



TRABAJO PREPARADO PARA LAS XV JORNADAS ESTRUCTURALES DE LA
INGENIERÍA DE COLOMBIA

Santafé de Bogotá, D.C., Septiembre 17,18 y 19 de 2003

Ing. Luis Gonzalo Mejía C.

de
Luis Gonzalo Mejía C. y Cía. Ltda.





INTRODUCCIÓN

- **¿Qué es un Elemento No Estructural (E.N.E.)?**
- **Consideración de los E.N.E. en la NSR-98**
- **¿Cuáles son los tipos de E.N.E.?**
- **¿Qué elementos deben ser diseñados sísmicamente?**





ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Separación de los Elementos de la Estructura



Disposición de Elementos que admitan las deformaciones de la estructura





GRADO DE DESEMPEÑO DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Tabla A.9-1
Grado de desempeño mínimo requerido

Grupo de Uso	Grado de Desempeño
IV	Superior
III	Bueno
II	Bueno
I	Bajo

Grupo IV: Edificaciones indispensables

Grupo III: Edificaciones de atención a la comunidad

Grupo II: Estructuras de ocupación especial

Grupo I: Estructuras de ocupación normal



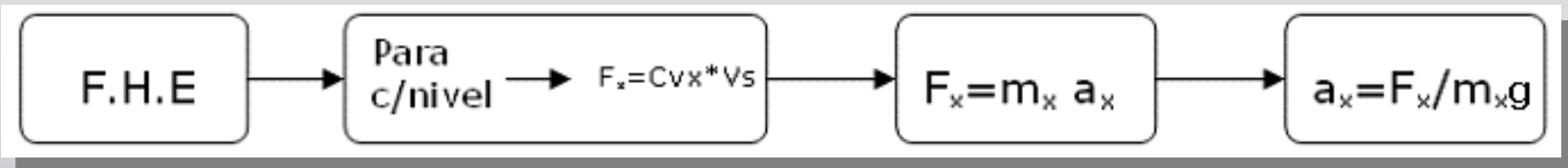
ANÁLISIS Y DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Fuerza Sísmica sobre el E.N.E.

$$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} g M_p \geq \frac{A_a I}{2} g M_p$$

Donde:

a_x : aceleración en el punto de soporte



a_p : factor de amplificación dinámica



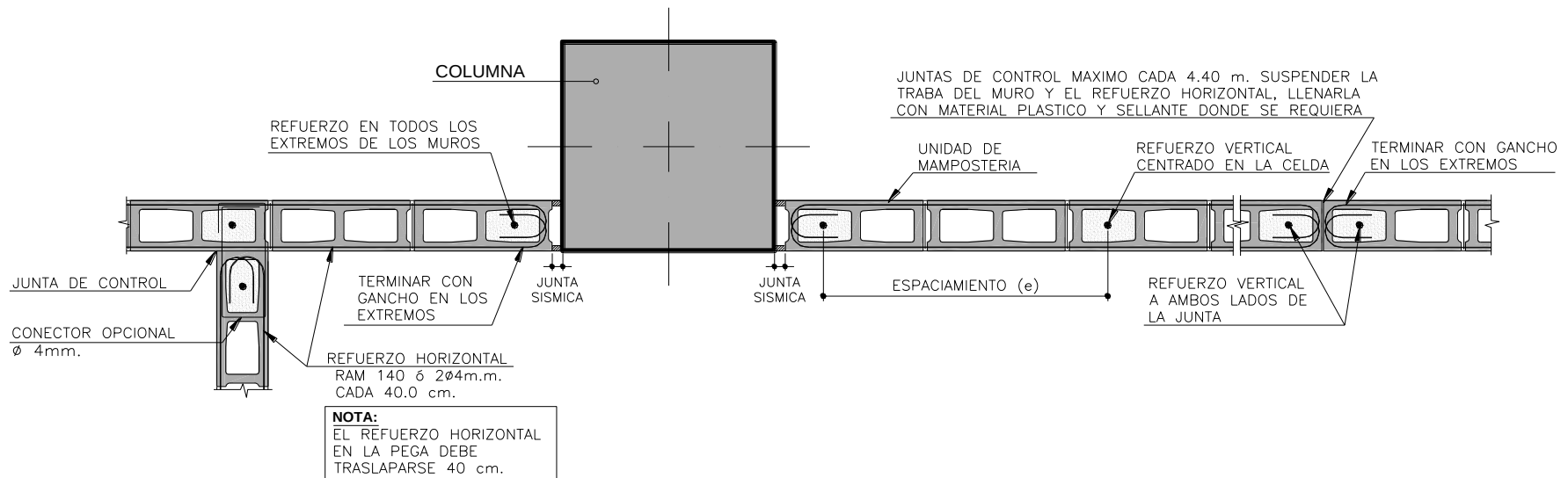
R_p : coeficiente de disipación de energía en el rango inelástico del E.N.E.



Ejemplo



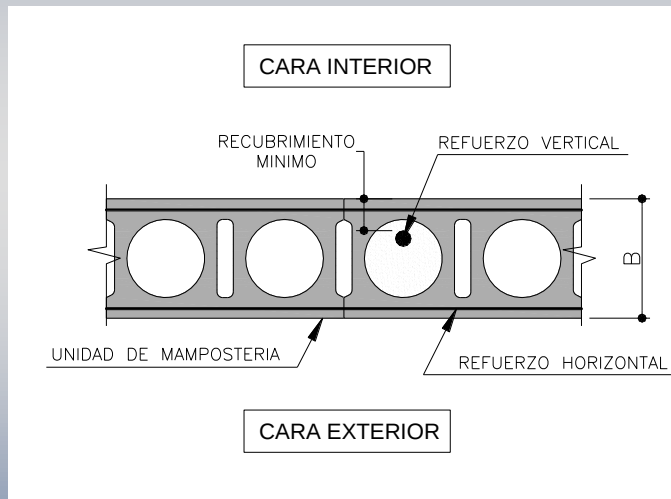
DETALLES DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



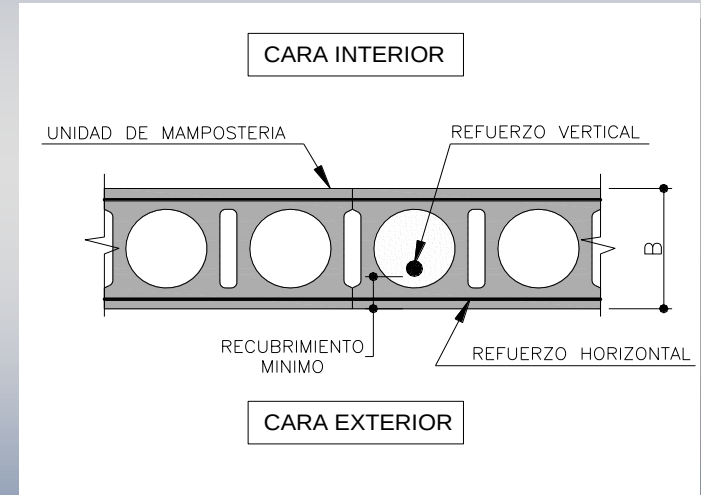
Detalle general de refuerzo para muros y juntas en la mampostería



