MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN
SISMORRESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA

Dirección de Investigación
Subdirección de Vulnerabilidad Estructural

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Rosa Icela Rodríguez Velázquez
Secretaria de Seguridad y Protección Ciudadana
Laura Velázquez Alzúa
Coordinadora Nacional de Protección Civil
Enrique Guevara Ortiz
Director General del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)

1ª edición, diciembre 2016
Versión electrónica, 2021
Ciudad de México

© SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA
Avenida Constituyentes 947, edificio B, planta alta
Colonia Belén de las Flores
Álvaro Obregón, C. P. 01110, Ciudad de México
Teléfono: 55 1103 6000
https://www.gob.mx/sspc

© CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
Av. Delfín Madrigal 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Coyoacán, C. P. 04360, Ciudad de México
Teléfono: 55 5424 6100
www.gob.mx/cenapred
Comentarios: editor@cenapred.unam.mx

© Autores
Salvador Barrios Benítez
Joel Aragón Cárdenas
Leonardo Flores Corona

ISBN: En trámite

Edición: Leonardo Flores Corona

Derechos reservados conforme a la ley

IMPRESO EN MÉXICO. PRINTED IN MEXICO
Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

Fotografía de portada: ARCHIGRAPHIC
http://archigrafick.blogspot.mx/2014/03/muros-cadenas-y-castillos.html

Contenido

Introducción
Objetivo
Clasificación de peligro sísmico

1. Diseño arquitectónico de la casa
1.1 Espacios mínimos y dimensiones
1.2 Ubicación de la vivienda en el terreno
1.3 Distribución de muros
1.4 Ejemplos de planos de casas

2. Preparación del terreno
2.1 Limpieza del terreno
2.2 Mejoramiento del terreno
2.3 Nivelación

3. Cimentación
3.1 Trazado de la cimentación
3.2 Cimentación a base de piedras naturales
3.3 Cimentación de concreto reforzado

4. Selección de los materiales
4.1 Piezas macizas
4.2 Piezas huecas
4.3 Acero de refuerzo
4.4 Concreto y mortero

5. Muros confinados con castillos y dalas
5.1 Armado de castillos
5.2 Armado de dalas
5.3 Confinamiento de puertas y ventanas
5.4 Muros largos

6. Muros con refuerzo interior
6.1 Armados de castillos interiores
6.2 Unión de muros
6.3 Relleno de piezas doble hueco
6.4 Confinamiento de puertas y ventanas

7. Losas de concreto reforzado

8. Preparación de mortero

9. Preparación de concreto

Bibliografía

Introducción

Ya que gran parte del territorio de México se ve afectado por los efectos de los sismos, y debido al grave problema que representa la autoconstrucción en nuestro país, es de vital importancia hacer consciente a la población acerca del riesgo que representa una mala estructuración y construcción de una casa, así como los graves problemas que habrían si ocurre de un sismo de gran magnitud ya que podría haber la pérdida de vidas humanas además del patrimonio de las familias mexicanas.

Objetivo

Este manual tiene como objetivo orientar a la población acerca de la manera adecuada para configurar y construir una vivienda segura y resistente a sismos, es decir: "**sismorresistente**", para casas de hasta dos niveles.

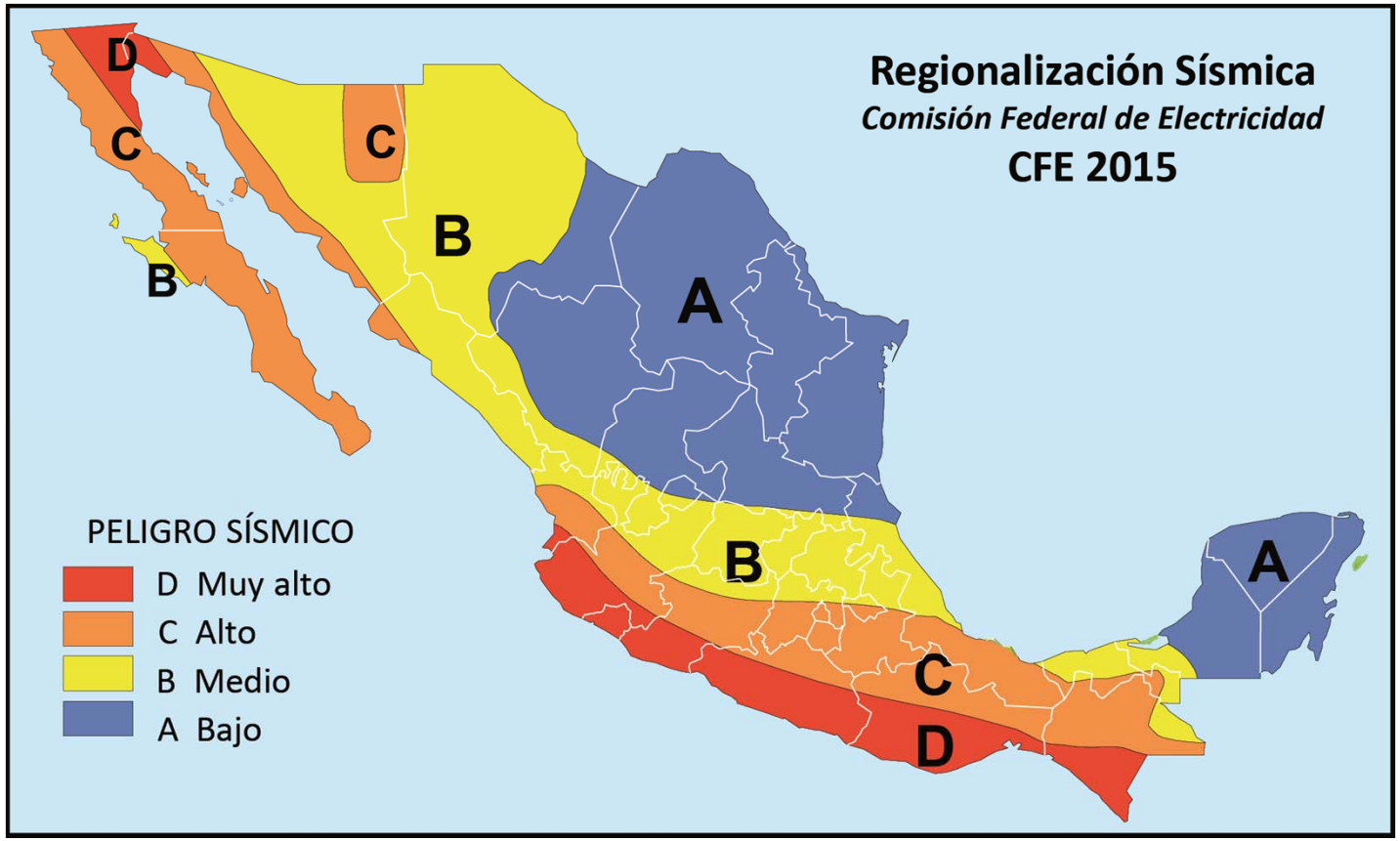
Se hace énfasis en la distribución adecuada de muros que son los que resistirán las cargas y el sismo, así como de las buenas prácticas constructivas para evitar errores a la hora de construir una vivienda, y con ello reducir el riesgo de pérdida de vidas.

Nota: El presente manual puede ser utilizado en zonas que carecen de reglamentos de construcción, sin embargo la aplicación de este manual no sustituye el cumplimiento de los mismos.

Clasificación de peligro sísmico

Identifica en el mapa la zona en donde está tu vivienda. Si no puedes ubicar tu localidad, pide a alguien de tu comunidad que te ayude.

Si está en zona de Muy Alto o Alto peligro sísmico (zona D o zona C), es necesario hacer más resistente la casa con las medidas que se señalan en este manual.



1. Diseño arquitectónico de la casa

Es indispensable tener una buena planificación sobre la distribución de los espacios para dar funcionalidad a la vivienda.

1.1 Dibujos y planos de una casa

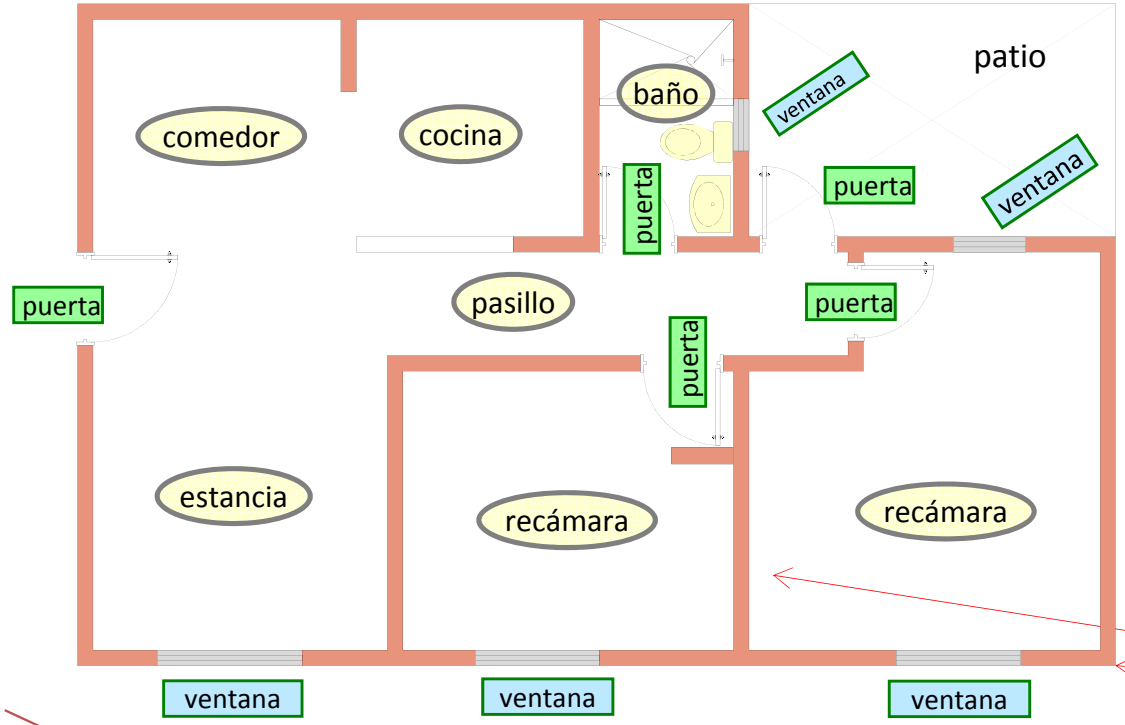
Para la construcción de una casa hay que preparar primero unos planos que son dibujos de cómo va a quedar construida, donde se muestran los muros o paredes, las distintas habitaciones de la casa (recámara, cocina, baño, etc.). En ellos se deben marcar sus dimensiones para que el haga su trabajo con precisión.

