

Manual de Muros Confinados

Gustavo Jaramillo Botero
Ingeniero civil
Especialista en estructuras

Edición de prueba
Actualizada con la NSR-10

Capítulo 1

Muros confinados para vivienda

1.1 Definición

El sistema de muros confinados ha sido muy utilizado en la construcción de viviendas de uno y dos pisos, en donde los muros se confinan con columnas y vigas de amarre.

El título **E de la NSR-10** establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de viviendas utilizando muros de mampostería o bahareque encementado.

Para el buen comportamiento de este sistema estructural ante un sismo, se debe crear diafragmas o anillos cerrados en la cimentación, en la viga de amarre y en la viga de corona de cubierta.

El sistema se basa en cumplir con una longitud de muros confinados en las dos direcciones principales, con el fin de resistir las fuerzas horizontales y verticales propias de cada edificación.

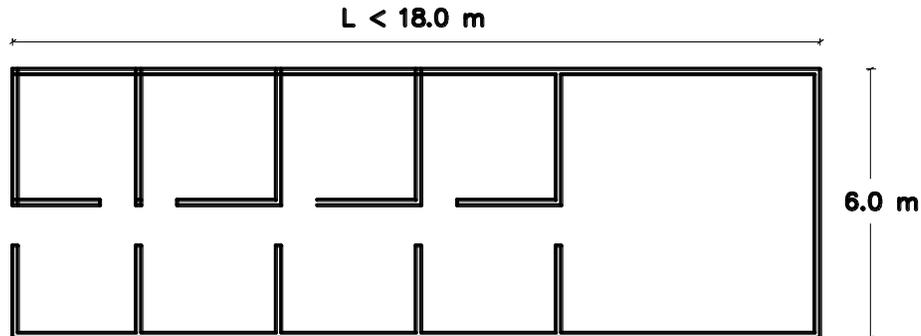
Las construcciones de uno o dos pisos, tales como bodegas, locales y similares no pueden diseñarse bajo este título, debido a la falta de muros confinados en cualquiera de las dos direcciones ortogonales.

1.2 Alcance de la norma

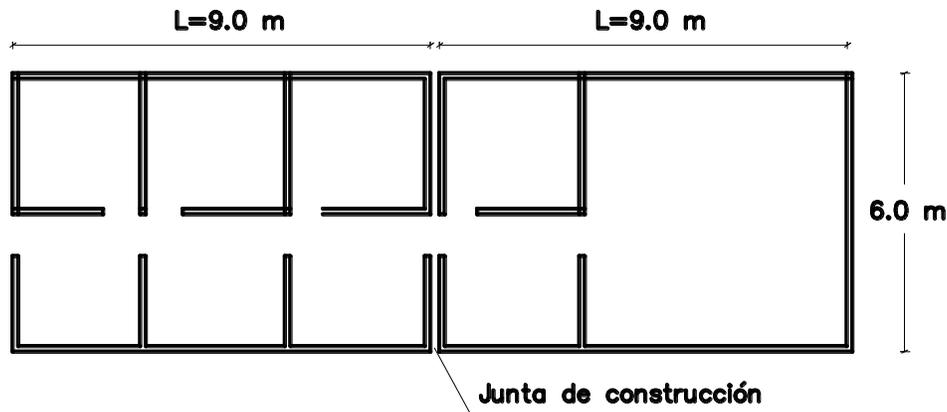
El buen comportamiento sísmico de una vivienda diseñada por este título, depende en gran parte de que en su planeación se sigan los siguientes principios generales.

1.2.1 Condiciones de simetría: Para evitar los efectos de torsión, la estructura debe ser lo más simétrica posible y debe evitarse las plantas con longitudes mayores a tres veces su ancho.

En la figura se muestra una vista en planta de una vivienda que que tiene una longitud igual a tres veces su ancho.



De no poderse cumplir con la anterior recomendación, la estructura debe dividirse en bloques simétricos mediante juntas.



Las puertas y ventanas deben presentar una localización simétrica.

1.2.2 Integridad estructural: La efectividad de los diafragmas dependen de la continuidad vertical de los muros estructurales y de la regularidad de la estructura, tanto en planta como en altura.

a) Continuidad vertical: Para considerar un muro como muro estructural, éste debe estar anclado a la cimentación. Cada muro estructural debe ser continuo entre la cimentación y la viga de amarre. En casas de dos pisos, los muros estructurales que continúen a través del entrepiso deben ser continuos hasta la cubierta. Los muros del segundo piso para ser estructurales, no se puede reducir más de la mitad de la longitud del primer piso.

1.2.2 Cantidad de muros: Los muros son los que proporcionan la resistencia a la estructura, ante la llegada de un sismo. Por este motivo, deben disponerse muros en direcciones perpendiculares; estos muros deben llevarse hasta la cimentación.

Los muros que resisten los sismos se dividen en dos:

- Muros de carga: Son aquellos que además de su propio peso, soportan el peso del entrepiso y de la cubierta.

- Muros de rigidez: Son aquellos que además de resistir la fuerza sísmica, soportan su propio peso.

La cantidad de muros confinados debe ser similar en las dos direcciones principales y deben disponerse preferiblemente en la periferia de la construcción.

En cada dirección debe disponerse por lo menos la longitud total de muros confinados, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L_{mc} = \frac{M_o * A_p}{t}$$

M_o = Coeficiente que depende de la zona de amenaza sísmica, el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.1: Coeficiente M_o para longitud mínima de muros confinados.

Zona de amenaza Sísmica	Valores de A_a	Valores de M_o
Alta	0.40	33
	0.35	30
	0.30	25
	0.25	21
Media	0.20	17
	0.15	15
Baja	0.10	8
	0.05	4

El área (A_p) se considera como sigue:

a) igual al área de la cubierta en construcciones de un piso con cubierta en losa de concreto.

b) igual al área de cubierta para muros del segundo nivel en construcciones de dos pisos, cuando la cubierta es una losa de concreto.

c) Igual al área de cubierta más el área de entrepiso para muros de primer nivel en construcciones de dos pisos con cubierta consistente en una losa de concreto.

d) Cuando se emplee una cubierta liviana, los valores del área determinados para cubiertas de losa de concreto, pueden multiplicarse por 2/3.

t= Espesor efectivo de los muros (mm)

Para efectos de contabilizar la longitud de muros, solo deben tenerse en cuenta aquellos que están confinados, que son continuos desde la cimentación y que no tienen aberturas entre columnas de confinamiento.

1.3 Diafragmas.

Un diafragma es un elemento estructural que amarra los muros de una estructura y los obliga a trabajar como un conjunto.

Dada su gran rigidez en el plano horizontal, distribuye la fuerza sísmica entre los diferentes muros haciendo que estos trabajen en su dirección longitudinal.

Deben existir diafragmas en la cimentación, en el entrepiso y en la cubierta. En la cimentación el diafragma lo conforma la viga de cimentación; en el entrepiso, el diafragma está conformado por la viga de amarre o la losa, y en la cubierta, el diafragma lo conforma la cinta de amarre.

1.4 Materiales.

Los materiales utilizados en la construcción de los muros deben cumplir los siguientes requisitos:

a) Unidades de mampostería: Son los elementos más importantes en la conformación del muro, de sus propiedades depende la resistencia del muro. La mampostería debe tener una resistencia mínima a la compresión de 30 kgf/cm².

b) Mortero de pega: Se emplea como mortero de pega la mezcla de cemento y arena. Su dosificación no debe ser inferior de 1:4.

c) Concreto: El concreto utilizado en los elementos de amarre debe tener una resistencia a la compresión de 150 kgf/cm². se recomienda una dosificación de 1 : 2 : 3.

d) Concreto ciclópeo: El concreto ciclópeo es una mezcla de concreto simple con piedra, en un porcentaje de 60-40. 60 % de concreto y 40 % de piedra. La piedra utilizada será de tamaños hasta de 15 cm.

e) Mortero de inyección: Se emplea para el relleno de las celdas de los bloques de perforación vertical, empleados en la conformación de las columnas que confinan los muros. Debe poseer buena resistencia y manejabilidad, se recomienda utilizar una mezcla con una proporción de 1 : 3.

f) Acero de refuerzo: El acero de refuerzo debe tener una resistencia mínima a la fluencia de 2400 kgf/cm².