DETALLES DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



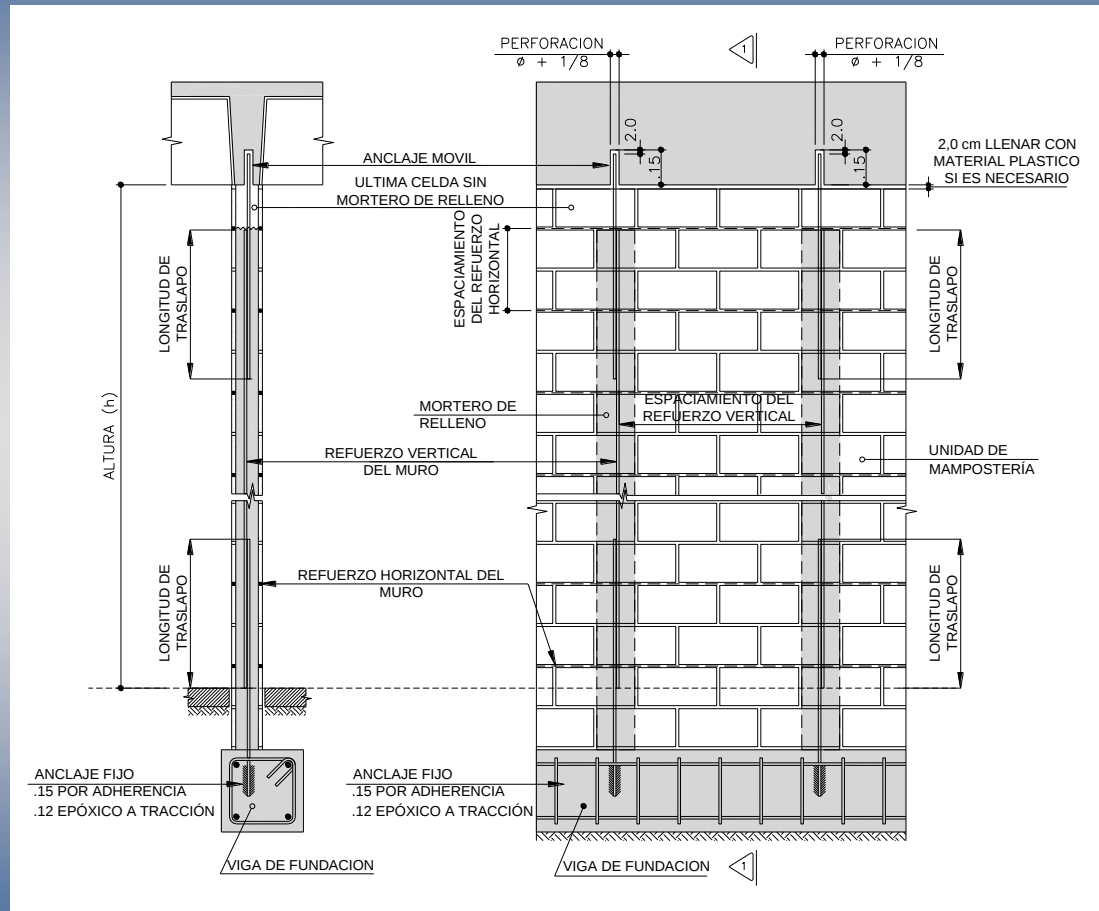
Muro Biapoyado



Muro en voladizo



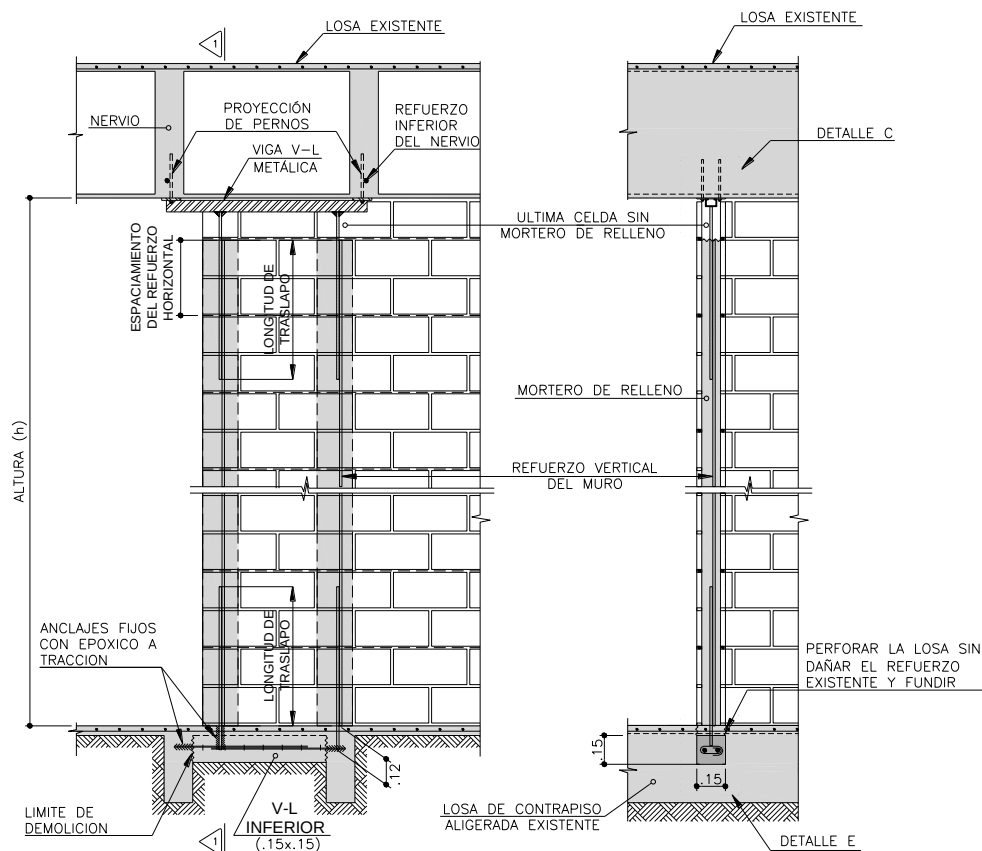
DETALLES DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



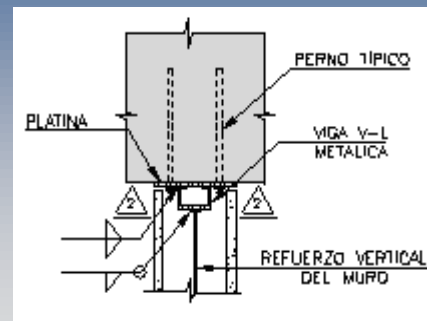
Elevación típica de muro biapoyado que nace de viga de fundación



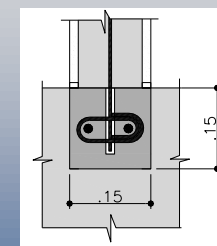
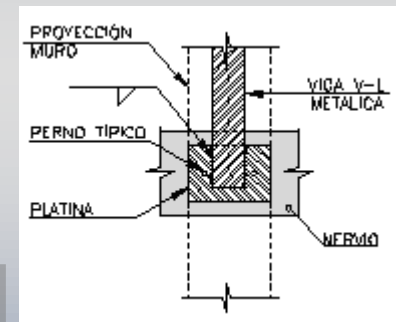
DETALLES DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



Elevación típica de muro biapoyado cuando no coincide con nervio.



