

4 MÉTODO PROPUESTO DE DISEÑO A FLEXIÓN, FLEXIÓN Y CARGA AXIAL Y CORTANTE, DE MUROS DE CONCRETO REFORZADO

Este método se obtuvo de una serie de ensayos de muros de concreto del trabajo resumido en 3.2 y de la elaboración de diagramas de interacción de muros obtenidas a partir de las hipótesis que se indican en el capítulo 2; a continuación en este capítulo se hace mención de los resultados obtenidos.

4.1. Características de los materiales y muros que se emplearon.

Características de los materiales

Las características del concreto y del acero utilizado son las que a continuación se presentan. Para determinar el comportamiento en compresión del concreto se supone que la curva esfuerzo-deformación unitaria es una parábola representada con la siguiente ecuación:

$$f_c = f'_c \left\{ \frac{2\varepsilon}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^2 \right\}$$

donde:

- f_c esfuerzo del concreto para una determinada deformación unitaria
- f'_c resistencia a compresión del concreto
- ε_0 deformación unitaria del concreto correspondiente a f'_c
- ε deformación unitaria del concreto para el esfuerzo f_c

La representación grafica de esta ecuación es la mostrada en la fig. 4.1.1

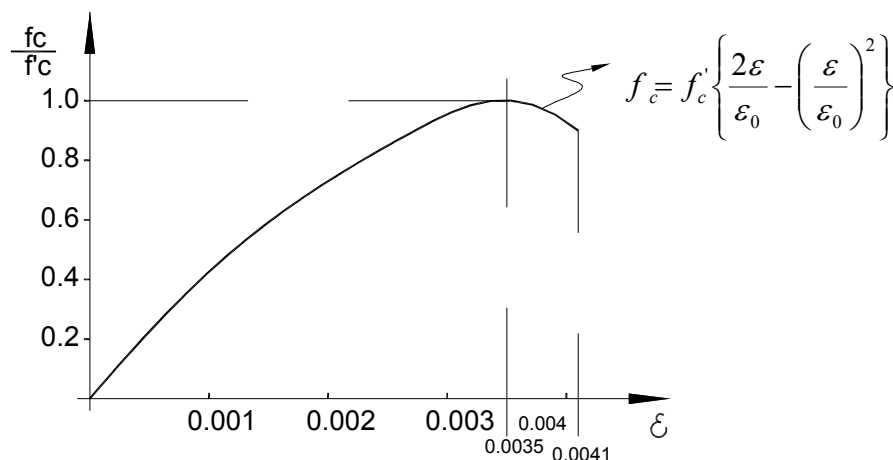


Figura 4.1.1 Curva esfuerzo deformación unitaria del concreto

Como se mencionó en las hipótesis del capítulo 3.1.1, prácticamente no habrá mucha diferencia entre la resistencia calculada al suponer variación parabólica en la zona de compresión del concreto, con la resistencia calculada con el rectángulo equivalente; sin embargo se trabajó con la primera debido a que los resultados de los análisis servirían para determinar la rigidez de elementos de concreto, que como también se dijo, ahí sí es muy importante la forma que se suponga a la curva.

El diagrama esfuerzo - deformación del acero de refuerzo ordinario puede idealizarse por medio de una recta que pasa por el origen, con pendiente igual a E_s , y una recta horizontal que para por la ordenada correspondiente al esfuerzo de fluencia del acero, f_y . Durante el desarrollo de los diagramas se supondrá que el módulo de elasticidad es igual a $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$. Para el cálculo de los esfuerzos en el acero, se considerará dos etapas:

$$f_s = \varepsilon_s E_s \quad \text{si} \quad \varepsilon_s < \varepsilon_y$$

$$f_s = f_y \quad \text{si} \quad \varepsilon_s \geq \varepsilon_y$$

donde:

f_s esfuerzo en el acero para una determinada deformación unitaria ε_s

f_y esfuerzo de fluencia del acero

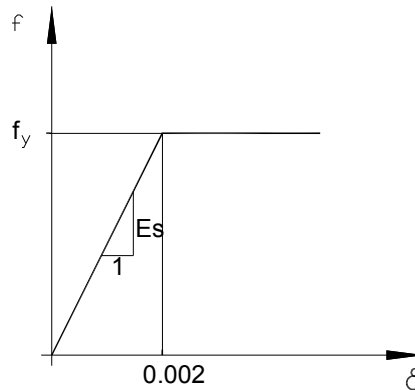


Figura 4.1.2 Curva esfuerzo deformación unitaria del acero

Las hipótesis empleadas no consideran los efectos de flujo plástico, velocidad de carga y pandeo pero que pueden tomarse en cuenta como a continuación se indica.