1.5 Estudio de suelos.

En toda construcción se debe hacer un estudio de suelos en donde se determinen las características físicas del suelo. En caso de no poderse realizar este estudio, La NSR-10 recomienda seguir el siguiente procedimiento:

- a) Realizar un apique de 2.0 metros de profundidad para observar la calidad del suelo.
- b) Investigar en las construcciones aledañas el comportamiento del suelo.
- c) Localizar los ejes de los muros y excavar para la construcción de las vigas de cimentación un ancho mínimo de 30 cm. Deben retirarse toda la capa vegetal, escombros y tierras de relleno.
- d) Si se encuentra un suelo blando o si existen aguas, debe necesariamente hacerse un estudio analítico de la cimentación.

1.6 Cimentación.

Debida a la diferencia de suelos de una construcción a otra, es imposible dar una solución particular para cada cimentación. La NSR-10 recomienda los siguientes principios generales:

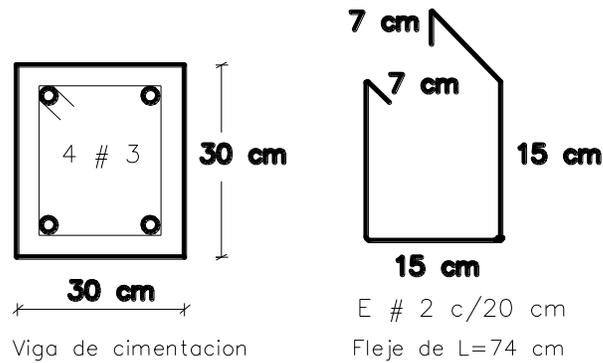
- a) El fondo de la zanja no debe ser inferior a 80 cm, debe llenarse con concreto ciclópeo hasta el nivel de la viga de cimentación.

b) Para viviendas de un solo piso, la viga de cimentación debe estar constituida por 4 varillas de 3/8" y por estribos de 1/4" cada 20 cm. Las dimensiones mínimas de la viga de cimentación son de 25 cm por 20 cm y deben extenderse a lo largo de los ejes sin importar que existan o no vacíos para puertas.

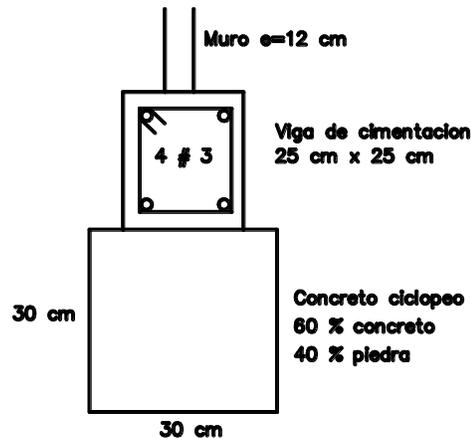
Las dimensiones de la viga de cimentación se recomienda que sean de 30 x 30 cm, para darle mayor estabilidad a la casa y para prever futuras ampliaciones en altura.

c) El recubrimiento mínimo del refuerzo en la viga de cimentación debe ser de 7.5 cm, para proteger la armadura de la humedad.

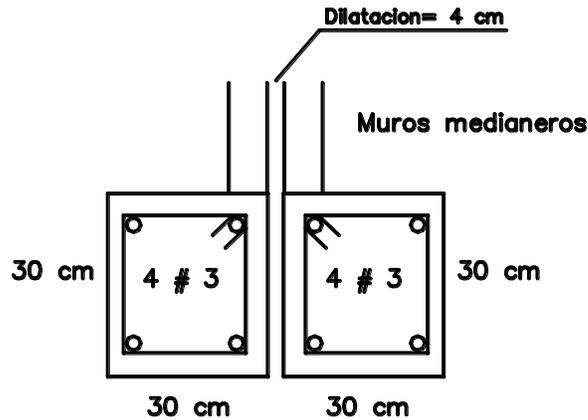
En la siguiente figura se muestra los detalles de la cimentación para una vivienda de un piso.



d) Los cimientos de concreto ciclópeo deben tener una anchura mínima de 30 cm y una altura mínima de 20 cm. Se recomienda que las dimensiones del ciclópeo sean de 30 x 30 cm

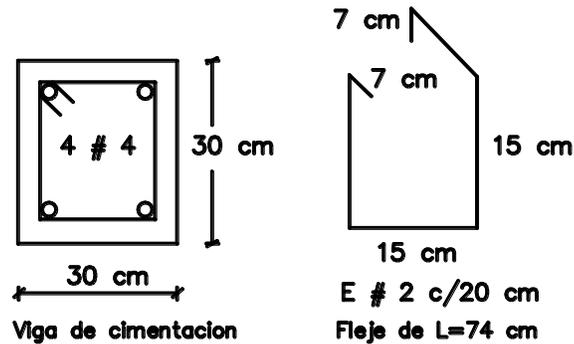


e) En los muros medianeros debe respetarse la propiedad vecina colocando los cimientos y muros de acuerdo al detalle de la siguiente figura.



f) La separación de colindancia entre los muros de medianería de las dos casas debe ser de 4 cm.

g) En una vivienda de dos pisos, las dimensiones mínimas de la viga de cimentación son de 30 x 30 cm, el refuerzo mínimo en la viga de cimentación es de 4 varillas N° 4 (1/2"), los estribos son N° 2 (1/4") cada 20 cm.



1.7 Muros de mampostería.

En una vivienda de uno o dos pisos se distinguen los siguientes tipos de muros:

a) Muros de Carga: Son muros de mampostería que cumplen los siguientes requisitos:

- Soportan su propio peso.
- Soportan el peso del entepiso y de la cubierta.
- Resisten fuerzas sísmicas paralelas a su plano.

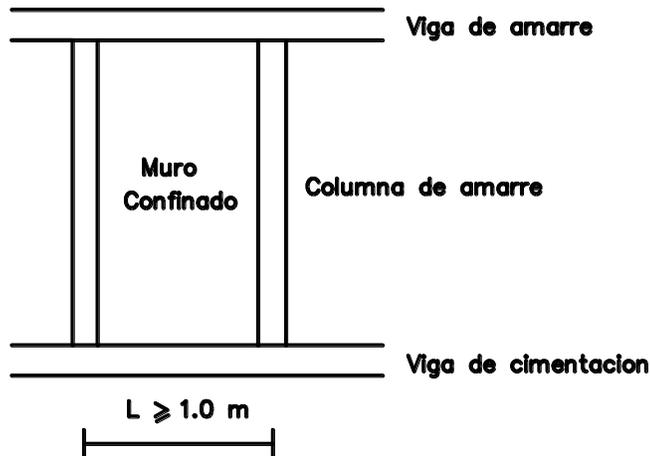
b) Muros de rigidez: Son muros de mampostería que cumplen los siguientes requisitos:

- Soportan su propio peso
- Resisten fuerzas sísmicas paralelas a su plano.

c) Muros divisorios: Son muros de mampostería que no llevan más carga que su propio peso. No cumplen ninguna función estructural. Estos muros deben amarrarse al diafragma en su parte superior.