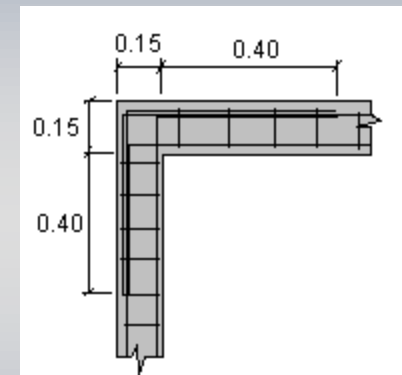
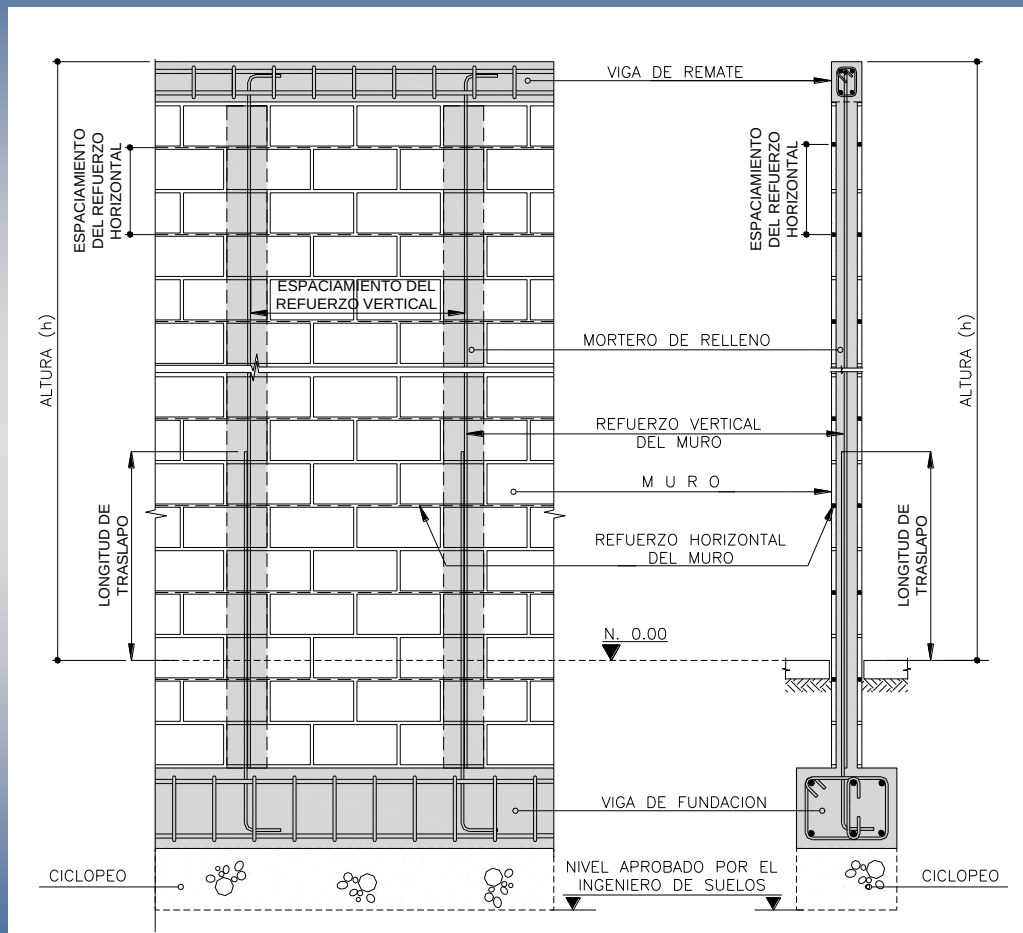
Detalle de vigueta V-L superior metálica



Detalle de vigueta V-L inferior.



DETALLES DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

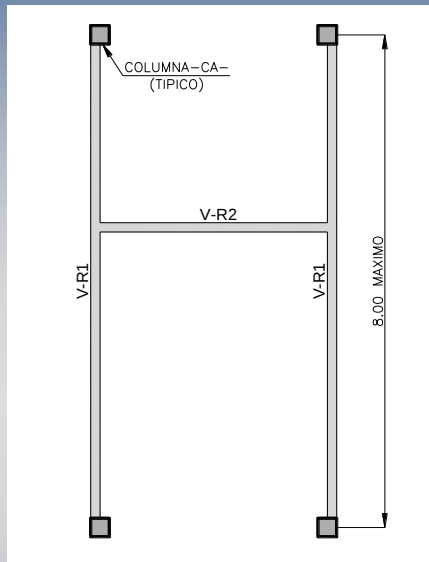


**Detalle del traslapo del
refuerzo en vigas de
remate en esquinas**

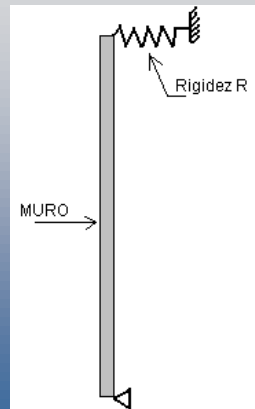
Elevación típica de muro en voladizo que nace de viga de fundación



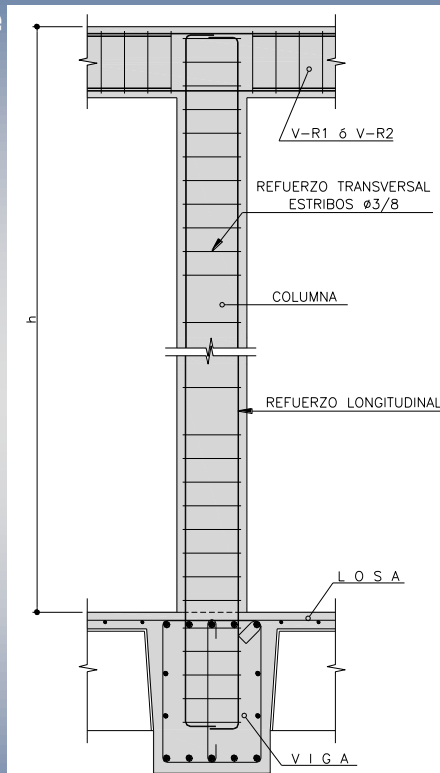
DETALLES DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



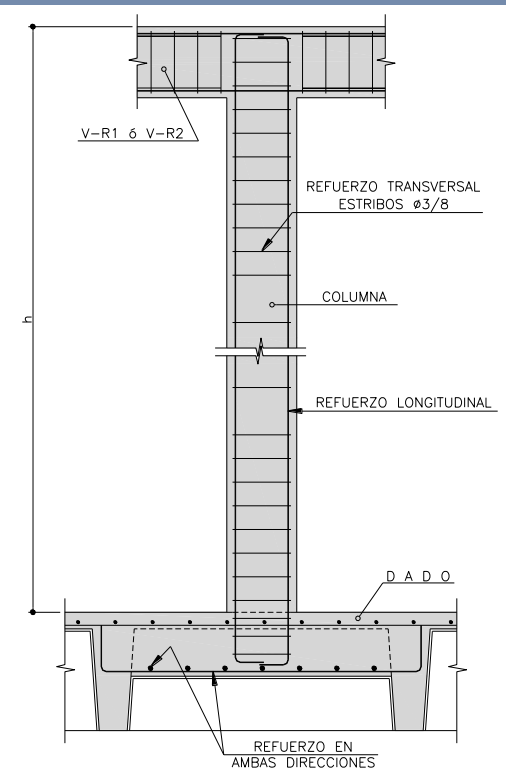
Planta típica de distribución de columnas -CA- y vigas VR



Modelo de análisis para muros con apoyo superior en viga V-R2



a) Cuando nace de viga

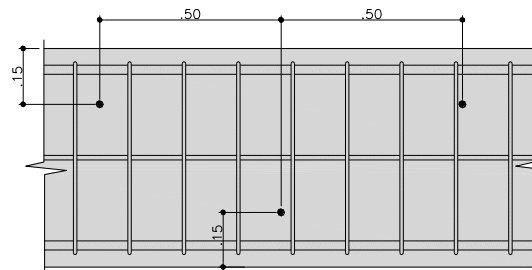
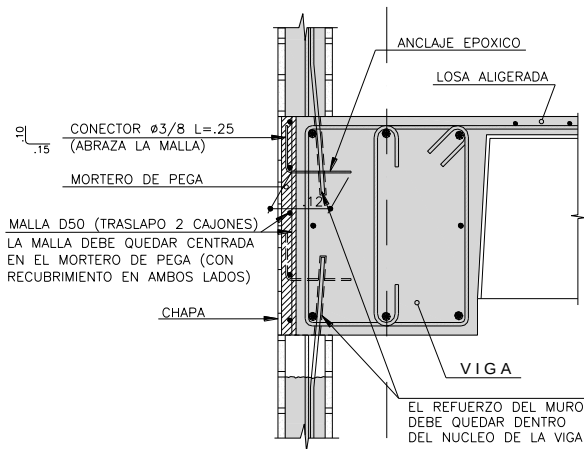