Los efectos de flujo plástico producidos por cargas de larga duración afectan la rigidez principalmente de los elementos estructurales y en menor grado su capacidad; esto puede tomarse en cuenta durante el cálculo de curvaturas al afectar las deformaciones unitarias debidas a flexocompresión por una función de flujo plástico. Una forma más sencilla es considerar los efectos de larga duración sólo sobre la rigidez obtenida para cargas de corta duración, afectando ésta por un término correctivo.

La velocidad de la aplicación de carga sobre el elemento es otro parámetro importante. Aún para análisis dinámicos, las características acción - respuesta de los elementos estructurales y de los materiales se han tomado de ensayos estáticos; para elementos de comportamiento dúctil, donde rige principalmente la flexión, parece ser significativa la influencia de la velocidad de aplicación de la carga, principalmente cuando esta es alternada; en el caso de comportamiento frágil, como muros de concreto o mampostería, en la que rige la falla por cortante, se ha observado que se obtienen resultados del lado de la seguridad (los efectos son mas

desfavorables para el muro) cuando se realizan ensayos a bajas velocidades de aplicación de carga, principalmente cuando ésta es cíclica.

En lo referente al problema de pandeo de los muros de concreto, solo en casos excepcionales puede ocurrir este. Por carga axial difícilmente ocurrirá la inestabilidad debido principalmente a la poca carga axial, que en comparación a su resistencia, soporta un muro. También puede ocurrir pandeo por flexión o por cortante: ocurriría el primero solo en el caso de un muro aislado muy esbelto, pero como los sistemas de piso funcionan como atiesadores, es difícil que ocurra; el pandeo del muro por cortante solo se presentaría en muros muy chaparros y largos ante altas fuerzas cortantes. Por lo anterior, se supondrá que no existen problemas de inestabilidad y solo se tomará en cuenta el efecto favorable de la carga axial para aumentar la capacidad a flexión y a fuerza cortante, hasta cierto límite.

Es decir, que se consideró para el desarrollo de los diagramas que se aplicarán a los muros cargas de corta duración y que no se presentará el pandeo, local o general, del elemento de concreto.

4.2. Elaboración de los diagramas de interacción.

Los diagramas de interacción en flexocompresión uniaxial se desarrollaron en la referencia 7.3.1 con base en el diseño de resistencia última del concreto. La ventaja principal de este criterio de diseño es que permite predecir la resistencia de un miembro a la falla, y usar un factor de incertidumbre apropiado para obtener una probabilidad suficientemente baja de que esta falla ocurra. Para el cálculo de los diagramas de interacción son necesarias las variables mostradas en las figuras 4.2.1 y 4.2.2

Características de los muros

Las características geométricas de las diferentes secciones que se consideraron para el análisis, y las propiedades de los materiales que los componen son las siguientes:

a) Sección rectangular

L peralte total de la sección

b ancho del alma de la sección

d peralte efectivo

d/L

q_e índice de refuerzo en los extremos, $q_e = \frac{A_{se} f_y}{A_m f_c'}$

q_l índice de refuerzo vertical en el alma del muro, $q_l = \frac{A_{sl} f_y}{A_m f_c'}$

f_c' resistencia a compresión del concreto

f_y resistencia de fluencia del acero

E_s módulo de elasticidad del acero

A_{se} área de acero total en ambos extremos del muro

A_{sa} área de acero que hay en el alma del muro

A_m área del muro (que puede incluir el área efectiva en los extremos);