d) Muros confinados: Para poder contar un muro, en la longitud de muros confinados debe presentar los siguientes requisitos:

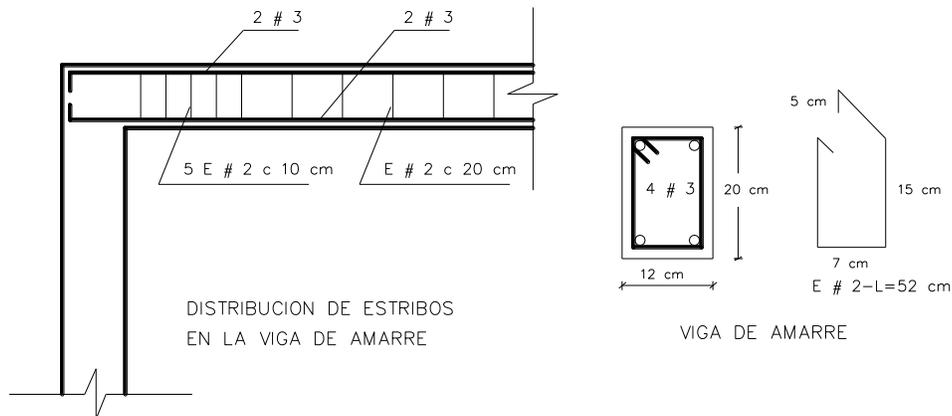
- Tener una longitud mayor o igual a un (1.0) metro.
- Estar confinado por la viga de cimentación, las columnas de amarre y la viga de amarre.
- No presentar aberturas.



1.8 Viga de amarre.

Su función es amarrar entre sí los diferentes muros y hacerlos trabajar en conjunto, para ello debe formar anillos cerrados. Las principales características de la viga de amarre son:

- Su ancho mínimo es igual al ancho del muro. Se recomienda un ancho de 12 cm.
- La altura debe ser mayor a 15 cm. Se recomienda una altura de 20 cm.
- El refuerzo mínimo para una vivienda de un piso, estará conformado por cuatro barras longitudinales N° 3 y estribos N° 2 espaciados a 10 cm y 20 cm.
- El refuerzo mínimo para una vivienda de dos pisos, estará conformado por cuatro barras longitudinales N° 4 y estribos N° 2 espaciados a 10 cm y 20 cm.
- Cuando la viga de amarre se utilice como dintel, debe calcularse para las cargas verticales que reciba.
- Cuando en un sistema de entepiso se utilicen prefabricados, estos deben anclarse en las vigas de amarre.



1.9 Columna de amarre.

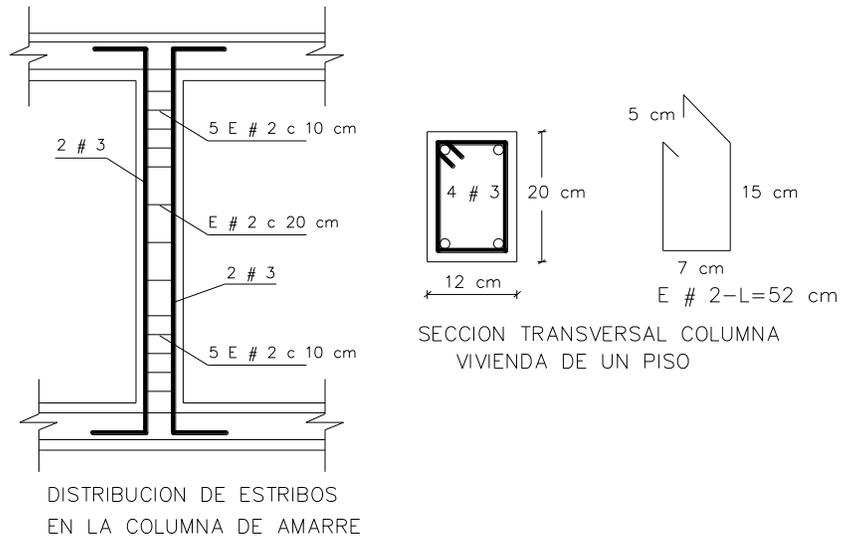
Las columnas de amarre son elementos verticales reforzados que confinan el muro. Estas columnas deben construirse de concreto reforzado.

Las columnas de amarre deben construirse en el punto de intersección de dos muros o donde se requiera para confinar los muros. La columna debe ir desde la viga de cimentación a la viga de amarre. Su refuerzo debe tener continuidad de un piso a otro.

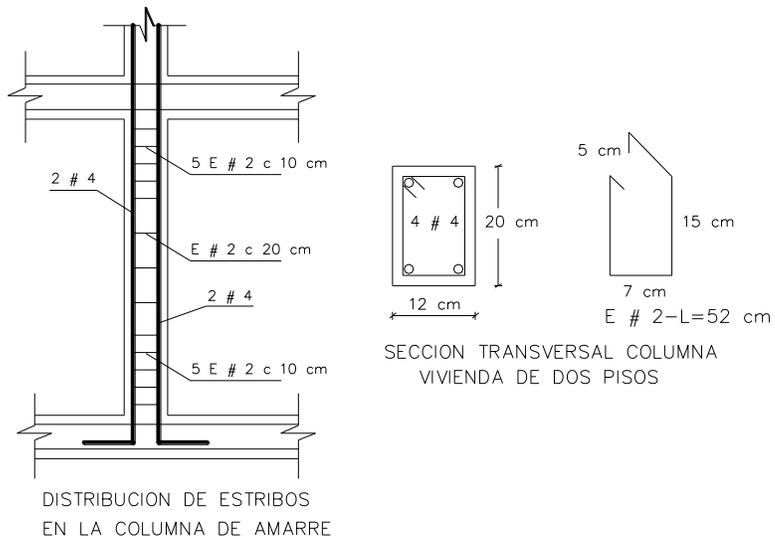
El área mínima de una columna de amarre es de 200 cm^2 . Su dimensión mínima es el ancho del muro y su refuerzo mínimo es de 4 barras longitudinales N° 3 y estribos en barra N° 2 separados cada 10 cm y 20 cm.

Las dimensiones recomendadas para la sección transversal de una columna de amarre son de 12 cm por 20 cm.

En la siguiente figura se muestra la distribución de los estribos para una columna de amarre.



Para una vivienda de dos pisos, el refuerzo de las columnas debe ser de 4 barras longitudinales N° 4 y estribos N° 2 separados cada 10 cm y 20 cm.

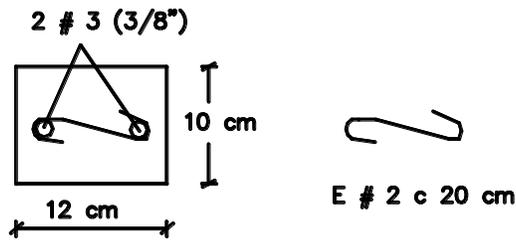


1.10 Cubiertas.

Las cubiertas livianas son las que se construyen en fibro-Cemento, Zinc, tejas de aluminio, tejas metálicas livianas, etc. Las cubiertas pesadas son construidas en teja de barro, placas de concreto entre otras. Este factor se debe tener en cuenta en la longitud de muros confinados.

