

EJEMPLO DEL DISEÑO POR DESPLAZAMIENTO

INTRODUCCIÓN

Este ejemplo de diseño con base en desplazamientos sigue los pasos del borrador distribuido por Richard Klingner el 28 de febrero 2007, basándose en material distribuido por Steve Dill en la reunión del 17 de enero 2007 del Subcomité BSSC TS-5 (Mampostería). Su valor del corte de diseño a lo largo de esta línea de resistencia fue 30 kips, lo cual sería consistente con un corte basal elástico de 135 kips usando su valor UBC de R de 4.5. Su valor para desplazamiento elástico (consistente con el corte de diseño de 30 kips) fue 0.076 pulg. Tal valor se conserva en este ejemplo.

El muro por diseñarse se muestra en la Figura 1. Las dimensiones son en pies. El corte basal elástico a lo largo de esta línea de resistencia se tomo como 150 kips. Este valor se calcula en retro usando el valor de Steve de corte basal de 30 kips y el valor del ASCE7-05 (Supplement) de R igual a 5.0. El desplazamiento elástico correspondiente a este corte basal de diseño es 0.076 pulg. Carga muerta tributaria se debe solamente a peso propio. La Carga viva tributaria es cero.

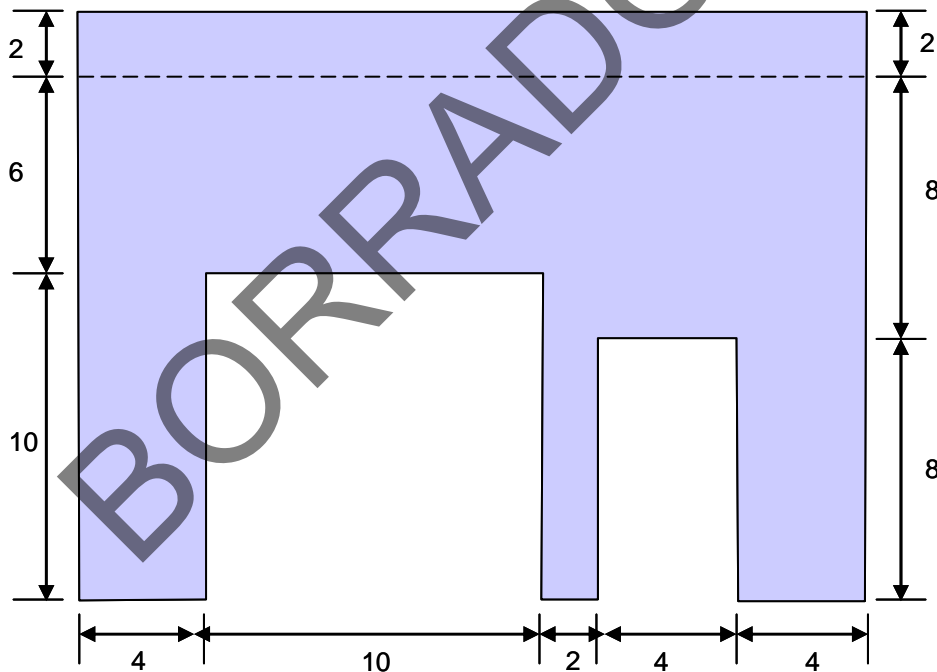


Figura 1 Ejemplo de diseño

PASOS DEL DISEÑO POR DESPLAZAMIENTO

- 1) Asignar a la estructura un valor de R entre 2 y 5, con base en la CDS como lo haya dictado el ASCE7-05 (Supplement). Usando una configuración preliminar de muros y segmentos de muros, calcular el corte basal de diseño, incluyendo efectos de la redundancia y la

discontinuidad. Calcular el corte basal de diseño a lo largo de cada línea de resistencia. Usando momentos de inercia de secciones agrietadas transformadas igual a la mitad del momento de inercia de las secciones gruesas, calcular una deflexión inicial elástica δ_e (designación del 1997 UBC Δ_S) y una deflexión total de diseño δ (designación del 1997 UBC Δ_M), igual a $C_d \delta_e$ para un factor de importancia I igual a la unidad. Estos cálculos proveen todo parámetro de entrada necesario para llevar a cabo un diseño preliminar a lo largo de la línea de resistencia.

Suponer un "muro especial reforzado de mampostería," con un valor de R de 5.0. Usando el valor de corte basal elástico calculado en retro de 150 kips, el corte de diseño es $135 \text{ kips} / 5 = 30 \text{ kips}$. El desplazamiento elástico es 0.076 in., y el desplazamiento total es $C_d \delta_e$, o $3.5 \delta_e$, o 0.27 pulg.

- 2) Hacer un diseño inicial de los segmentos de muro en aquella línea de resistencia por cargas fuera de plano y por el refuerzo mínimo por receta asociado al tipo designado de muro que se requiera.

El diseño inicial resulta en el refuerzo que se muestra en la Figura 2.