$$A_m = b * L \text{ para el grupo 1}$$

b) Sección confinada por columnas o muros transversales

B ancho del patin de la sección $\leq 2b$

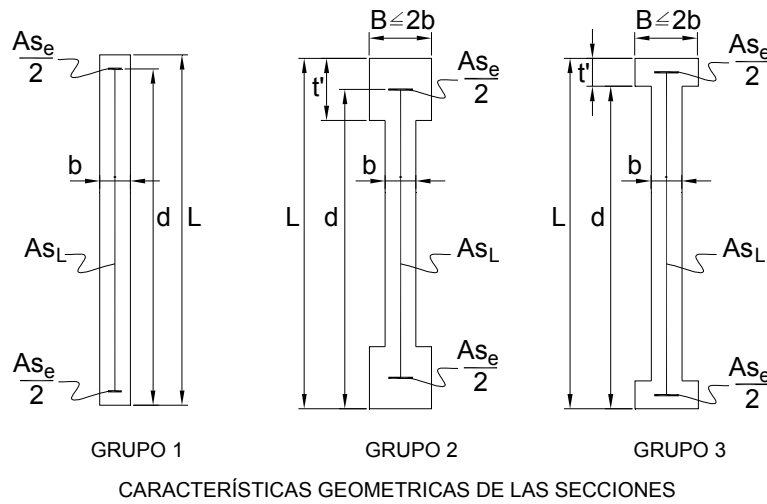
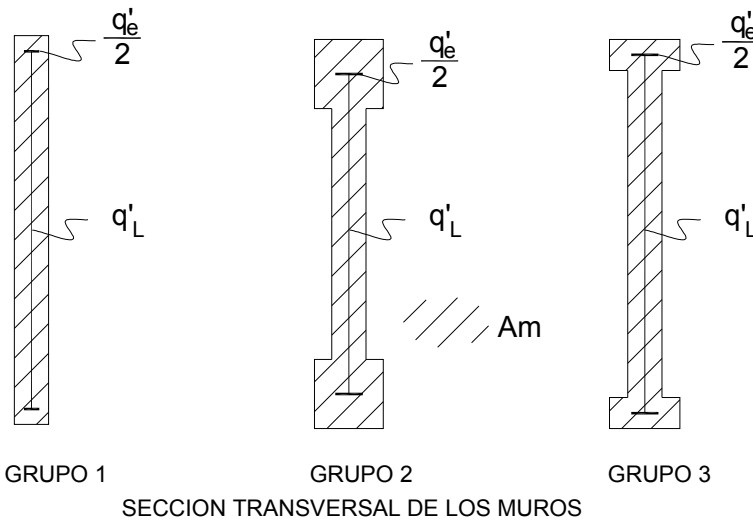


Figura 4.2.1 Características esquemáticas de los muros

Para efectos del cálculo, el acero se discretizó como a continuación se explica:

- El total del acero en los extremos está distribuido en igual cantidad en las dos caras opuestas; esto es, se discretizó como una área concentrada igual a $A_{se}/2$ en cada extremo, el centroide de dichas áreas se considera colocado a una distancia L' del paño del muro.
- El acero longitudinal, supuestamente repartido de manera uniforme a lo largo de la sección se discretizó en diez áreas de acero iguales $A_{sl}/10$ dentro de la sección rectangular y la sección confinada por columnas.

De ensayos de muros de concreto ante cargas laterales, la referencia 8.3.2 indica que se ha visto que la zona de los patines que contribuye a la resistencia tiene una longitud del doble del ancho del alma $B_{max} = 2b$ y así se tomó en ese estudio de referencia.

A pesar de que para el desarrollo de los diagramas de interacción se suponen valores discretos de las distintas variables, los resultados del análisis se presentaron en forma adimensional, para que fuera de aplicación general.

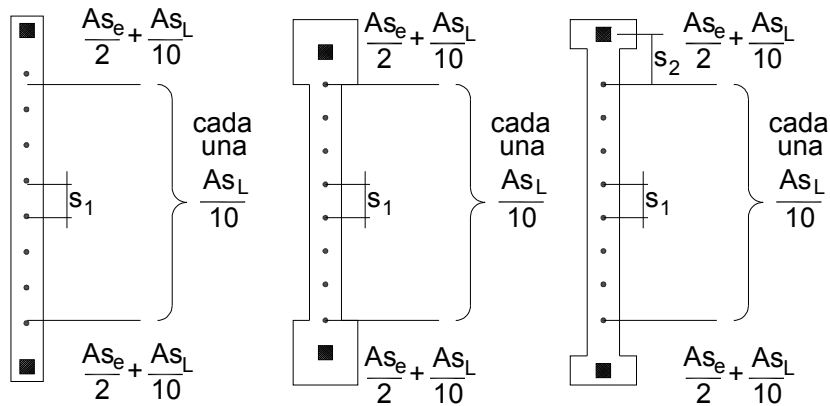


Figura 4.2.2 Discretización del refuerzo

Las variables generales del problema son:

d/L	peralte efectivo a peralte total
q_e	índice de refuerzo en los extremos del muro
q_l	índice de refuerzo en el alma del muro
P	carga axial
M	momento flexionante
e/L	excentricidad a peralte total