b) Cuando no coincide con viga

Elevación y detalles de apoyo de columnas -CA-

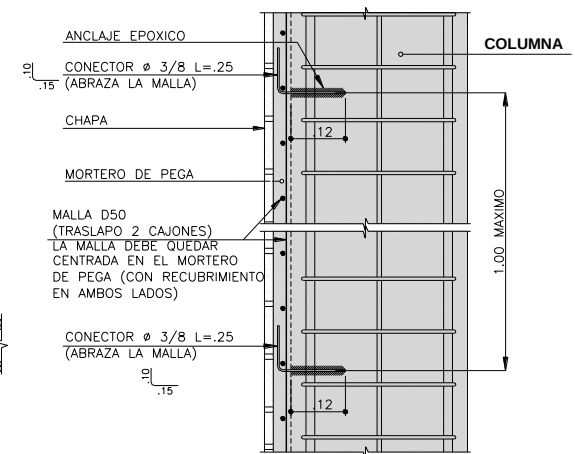
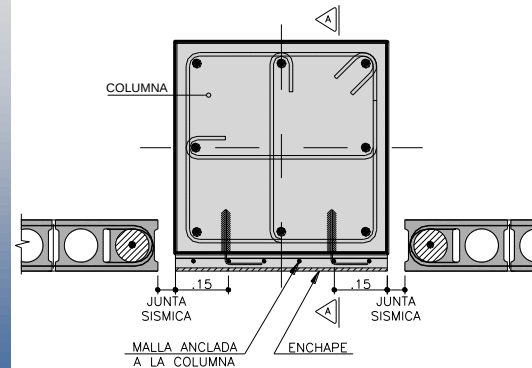


DETALLES DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



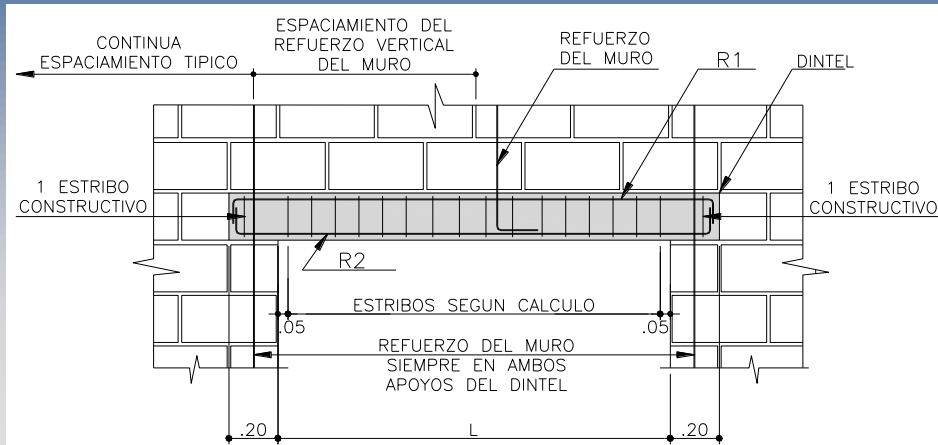
Enchape en vigas

Enchape en columnas



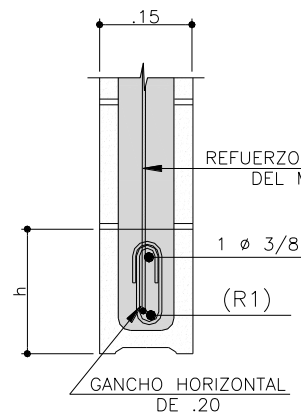


DETALLES DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

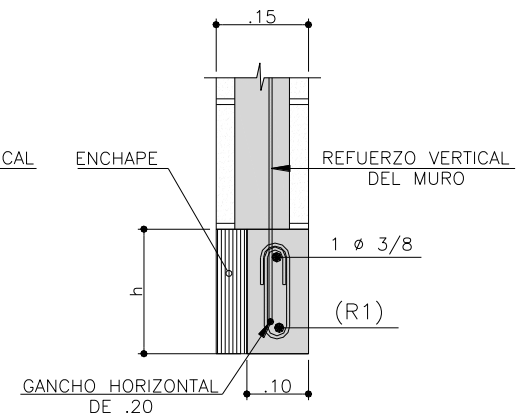


← Elevación típica de Dinteles

Secciones Transversales



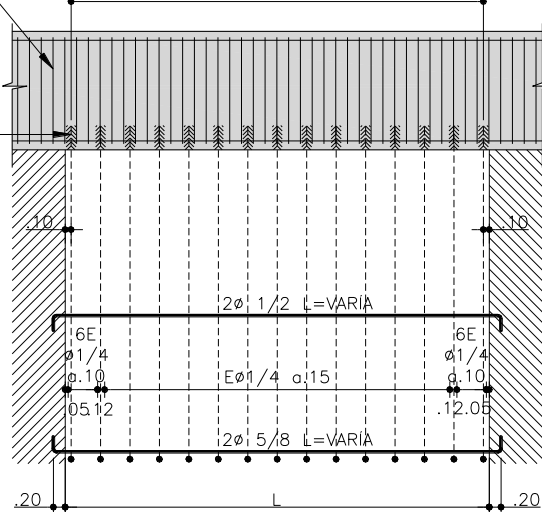
a) Dintel con bloque de viga



b) Dintel en concreto

SI NO EXISTEN ESTRIBOS EN EL NERVIÓ, COLOCAR $\phi 3/8$ a.20 EN LA ZONA DE CUELGA + .50

ANCLAJE EPÓXICO A TRACCIÓN EN VIGA O NERVIO



CELDA RELLENA

1 $\varnothing 3/8$ CENTRADA EN LA CELDA (C1)

ANCLAJE EPÓXICO A TRACCIÓN EN NERVIOS O VIGA

VARILLA $\phi 3/8$
CADA 60 cm (C1)

ESTRIBOS

DINTEL

40

15
(C2)

(C2) SE PUEDE REDUCIR LA SECCIÓN 5.0 cm SI SE REQUIERE POR ENCHAPE.

Sección típica de Cuelga



Muchas Gracias!!

Luis Gonzalo Mejía C. y Cía. Ltda.