El diafragma en la cubierta está conformado por la cinta de cubierta, estas cintas de cubierta deben tener las siguientes características:

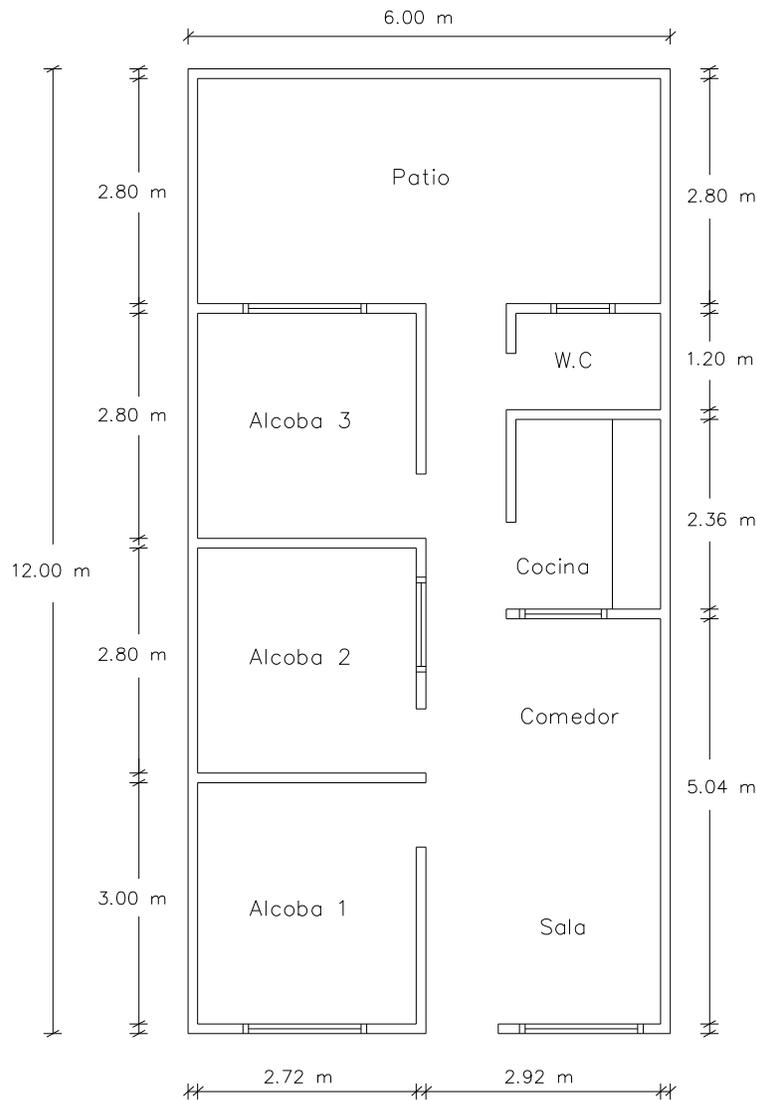
- a) Deben tener como mínimo dos barras longitudinales N° 3 y estribos de barra N° 2 espaciados cada 20 cm.
 - b) Las vigas de culata pueden reemplazarse por cintas de amarre, las cuales deben tener dos barras longitudinales N° 3 unidas por ganchos de una rama de barra N° 2 colocados cada 20 cm. Su base debe coincidir con el ancho del muro y su altura no debe ser inferior a 10 cm.
 - c) Los elementos de cubierta, vigas metálicas o de madera deben anclarse en las vigas de amarre.
- a) En la cinta de amarre donde se apoya la cubierta, debe colocarse pernos de anclaje para amarrar la cubierta.



Cinta de cubierta

Ejemplo 1.1

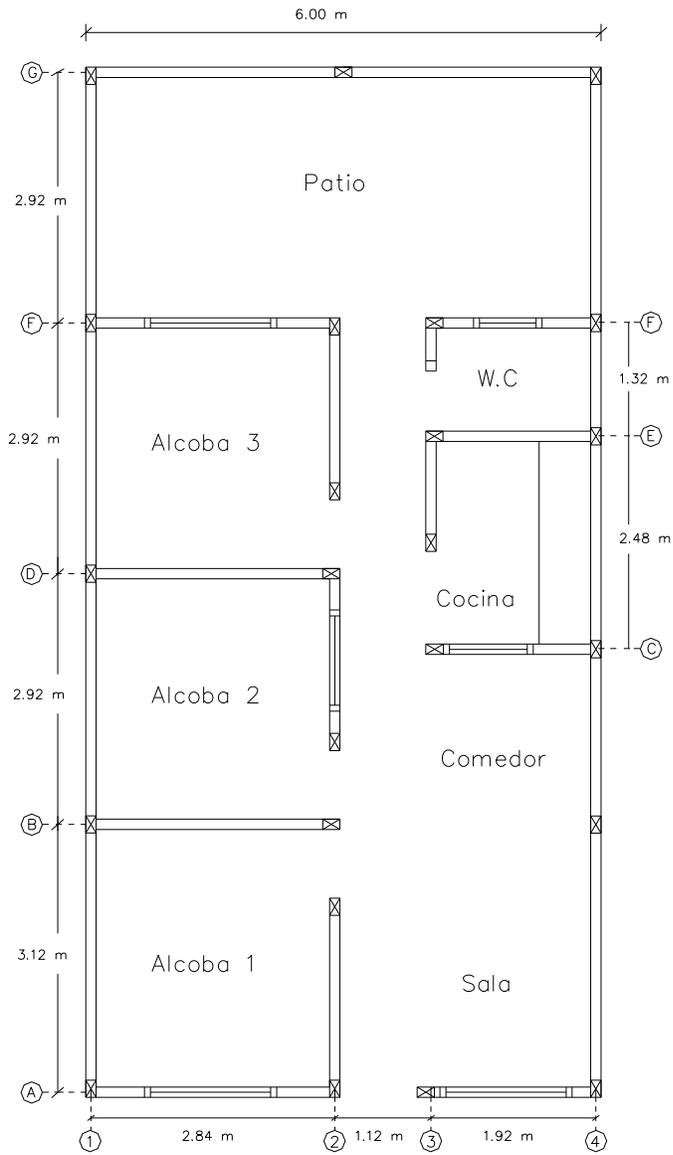
En la figura se muestra una vivienda de un piso, localizada en una zona de amenaza sísmica alta. Diseñarla utilizando el sistema de muros confinados de acuerdo al título E de la NSR-10. Localizar las columnas de amarre y chequear la longitud de muros confinados en las dos direcciones. Dibujar los diafragmas y los elementos estructurales.



Planta 1 piso
Sin escala

Solución:

Se localizan las columnas de amarre, las cuales se muestran en la siguiente figura:



Planta columnas 1 piso
Sin escala

1- Cimentación: se construirá una viga de cimentación de 30 cm x 30 cm, las vigas de cimentación formaran un anillo cerrado, el cual se denomina "Diafragma de cimentación".

2- Columnas de amarre: La separación de las columnas será de 35 veces el espesor del muro:

$$S = 35 \times 12 \text{ cm} = 420 \text{ cm}$$

Las columnas de amarre se separan cada 4.0 metros o menos.

3- Viga de amarre: Se fundirá una viga de amarre en todos los muros, formando un anillo cerrado, el cual se denomina "Diafragma de viga de amarre".

La separación entre amarres horizontales debe ser de 25 veces el espesor del muro:

$$S = 25 * 12 \text{ cm} = 300 \text{ cm}$$

Lo anterior indica que la altura del muro no debe ser mayor de 3.0 metros.

4- Muros: Serán en ladrillo tolete de 12 cm de espesor. La longitud de muros confinados se calcula con la fórmula:

$$L_{mc} = \frac{M_o * A_p}{t}$$

$M_o = 21$ (para Armenia)

$A_p = 57 \text{ m}^2$ (área de la cubierta)

$t = 120 \text{ mm}$ (espesor del muro).

$$L_{mc} = \frac{21 * 57}{120} = 9.98 \text{ m}$$

Se debe cumplir con la longitud de muros confinados en las dos direcciones, los muros no deben tener aberturas. Si algún muro tiene una abertura, no se tiene en cuenta para la longitud de muros.