Los diagramas de interacción se construyeron para distintas combinaciones de valores q_e y q_l ; para ello, se emplearon las ecuaciones de equilibrio:

$$F_i - P = 0$$

$$M_i - P_e = 0$$

La solución directa de este sistema de ecuaciones para un caso general resulta complicada ya que se trata de ecuaciones no lineales. En el trabajo del cual estoy haciendo referencia se resolvieron las ecuaciones en

forma iterativa, fijando el valor de la deformación superior del concreto $\varepsilon_c = 0.0041$ y variando la profundidad del eje neutro. Una vez fijada la deformación y establecida la profundidad del eje neutro, se define la distribución de deformaciones unitarias a todo lo largo de la sección. A partir de las deformaciones unitarias se integran los esfuerzos y se determinan las resultantes parciales de fuerzas y momentos que serían:

- a) resultante del concreto: Se obtiene a partir de la integración de la parábola de esfuerzos del concreto.
- b) resultante en el acero superior: se distinguen dos casos, acero fluyendo a compresión, o con esfuerzo menor que el de fluencia.
- c) Resultante en el acero inferior: se distinguen dos casos, acero fluyendo a tensión y acero con esfuerzo menor al de fluencia.
- d) Resultante del acero longitudinal: Puesto que este acero está discretizado a todo lo largo de la sección, los esfuerzos generados en cada concentración dependen de la deformación unitaria en cada concentración de acero.

Para el cálculo del momento flexionante se tomó como brazo de palanca la distancia, del centroide del área del acero, o del concreto en compresión, respecto al centroide de la sección transversal de concreto.

Las resultantes totales (momentos y fuerza axial) se calcularon sumando las contribuciones parciales del acero y del concreto.

Calculados la fuerza axial y el momento flexionante se procedía a determinar la excentricidad (e/L) como el cociente del momento flexionante y la fuerza axial; esta excentricidad se comparaba con la prefijada, si resultaban diferentes se realizaba otra iteración modificando la profundidad del eje neutro sobre la sección; si eran iguales la excentricidad calculada y la prefijada, se pasaba a calcular otro punto del diagrama de interacción para otro valor de la excentricidad (e/L). Lo anterior se realizó para las distintas combinaciones de acero longitudinal (q_l) y de los extremos (q_e).

Finalmente, los resultados se presentan en forma adimensional al dividir las excentricidades entre el peralte total de la sección (e/L); las fuerzas entre el área del alma del muro y la resistencia del concreto ($\frac{P}{bLf_c}$); y

los momentos flexionantes se dividieron entre bLf_c' . Los diagramas de interacción pueden encontrarse en la referencia 8.3.3.

Como en la práctica es difícil conseguir muchas veces la información de investigaciones, se consideró conveniente mostrar estos resultados en una forma más simple, por lo que realizando algunas simplificaciones a continuación se presenta el procedimiento aproximado para calcular la resistencia a flexión y carga axial de muros de concreto reforzado.

4.3. Resistencia en flexión pura.

Flexión pura en muros de sección rectangular.

Para determinar una expresión que permitiera calcular en forma aproximada la capacidad a flexión pura se procedió en la forma siguiente: sobre un sistema de ejes ortogonales se graficó, para cada valor de q_e y para un valor constante de la relación d/t , sobre el eje horizontal el valor de q_l y sobre el eje vertical el de $\frac{M}{bL^2 f_c'}$, correspondientes al caso cuando la relación e/L del diagrama de interacción tendía al infinito (flexión pura); efectuando esto para todos los valores de q_e y q_l se tienen los puntos que se presentan en la figura 4.3.1.

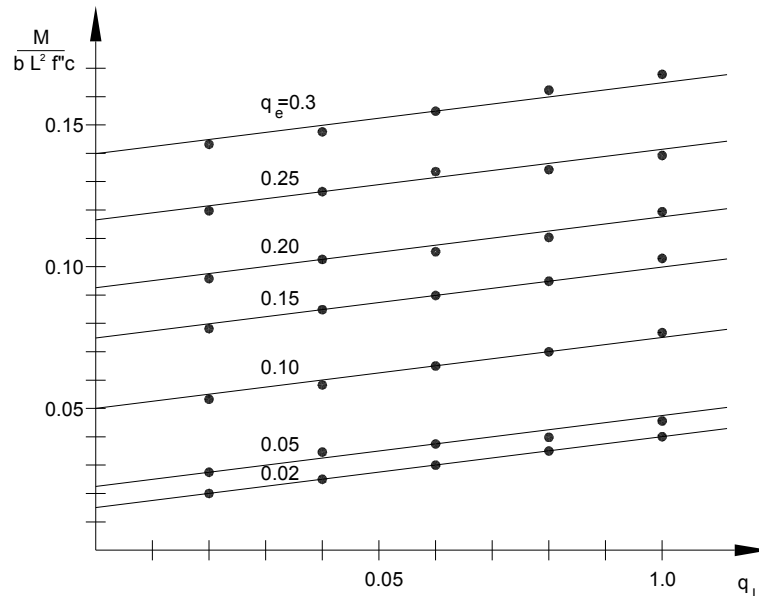


Figura 4.3.1 Variación del momento en flexión pura con la cuantía de refuerzo

Los puntos correspondientes a un mismo valor de q_e se alinean aproximadamente sobre una línea recta, lo mismo sucede al graficar nuevamente para otros valores de d/L ; por lo que la ecuación resultante para calcular en forma aproximada el momento en flexión pura de un muro de concreto de sección rectangular resulta:

$$M_{uo}^* = (q_e + q_l) \left(\frac{d}{L} - \frac{1}{2} \right) bL^2 f_c' \quad \text{ó}$$

$$M_{uo}^* = (A_{se} + A_{sl}) \left(\frac{d}{L} - \frac{1}{2} \right) f_y L \quad (1)$$

Para el caso de ampliaciones en los extremos del muro se tiene

$$M_{uo}^* = \left(A_{se} + \frac{Ae}{bL} A_{sl} \right) \left(\frac{d}{L} - \frac{1}{2} \right) f_y L$$

donde

Ae es el área efectiva del muro

Si el concreto puede resistir las fuerzas cortantes, entonces el refuerzo del alma (A_{sl}) puede usarse para resistir tensión, de no ser así es mejor usar A_{sl} para resistir cortante y en ese caso para estas ecuaciones $A_{sl}=0$.

4.4. Resistencia a flexocompresión para valores bajos de la carga axial ($P/P_u \leq 0.15$)

Como se mencionó con anterioridad, comúnmente los muros de concreto sostienen niveles muy bajos de carga axial y por lo general predominan los efectos de flexión o cortante.

Para determinar una expresión aproximada para calcular la capacidad a flexocompresión de muros de concreto reforzado, primero se aproximó el comportamiento observado en el diagrama de interacción en la zona de tensión; para bajos niveles de carga axial de compresión, como una línea recta, ver figura 4.4.1, que pasa por los puntos $(0, -(q_e+q_i))$, o de resistencia a tensión axial; y por el de flexión pura $(M_{uo}, 0)$.

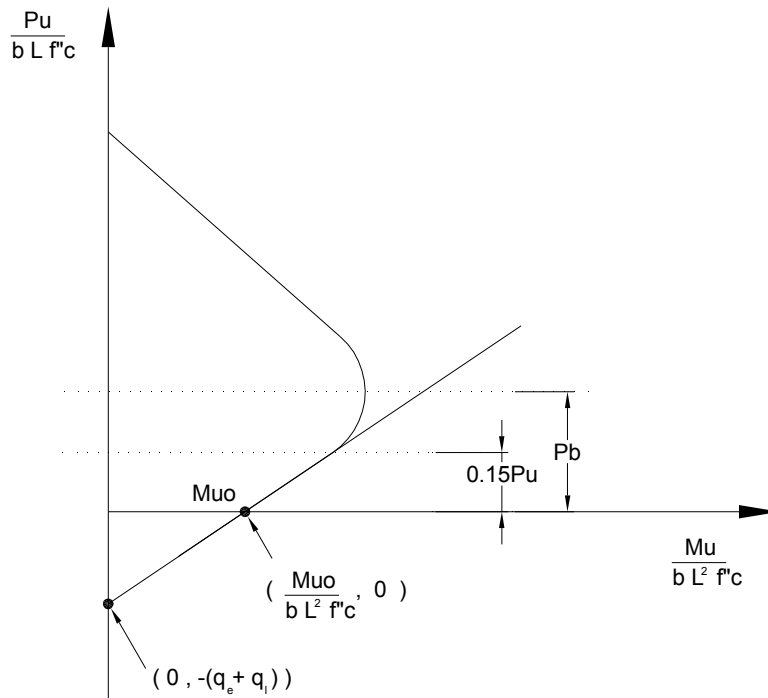


Figura 4.4.1 Flexo compresión para niveles bajos de carga axial.

La ecuación resultante es:

$$\frac{P_u}{bL f_c''} = (q_e + q_l) \left(\frac{M_u}{M_{uo}} - 1 \right) \quad (2a)$$

Donde P_u y M_u son la carga axial y momento flexionante resistente del muro para una zona del diagrama de iteración comprendida entre la resistencia a tensión y una carga axial de compresión menor del 15% de la última. Despejando el momento resistente M_u se tiene:

$$M_u = M_{uo} \left(\frac{P_u}{bL f_c''} \frac{1}{q_e + q_l} + 1 \right) \quad (2b)$$

Para la aplicación de esta fórmula P_u es positivo cuando es una carga de compresión; la validez y exactitud de estas expresiones se comprobará en el siguiente capítulo.