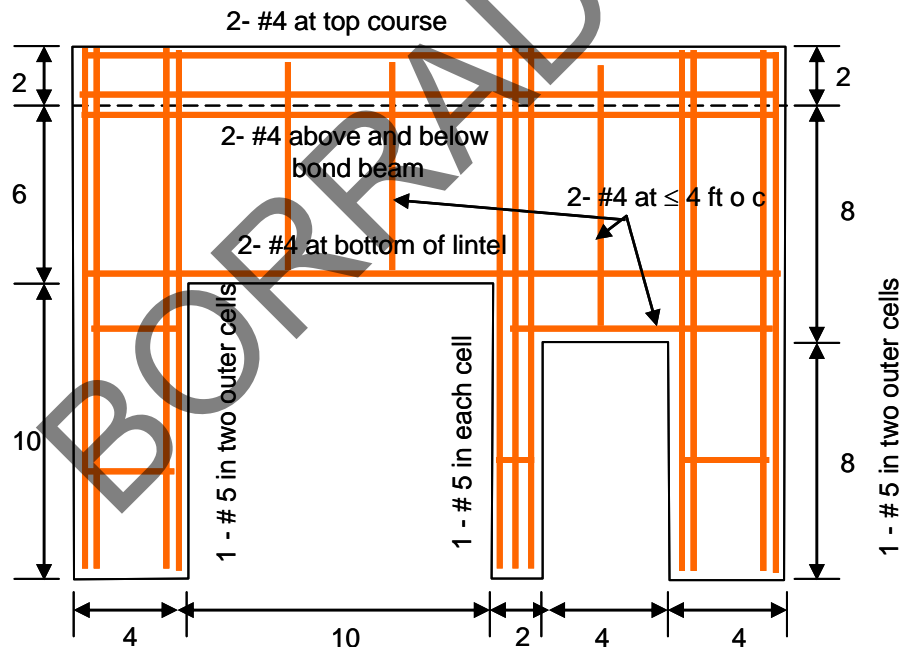


Figura 2 Diseño preliminar de refuerzo para cargas fuera de plano y requisitos de receta

- 3) Proponer un mecanismo inelástico de resistencia. El propósito de este paso es simplemente llegar en una distribución inicial interna de resistencia correspondiente a un mecanismo inelástico, en lugar de una solución elástica. Los segmentos individuales pueden suponerse o limitados por flexión o por corte, dependiendo de su geometría.

- a) Revisar si cada segmento de muro se limita por flexión o por corte, revisando la razón de capacidad cortante dividida por demanda cortante. La capacidad cortante se toma como la V_m de la 2005 MSJC Code, con base en la fuerza axial de carga muerta tributaria de diseño, sin consideración de las fuerzas axiales asociadas a momentos de acople. La demanda cortante se calcula por la estática, con base en las capacidades nominales de momento en rótulas flectoras. Las capacidades nominales flectoras se toman como las M_n de la 2005 MSJC Code, con base en cargas axiales de la carga tributaria de diseño de la carga muerta más el 50% de la carga viva. Los segmentos de muro con una razón de capacidad cortante entre demanda cortante en exceso de 1.20 se consideran como limitados por flexión; los con una razón menor que 0.90 se consideran como limitados por corte; y los con razones entre el 0.90 y el 1.20 se consideran como limitados tanto por flexión como por corte.

Revisarlo para cada segmento verticalmente orientado del muro.

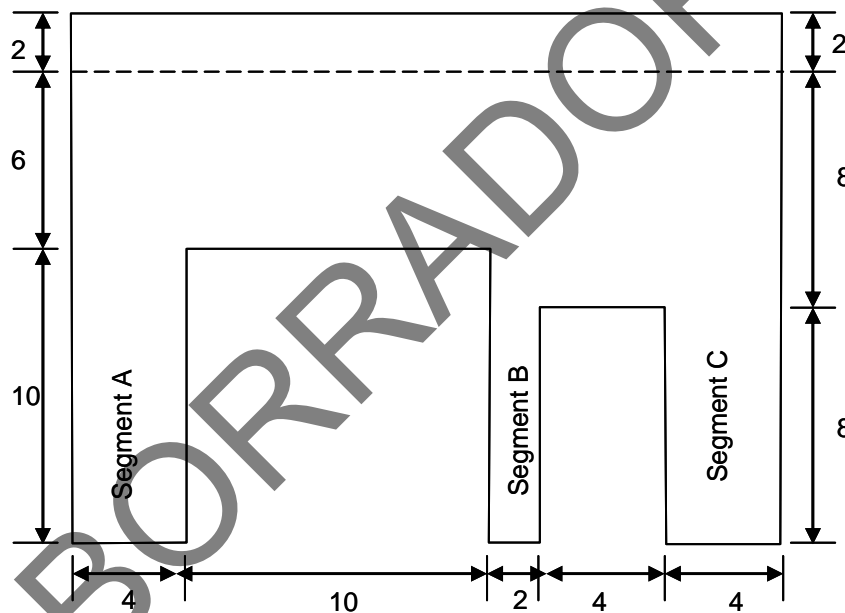


Figura 3 Segmentos del muro

Segmento A

$$\text{Peso propio} = \left[(4 \times 18 \text{ ft}^2) + \left(8 \times \frac{10}{2} \right) \text{ ft}^2 \right] (80 \text{ lb / ft}^2) = 8.96 \text{ kips}$$

En esta fuerza axial, usando el diagrama de interacción nominal momento - fuerza axial para un muro de largo en planta de 4 pies (Figura 4), capacidad nominal en flexión es 135 kips-pies.

