 daN/cm², ladrillos también macizos, pero de una calidad inferior, con una resistencia característica mayor de 45 daN/cm² y mortero tipo 3.

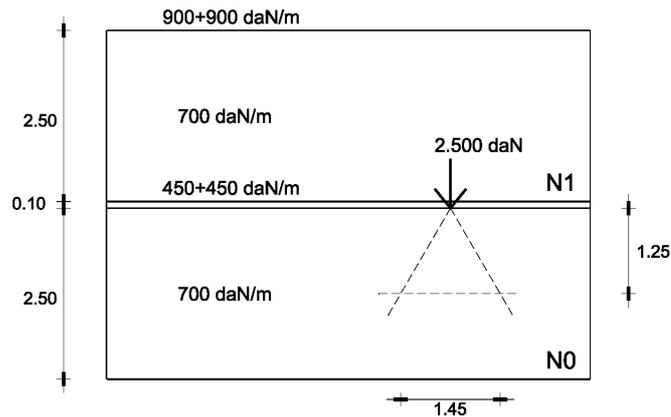
Estas distintas opciones con respecto a los materiales se decidirán respondiendo a los requerimientos del conjunto de la obra. Se deberá resolver integralmente el muro, en tanto cerramiento, no atendiendo solamente a los aspectos resistentes.

TERCER EJEMPLO

Ejemplo de verificación de un muro con cargas uniformemente distribuidas y puntuales.

Sea un muro de dos niveles a construirse con un espesor terminado de 20 cm, usándose mampuestos cerámicos perforados de 17 cm de dimensión.

Las acciones son las indicadas. Las losas simétricas ubicadas a izquierda y derecha del muro descargan en los niveles 2 y 1 900 y 450 daN/m respectivamente. El peso propio del muro, por metro con 2,50m de altura, es de 700 daN. La carga puntual es producida por una viga perpendicular al muro y que tiene 17 cm de base.



Entre los niveles 0 y 1.

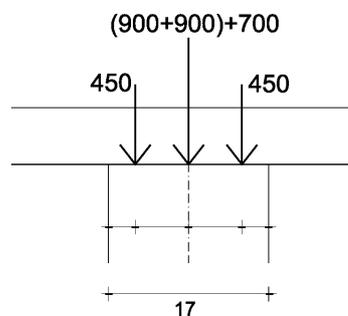
Fuerza a mitad de altura:

Para determinarla se debe considerar, además de las cargas distribuidas, la dispersión de la carga concentrada.

La dispersión de la carga concentrada se realiza de acuerdo al criterio visto en la página 8.

$$F_{0-1} = (900 + 900) + 700 + (450 + 450) + \frac{700}{2} + \frac{2.500}{1,45} = 5.474 \text{ daN}$$

Excentricidad en la cabeza:



por simetría resulta:

$$e_c = 0 \text{ cm}$$

Coefficiente reductor:

Entrando en la tabla 1 del Anexo, "Coeficiente reductor según CIRSOC 103", con los valores de $e_c=0\text{cm}$, espesor de muro 17cm y altura $2,50\text{m}$ se obtiene:

$$r = 0,789$$

La resistencia característica necesaria será por lo tanto

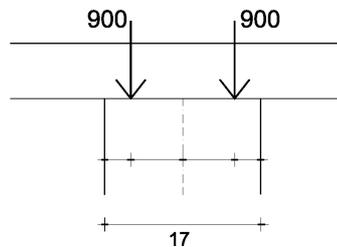
$$f_{Mk} \geq \frac{2,6 \times 1,3 \times 5.474}{100 \times 17 \times 0,789} = 13,79 \text{ daN/cm}^2$$

Entre los niveles 1 y 2.

Fuerza a mitad de altura:

$$F_{1-2} = 900 + 900 + \frac{700}{2} = 2.150 \text{ daN}$$

Excentricidad en la cabeza:



por simetría resulta

$$e_c = 0 \text{ cm}$$

Coefficiente reductor:

Entrando en la tabla 1 del Anexo, "Coeficiente reductor según CIRSOC 103", con los valores de $e_c=0 \text{ cm}$, espesor del muro 17cm y altura $2,50\text{m}$, se obtiene:

$$r = 0,789$$

La resistencia característica necesaria será por lo tanto

$$f_{Mk} \geq \frac{2,6 \times 1,3 \times 2.150}{100 \times 17 \times 0,789} = 5,42 \text{ daN/cm}^2$$

Verificación local por la acción de la carga concentrada.