Si la cubierta es de fibro-cemento, se considera que es una cubierta liviana; por lo tanto, la longitud de muros se puede multiplicar por el siguiente factor:

$$L_{mc} = 9.98 \text{ m} * 2/3 = 6.65 \text{ m}$$

El chequeo de la longitud de muros se muestra en el siguiente cuadro:

Sentido X:

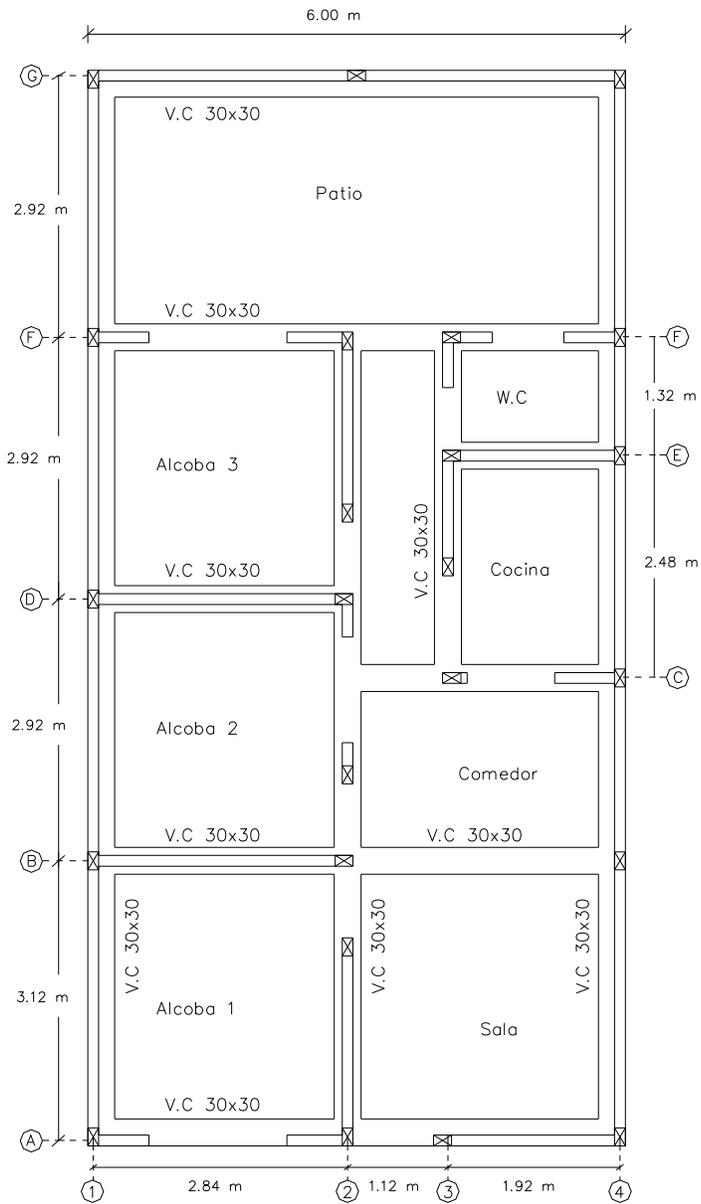
Eje	Longitud	% < 50 %
A	0	0
B	2.84 m	20.70
C	0	0
D	2.84 m	20.70
E	2.04 m	14.87
F	0	0
G	6.00 m	43.73
Total =	13.72 m	100 %

Sentido Y:

Eje	Longitud	% < 50 %
1	12.00 m	40.29
2	2.32 + 2.12 = 4.44 m	14.91
3	1.34 m	4.50
4	12.00 m	40.29
Total =	29.78 m	100 %

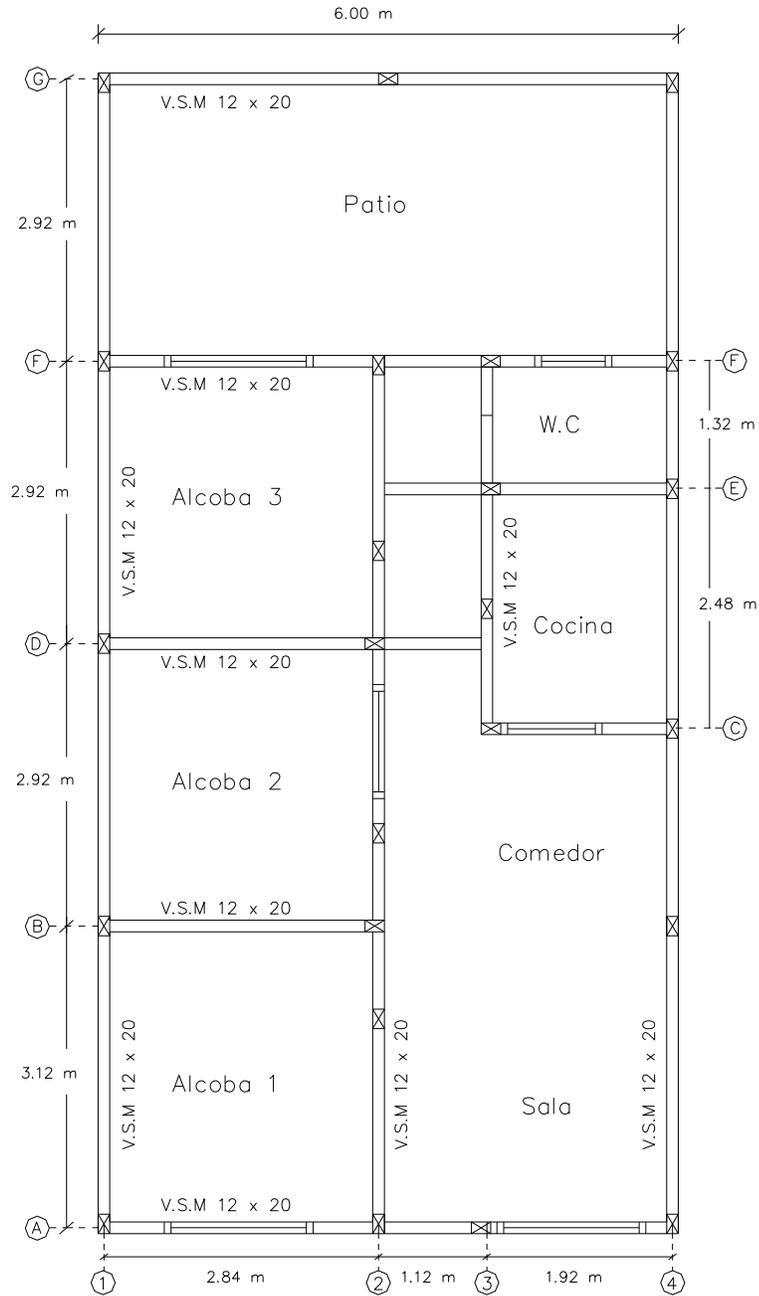
La longitud de muros confinados en las dos direcciones cumple con el título E de la NSR-10.