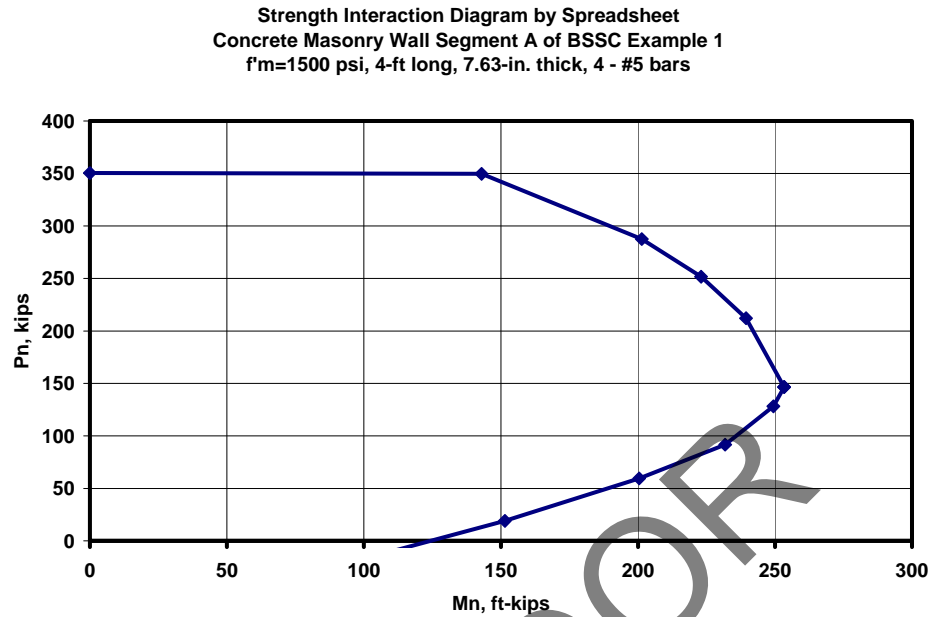


Figura 4 Diagrama de interacción nominal para un muro de 4 pies

Tomando en cuenta los momentos en los extremos superiores e inferiores de este segmento con altura de 10 pies, la demanda correspondiente de corte es

$$V_{\text{demanda}} = \frac{2 M_n}{h_{\text{segmento}}} = \frac{2 \times 135 \text{ kip} \cdot \text{ft}}{10 \text{ ft}} = 27.0 \text{ kips}$$

En esta fuerza axial, capacidad nominal cortante es

$$V_m = \left[4.0 - 1.75 \left(\frac{M_u}{V_u d_v} \right) \right] A_n \sqrt{f'_m} + 0.25P$$

$$V_m = [2.25] \times (44 \times 7.63 \text{ in.}^2) \sqrt{1500 \text{ psi}} + 0.25 \times 8.96 \times 1000 \text{ lb}$$

$$V_m = 29,255 \text{ lb} + 2,240 \text{ lb} = 31.5 \text{ kips}$$

La razón de capacidad nominal cortante a demanda cortante para el Segmento A es, por consiguiente,

$$\frac{\text{Capacidad no min al cor tante}}{\text{Demanda no min al cor tante}} = \frac{31.5 \text{ kips}}{27.0 \text{ kips}} = 1.17$$

Por cuanto esta razón queda entre 0.9 y 1.2, el comportamiento del Segmento A podría gobernarse o por corte o por flexión..

Segmento B

$$\text{Peso propio} = \left[\left(2 \times 18 \text{ ft}^2 \right) + \left(8 \times \frac{10}{2} \right) \text{ ft}^2 + \left(10 \times \frac{4}{2} \right) \text{ ft}^2 \right] (80 \text{ lb / ft}^2) = 7.68 \text{ kips}$$

En esta fuerza axial, usando el diagrama nominal de interacción momento - fuerza axial para un muro de 2 pies de largo (Figura 5), capacidad nominal en flexión es 48 kips-pies.

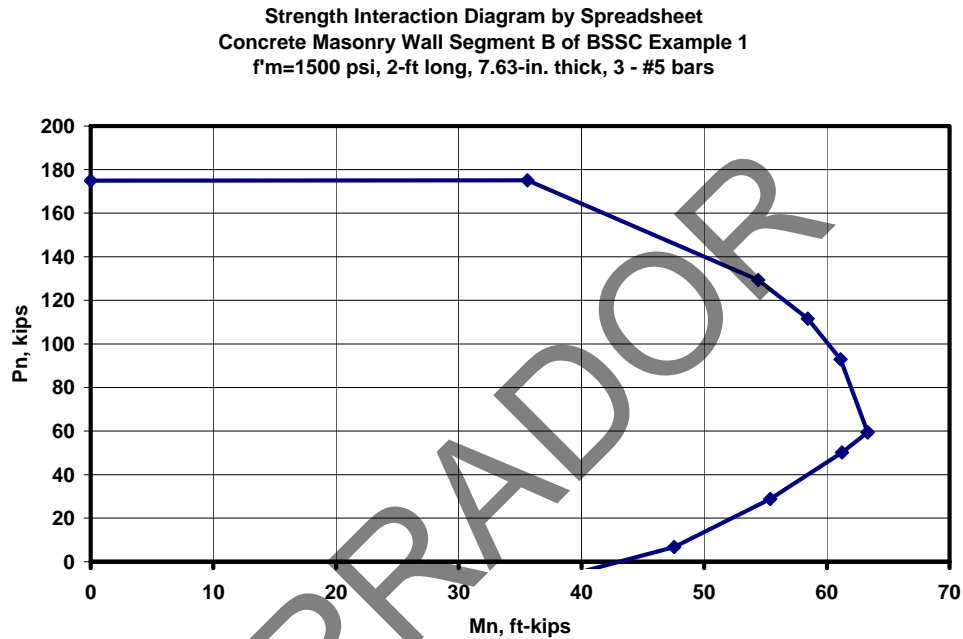


Figura 5 Diagrama nominal de interacción para un muro de 2 pies de largo

Con momentos en los extremos superiores e inferiores de este segmento de 8 pies de altura, la demanda nominal correspondiente de corte es:

$$V_{\text{demanda}} = \frac{2 M_n}{h_{\text{segmento}}} = \frac{2 \times 48 \text{ kip} - \text{ft}}{8 \text{ ft}} = 12.0 \text{ kips}$$

En esta fuerza axial, capacidad nominal cortante es

$$V_m = \left[4.0 - 1.75 \left(\frac{M_u}{V_u d_v} \right) \right] A_n \sqrt{f'_m} + 0.25P$$

$$V_m = [2.25] \times (20 \times 7.63 \text{ in.}^2) \sqrt{1500 \text{ psi}} + 0.25 \times 7.68 \times 1000 \text{ lb}$$

$$V_m = 13,298 \text{ lb} + 1,920 \text{ lb} = 14.8 \text{ kips}$$

La razón de capacidad nominal cortante a demanda nominal cortante para el Segmento B es, por consiguiente

$$\frac{\text{Capacidad no min al cor tan te}}{\text{Demanda no min al cor tan te}} = \frac{14.8 \text{ kips}}{12.0 \text{ kips}} = 1.23$$

Por cuanto esta razón supera al 1.2, el comportamiento del Segmento B se gobierna por flexión.