Descarga en la cabeza:

$$F_C = (900 + 900) + 700 + (450 + 450) = 3.400 \text{ daN}$$

$$f_{Mk} \geq 2,6 \times 1,3 \left(\frac{2.500}{17 \times 17} + \frac{3.400}{100 \times 17} \right) = 36,00 \text{ daN/cm}^2$$

En resumen:

ENTRE NIVELES	RESISTENCIA CARACTERISTICA NECESARIA
1 - 2	5,42 daN/cm ²
0 - 1	13,79 daN/cm ²
CARGA PUNTUAL	36,00 daN/cm ²

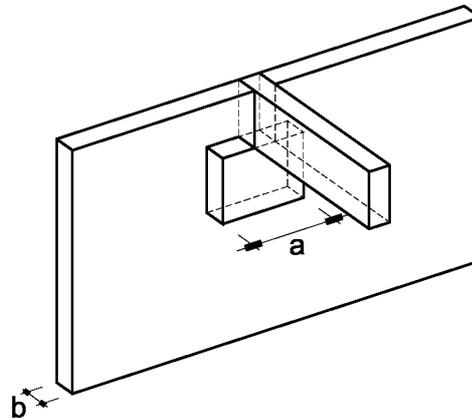
Nuevamente consultando la tabla 3 del Anexo, que define para algunos tipos de mampostería su resistencia característica, en función de la calidad de los mampuestos y del mortero, se puede especificar para este caso, por niveles, lo siguiente:

- Para el tramo más bajo del muro, entre los niveles 0 y 1, el valor mayor es el que surge de la verificación de la carga concentrada. Al no encontrarse posibilidad constructiva para este valor, usando ladrillos cerámicos perforados, se opta por reforzar localmente el muro, según se verá más adelante, y decidir las características de la mampostería en función de los otros valores. La verificación general requiere que se construya con ladrillos cerámicos perforados de producción industrial con una resistencia característica mayor de 80 daN/cm² y mortero tipo 3.
- Para el tramo más alto se continua con los mismos materiales.

Refuerzo del muro en la zona de descarga de la viga.

Como ya se dijo, la exigencia de la verificación local se resolverá reforzando la mampostería mediante un elemento de transición entre ella y la viga.

Este elemento de transición es un prisma de hormigón armado, apoyo, construido por debajo de la viga, con un dimensionado tal que, en su base, se verifique la capacidad resistente de la mampostería.



La superficie de descarga en la mampostería vale ahora $a \times b$. La nueva verificación se realiza con la misma expresión anterior:

$$1,3 \left(\frac{\text{descarga de la viga}}{b_v \cdot b} + \frac{\text{descarga en la cabeza del muro}}{100 \cdot b} \right) \leq \frac{f_{Mk}}{2,6}$$

en la cual se debe cambiar el ancho de la viga b_v por a , lo cual queda:

$$1,3 \left(\frac{\text{descarga de la viga}}{a \cdot b} + \frac{\text{descarga en la cabeza del muro}}{100 \cdot b} \right) \leq \frac{f_{Mk}}{2,6}$$

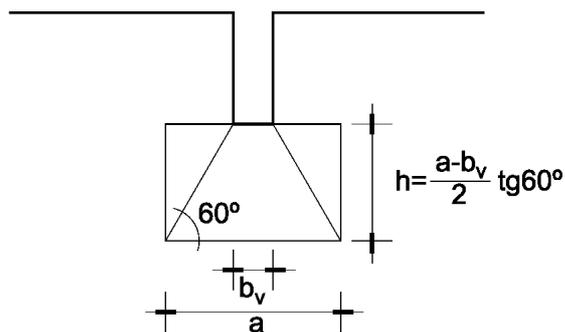
En esta expresión la única incógnita es la dimensión a ya que el valor de f_{Mk} fue decidido con anterioridad, 20 daN/cm^2 , que es el correspondiente al tipo de mampostería elegido.