El diafragma de la viga de cimentación se muestra en la siguiente figura:



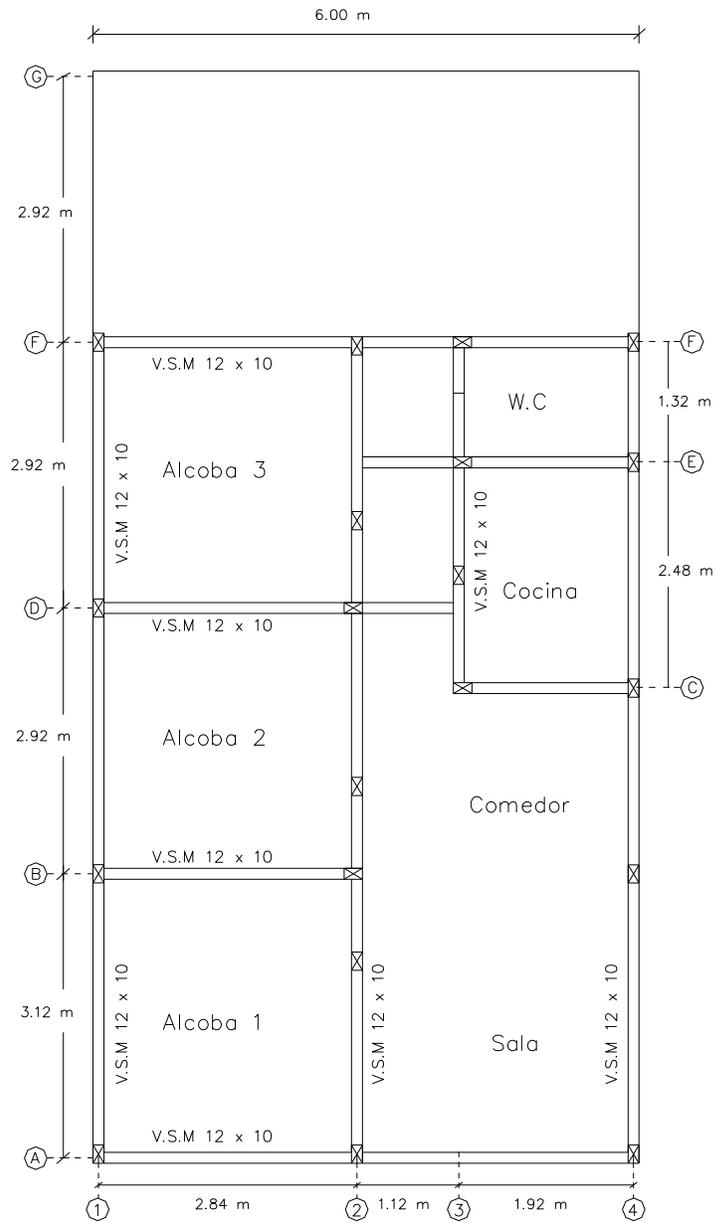
Diafragma Viga de cimentación
Sin escala

El diafragma de la viga de amarre se muestra en la siguiente figura:



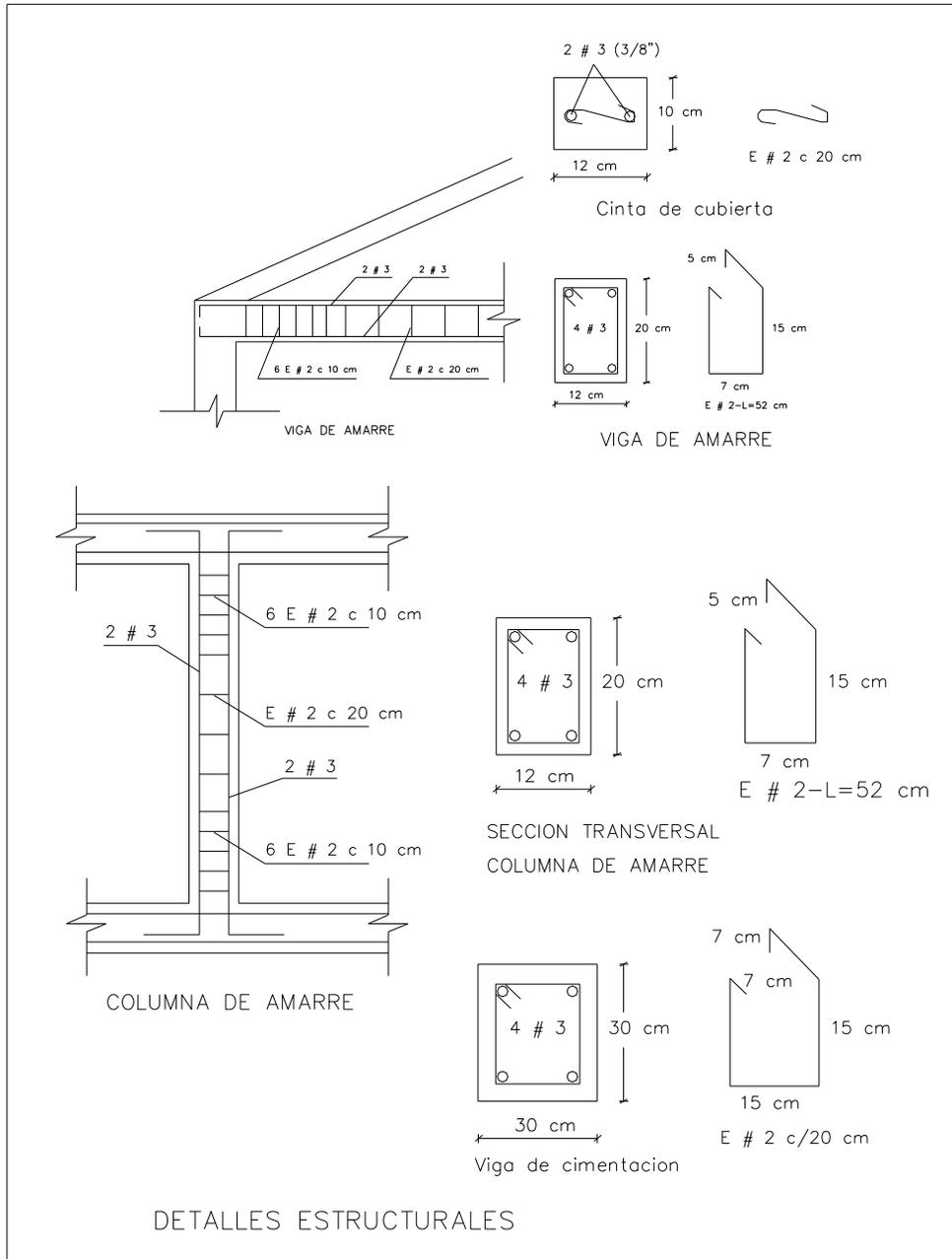
Diafragma Viga de amarre
Sin escala

El diafragma de la cinta de cubierta se muestra en la siguiente figura:



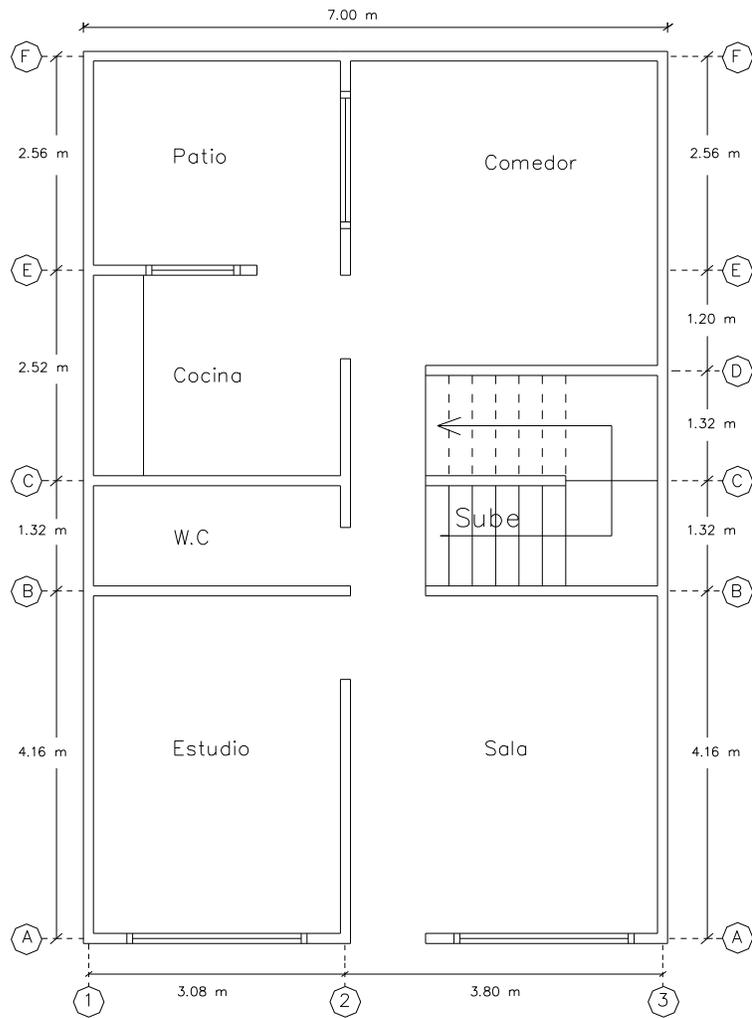
Diafragma Cinta de corona en cubierta
Sin escala