Para poder dibujar el plano de una casa nos imaginamos cómo se vería si le quitáramos el techo.

Se deben dibujar los muros desde arriba, pero hay que mostrar las puertas y marcar dónde van las ventanas.

Se dibuja así:

Plano: dibujo de casa vista desde arriba

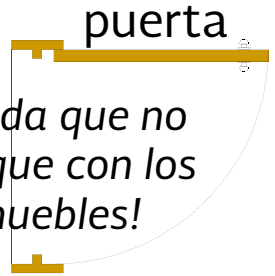


Muros vistos desde arriba

Identifica las partes de la casa:

Se cortan los muros donde van las puertas y se dibuja un rectángulo con dos rayas en la posición de las ventanas.

La puerta abierta se pone con una línea curva (un arco de círculo).



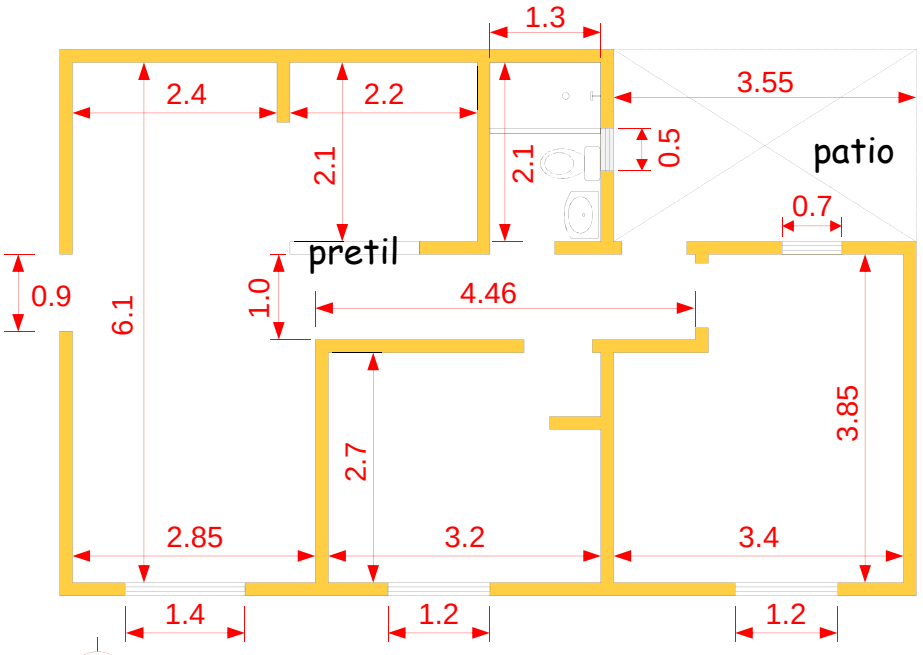
¡Cuida que no choque con los muebles!

Planos con tamaño de habitaciones

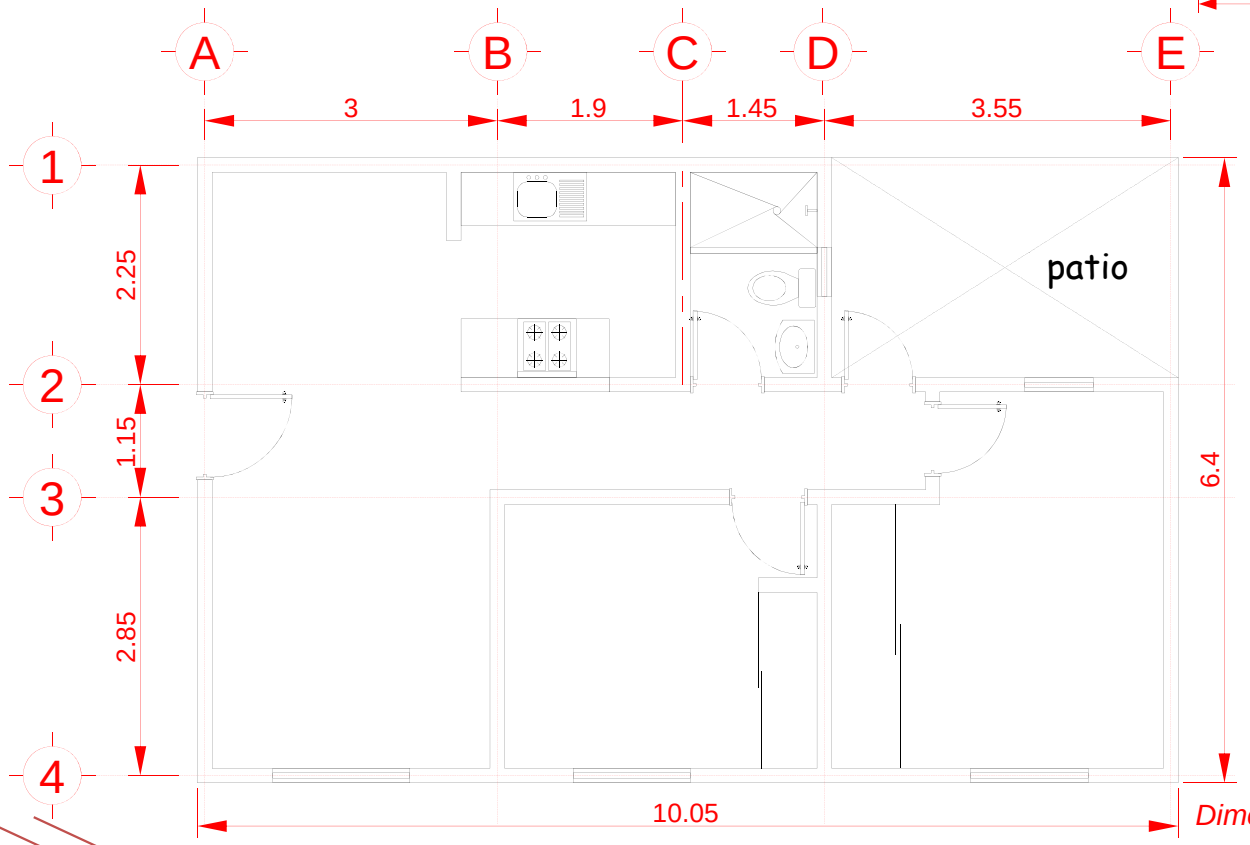
En el dibujo del plano se debe tomar en cuenta el ancho del muro (si no sabes cuánto: usa 15 cm), y el tamaño de puertas y pasillos:

- Puertas de 90 cm (mínimo 70 cm en baños)
- Pasillo y escalera mínimo 1 m
- Las ventanas normales son de 1.2 m.

(A este esquema se le llama "Vista en Planta", o solo: **PLANTA***)*



Las medidas están marcadas en metros



Dimensiones en metros

Los arquitectos o ingenieros hacen planos con medidas y marcan EJES o líneas que pasan al centro de los muros.

Se señalan los ejes con números (1, 2, 3) y letras (A, B, C) en un círculo y se anota la distancia entre ellos.

(Las medidas se señalan con líneas con punta de flecha)

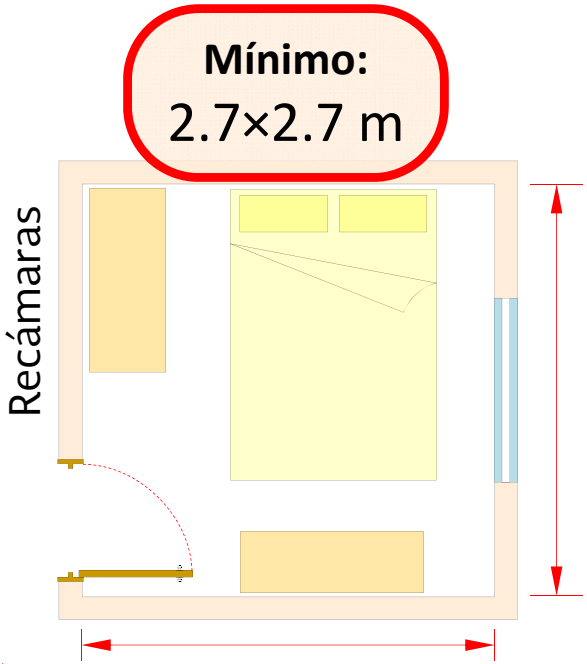
Espacios básicos y dimensiones mínimas

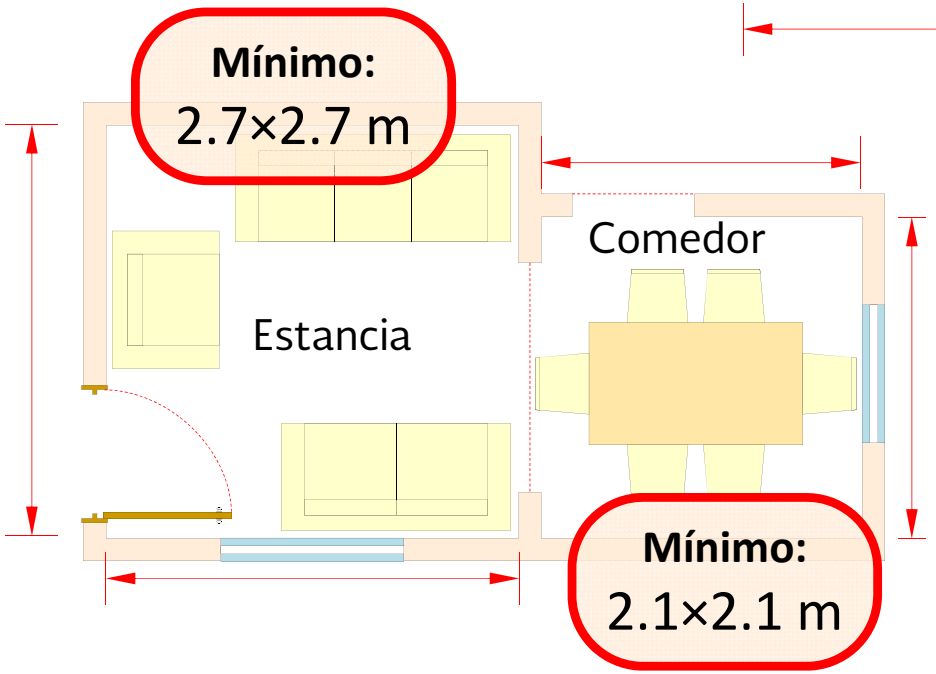
Hay muchas clasificaciones de vivienda. La vivienda "económica" es aquella de treinta metros cuadrados, por ejemplo de 6×5=30 m², con una sola habitación de uso múltiple (de estar, comer, dormir) con un baño y zona para cocinar.