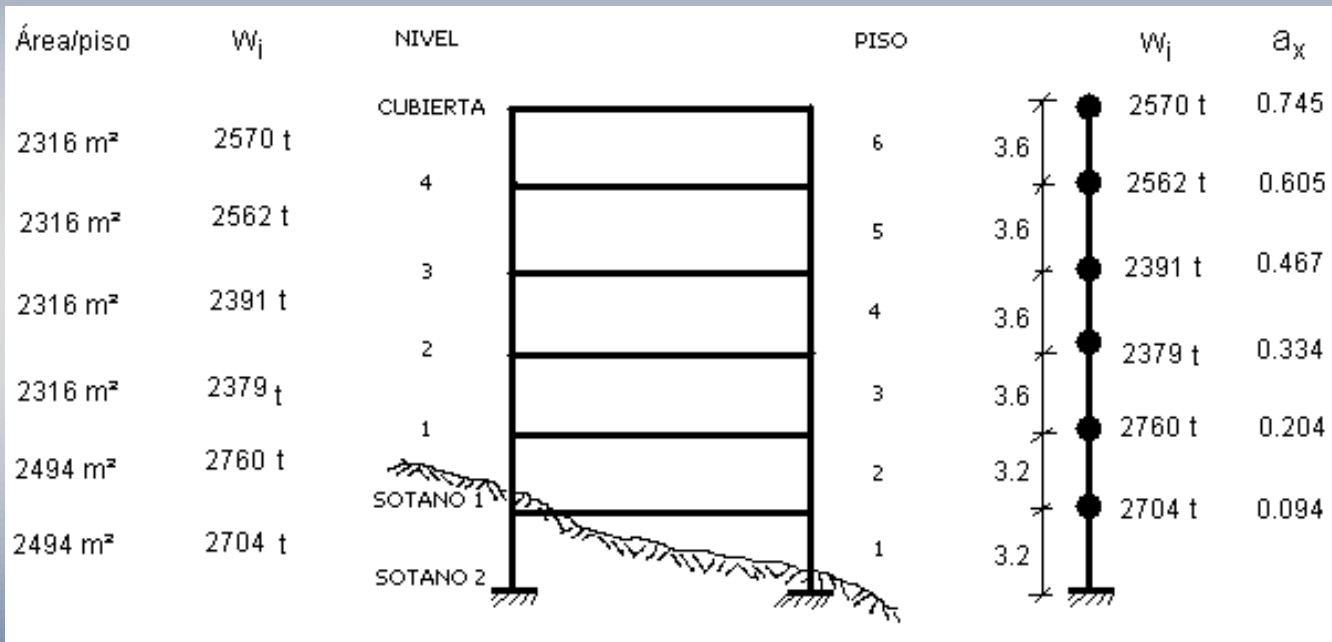




EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

Estructura en pórticos de concreto

No. De pisos: 6



[Regresar](#)



EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

Tabla 1. Análisis sísmico de la estructura por el método de la F.H.E

$V=C_s W$					$A_g=0,20$		$\frac{S_a}{R} = \frac{1,2 A_g S_l}{RT} \leq 2,5 A_g \frac{l}{R}$ $S_a = 0.40$				
$T_a = C_t h_n^{3/4} = 0,8 \text{ seg.}$											
<u>$C_e = 0,08$ concreto</u>											
S		S1	S2	S3	S4						
		1,0	1,2	1,5	2,0						
Piso o Placa	Altura Al Nivel X (m) desde el piso <u>h_x</u> (m)	<u>h_x^k</u>	Peso Nivel x <u>W_x</u> (T)	<u>W_x</u> (t)	<u>$W_x h_x^k$</u> (t-m)	$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k}$	Fuerza Lateral al Nivel x $a_x = \frac{C_{vx} V_S}{m_x g}$	$C_{ux} = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k}$			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)					
							$T \leq 0,5 \quad k = 1$ $0,75 + 0,5T$				
$V_{elas} = 6200 \text{ton} = V_S$							$T \geq 2,5 \quad k = 2$				
6	20,8	28,18	2570	72423	0,309	0,745	$h_a = \text{ALTURA EN M DESDE LA BASE HASTA EL NIVEL MAS ALTO DE LA CONSTRUCCION}$				
5	17,2	22,86	2562	58567	0,250	0,605					
4	13,6	17,66	2391	42225	0,180	0,467					
3	10,0	12,59	2379	29952	0,128	0,334					
2	6,4	7,71	2760	21280	0,091	0,204					
1	3,2	3,59	2704	9707	0,041	0,094					
Σ			15366	234154	1,000						

h_0 = ALTURA EN M DESDE LA BASE HASTA EL NIVEL MÁS ALTO DE LA CONSTRUCCIÓN



EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

Ahora, siguiendo los requisitos del capítulo A.9 de la NSR-98, se definen los siguientes parámetros:

Grupo de uso → Según A.2.5.1.3 $\Rightarrow II = 1,1$

Amplificación dinámica → Según A.9.4.2.2 y tabla A.9.2

$a_p = 1,0$ (Muros biapoyados)

$a_p = 2,5$ (Muros en voladizo)

Grado de desempeño → Según A.9.2.3 y tabla A.9.1 para grupo de uso II : Bueno

$$R_p = 3,0 \text{ anclaje dúctil}$$

Peso del muro → Según B.3.2 (NSR-98), la densidad de la mampostería hueca es $\gamma = 1,3 \text{ t/m}^3$, entonces:

$$w_p/m^2 = 1,3 \text{ t/m}^3 * 0,15\text{m} \cong 0,20 \text{ t/m}^2 * 1.25 \cong 0,25 \text{ t/m}^2.$$

El incremento del 25% es debido al peso aproximado del revoque más la pega.



EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

Método por Resistencia Última

$$F_P = \frac{a_x a_P}{R_P} g M_P \geq \frac{A_a I}{2} g M_P$$

Método por Esfuerzos Admisibles

$$F_P = \frac{1}{1,4} \frac{a_x a_P}{R_P} g M_P \geq \frac{1}{1,4} \frac{A_a I}{2} g M_P$$



EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

Caso I Muros Biapoyados (Superposición de dos estados)

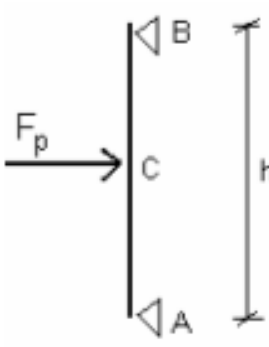
	$R_{b1} = \frac{F_p}{2}$ $M_{c1} = \frac{F_p h}{4}$ $R_{a1} = \frac{F_p}{2}$		$R_{b2} = \frac{M_{c2}}{h}$ $M_{c2} = \frac{P \Delta}{2}$ $R_{a2} = \frac{-M_{c2}}{h}$	Fuerzas resultantes $R_{bf} = R_{b1} + R_{b2}$ $M_f = M_{c1} + M_{c2}$ $R_{af} = R_{a1} + R_{a2}$
Muro biapoyado		Muro desplazado por deriva de piso		

Tabla 2. Fuerzas de Diseño para muros biapoyados

Piso	h_M (m)	a_x (m/seg ²)	F_p (Kgf/m)	M_{c1} (Kgf-m/m)	R_{a1} (Kgf)	R_{b1} (Kgf)	Deriva (cm)	P (Kgf)	M_{c2} (Kgf-m/m)	R_{a2} (Kgf)	R_{b2} (Kgf)	M_f (Kgf-m/m)	R_{af} (Kgf)	R_{bf} (Kgf)
6	3,4	0,745	150	128	75	75	2,100	850	9	-3	3	137	72	78
5	3,4	0,605	122	104	61	61	2,900	850	12	-4	4	116	57	65
4	3,4	0,467	95	80	47	47	3,750	850	16	-5	5	96	43	52
3	3,4	0,334	68	57	34	34	4,210	850	18	-5	5	75	29	39
2	3,0	0,204	39	31	20	20	3,460	750	13	-4	4	44	27	35
1	3,0	0,094	18	15	9	9	1,880	750	7	-2	2	22	13	17



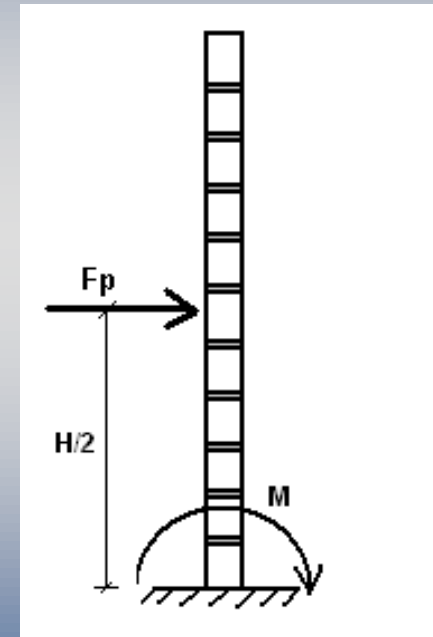
EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

Caso II Muro en Voladizo

Muro de altura parcial $H = 2.3 \text{ m}$

$$F_p = \frac{a_x a_p}{1,4 R_p} g M_p = \frac{0,467 * 2,5}{1,4 * 3,0} * 0,25 * 2,3 = 0,159 \text{ t/m}$$

$$M = F_p \frac{H}{2} = 159 \text{ kgf/m} * 1,15 \text{ m} = 183 \text{ kgf} - \text{m/m}$$