Los detalles estructurales se muestran en la siguiente figura:



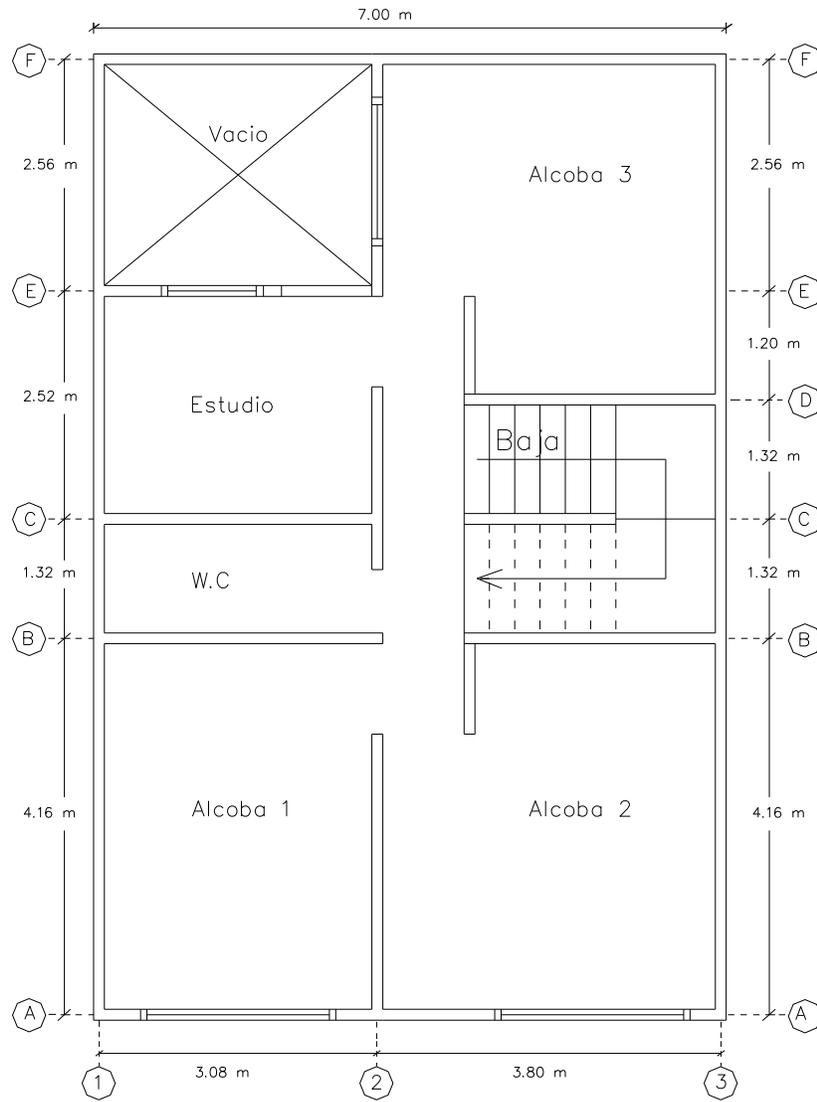
Ejemplo 1.2

En la figura se muestra una vivienda de dos pisos, localizada en una zona de amenaza sísmica alta. Diseñarla utilizando el sistema de muros confinados de acuerdo al título E de la NSR-10. Localizar las columnas de amarre y chequear la longitud de muros confinados en las dos direcciones. Dibujar los diafragmas y los elementos estructurales.



Planta 1 piso
Sin escala

La planta del segundo piso se muestra en la siguiente figura:



Planta 2 piso
Sin escala

1- Cimentación: se construirá una viga de cimentación de 30 cm x 30 cm, las vigas de cimentación formaran un anillo cerrado, el cual se denomina "Diafragma de cimentación".

2- Columnas de amarre: La separación de las columnas será de 35 veces el espesor del muro:

$$S = 35 \times 12 \text{ cm} = 420 \text{ cm}$$

Las columnas de amarre se separan cada 4.00 metros o menos.

3- Viga de amarre: Se fundirá una viga de amarre en todos los muros, formando un anillo cerrado, el cual se denomina "Diafragma de viga de amarre".

La separación entre amarres horizontales debe ser de 25 veces el espesor del muro:

$$S = 25 \times 12 \text{ cm} = 300 \text{ cm}$$

Lo anterior indica que la altura del muro no debe ser mayor de 3.0 metros.

4- Muros del primer piso: Serán en ladrillo tolete de 12 cm de espesor. La longitud de muros confinados para el primer piso se calcula con la fórmula:

$$L_{mc} = \frac{M_o * A_p}{t}$$

$$M_o = 21 \text{ (para Armenia)}$$

$$\text{Area de la cubierta} = 70 \text{ m}^2 * 2/3 = 46,66 \text{ m}^2 \text{ (cubierta liviana)}$$

$$\text{Area de la placa} = 76 \text{ m}^2$$

$$A_p = 46,66 + 76 \text{ m}^2 = 122,66 \text{ m}^2$$

$$t = 120 \text{ mm (espesor del muro).}$$

$$L_{mc} = \frac{21 * 122,66}{120} = 21,46 \text{ m}$$

5- Muros del segundo piso: Serán en ladrillo farol de 12 cm de espesor. La longitud de muros confinados para el segundo piso se calcula con la fórmula:

$$L_{mc} = \frac{M_o * A_p}{t}$$

$M_o = 21$ (para Armenia)

Area de la cubierta = 70 m^2

$A_p = 70 \text{ m}^2 * 2/3 = 46,66 \text{ m}^2$

$t = 120 \text{ mm}$ (espesor del muro).

$$L_{mc} = \frac{21 * 46,66}{120} = 8,16 \text{ m}$$

El chequeo de la longitud de muros para el primer piso, se muestra en el siguiente cuadro:

Sentido X:

Eje	Longitud (m)	L (%) < 50 %
A	0	0
B	0	0
C	5.76 m	31.30 %
D	3.08 m	16.74 %
E	2.68 m	14.56 %
F	0	0
G	6.88 m	37.39 %
Total:	18.40 m	100 %

La longitud de muros confinados no cumple en el primer piso, debido a que tiene 18.40 m y necesita 21,46 m.

Primer piso. Sentido Y:

Eje	Longitud (m)	L (%) < 50 %
1	10.80 m	40.60 %
2	5.0 m	18.79 %
3	10.8 m	40.60 %
Total:	26.6 m	100 %

La longitud de muros confinados cumple en el primer piso, debido a que tiene 26.6 m y necesita 21,46 m.