Segmento C

$$\text{Peso propio} = \left[(4 \times 18 \text{ ft}^2) + \left(10 \times \frac{4}{2} \right) \text{ ft}^2 \right] (80 \text{ lb / ft}^2) = 7.36 \text{ kips}$$

En esta fuerza axial, usando el diagrama nominal de interacción momento - fuerza axial para un muro con largo de 4 pies (Figura 4), capacidad nominal en flexión es 130 kips-pies. Con los momentos en los extremos superiores e inferiores de este segmento con altura de 10 pies, la demanda nominal correspondiente cortante es

$$V_{\text{demanda}} = \frac{2 M_n}{h_{\text{segmento}}} = \frac{2 \times 130 \text{ kip} - \text{ft}}{10 \text{ ft}} = 26.0 \text{ kips}$$

En esta fuerza axial, capacidad nominal cortante es

$$V_m = \left[4.0 - 1.75 \left(\frac{M_u}{V_u d_v} \right) \right] A_n \sqrt{f'_m} + 0.25P$$

$$V_m = [2.25] \times (44 \times 7.63 \text{ in.}^2) \sqrt{1500 \text{ psi}} + 0.25 \times 7.36 \times 1000 \text{ lb}$$

$$V_m = 29,255 \text{ lb} + 1,840 \text{ lb} = 31.1 \text{ kips}$$

La razón de capacidad nominal cortante a demanda nominal cortante para Segmento C es, por consiguiente,

$$\frac{\text{Capacidad no min al cor tan te}}{\text{Demanda no min al cor tan te}} = \frac{31.1 \text{ kips}}{26.0 \text{ kips}} = 1.20$$

Por cuanto esta razón queda entre 0.9 y 1.2, el comportamiento del Segmento C podría gobernarse o por corte o por flexión.

- b) Suponer que los segmentos de muro limitados por flexión tienen una resistencia cortante inelástica en el plano igual a la sumatoria de sus momentos en los dos extremos, dividida por la altura o largo del segmento, según apropiado para la orientación del segmento. Basar aquellas capacidades flectoras en cargas axiales de la carga tributaria de diseño de la carga muerta más el 50% de la carga viva, sin consideración por las fuerzas axiales asociadas a momentos de acople.

- c) Suponer que los segmentos de muro limitados por corte tienen una resistencia cortante inelástica en el plano igual a la V_m de la 2005 MSJC Code. Basar aquellas capacidades cortantes en cargas axiales de la carga tributaria de diseño de la carga muerta más el 50% de la carga viva, sin consideración por las fuerzas axiales asociadas a momentos de acople.
- d) Calcular la resistencia basal correspondiente, usando la resistencia flectora o cortante según sea apropiada para cada segmento. Esta resistencia inicial calculada se denomina como la “resistencia de movilización completa.”

Calcular la resistencia de movilización completa por trabajo virtual. Por cuanto todos los segmentos o se gobiernan por flexión o están entre la flexión y el corte, el mecanismo se muestra en la Figura 6 como un mecanismo por flexión. Si algunos segmentos se gobernarán por corte, la contribución de trabajo virtual interno para aquellos segmentos se mostrarían como corte.

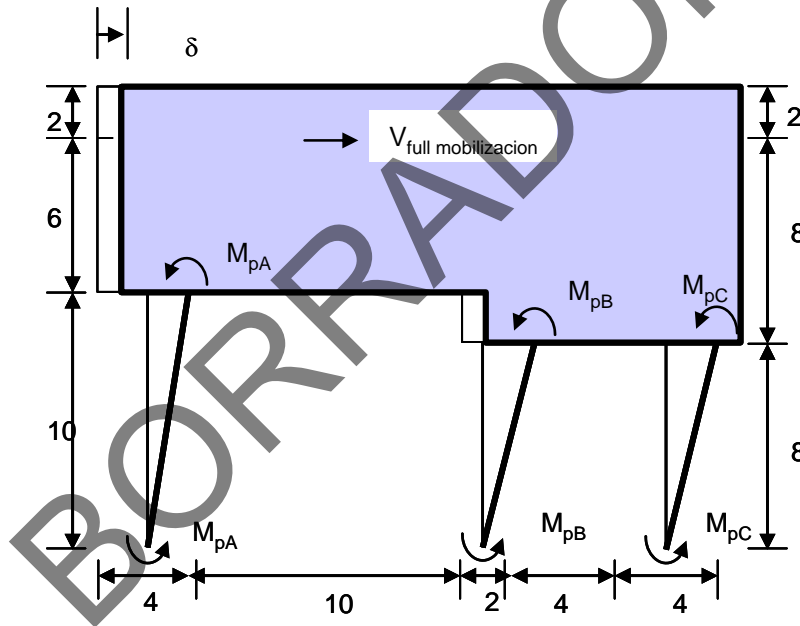


Figura 6 Mecanismo para el cálculo del corte de movilización completa

Usando este mecanismo, la resistencia de movilización completa se calcula como:

$$\delta W_{\text{externo}} = \delta W_{\text{interno}}$$

$$V_{\text{movilizacion completa}} \delta = 2M_{pA} \delta\theta_A + 2M_{pB} \delta\theta_B + 2M_{pC} \delta\theta_C$$