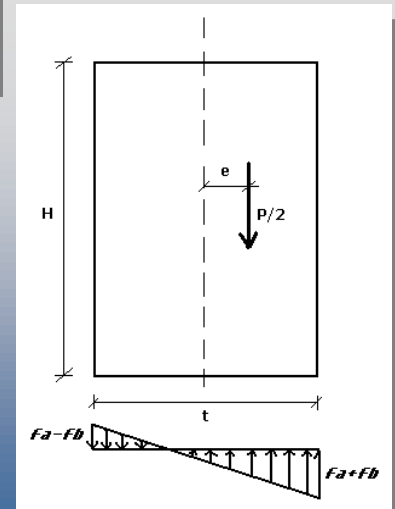
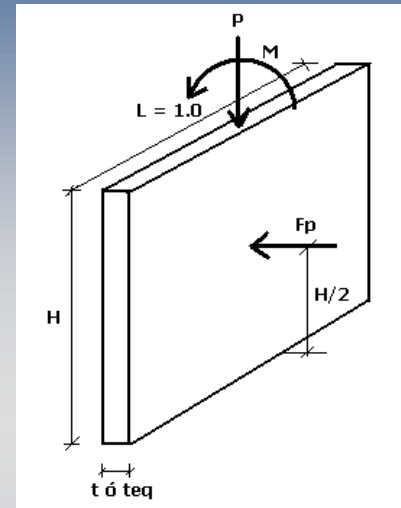
EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

$$f_a = \frac{P/2}{A} = \frac{P/2}{L t_{eq}} = \frac{850/2}{7,6 * 100} = 0,56 \text{ Kgf/cm}^2$$

De la tabla 2, se obtiene que el mayor momento flector se da en el muro del piso 6, entonces:

$$M_f = 137 \text{ kgf} - \text{m/m}$$

$$f_b = \frac{M_y}{I} = \frac{M}{L t^2/6} = \frac{137 * 100}{100 * 15^2/6} = 3,7 \text{ Kgf/cm}^2$$





EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

- **Esfuerzos admisibles por compresión axial (Ecuación D-1-1, NSR-98)**

$$F_a = 0,20f'mR_e \text{ donde } f'm = 100 \text{ kgf/cm}^2 \quad R_e = 1 - (h'/40t)^3$$

$$R_e \cong 0,82$$

$$F_a = 0,20 * 100 * 0,82 = 16,4 \text{ kgf/cm}^2$$

- **Esfuerzos admisibles para compresión por flexión (Ecuación D-1-6, NSR-98)**

$$F_b = 0,33f'm = 33,0 \text{ Kgf/cm}^2$$

- **Esfuerzos combinados**

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1,33$$



Control por Compresión

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1,33 \Rightarrow \frac{0,56}{16,4} + \frac{3,7}{33,0} = 0,15 < 1,33 \Rightarrow \text{OK!}$$



EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

- Esfuerzos admisibles de cortante (Ecuación D-1-9, NSR-98)

$$f_v = \frac{V}{bjd} \quad F_v = 0,26\sqrt{f'm} = 2,6 \text{ kgf/cm}^2$$

- Control por Cortante (Ecuación D-1-9, NSR-98)

$$f_v = \frac{V}{bjd} \quad V = 78 \text{ Kgf/m (ver } R_{bf} \text{ en tabla 2);} \quad f_v = \frac{V}{bjd} = \frac{78,0}{100 * 0,8 * 10} = 0,09 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

- Control por Tracción (D-1.5.4, NSR-98)

De la tabla D-1.2 para mortero tipo S y tracción perpendicular a la junta horizontal
 $F_t = 1,5 \text{ Kgf/cm}^2$

$$f_a - f_b = 0,56 - 3,7 = -3,1 \text{ Kgf/cm}^2 \text{ (tracción)}$$
$$f_a - f_b < 1,33F_t \quad 3,1 \text{ Kgf/cm}^2 > 2,0 \text{ Kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{Refuerzo}$$



EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

• Parámetros de diseño

$$* f' m = 100 \text{ kgf/cm}^2$$

$$* E_m = 900 f' m = 90000 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{Mampostería en concreto})$$

$$* F_s = 0,5 f_y \leq 1700 * 1,33 = 2261 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{Ecuación D - 1 - 18, NSR - 98})$$

$$* F_a = 0,2 f' m R \quad (\text{Ecuación D - 1 - 1, NSR- 98})$$

Para $h/t = (3,6 - 0,2)/0,15 = 22,7 \Rightarrow R = 0,8$
 $F_a = 0,2 * 100 * 0,8 = 16,0 \text{ kgf/cm}^2$

$$* F_b = 0,33 f' m \quad (\text{Ecuación D - 1 - 6, NSR - 98})$$

$$F_b = 0,33 * 100,0 = 33,0 \text{ kgf/cm}^2$$

• Ecuaciones para el diseño (ver Ref. 2)

$$\rho = \frac{A_s}{bd}, \quad n = \frac{E_s}{E_m}$$

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

$$f_m = \frac{M}{bd^2 \left(\frac{2}{kj} \right)}, \quad f_s = \frac{M}{A_s jd}$$



EJEMPLO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

Caso I Diseño de Muro Biapoyado

4° PISO

$$M = 96,0 \text{ Kgf} \cdot \text{m/m} \rightarrow (\text{ver tabla 2})$$

$$\begin{aligned} \text{Con } \phi 3/8 \text{ a } 1,00 \quad A_s &= 0,65 \text{ cm}^2/\text{m} & bd &= 100 \cdot 7 = 700 \\ & & bd^2 &= 100 \cdot 7 \cdot 0,07 = 49,0 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{0,65}{700} = 0,00092$$

$$n = 2000000/90000 = 22,22 \Rightarrow n\rho = 0,0204 \Rightarrow \begin{cases} j = 0,939 \\ 2/kj = 11,63 \end{cases}$$

$$f_s = \frac{96,0}{0,65 \cdot 0,939 \cdot 0,07} = 2261,0 \text{ Kgf/cm}^2 \leq F_s$$

$$\Rightarrow \phi 3/8 \text{ a } 1,00 \quad \text{OK!}$$

$$f_m = \frac{96,0 \cdot 11,63}{49,0} = 22,8 \text{ Kgf/cm}^2 < F_b$$

Caso II Diseño de Muros en Voladizo

4° PISO

$$M = 183,0 \text{ Kgf} \cdot \text{m/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Con } \phi 1/2 \text{ a } 1,00 \quad A_s &= 1,29 \text{ cm}^2/\text{m} & bd &= 100 \cdot 7 = 700 \\ & & bd^2 &= 100 \cdot 7 \cdot 0,07 = 49,0 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1,29}{700} = 0,00184$$

$$n = 2000000/90000 = 22,22 \Rightarrow n\rho = 0,0409 \Rightarrow \begin{cases} j = 0,9173 \\ 2/kj = 8,79 \end{cases}$$

$$f_s = \frac{183,0}{1,29 \cdot 0,9173 \cdot 0,07} = 2209,0 \text{ Kgf/cm}^2 < F_s$$