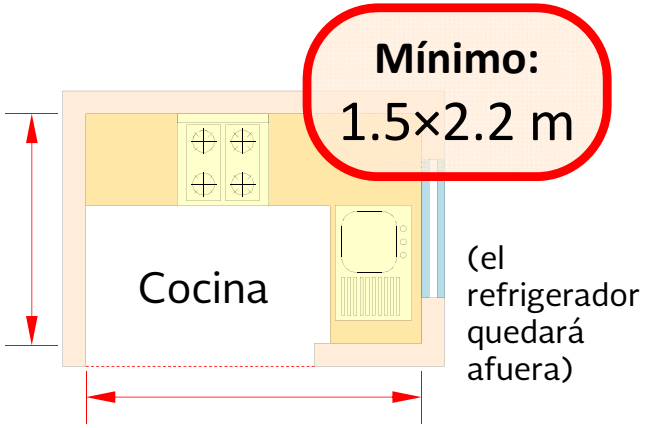
Vivienda popular

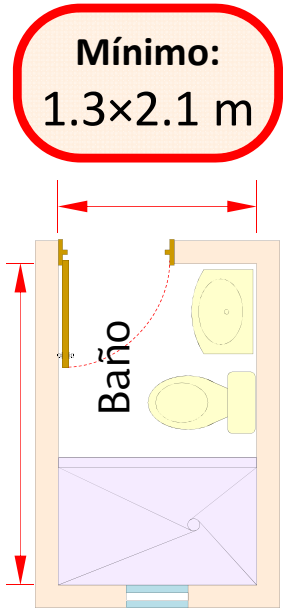
La vivienda popular sería de más de 42 m², con baño, cocina, estancia-comedor, y una o dos recámaras. Las dimensiones mínimas para que quepan muebles son:

(Las puertas al abrir no deben chocar con los muebles)









Vistas en **PLANTA**

Por supuesto el número de recámaras, número de baños y los tamaños de cada área dependerán del espacio total del que se disponga y del presupuesto ya que entre más grandes resulta más costoso, pero habrá más espacio y comodidad.

Las medidas anteriores son las mínimas pero mientras más grandes ¡es mejor! Por ejemplo, sería bueno hacer recámaras de 3×3.5 m para tener closet, baños de 2×3 m, cocina y estancia lo más grande posible (4×4 m o más).

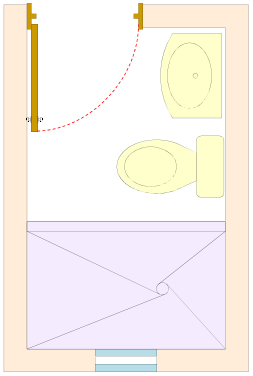
Acomodo de espacios

Hay algunas reglas sencillas, pero lo más recomendable es copiar planos de buenos diseños de viviendas o que un arquitecto te ayude a dibujar los planos con medidas.

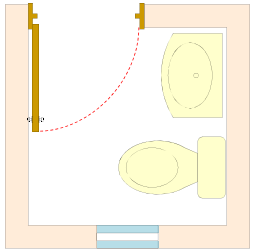
Las reglas serán:

1) Contar con al menos un baño, una recámara, una cocina, y una estancia-comedor.
2) Las dimensiones serán las mínimas o un poco más grandes.
3) El baño tendrá excusado, lavabo y regadera (mínimo: 1×0.8 m).
4) Un medio baño tendrá excusado y lavabo.
5) Que TODAS las habitaciones tengan ventana al exterior o a un patio.
6) Para pasar a una recámara NO se debe pasar por otra recámara. Lo mejor es que desde la estancia se llegue a todas las recámaras, cocina y baño.
7) Si se pueden tener dos baños con regadera, uno puede estar en la recámara principal (baño privado, por lo general para papá y mamá).
8) Si es casa de dos pisos es muy importante ubicar la escalera y que esté bien diseñada.

Baño



Medio baño



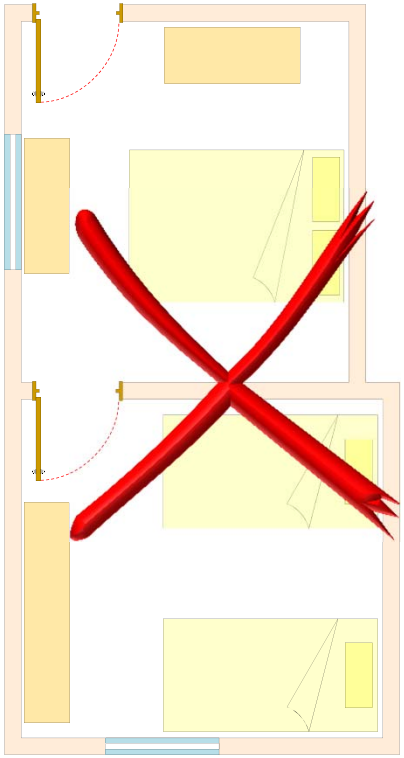
Excusado
(0.7×1.3 m)

Lavabo
(0.7×1.3 m)

Al menos un baño con regadera,
(Mínimo 1×0.8 m)

Para pasar a una recámara NUNCA se debe pasar por otra recámara.

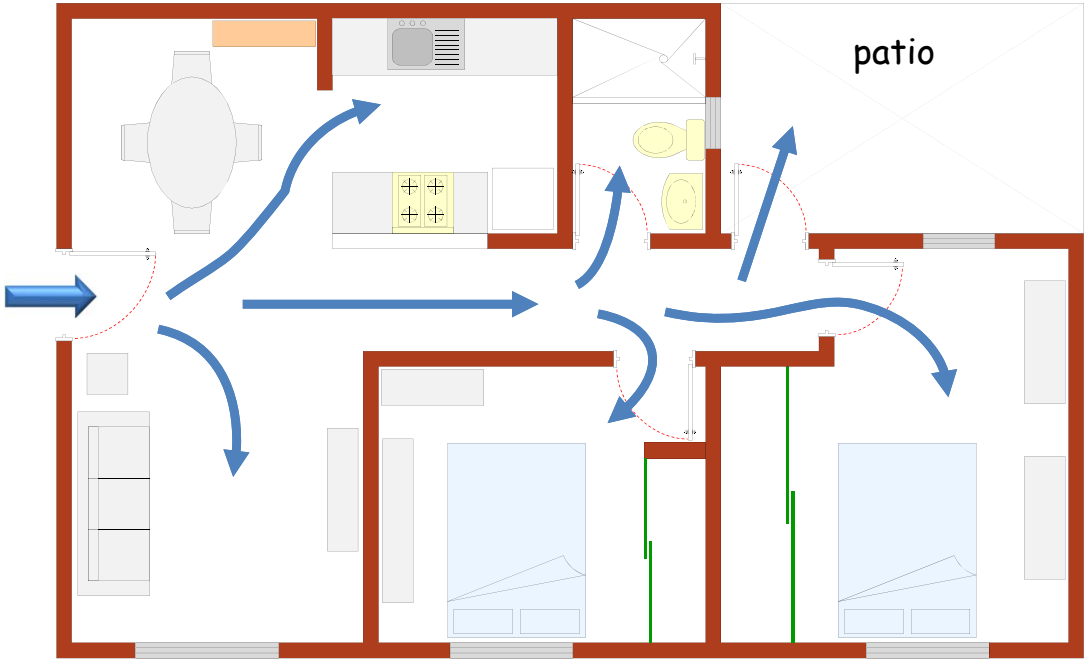
NO



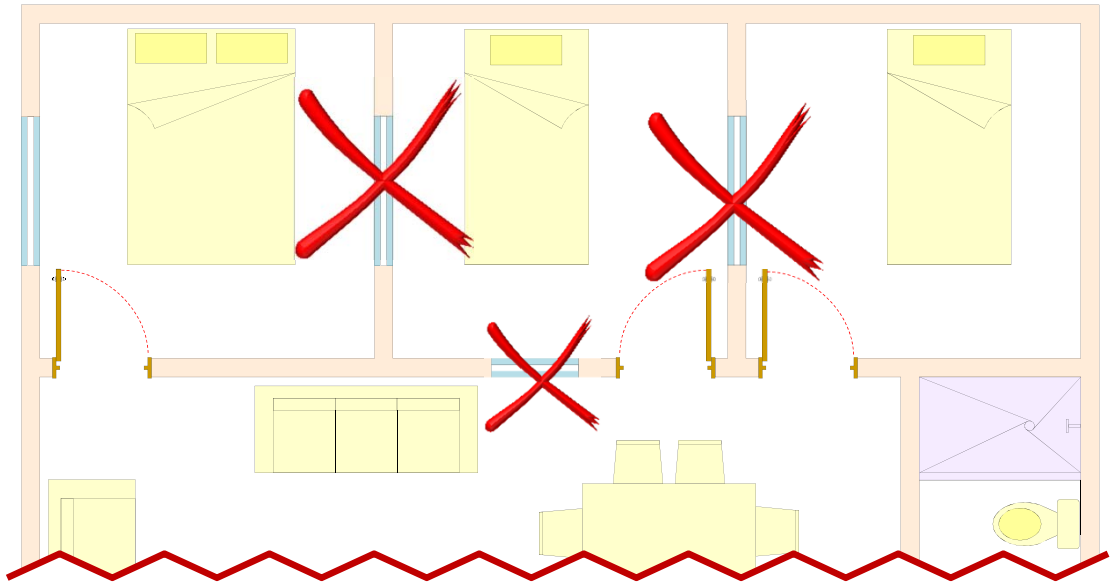
PLANTA

De la estancia se debe llegar directo a las recámaras, cocina, y al baño general

Sí



NUNCA debe ventilarse una habitación con ventanas a otro cuarto, o a la cocina, ni a la estancia ni a pasillos.



DEBEN tener ventanas al exterior: a la calle o a patios (patio de ventilación).