$$V_{\text{movilizacion completa}} \delta = 2M_{pA} \left(\frac{\delta}{10} \right) + 2M_{pB} \left(\frac{\delta}{8} \right) + 2M_{pC} \left(\frac{\delta}{8} \right)$$

$$V_{\text{movilizacion completa}} \delta = 2 \times 135 \text{ kip} - ft \left(\frac{\delta}{10 \text{ ft}} \right) + 2 \times 48 \text{ kip} - ft \left(\frac{\delta}{8 \text{ ft}} \right) + 2 \times 130 \text{ kip} - ft \left(\frac{\delta}{8 \text{ ft}} \right)$$

$$V_{\text{movilizacion completa}} = 2 \times 135 \text{ kip} - ft \left(\frac{1}{10 \text{ ft}} \right) + 2 \times 48 \text{ kip} - ft \left(\frac{1}{8 \text{ ft}} \right) + 2 \times 130 \text{ kip} - ft \left(\frac{1}{8 \text{ ft}} \right)$$

$$V_{\text{movilizacion completa}} = 27.0 \text{ kips} + 12 \text{ kips} + 32.5 \text{ kips} = 71.5 \text{ kips}$$

- e) Si la resistencia inicial calculada es menor que el corte basal de diseño, regresar al Paso 1 con un mayor valor supuesto de R o un mayor largo total de segmentos de muro.
- f) Si la resistencia inicial calculada es mayor que el corte basal de diseño, escalar las demandas en los segmentos hacia el nivel de diseño. Esto en efecto da una distribución plástica de resistencia requerida.

La resistencia calculada inicial de 71.5 kips es mayor que el corte basal de diseño de 30 kips. Las demandas sobre los segmentos entonces pueden escalarse al nivel de diseño de 30 kips, multiplicándolas por (30/71.5).

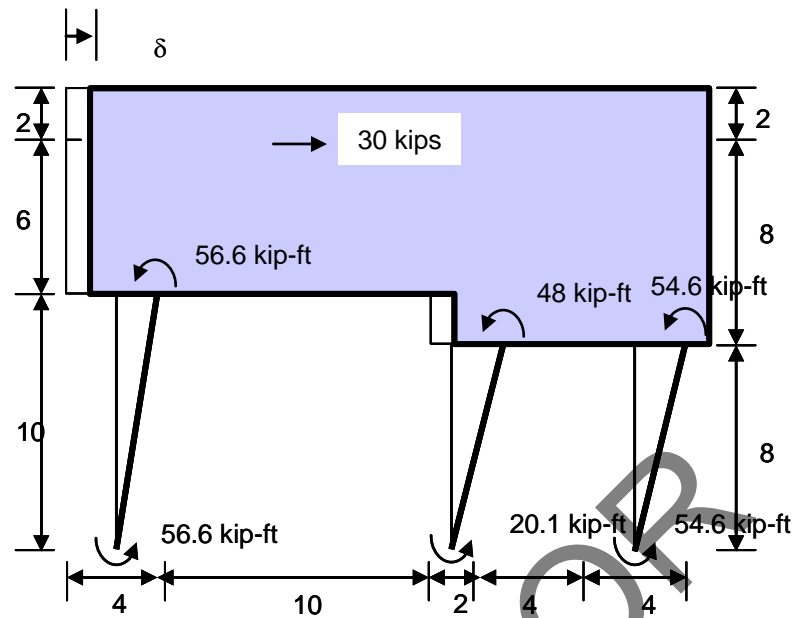


Figura 7 Demandas a los segmentos, escaladas al corte de diseño

Los Segmento A, B y C tienen demandas de momento de 56.6, 20.1 y 54.6 kips-pies respectivamente, demandas cortantes de 11.3 kips, 5.0 kips y 13.7 kips respectivamente, y fuerzas axiales de carga muerta tributaria solamente de 8.96 kips, 7.68 kips, y 7.36 kips respectivamente. A aquellas fuerzas axiales, tienen que sumarse las fuerzas axiales de volcamiento sísmico. Para calcular aquellas fuerzas axiales, sumar momentos sobre el centro de la planta, y suponer fuerzas axiales en los dos segmentos extremos solamente.

$$\sum M = 0$$

$$30 \text{ kips} \times 16 \text{ ft} - 56.6 \text{ kip} - \text{ft} - 20.1 \text{ kip} - \text{ft} - 54.6 \text{ kip} - \text{ft} - 2P \times 10 \text{ ft} = 0$$

$$P = 17.4 \text{ kips}$$

Las fuerzas finales de diseño se muestran individualmente en la Figura 8.