4.5. Resistencia a cortante.

Las expresiones que a continuación se proponen fueron basadas en el comportamiento de modelos de muros de concreto ensayados en el Instituto de Ingeniería, referencia 8.3.3. Las principales variables que se estudiaron fueron:

- a) Relación de aspecto del muro; M/VL (relación del momento flexionante respecto a la fuerza cortante y la longitud del muro).
- b) Resistencia del concreto y del acero de refuerzo
- c) Carga axial
- d) Columnas o muros transversales confinantes
- e) Alternación de cargas laterales

Con base en los resultados obtenidos de los ensayos en modelos se obtuvieron formulaciones que permitieron predecir:

- a) La capacidad máxima de un muro de concreto reforzado
- b) La capacidad sostenida
- c) El lugar geométrico de los puntos de capacidad máxima, o sostenida, para diversos valores de la distorsión (envolventes de esfuerzos máximos y sostenidos)
- d) Los ciclos histeréticos de comportamiento

Predicción de la resistencia.

Las expresiones básicas se obtuvieron principalmente de ensayos de modelos para muros reforzados con iguales cantidades de refuerzo horizontal y vertical en el alma; se desarrollaron tomando como base el criterio usual de sumar la contribución del concreto y del acero de refuerzo.

$$v_u = v_c + v_s$$

donde:

- v_u esfuerzo cortante resistente del muro
- v_c contribución del concreto a la resistencia
- v_s contribución del acero a la resistencia

Contribución del concreto (v_c).

De diversos estudios experimentales se ha observado que la principal variable que determina la resistencia de muros de concreto con falla por cortante es su relación de aspecto M/VL .

En la figura 4.5.1 se muestra la variación de la contribución del concreto a la resistencia (para distintas relaciones de aspecto) de los muros incluidas en dichas referencias, que poseían cantidades de refuerzo no muy altas y carga axial nula.

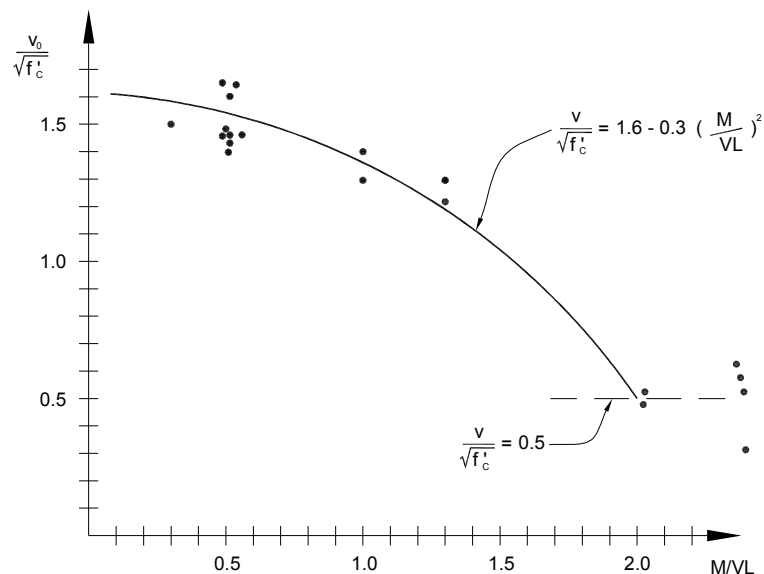


Figura 4.5.1 Variación de la resistencia de muros de concreto con la relación de aspecto del muro

En esta figura se representa sobre el eje horizontal la relación de aspecto y sobre el vertical la diferencia de la capacidad máxima observada y la contribución del acero dividida entre la raíz cuadrada de la resistencia

del concreto; esto es $\frac{v_u - v_s}{\sqrt{f_c}}$. Ajustando por mínimos cuadrados una expresión para $M/VL < 2$, se llegó a que la resistencia básica del concreto a cortante cuando no actúa carga axial sobre el muro, esta dada por:

$$v_0 = \left(1.6 - 0.3 \left(\frac{M}{VL} \right)^2 \right) \sqrt{f_c'} \geq 0.5 \sqrt{f_c'}$$

donde:

v_0 resistencia del concreto a cortante para cierta relación de aspecto M/VL , en kg/cm^2

M momento flexionante en la sección crítica considerada, en kg-cm

V fuerza cortante en la sección crítica, en kg

L longitud del muro, en cm

f_c' resistencia a compresión del concreto, en kg/cm^2

El límite inferior para v_0 , $0.5\sqrt{f_c'}$, es para ser congruentes con la resistencia a cortante de vigas de concreto.