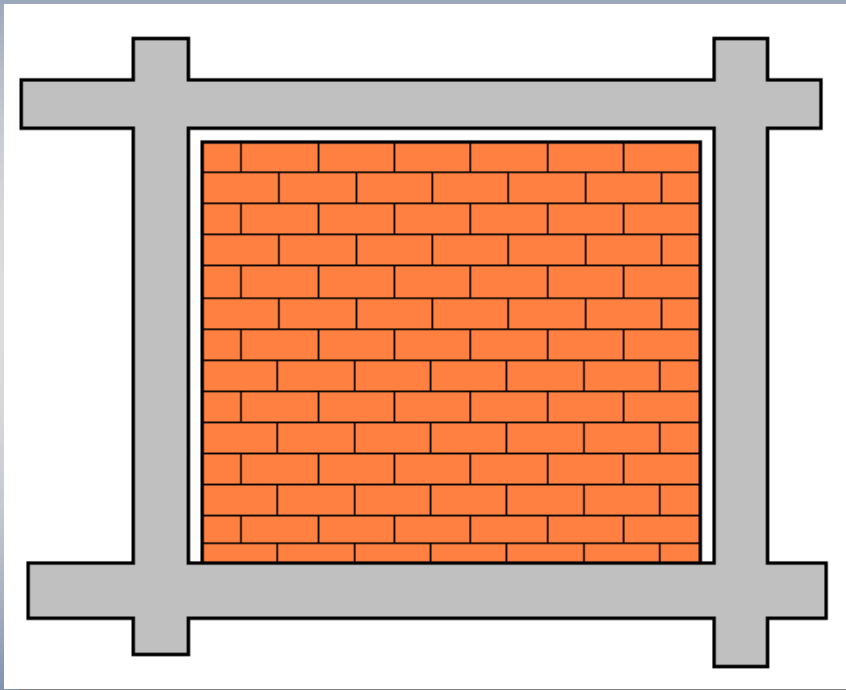
$$\Rightarrow \phi 1/2 \text{ a } 1,00 \quad \text{OK!}$$

$$f_m = \frac{183,0 \cdot 8,79}{49,0} = 32,8 \text{ Kgf/cm}^2 < F_b$$

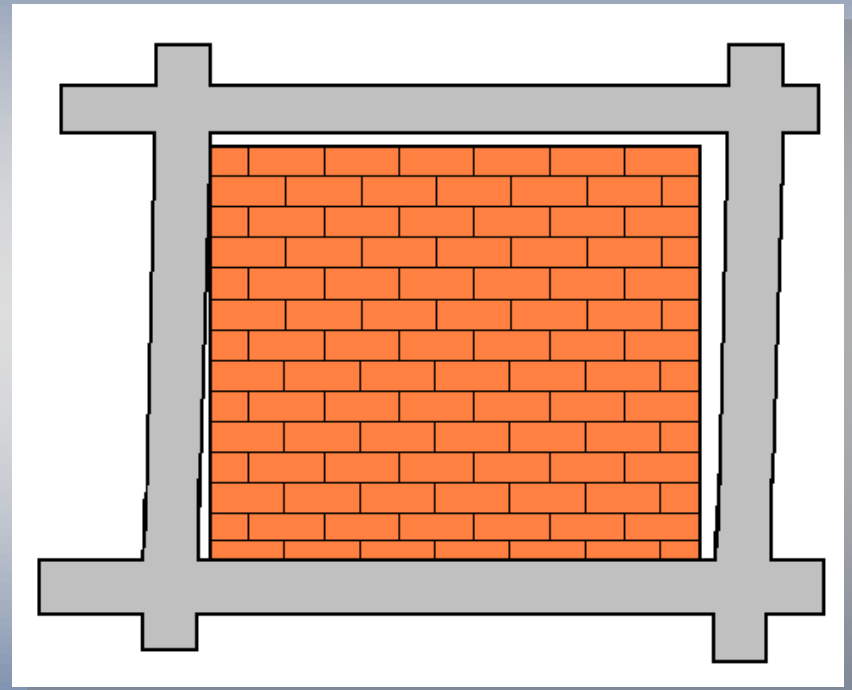
[Regresar](#)



SEPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA



ANTES



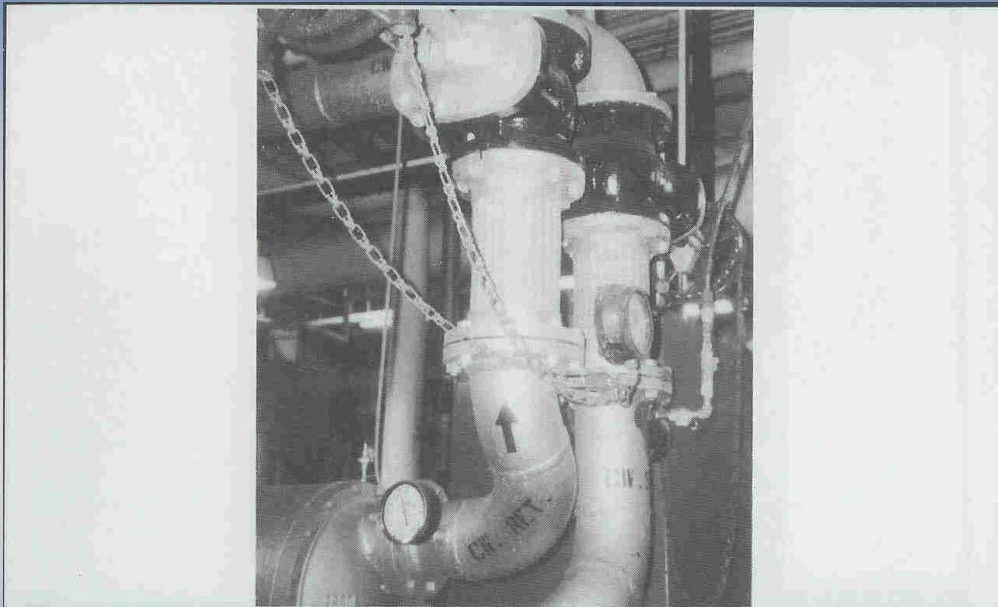
DESPUÉS

FUERZA SÍSMICA ACTUANDO EN EL PLANO DEL MURO

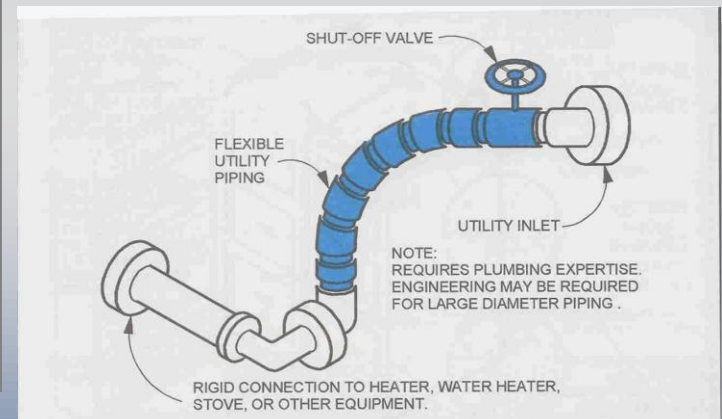
[Regresar](#)



ACOPLAMIENTOS FLEXIBLES



Flexible connection at pipe attachment to tank
Photo Credit: Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc.



Upgrade Detail C18

Approximate Cost: \$100 for residential appliance; varies for larger items

C18

Tomado de FEMA 74/Septiembre 1994. "Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage"

[Regresar](#)



Tabla A.9-2 (NSR-98)

Coficiente de amplificación dinámica y tipo de anclaje mínimo requerido

Elemento no estructural	a_p	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , mínimo requerido		
		Grado de desempeño		
		Superior	Bueno	Bajo
Fachadas				
Paneles prefabricados apoyados arriba y abajo	1.0	Dúctiles	Dúctiles	No dúctiles
En vidrio apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	Dúctiles	No dúctiles
Láminas en yeso, con costillas de acero	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Mampostería reforzada, separadas lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas solo abajo	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	No se permite	No se permite	No dúctiles ⁽¹⁾
Mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas solo abajo	2.5	No se permite	No se permite	No dúctiles ⁽¹⁾
Mampostería no reforzada, confinada con la estructura	1.0	No se permite	No se permite	No dúctiles ⁽²⁾
Muros que encierran puntos fijos y ducto de las escaleras, ascensores y otro	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Muros divisorios y particiones				
Corredores en áreas públicas	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Muros divisorios de altura total	1.0	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Muros divisorios de altura parcial	2.5	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Elementos en voladizo vertical				
Áticos, parapetos y chimeneas	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Anclaje de enchapes de fachada	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Altizos	1.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Cielo rasos	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Anaqueles, estanterías y bibliotecas de más de 2.50 m de altura, incluyendo contenido				
Diseñadas de acuerdo al Título F	2.5	Especiales	Dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Otras	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Tejas	2.5	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾

Notas:

1. Debe verificarse que el muro no pierde su integridad al ser sometido a las derivas máximas calculadas para la estructura.
2. Además de ⁽¹⁾ debe verificarse que no interactúa adversamente con la estructura.
3. El elemento no estructural no requiere diseño y verificación sísmica.