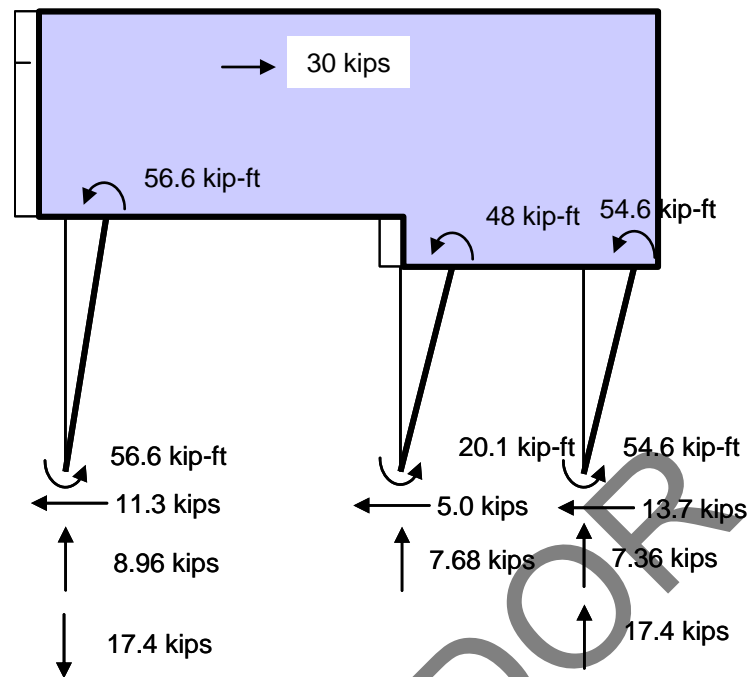


Figura 8 Fuerzas finales de diseño

- 4) Usando aquella distribución plástica de resistencia requerida, llevar a cabo un diseño completo por resistencia de cada segmento de la supuesta configuración por toda requerida combinación de carga (D , L , E), incluyendo factores de mayoración de carga, factores de reducción de capacidad, y las fuerzas axiales asociadas a momentos de acople. Como un diseño parcial por capacidad, multiplicar la demanda cortante de carga solamente por 1.5. Por cuanto este diseño incluye los efectos de factores de mayoración de carga y reducción de capacidad, es conservador con respecto a capacidad.

De la Sección 2.3.2 del ASCE 7-05 (Supplement), las combinaciones de carga rigentes son la Combinación de Carga 5 y la Combinación de Carga 7.

Para la Combinación de Carga 5 ($1.2 D + 1.0 E$), $E = E_h + E_v$, donde $E_h = \rho Q_E$ y $E_v = 0.2 S_{DS} D$. En nuestro caso, suponer $\rho = 1.0$, $Q_E = V$ y $S_{DS} = 0.2$.

Para la Combinación de Carga 7 ($0.9 D + 1.0 E$), $E = E_h - E_v$, donde $E_h = \rho Q_E$ y $E_v = 0.2 S_{DS} D$. En nuestro caso, suponer $\rho = 1.0$, $Q_E = V$ y $S_{DS} = 0.2$.

Diseñar el Segmento A

Las acciones de diseño para el Segmento A se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Acciones de diseño para el Segmento A

	D	E _h	E _v	1.2D+(E _h +E _v)	0.9D+(E _h -E _v)	0.9D+(-E _h -E _v)
P, kips	8.96	17.44	1.792	29.98	14.08	-11.17
M, kip-ft	0	56.6	0	56.60	50.94	-56.60
V, kips	0	11.3	0	11.30	10.17	-11.30

La combinación crítica de carga para el Segmento A se muestra en fuente enfatizada. Del diagrama de interacción de diseño de la Figura 9, se ve que el refuerzo provisto es satisfactorio.

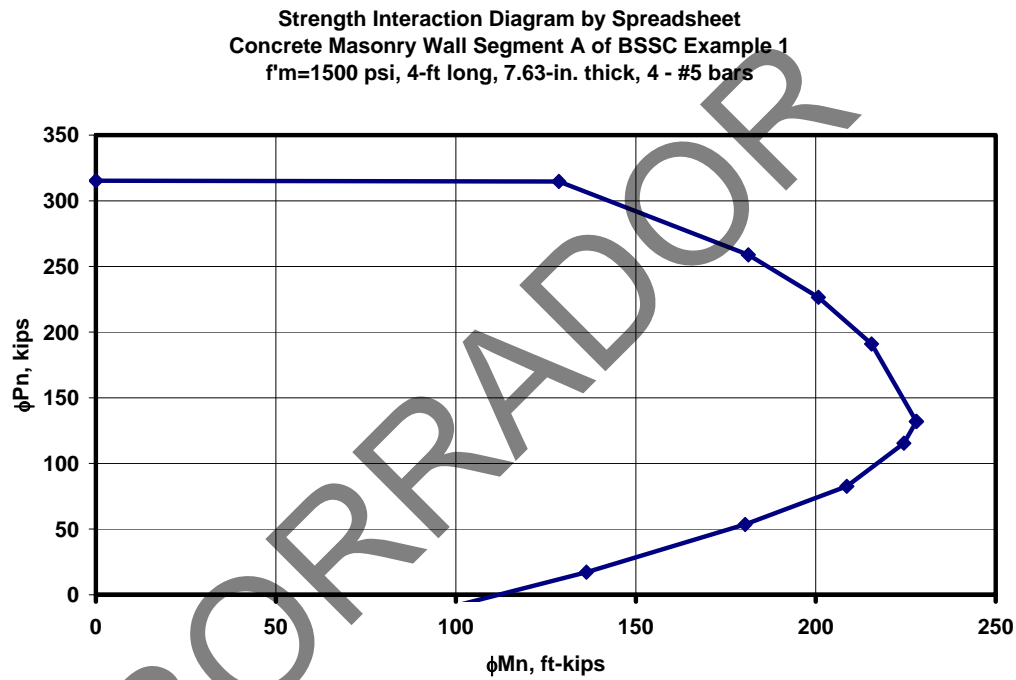


Figura 9 Diagrama de interacción de diseño para un muro de 4 pies

Ahora revisar la capacidad cortante:

$$V_m = \left[4.0 - 1.75 \left(\frac{M_u}{V_u d_v} \right) \right] A_n \sqrt{f'_m} + 0.25P$$

$$V_m = [2.25] \times (44 \times 7.63 \text{ in.}^2) \sqrt{1500 \text{ psi}} - 0.25 \times 11.2 \times 1000 \text{ lb}$$

$$V_m = 29,255 \text{ lb} - 2,830 \text{ lb} = 26.46 \text{ kips}$$

$$\phi V_m = 0.8 V_m = 21.1 \text{ kips} \geq V_u \times 1.5 = 11.30 \text{ kips} \times 1.5 = 17.0 \text{ kips}$$

El diseño es satisfactorio para corte.