Segundo piso. Sentido X:

Eje	Longitud (m)	L (%) < 50 %
A	0	0
B	0	0
C	4.22 m	30.62 %
D	0	0
E	2.68 m	19.45 %
F	0	0
G	6.88 m	49.92 %
Total:	13.78 m	100%

La longitud de muros confinados cumple en el segundo piso, debido a que tiene 13.78 m y necesita 8,16 m.

Segundo piso. Sentido Y:

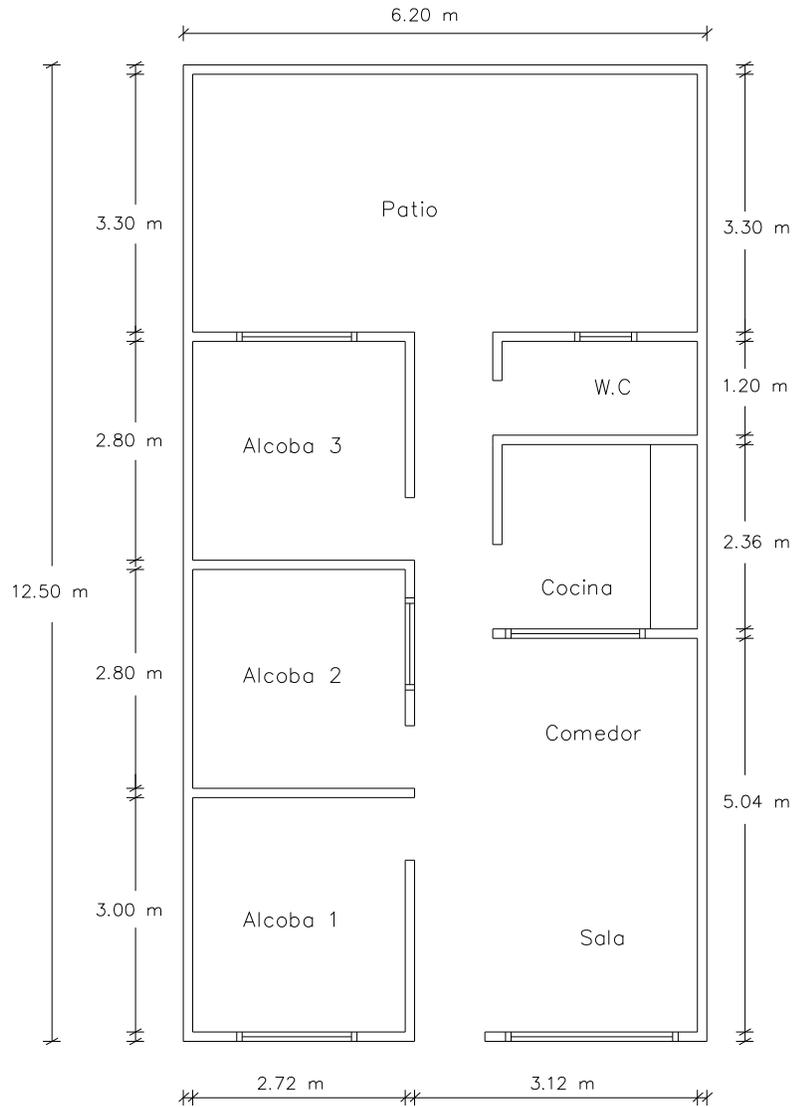
Eje	Longitud (m)	L (%) < 50 %
1	11.60 m	39.16 %
2	6.42 m	21.67 %
3	11.60 m	39.16 %
Total:	29.62 m	100 %

La longitud de muros cumple en el segundo piso, debido a que tiene 29.62 m de muros confinados y necesita 8,16 m.

En conclusión, la vivienda no se puede diseñar por el sistema de muros confinados (título E), debido a que no tiene suficientes muros confinados.

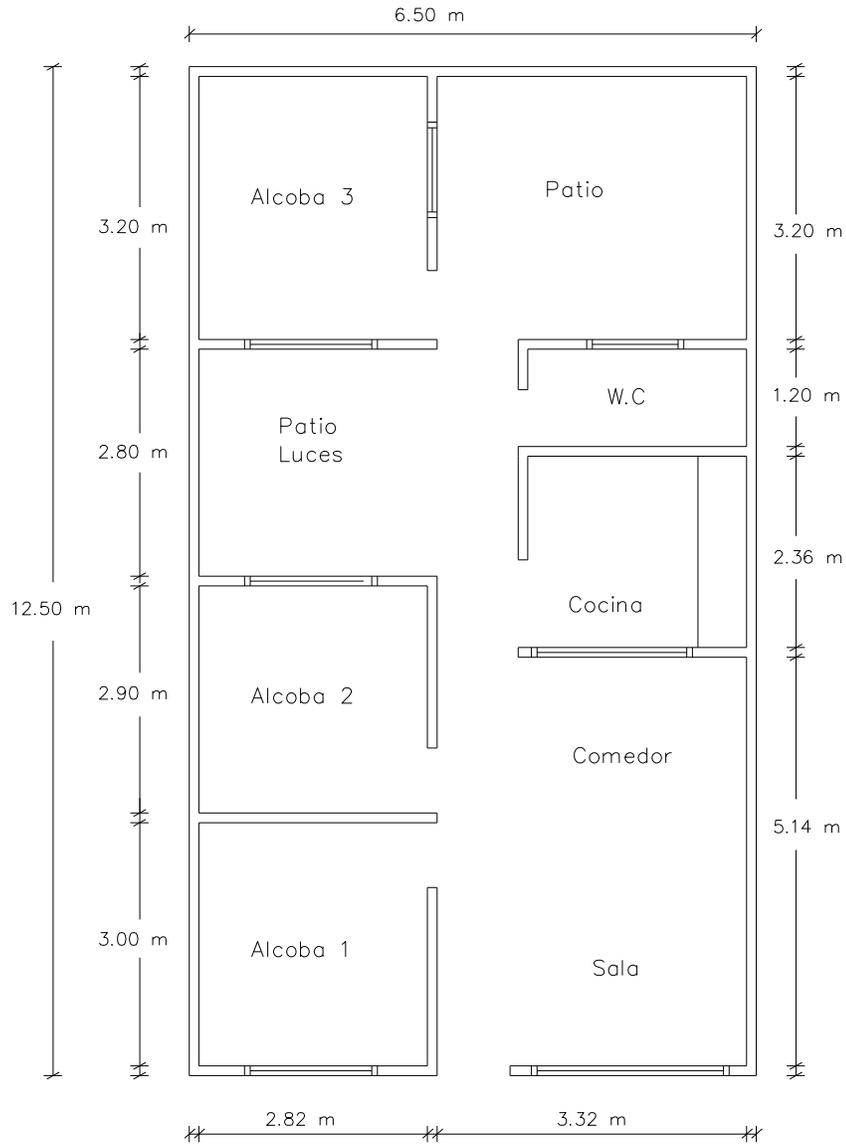
EJERCICIOS PROPUESTOS

1.1- En la figura se muestra la vista en planta de una vivienda de un piso, localizada en una zona de amenaza sísmica alta. Diseñarla utilizando el sistema de muros confinados, de acuerdo al título E de la NSR-10. Dibujar todos los diafragmas y los elementos estructurales.



Planta 1 piso
Sin escala

1.2- En la figura se muestra la vista en planta de una vivienda de un piso. Diseñarla utilizando el sistema de muros confinados, de acuerdo al título E de la NSR-10. Dibujar todos los diafragmas y los elementos estructurales.



Planta 1 piso
Sin escala

Bibliografía

NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. 12 edición. Mc Graw Hill. 1999

Norma Sismoresistente del 2010 (NSR-10)

ROCHEL, A. Roberto. Hormigón reforzado. Universidad EAFIT. 1998.

SEGURA, F. Jorge. Estructuras de concreto. Universidad Nacional de Colombia. 1999.