TIPOS DE ANCLAJES

Especiales ($R_p=6.0$): diseñados siguiendo los requisitos del Título F para estructuras tipo (DES).

Dúctiles ($R_p=3.0$): anclajes profundos con epóxico o vaciados en el sitio, es decir aquellos cuya profundidad sea mayor a 8 veces el diámetro de la barra o perno. NO se permiten los pernos de expansión ni los colocados por medio de tiros.

No Dúctiles ($R_p=1.5$): anclajes superficiales con epóxico o vaciados en el sitio, es decir aquellos cuya profundidad sea menor a 8 veces el diámetro de la barra o perno, e incluyen los pernos de expansión y aquellos colocados por medio de tiros.

Húmedos ($R_p=0.5$): cuando se utiliza mortero o adhesivo que pegue directamente el elemento al concreto, es decir cuando no existe ningún tipo de anclaje mecánico resistente a la tracción.

[Regresar](#)



Tabla A.9-3 (NSR-98)

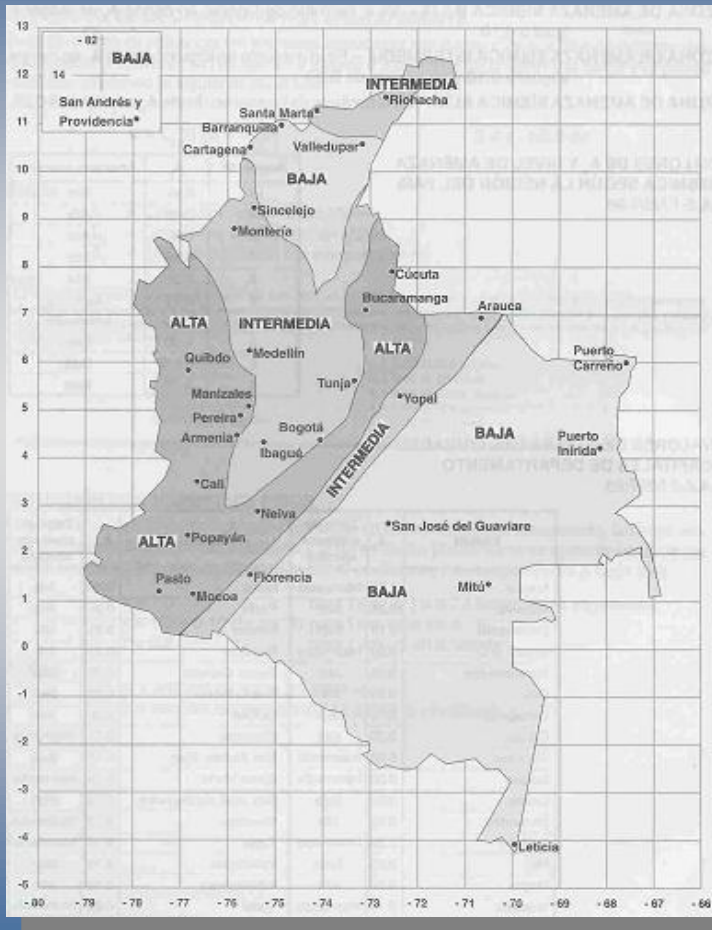
Coeficiente de amplificación dinámica y tipo de anclaje mínimo requerido

Coeficiente de amplificación dinámica, a_p , y tipo de anclajes o amarres requeridos, usado para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , para elementos hidráulicos, mecánicos y eléctricos^a

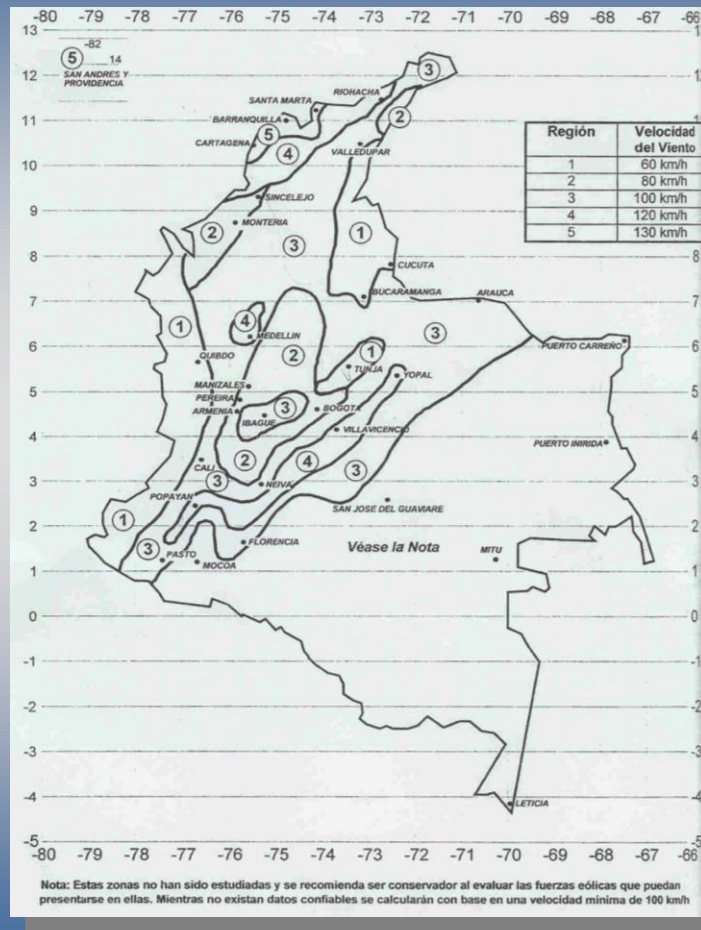
Elemento no estructural	a_p^b	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , mínimo requerido		
		Grado de desempeño		
		Superior	Bueno	Bajo
Sistema de protección contra el fuego	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Plantas eléctricas de emergencia	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ^g
Maquinaria de ascensores, guías y rieles del ascensor y el contrapeso	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ^g
Equipo en general Calderas, hornos, incineradores, calentadores de agua y otros equipos que utilicen combustibles, y sus chimeneas y escapes. Sistemas de comunicación Ductos eléctricos, cárcamos y bandejas de cables ^c Equipo eléctrico, transformadores, subestaciones, motores, etc. Bombas hidráulicas Tanques condensadores, intercambiadores de calor, equipos de presión Empates con las redes de servicios públicos	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ^g
Maquinaria de producción industrial	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Sistemas de tubería Tuberías de gases y combustibles	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Tuberías del sistema contra incendio	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Otros sistemas de tuberías ^d	2.5	No dúctiles	No requerido ^g	No requerido ^g
Sistemas de aire acondicionado, calefacción y ventilación, y sus ductos ^e	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ^g
Paneles de control y gabinetes eléctricos		No dúctiles	No dúctiles	No requerido ^g
Luminarias y sistemas de iluminación ^f	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ^g

[Regresar](#)

Mapa de Zonas de Amenaza Sísmica



Mapa de Zonas de Amenaza Eólica



Regresar