NO PONER ventanas hacia el terreno del vecino.

Si no hay otra solución se debe crear un patio y en él se logra la iluminación natural y la ventilación.

En vivienda de uno o dos pisos el patio debe tener mínimo 2.1 m de lado (2.1×2.1)

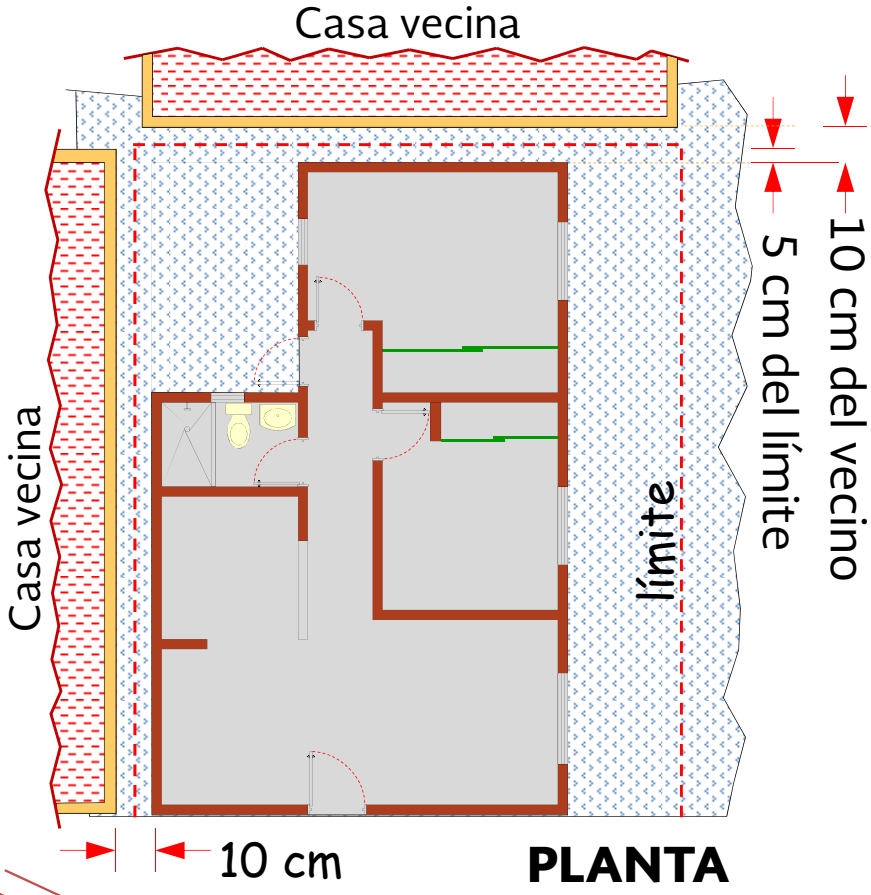
Sólo los armarios (closet), alacenas y bodegas no necesitan tener ventanas.

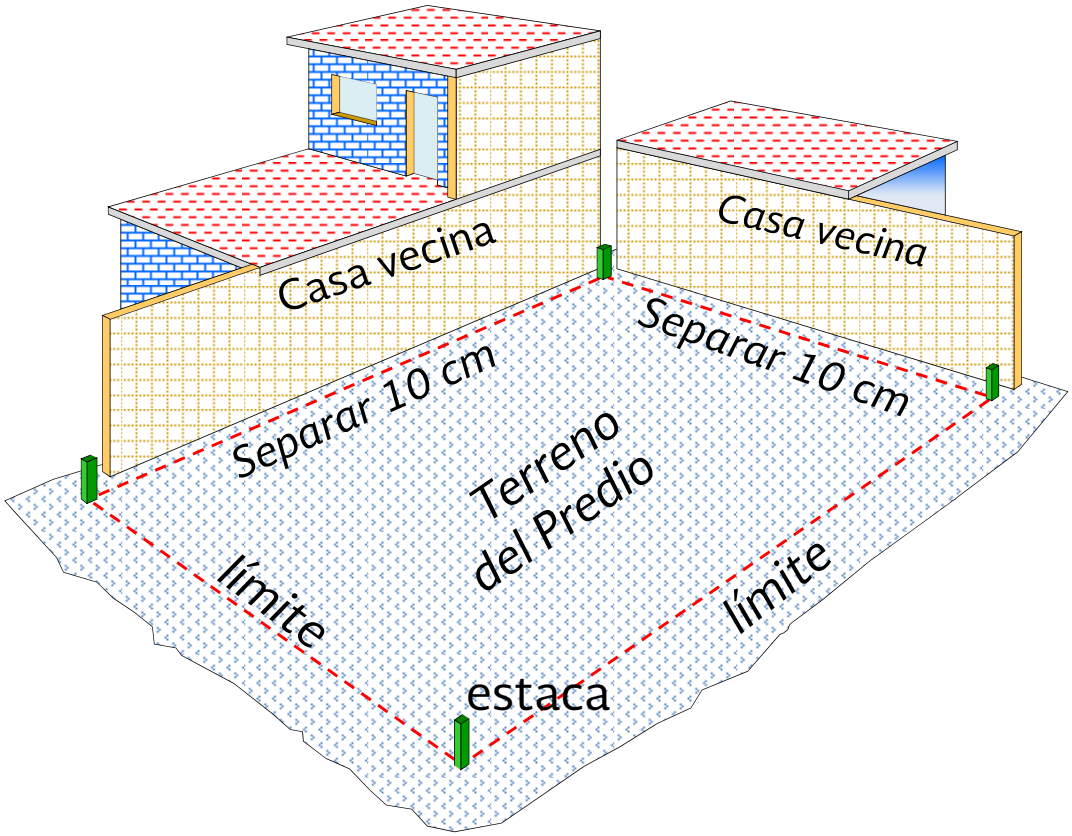
Se acepta que el baño no tenga ventana **si se pone un extractor de aire** (aunque lo mejor es que tenga ventana).

1.2 Ubicación de la vivienda en el terreno

Es importantísimo que la delimitación del terreno sea exacta, si no podría haber problemas con los vecinos. Es necesario que un ingeniero, arquitecto o un experto te ayude a definir con precisión tu terreno. Se puede marcar con estacas en las esquinas.

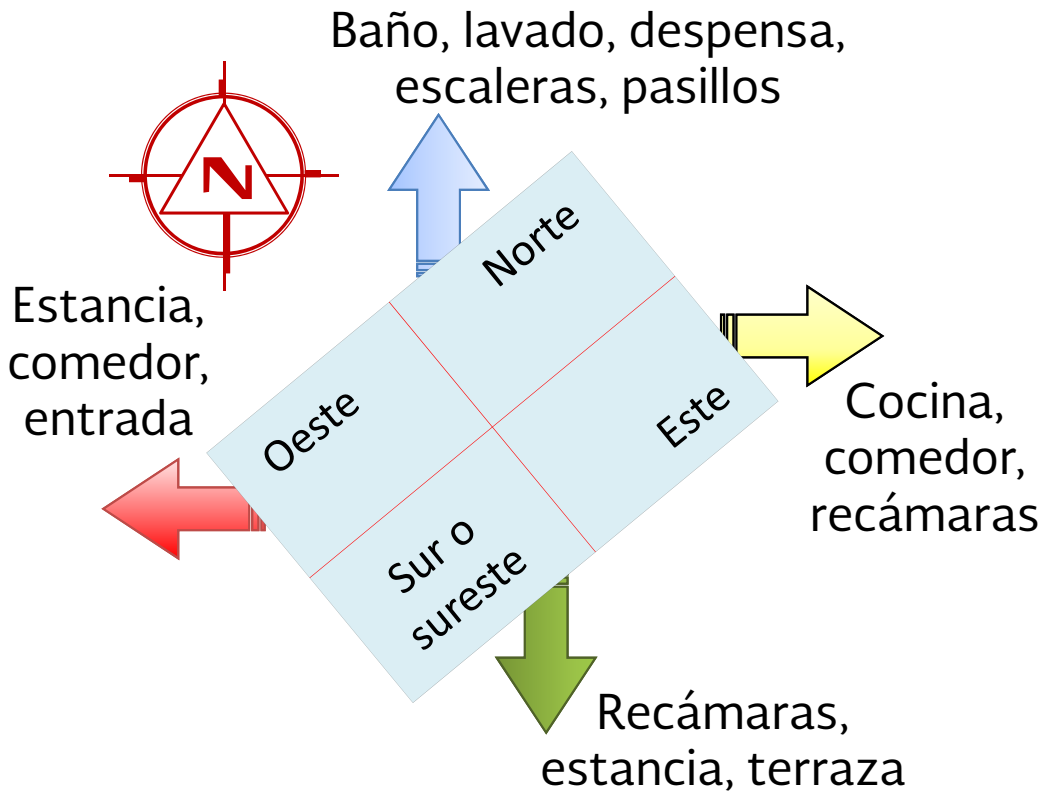
El tamaño de la construcción debe hacerse considerando que tu casa debe tener una separación mínima de 10 cm con las paredes del vecino o 5 cm respecto a la línea límite del terreno. Además, cada casa debe tener sus propias paredes.



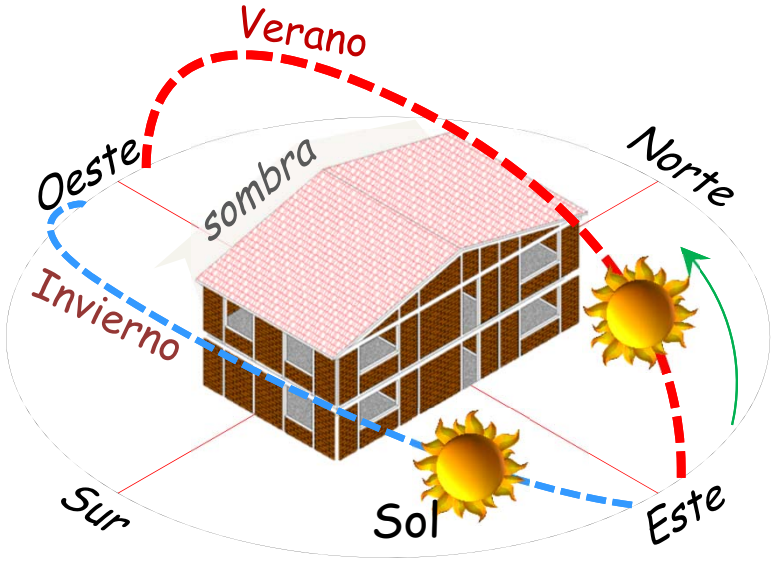


Mejor orientación respecto al sol

Tiene gran ventaja ubicar y orientar la vivienda de acuerdo con la salida del sol, esto para tener mejor temperatura en las recámaras, frescas en verano y tibias en invierno, y una buena ventilación e iluminación.