Diseñar el Segmento B

Las acciones de diseño para el Segmento B se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Acciones de diseño para el Segmento B

	D	E _h	E _v	1.2D+(E _h +E _v)	0.9D+(E _h -E _v)	0.9D+(-E _h -E _v)
P, kips	7.68	0	0	9.22	0.00	6.91
M, kip-ft	0	20.1	0	20.10	18.09	-20.10
V, kips	0	5	0	5.00	4.50	-5.00

La combinación crítica de carga para el Segmento B se muestra en fuente enfatizada. Del diagrama de interacción de la Figura 10, se ve que el refuerzo provisto es satisfactorio.

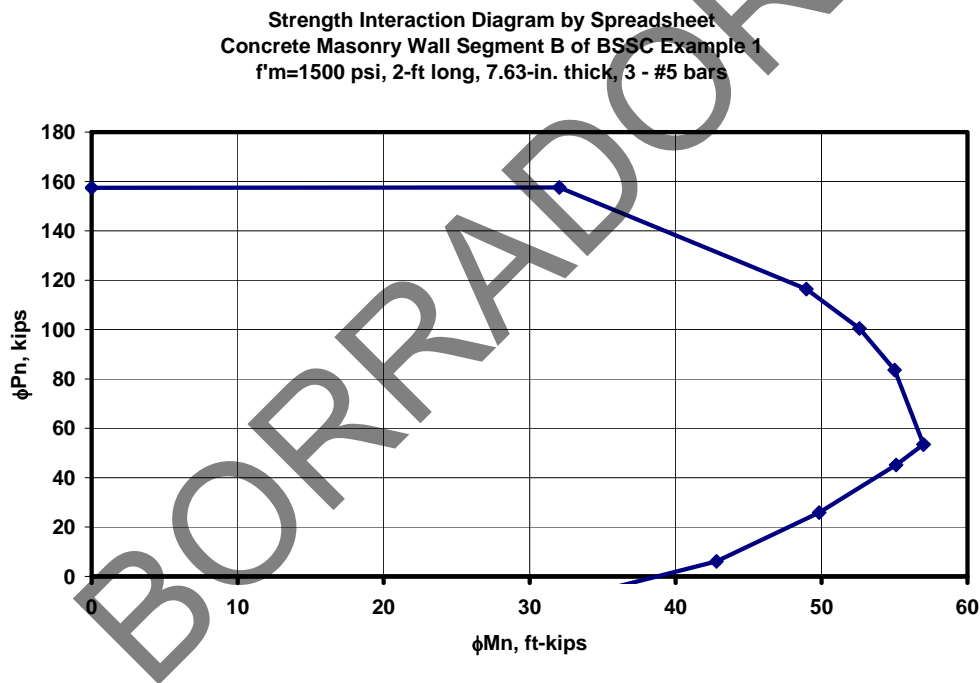


Figura 10 Diagrama de interacción de diseño para un muro de 2 pies

Ahora revisar la capacidad cortante:

$$V_m = \left[4.0 - 1.75 \left(\frac{M_u}{V_u d_v} \right) \right] A_n \sqrt{f'_m} + 0.25P$$

$$V_m = [2.25] \times (20 \times 7.63 \text{ in.}^2) \sqrt{1500 \text{ psi}} + 0.25 \times 0 \times 1000 \text{ lb}$$

$$V_m = 13,298 \text{ lb} + 0 \text{ lb} = 13.3 \text{ kips}$$

$$\phi V_m = 0.8 V_m = 10.6 \text{ kips} \geq V_u \times 1.5 = 5.0 \text{ kips} \times 1.5 = 7.5 \text{ kips}$$

El diseño es satisfactoria para corte.

Diseñar el Segmento C

Las acciones de diseño para el Segmento C se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Acciones para el Segmento C

	D	E_h	E_v	1.2D+(E_h+E_v)	0.9D+(E_h-E_v)	0.9D+(-E_h-E_v)
P, kips	7.36	17.44	0	26.27	15.70	-10.82
M, kip-ft	0	54.6	0	54.60	49.14	-54.60
V, kips	0	13.7	0	13.70	12.33	-13.70

La combinación crítica de carga para el Segmento C se muestra en fuente enfatizada. Del diagrama de interacción de diseño de la Figura 9, se ve que el refuerzo provisto es satisfactorio.

Ahora revisar la capacidad cortante:

$$V_m = \left[4.0 - 1.75 \left(\frac{M_u}{V_u d_v} \right) \right] A_n \sqrt{f'_m} + 0.25P$$

$$V_m = [2.25] \times (44 \times 7.63 \text{ in.}^2) \sqrt{1500 \text{ psi}} - 0.25 \times 10.8 \times 1000 \text{ lb}$$

$$V_m = 29,255 \text{ lb} - 2,700 \text{ lb} = 26.56 \text{ kips}$$

$$\phi V_m = 0.8 V_m = 21.2 \text{ kips} \geq V_u \times 1.5 = 13.7 \text{ kips} \times 1.5 = 20.6 \text{ kips}$$

El diseño es satisfactorio para corte.

- 5) Para cada segmento de muro que participe en el mecanismo inelástico, confirmar que el segmento tiene la capacidad de deformación para acomodar la demanda inelástica esperada.
 - a) Para segmentos limitados por flexión, confirmar que la capacidad inelástica de rotación en cada rótula plástica iguale o exceda la demanda inelástica de rotación en aquella rótula. La capacidad inelástica de rotación de cada rótula debe calcularse usando el gradiente de deformación unitaria (curvatura) correspondiente a la capacidad nominal flectora asociada a la carga axial de la carga muerta tributaria más el 50% de la carga muerta tributaria más la carga sísmica (en la “resistencia de movilización completa”). Para prevenir la rotura de refuerzo este gradiente de deformación unitaria debe limitarse a $(5\varepsilon_y / d)$. La capacidad inelástica de rotación de esta rótula es este gradiente definido de deformación unitaria, multiplicado por un largo supuesto de la rótula del 50% de la peralte del miembro. La demanda inelástica de rotación en cada rótula se define por la geometría del mecanismo inelástico en la deriva inelástica de diseño.