La contribución de la carga vertical se puede estimar en igual forma que para muros de mampostería. La ecuación se obtiene de igualar el esfuerzo de ruptura en tensión diagonal para las condiciones con y sin carga axial, resultando:

$$v_c = v_0 \sqrt{1 + \frac{\sigma}{v_0}}; \quad \frac{\sigma}{v_0} \leq 5$$

donde:

v_c esfuerzo cortante resistente del concreto bajo carga axial, en kg/cm^2

σ esfuerzo axial actuante, en kg/cm^2

v_0 resistencia básica a cortante del concreto, en kg/cm^2

El límite de la relación $\frac{\sigma}{v_0} \leq 5$ se fijó tomando en cuenta lo observado en mampostería, donde

experimentalmente se ha visto que la capacidad a cortante ya no aumenta, inclusive comienza a decrecer al incrementar la carga axial. Es de suponerse que en el concreto sucederá lo mismo; aun cuando dicho límite puede ser mayor, se conservó el valor de cinco porque no existe información al respecto y porque los niveles de carga axial en muros rara vez sobrepasan ese valor.

Contribución del acero de refuerzo (v_s).

Generalmente se expresa en la literatura como:

$$v_s = p f_y$$

donde:

$p = \frac{a_s}{sb}$	cuantía de refuerzo, horizontal o vertical, en el alma del muro
f_y	esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo, en kg/cm ²
a_s	área del refuerzo del muro, en cm ²
s	separación, vertical u horizontal, del refuerzo, en cm
b	espesor del muro, en cm

Para el cálculo de la contribución del acero debe considerarse qué proporción del refuerzo vertical y horizontal se tomará en cuenta. Con base en los resultados obtenidos de los ensayos, se propone la siguiente forma para de calcular dicha contribución si las cuantías de refuerzo en las dos direcciones ortogonales no son muy diferentes.

En este método, la contribución del acero se calculara con las expresiones:

$$\left. \begin{aligned}
 v_s &= p_v f_{yv} & \text{si } \frac{M}{VL} < 0.25 \\
 v_s &= p_h f_{yh} \left(\frac{M}{VL} - \frac{1}{4} \right) + p_v f_{yv} \left(\frac{5}{4} - \frac{M}{VL} \right) & \text{si } 0.25 \leq \frac{M}{VL} \leq 1.25 \\
 v_s &= p_h f_{yh} & \text{si } \frac{M}{VL} > 1.25
 \end{aligned} \right\} (3)$$

Donde los subíndices h y v se refieren al refuerzo horizontal y vertical, respectivamente.

Debe también quedar claro que es necesaria la presencia del refuerzo en ambas direcciones en el alma del muro para que puedan aplicarse las expresiones anteriores. También se considera conveniente la presencia de una cuantía mínima de refuerzo para evitar problemas de agrietamiento por contracción, a falta de mejor información se aconseja colocar el porcentaje mínimo de refuerzo recomendado de 0.0025 en cada dirección.

4.6. Elementos de confinamiento del muro.

Al aplicar las fórmulas anteriores a muros confinados por columnas o muros transversales se observó que el esfuerzo calculado resultaba inferior al obtenido en el ensayo, si este se calculaba únicamente considerando el área del muro. Esto confirmó la idea que los apéndices ayudan en alguna forma a resistir la fuerza cortante. Para determinar el ancho efectivo con el cual contribuyen los elementos de confinamiento, se procedió en la siguiente forma: para alguna de los muros incluidos en la literatura se calculó la contribución del acero y del concreto con las fórmulas propuestas y se sustrajeron estas contribuciones del esfuerzo último del muro; la diferencia de ambas cantidades era la contribución de los elementos de confinamientos. De esta manera y de forma muy consistente, se determinó que el área de los elementos de confinamiento, columnas o muros transversales, que contribuye a resistir la fuerza cortante es la limitada por un ancho total igual a $2b$, siendo b el espesor del muro, ver figuras 4.2.1.