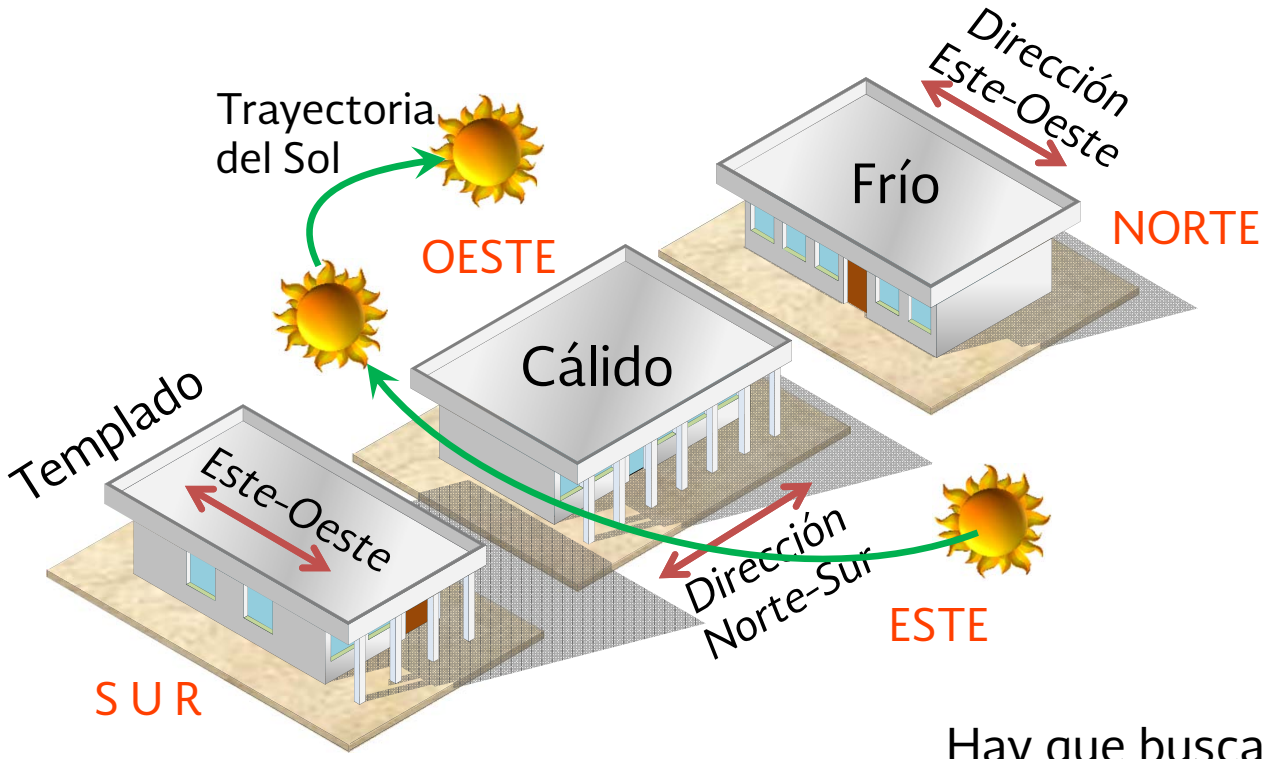


El sol sale por el Este y, en nuestro país, recorre el cielo inclinado hacia el Sur; por lo tanto la fachada Sur es la mejor iluminada todo el año.



La mejor zona para recámaras es el Sur o al Sureste. En cambio hay que evitar recámaras al Norte ya que serían frías. Es mejor poner servicios al Norte como baños, escaleras, bodegas, etc.

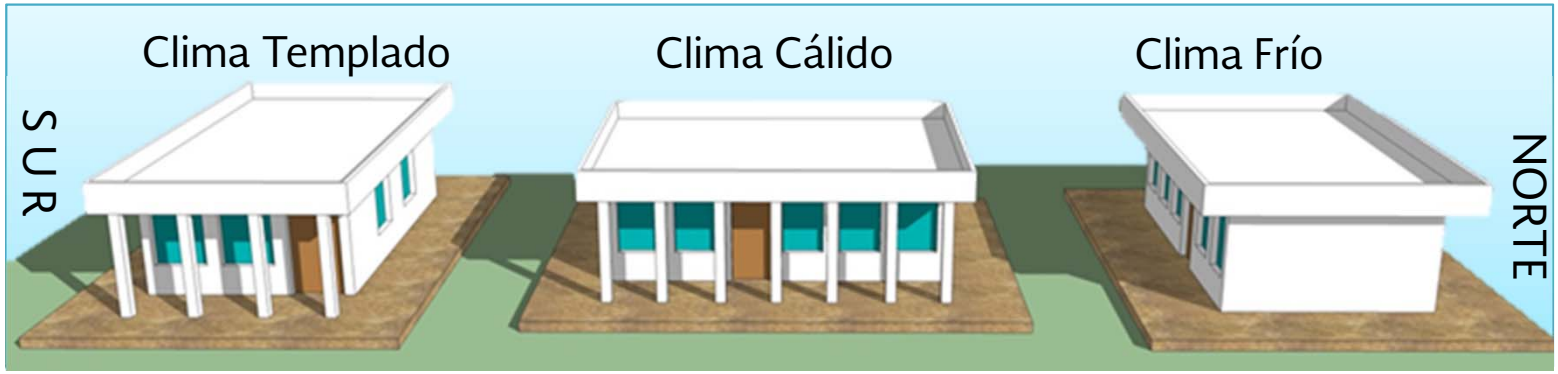
Si la casa es alargada se recomienda orientar el lado largo en dirección Este-Oeste en climas fríos o templados, y para climas cálidos orientar la casa Norte-Sur.



En climas cálidos conviene hacer sombra en la fachada Sur, por ejemplo con la losa que sobresalga como "marquesina", balcones o techo de un "porche".

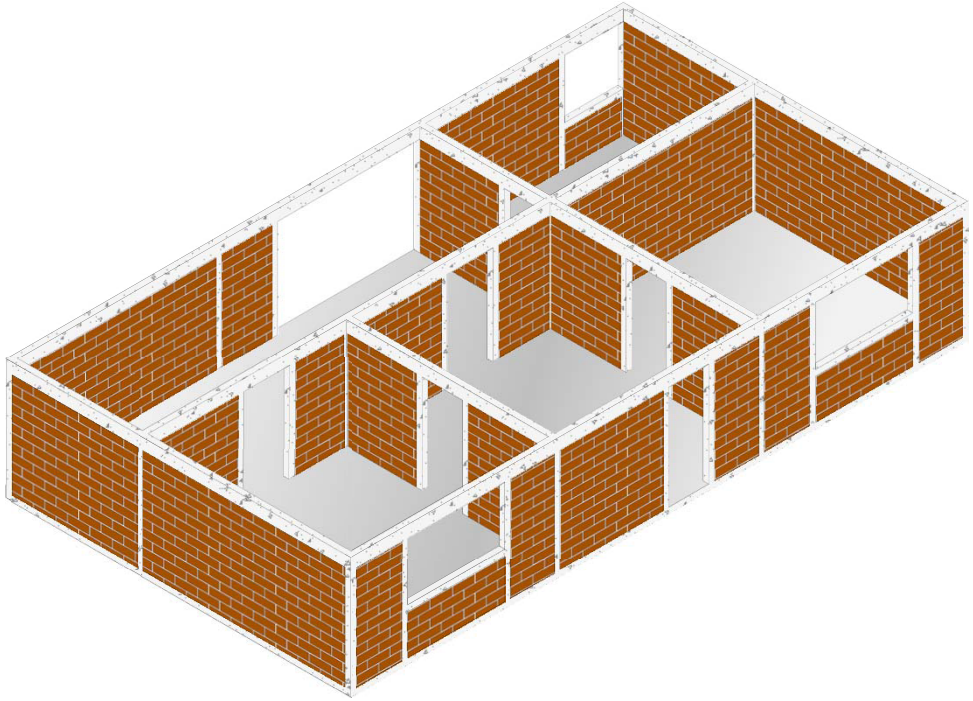
En clima frío es mejor tener pocas ventanas al Norte.

Hay que buscar el flujo del viento para poner ventanas que ventilen bien en climas calurosos.



1.3 Distribución correcta de muros

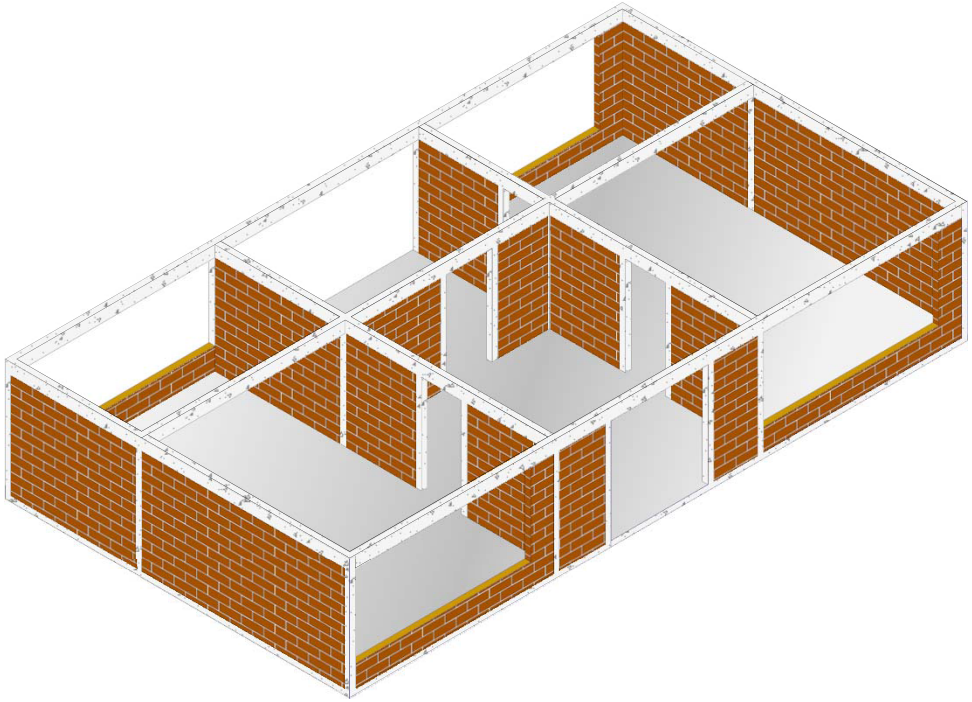
La forma correcta de construir una vivienda es tener suficiente cantidad de muros a lo largo y a lo ancho de la construcción, ya que cuando se presente el sismo estos muros serán los que resistan las fuerzas sísmicas.