Sustituyendo valores será:

$$1,3 \left(\frac{2.500}{a \times 17} + \frac{3.400}{100 \times 17} \right) = \frac{20}{2,6}$$

y despejando la incógnita a resulta el valor $37,52 \text{ cm}$ que se redondea en $a = 40 \text{ cm}$.

Para definir el valor de la altura de este apoyo se parte de admitir una dispersión de la carga puntual dentro de él similar a la que se admite en la mampostería.

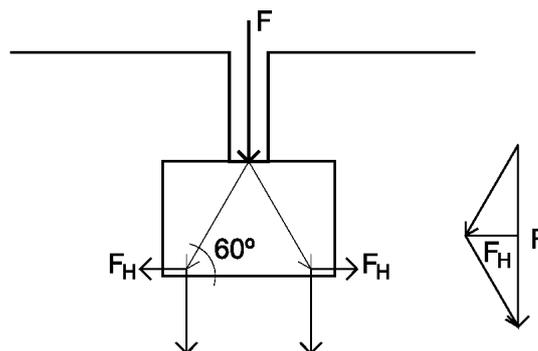


Para el ejemplo será:

$$h = \frac{40 - 17}{2} \text{ tg } 60^\circ = 19,92 \text{ cm}$$

que se aproxima a $h = 20 \text{ cm}$.

El modelo de comportamiento que se realiza, para dimensionar este elemento de hormigón, es el de dos bielas inclinadas 60° unidas por un tensor horizontal, resultando así los esfuerzos que se grafican:



Es necesario determinar la tracción F_H para así determinar las armaduras. En el polígono de descomposición de fuerzas queda definido un triángulo rectángulo con cateto vertical $\frac{F}{2}$ y cateto horizontal F_H , siendo el ángulo opuesto al cateto vertical 60° , se cumple:

$$\text{tg } 60^\circ = \frac{F/2}{F_H}$$

de donde,

$$F_H = \frac{F}{2 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ}$$

El área de acero necesaria para resistir esta tracción es:

$$A_S = \frac{1,6 \cdot F_H}{f_{yd}}$$

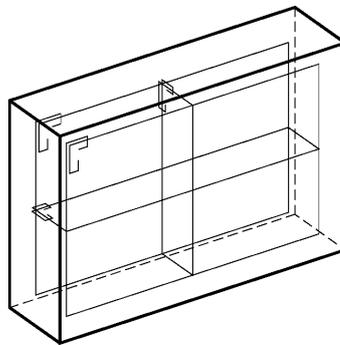
Para el ejemplo en estudio resulta:

$$F_H = \frac{2.500}{2 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 722 \text{ daN}$$

y en consecuencia,

$$A_S = \frac{1,6 \times 722}{3.650} = 0,32 \text{ cm}^2$$

Las armaduras resistentes se organizan como dos estribos verticales, paralelos a las caras mayores del apoyo. Estas armaduras se complementan con otras de posicionado que, por lo menos, serán otros dos estribos de hierro de 6 mm, uno vertical y otro horizontal tal como lo muestra la figura. En el ejemplo la armadura resistente son dos estribos de hierro de 6 mm que suman un área de $0,566 \text{ cm}^2$.



En resumen, a los efectos de resistir la descarga de la viga, se debe reforzar la mampostería, formada por ladrillos cerámicos perforados de 17cm de ancho y mortero tipo 3, con un apoyo de hormigón armado de 40 x 17 cm de base, 20 cm de altura y como armaduras resistentes dos estribos de hierro de 6 mm de calidad $f_{yk} = 4.200 \text{ daN/cm}^2$.

ANEXO

En este Anexo se presentan tablas basadas en la norma CIRSOC 103.

La Tabla 1 ha sido elaborada por el autor a partir de la definición del coeficiente reductor del ancho real del muro realizada en dicha norma.

Los valores de resistencias características del mortero y de los tipos de mampuestos coinciden sensiblemente con los obtenidos para la producción nacional en el relevamiento realizado en el ICE en 1990 por docentes del Departamento de Estabilidad.