Cabe señalar que los esfuerzos calculados con las fórmulas se compararon con esfuerzo promedio calculados al dividir la fuerza cortante entre el área efectiva de los muros, es decir, se consideró que los esfuerzos cortantes se distribuyen aproximadamente de manera uniforme en el muro. Lo anterior es justificable si se acepta que el concreto no es un material de comportamiento lineal y que la distribución de las deformaciones unitarias sobre la sección transversal de elementos peraltados ante niveles altos de fuerzas cortantes es no lineal. La primera suposición está fuera de toda discusión, y lo referente a la distribución lineal de las deformaciones unitarias, se ha demostrado experimentalmente que para el caso de los muros de concreto se cumple aproximadamente este aspecto pero que aumenta la no linealidad con el nivel de fuerza cortante.

4.7. Efecto de la alternación de cargas en la resistencia a cortante.

Barda et al, y Siga (Ref) mencionan que la resistencia de un muro ante alternaciones de carga es aproximadamente 90% de la obtenida de un ensayo bajo carga monotónica; se trató de confirmar lo anterior al aplicar las expresiones (deducidas para muros bajo alternaciones de carga) en muros bajo cargas monotónicas. Se observó que hay disparidad en los resultados. Estadísticamente se ve que es significativa la diferencia de valores medidos a calculados; además, al comparar parejas de muros, ensayados uno bajo carga monotónica y el otro ante alternaciones de carga, se observa que la resistencia bajo carga alternada es aproximadamente 15% menor que bajo carga monotónica. Esto sirve para cuando se comparen los resultados de experimentos bajo carga monotónica con el método propuesto.

En cuanto a la historia de carga, se observó que aparentemente no existe mucha diferencia en la resistencia, por lo que casi se puede asegurar que la resistencia del muro es independiente de la historia de carga, pero sí importa si la carga es monotónica o alternada, como ya se explicó en el párrafo anterior.

4.8. Ecuaciones de diseño.

Como se mencionó, los métodos propuestos para calcular la resistencia de muros de concreto a flexión, flexocompresión y cortante, proporcionan muy buena aproximación; sin embargo, se predice un valor medio de la resistencia, pero hay que tomar en cuenta que debido a la variabilidad de los parámetros que intervienen en las expresiones para el cálculo, tales como: M , V , L , f'_c , p , f_y , etc., es necesario considerar esta variabilidad y hacer que la confiabilidad de los métodos propuestos sean similares a los que presentan otros elementos de concreto en los reglamentos mexicanos

En las NTC para el D.F. se pide que se cumpla con la siguiente condición:

$$F_c \sum S_d \leq F_R R_d$$

donde

F_c	factor de carga
S_d	efecto de las cargas, con su valor nominal
F_R	factor de reducción de resistencia
R_d	resistencia nominal de diseño

En el Reglamento se especifican los diversos valores nominales que deben tener las cargas muertas, vivas y accidentales que deberán ser tomadas para el diseño, tal que tengan una probabilidad del 2 por ciento de ser excedidas. Los factores de carga consideran la importancia de la estructura y varía de acuerdo a la combinación de diversas acciones; para el análisis de cargas verticales $F_c=1.4$, y para cargas verticales mas accidentales , $F_c=1.1$. En algunas ocasiones estos factores se incrementan por diversas consideraciones.

En el caso de la resistencia nominal, los reglamentos especifican los procedimientos a seguir para obtenerla según sea el tipo de material, y se pide que para casos no cubiertos la resistencia de diseño (su valor nominal multiplicado por su factor de reducción F_R), se determine por metodos analíticos o experimentales. En la referencia 8.1.3 se hace el desarrollo teórico de la capacidad nominal a cortante con aproximación de primer orden basándose en la referencia 8.1.16, donde se establecen los criterios de diseño estructural del Reglamento para construcciones del D.F., obteniéndose las siguientes expresiones.

4.8.1 Resistencia nominal a cortante

$$v_u^* = 0.85(v_c + v_s)$$

4.8.2 Resistencia nominal de diseño a corte

$$v_u = F_R v_u^* \quad \text{donde} \quad F_R = 0.80$$

4.8.3 Resistencia nominal a flexión

$$M_{uo}' = 0.9M_{uo}^*$$

4.8.4 Resistencia nominal de diseño a flexión pura es

$$M_{uo} = F_R M_{uo}' \quad \text{donde} \quad F_R = 0.90$$

4.8.5 Resistencia nominal a flexo compresión es

4.8.6 Resistencia nominal de diseño a flexo compresión es

En el capítulo que sigue se aplicaran las ecuaciones 1, 2 y 3 indicadas en este capítulo sin factores de resistencia ya que se trabaja directamente con datos de laboratorio. En la práctica profesional habrá que aplicar las ecuaciones de acuerdo a lo indicado en 4.8.1 a 4.8.6