Construcción SEGURA:
Hay suficiente densidad de muros en dos direcciones

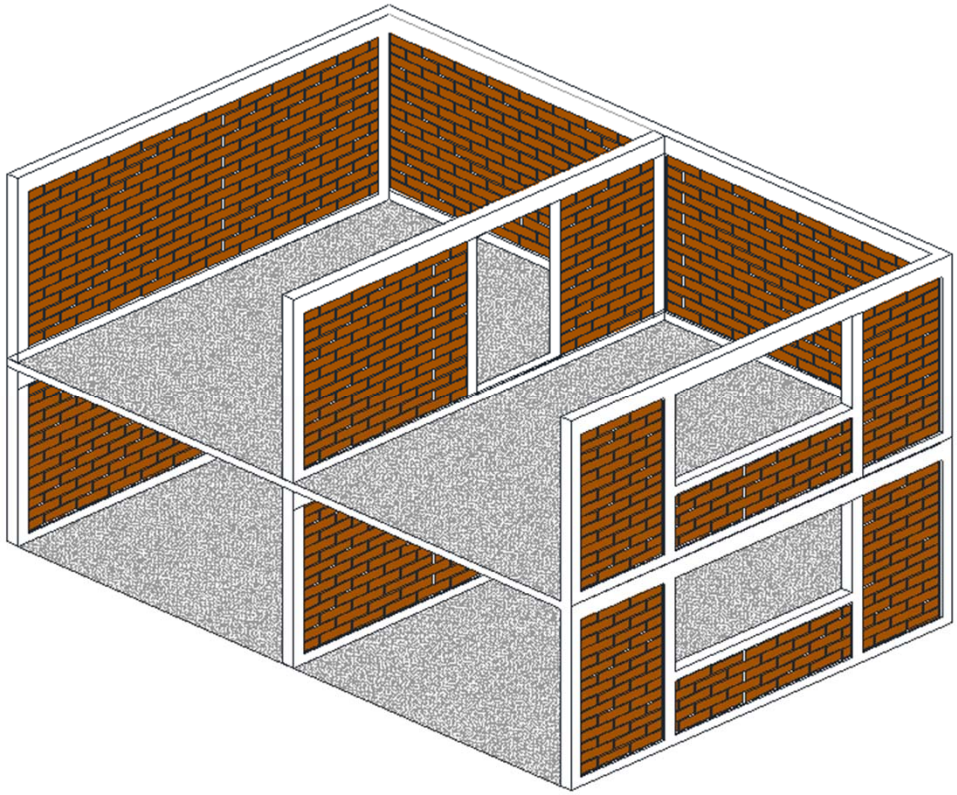
Forma incorrecta de construir:

la falta de muros en una dirección vuelve vulnerable a la vivienda en ese sentido cuando ocurra un sismo, ¡y tiene riesgo de **colapsarse**!



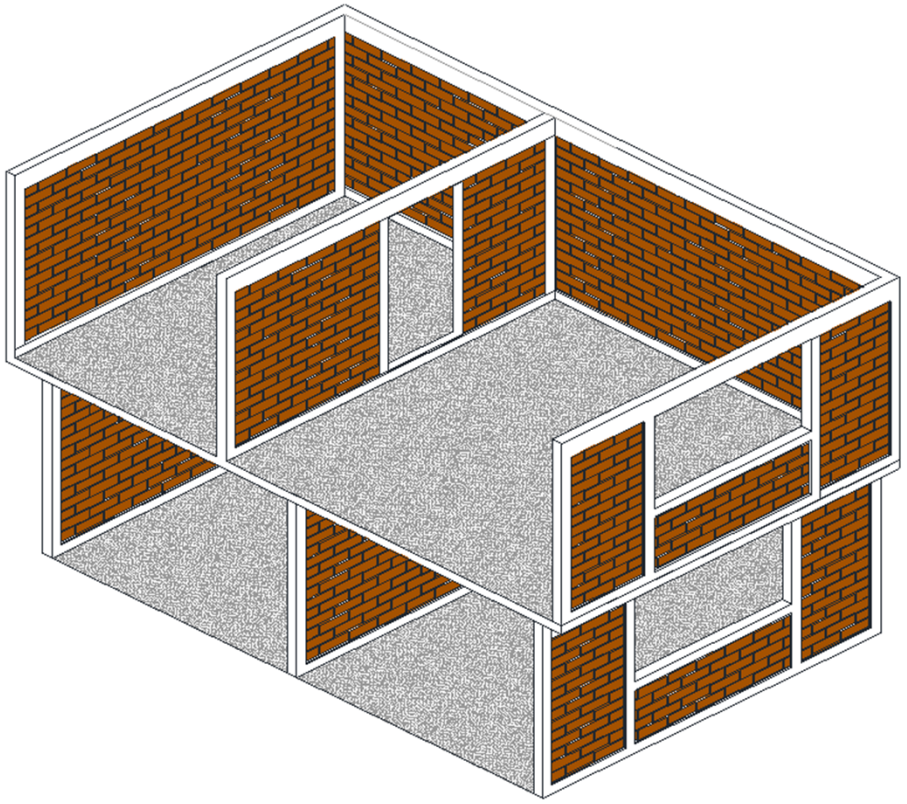
INSEGURA:
No hay suficientes muros en uno de los sentidos

Forma correcta de construir una vivienda: todos sus muros de la parte superior deben descansar sobre los muros inferiores, es decir deben ser muros continuos, (los muros de arriba deben apoyarse en los muros de abajo).

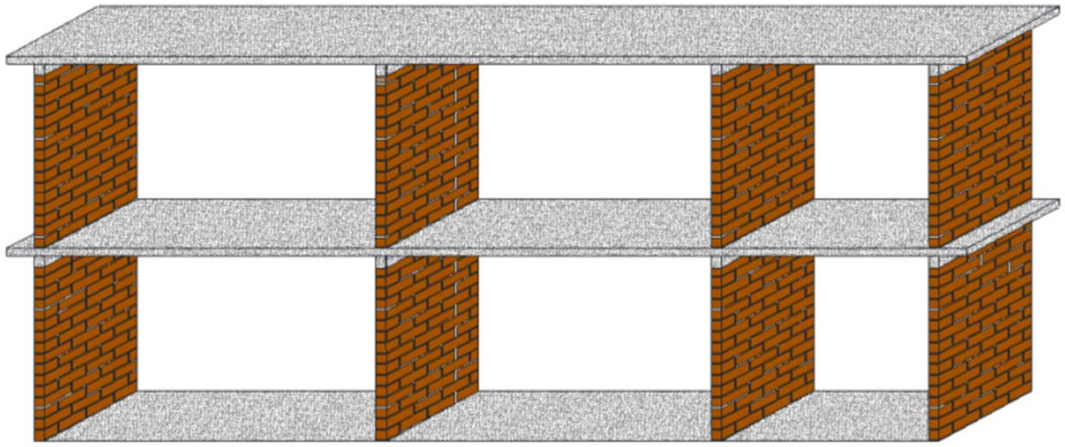


Ubicación correcta de muros de segundo nivel (sobre los de primer nivel)

Forma incorrecta de construir los muros de una vivienda: si los muros de la parte superior no descansan sobre muros del piso de abajo, y además quedan volados hacia afuera de la casa, la vivienda corre más riesgo de sufrir daños graves.

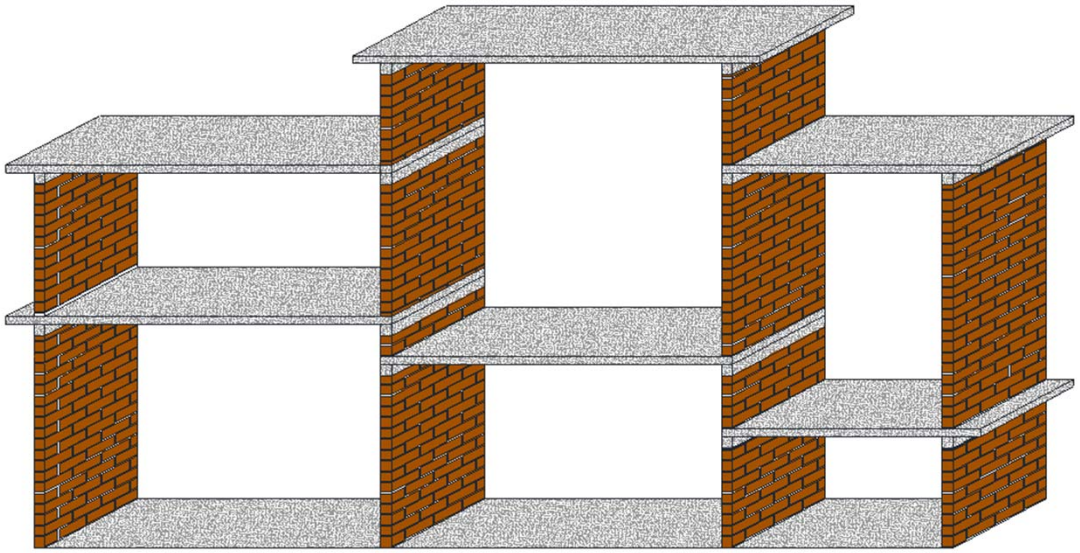


Ubicación incorrecta de muros de segundo nivel (no descansan sobre los de primer nivel)