TABLA 1

**COEFICIENTE REDUCTOR
SEGUN CIRSOC 103**

b	H	REDUCTOR SEGÚN UN VALOR DE LA EXCENTRICIDAD EN LA CABEZA DEL MURO DE (cm)																	
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5				
12	220	0.680	0.670	0.660	0.650	0.640	0.630	0.580	0.530	0.480	0.430	0.380	0.303						
	240	0.623	0.613	0.603	0.593	0.583	0.573	0.523	0.473	0.423	0.373	0.323	0.273						
	250	0.593	0.583	0.573	0.563	0.553	0.543	0.493	0.443	0.393	0.343	0.293							
	260	0.561	0.551	0.541	0.531	0.521	0.511	0.461	0.411	0.361	0.311	0.261							
	280	0.495	0.485	0.475	0.465	0.455	0.445	0.395	0.345	0.295									
	300	0.424	0.414	0.404	0.394	0.384	0.374	0.324	0.274										
	320	0.348	0.338	0.328	0.318	0.308	0.298												
	17	220	0.834	0.827	0.820	0.813	0.806	0.799	0.763	0.728	0.673	0.614	0.555	0.496	0.438	0.379			
240		0.805	0.798	0.790	0.783	0.776	0.769	0.734	0.699	0.663	0.609	0.551	0.492	0.433	0.374				
250		0.789	0.782	0.775	0.768	0.761	0.754	0.718	0.683	0.648	0.607	0.548	0.489	0.431	0.372				
260		0.773	0.766	0.759	0.752	0.745	0.738	0.702	0.667	0.632	0.596	0.546	0.487	0.428	0.369				
280		0.739	0.732	0.725	0.718	0.711	0.704	0.668	0.633	0.598	0.563	0.527	0.482	0.424	0.365				
300		0.703	0.696	0.689	0.682	0.674	0.667	0.632	0.597	0.562	0.526	0.491	0.456	0.419	0.360				
320		0.664	0.657	0.650	0.643	0.636	0.629	0.594	0.558	0.523	0.488	0.452	0.417	0.382	0.346				
25		220	0.919	0.914	0.909	0.901	0.893	0.885	0.845	0.805	0.765	0.725	0.685	0.645	0.605	0.565			
	240	0.905	0.900	0.895	0.890	0.886	0.881	0.842	0.802	0.762	0.722	0.682	0.642	0.602	0.562				
	250	0.897	0.892	0.888	0.883	0.878	0.873	0.840	0.800	0.760	0.720	0.680	0.640	0.600	0.560				
	260	0.889	0.885	0.880	0.875	0.870	0.865	0.838	0.798	0.758	0.718	0.678	0.638	0.598	0.558				
	280	0.873	0.868	0.864	0.859	0.854	0.849	0.825	0.795	0.755	0.715	0.675	0.635	0.595	0.555				
	300	0.856	0.851	0.846	0.841	0.837	0.832	0.808	0.784	0.752	0.712	0.672	0.632	0.592	0.552				
	320	0.837	0.833	0.828	0.823	0.818	0.813	0.789	0.765	0.741	0.709	0.669	0.629	0.589	0.549				

TABLA 2

**TIPOS DE MORTERO
SEGUN CIRSOC 103**

TIPO	DOSIFICACION cemento:cal:arena	RESISTENCIA CARACTERISTICA daN/cm²
1	1 : 0 : 3 1 : ¼ : 3	150
2	1 : 0 : 4 1 : ½ : 4	100
3	1 : 1 : 5 1 : 1 : 6	50

TABLA 2

**RESISTENCIA CARACTERISTICA DE LA MAMPOSTERIA
SEGUN CIRSOC 103**

TIPO DE MAMPUESTO	TIPO DE MORTERO		
	1	2	3
LADRILLO CERAMICO MACIZO $f_k > 85 \text{ daN/cm}^2$	40	35	30
LADRILLO CERAMICO MACIZO $f_k > 45 \text{ daN/cm}^2$	25	20	15
LADRILLO CERAMICO PERFORADO $f_k > 80 \text{ daN/cm}^2$	30	25	20
LADRILLO CERAMICO PERFORADO $f_k > 40 \text{ daN/cm}^2$	20	15	12

INDICE

	página
Prólogo	3
Introducción	5
Capítulo I Formas de acción de las cargas	7
Capítulo II Solicitaciones	9
Capítulo III Tensiones en la mampostería	13
Capítulo IV Verificaciones de la capacidad resistente	17
Capítulo V Ejemplos	21
Anexo	33