- b) Para los segmentos limitados por corte, calcular la deformación inelástica cortante asociada a la deflexión de diseño. Si aquella deformación inelástica cortante no excede el 0.0025, el refuerzo cortante tiene que satisfacer solamente los requisitos de resistencia del Paso 4 y los requisitos del Paso 2. Si aquella deformación inelástica cortante excede el 0.0025, agregar algún nivel más alto (hasta ahora no definido) de refuerzo cortante de receta. Si aquella deformación inelástica cortante excede el 0.005, agregar más segmentos de muro, o aumentar el peralte estructural de los segmentos existentes para reducir la deriva.

Revisar el Segmento A

El Segmento A podría limitarse o por flexión o por corte, así que revisar los dos:

Flexión: el máximo desplazamiento disponible es:

$$\theta_{\max} = \phi_{\max} \ell_{rotula} = \left(\frac{5 \varepsilon_y + \varepsilon_{\max}}{d} \right) \left(\frac{d}{2} \right) = \left(\frac{5 \varepsilon_y + \varepsilon_{\max}}{2} \right)$$

$$\theta_{\max} = \left(\frac{5 \times 0.00207 + 0.0025}{2} \right) = 0.0064 \text{ rad}$$

$$\Delta_{\max} = 2 \theta_{\max} \frac{\ell_{\text{segmento}}}{2} = 0.0064 \text{ rad} \times 10 \text{ ft} \times 12 \text{ in./ft} = 0.77 \text{ in.}$$

Corte: el máximo desplazamiento disponible es:

$$\gamma_{\max} = 0.0025$$

$$\Delta_{\max} = \gamma_{\max} \ell_{\text{segmento}} = 0.0025 \times 10 \text{ ft} \times 12 \text{ in./ft} = 0.30 \text{ in.}$$

La demanda inelástica de deformación en el Segmento A es:

$$\delta_{inelastica} = \delta_{total} \left(\frac{C_d - 1}{C_d} \right) = 0.27 \text{ in.} \left(\frac{3.5 - 1}{3.5} \right) = 0.19 \text{ in.}$$

Por cuanto la capacidad disponible de desplazamiento gobernada por flexión y por corte (refuerzo cortante normal) supera a este valor, la capacidad de desplazamiento del Segmento A es satisfactoria.

Revisar el Segmento B

El Segmento B se limita por flexión, y entonces solamente se necesita revisar la flexión.

Flexión: el máximo desplazamiento disponible es:

$$\theta_{\max} = \phi_{\max} \ell_{\text{rotula}} = \left(\frac{5 \varepsilon_y + \varepsilon_{\max}}{d} \right) \left(\frac{d}{2} \right) = \left(\frac{5 \varepsilon_y + \varepsilon_{\max}}{2} \right)$$

$$\theta_{\max} = \left(\frac{5 \times 0.00207 + 0.0025}{2} \right) = 0.0064 \text{ rad}$$

$$\Delta_{\max} = 2 \theta_{\max} \frac{\ell_{\text{segmento}}}{2} = 0.0064 \text{ rad} \times 8 \text{ ft} \times 12 \text{ in./ft} = 0.62 \text{ in.}$$

La demanda inelástica en el Segmento B es:

$$\delta_{\text{inelastica}} = \delta_{\text{total}} \left(\frac{C_d - 1}{C_d} \right) = 0.27 \text{ in.} \left(\frac{3.5 - 1}{3.5} \right) = 0.19 \text{ in.}$$

Por cuanto la capacidad disponible de desplazamiento gobernado por flexión supera a este valor, la capacidad de desplazamiento del Segmento B es satisfactoria.

Revisar el Segmento C

El Segmento C podría limitarse o por flexión o por corte, así que revisar los dos.

Flexión: el máximo desplazamiento disponible es:

$$\theta_{\max} = \phi_{\max} \ell_{\text{rotula}} = \left(\frac{5 \varepsilon_y + \varepsilon_{\max}}{d} \right) \left(\frac{d}{2} \right) = \left(\frac{5 \varepsilon_y + \varepsilon_{\max}}{2} \right)$$

$$\theta_{\max} = \left(\frac{5 \times 0.00207 + 0.0025}{2} \right) = 0.0064 \text{ rad}$$

$$\Delta_{\max} = 2 \theta_{\max} \frac{\ell_{\text{segmento}}}{2} = 0.0064 \text{ rad} \times 8 \text{ ft} \times 12 \text{ in./ft} = 0.62 \text{ in.}$$

Corte: el máximo desplazamiento disponible es:

$$\gamma_{\max} = 0.0025$$

$$\Delta_{\max} = \gamma_{\max} \ell_{\text{segmento}} = 0.0025 \times 8 \text{ ft} \times 12 \text{ in./ft} = 0.24 \text{ in.}$$

La demanda inelástica de deformación en el Segmento C es:

$$\delta_{\text{inelastic}} = \delta_{\text{total}} \left(\frac{C_d - 1}{C_d} \right) = 0.27 \text{ in.} \left(\frac{3.5 - 1}{3.5} \right) = 0.19 \text{ in.}$$

Por cuanto la capacidad disponible de desplazamiento gobernada por flexión y por corte (refuerzo cortante normal) supera a este valor, la capacidad de desplazamiento del Segmento C es satisfactoria.

- c) Diseñar cada segmento de muro, ya sea limitado por flexión o por corte, de acuerdo con los Pasos 4a y 4b.

Este diseño se ha completado ya, y es satisfactorio para todos los segmentos.

BORRADOR