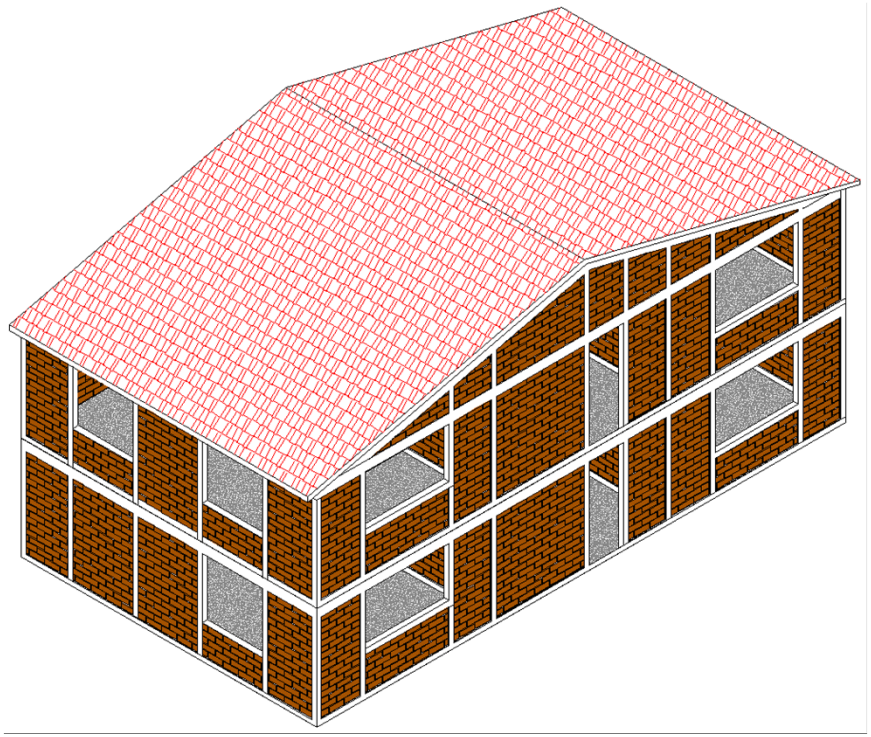


Forma correcta de construir las losas en una vivienda: la losa debe ser continua, debe tener el mismo espesor, el mismo ancho, largo y no debe tener huecos mayores al 20 % del área total.

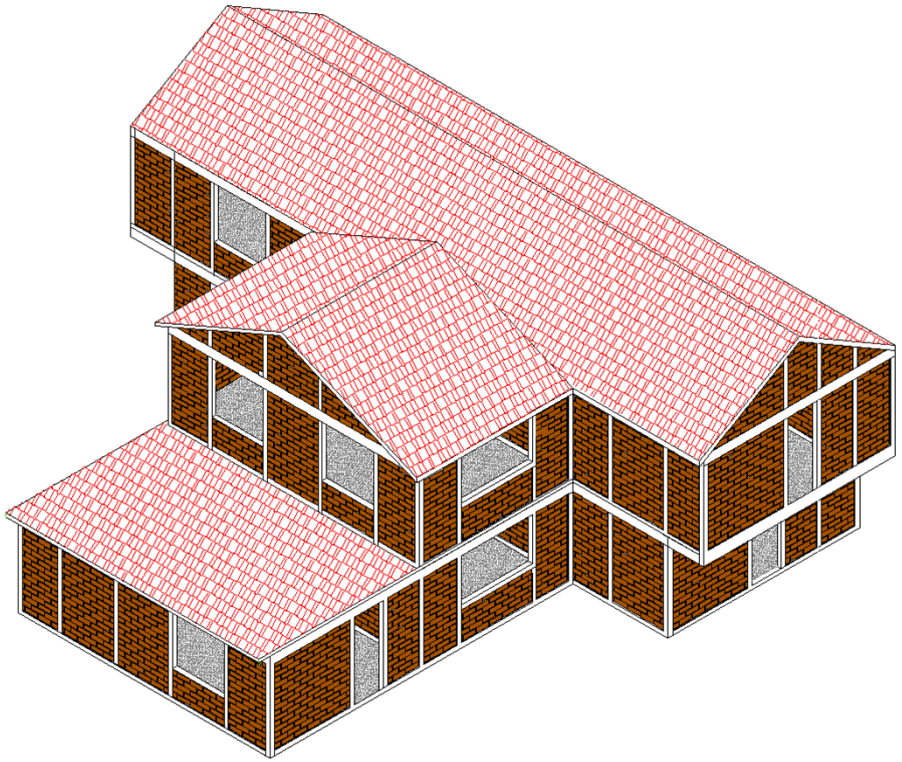
Forma incorrecta de construir las losas en una vivienda: las losas no deben estar a diferentes niveles, ya que esto vuelve vulnerable a la vivienda ante la incidencia de un sismo.

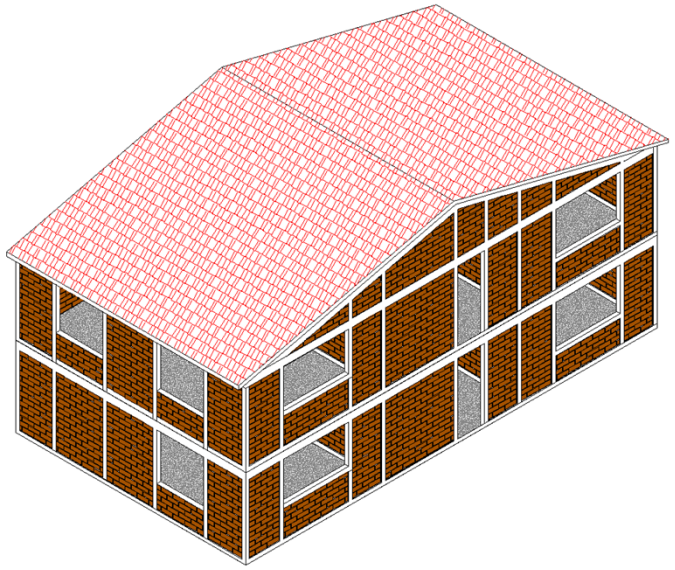


Forma correcta de construir una vivienda, debe ser regular en altura, no debe tener ampliaciones o reducciones de los niveles superiores.



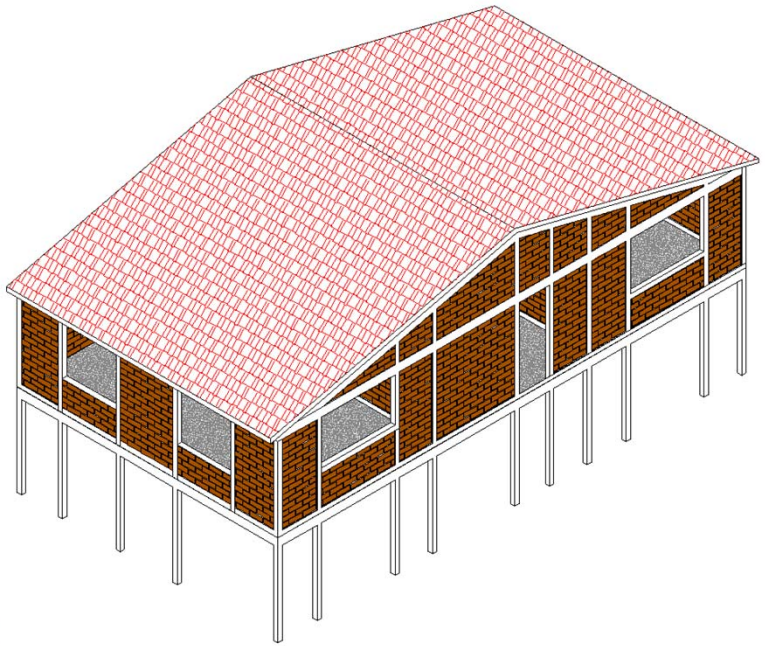
Forma incorrecta de construir los muros de una vivienda, ya que las entrantes o salientes son muy pronunciadas (mayores al 20%) la vivienda se vuelve vulnerable ante la incidencia de un sismo, así como reducciones y ampliaciones bruscas del nivel superior.



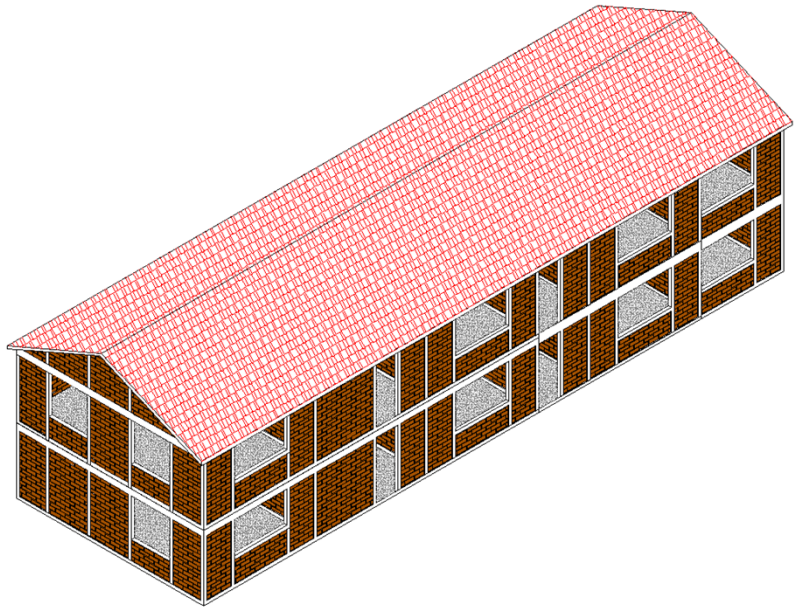


Forma correcta de construir una vivienda ya que los muros de segundo nivel están soportados por un muro en el nivel inferior, es decir son continuos y llegan a la cimentación. No es muy alargada.

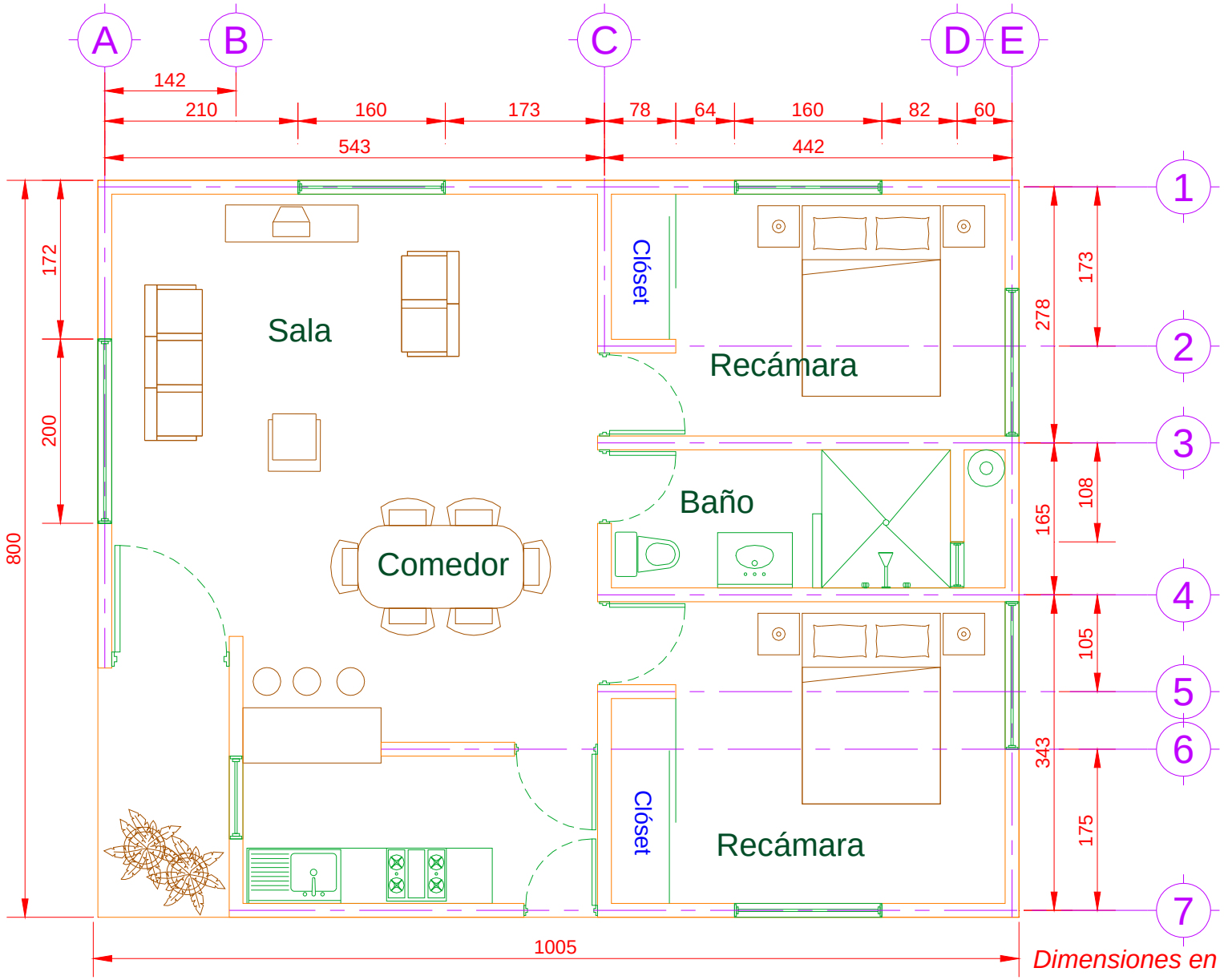
Incorrecta: está soportada sobre castillos o columnas y arriba hay muros de mampostería, esto la vuelve vulnerable ante la incidencia de un sismo.



Incorrecta: al ser una estructura muy larga se vuelve vulnerable ante la incidencia de un sismo.

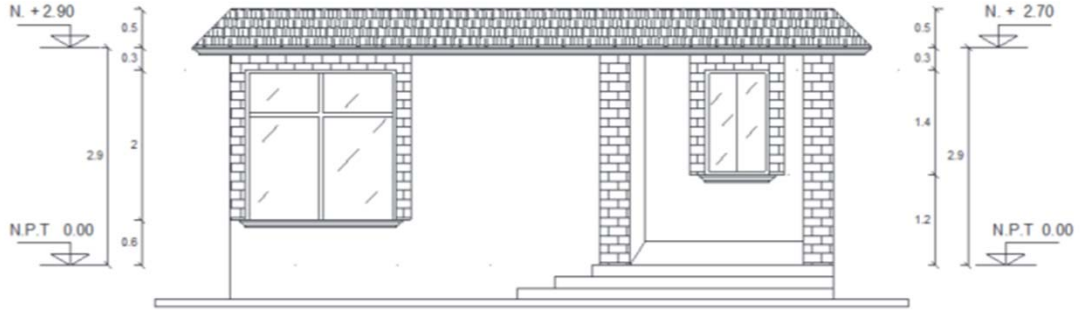


1.4 Ejemplos de planos de casas

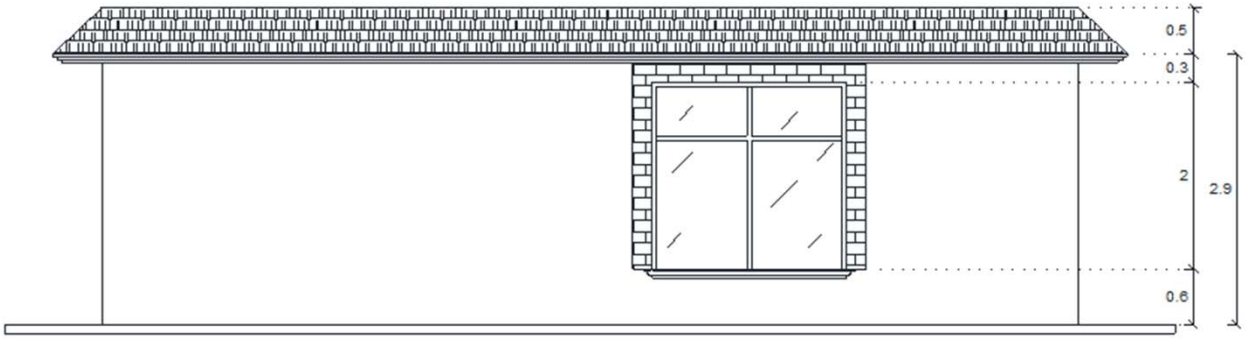


PLANTA

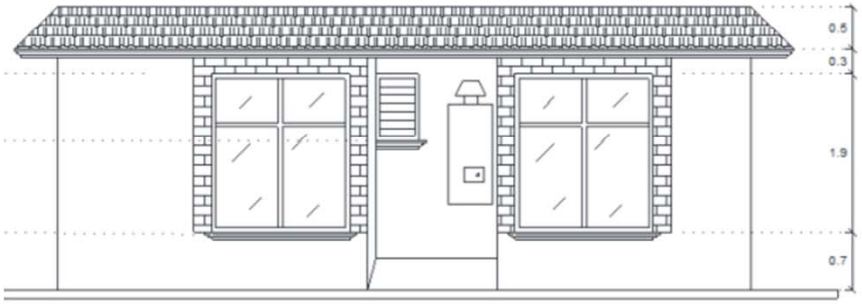
Prototipo de vivienda de un nivel con dos recamaras un baño sala comedor y cocina



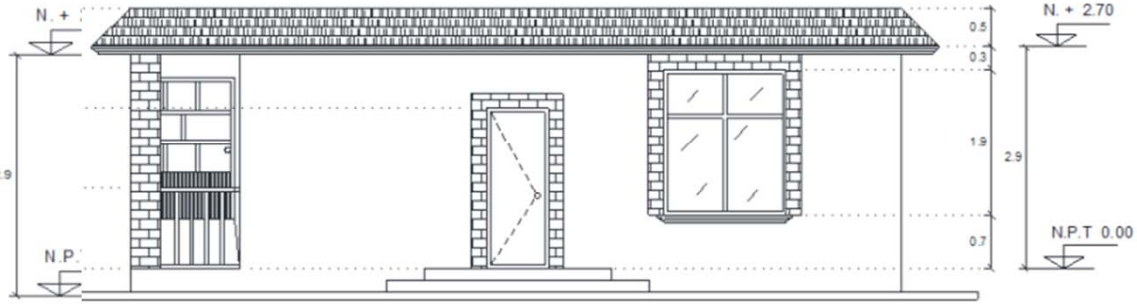
Fachada principal



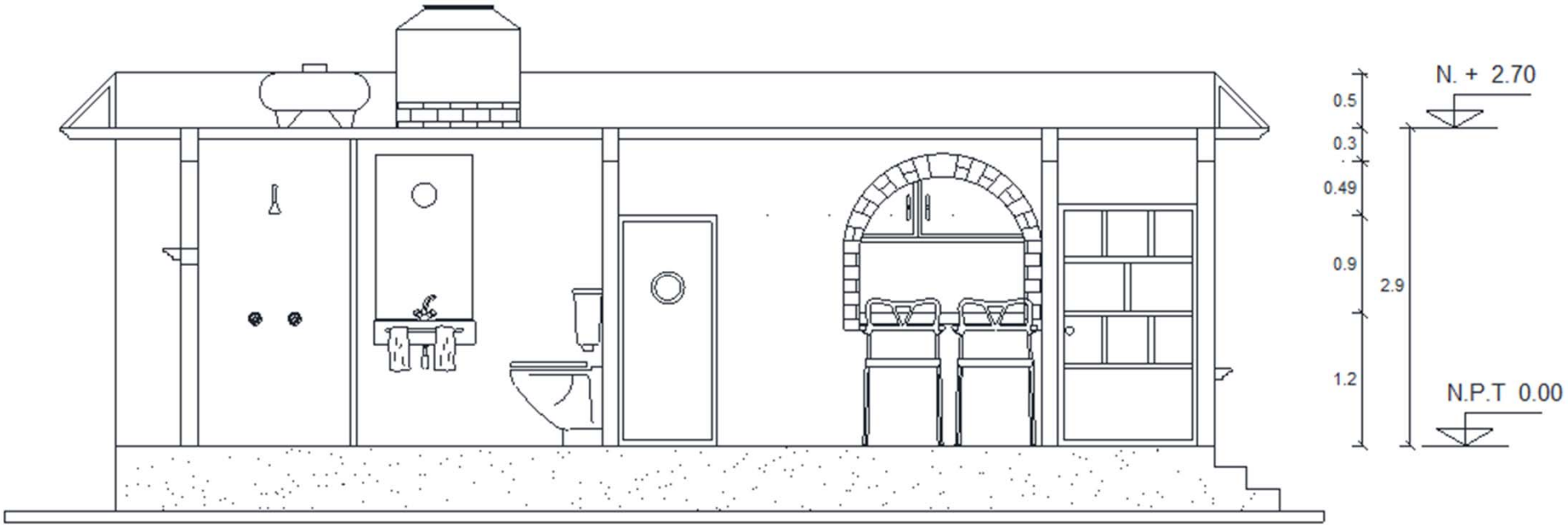
Fachada lateral Izquierda



Fachada posterior

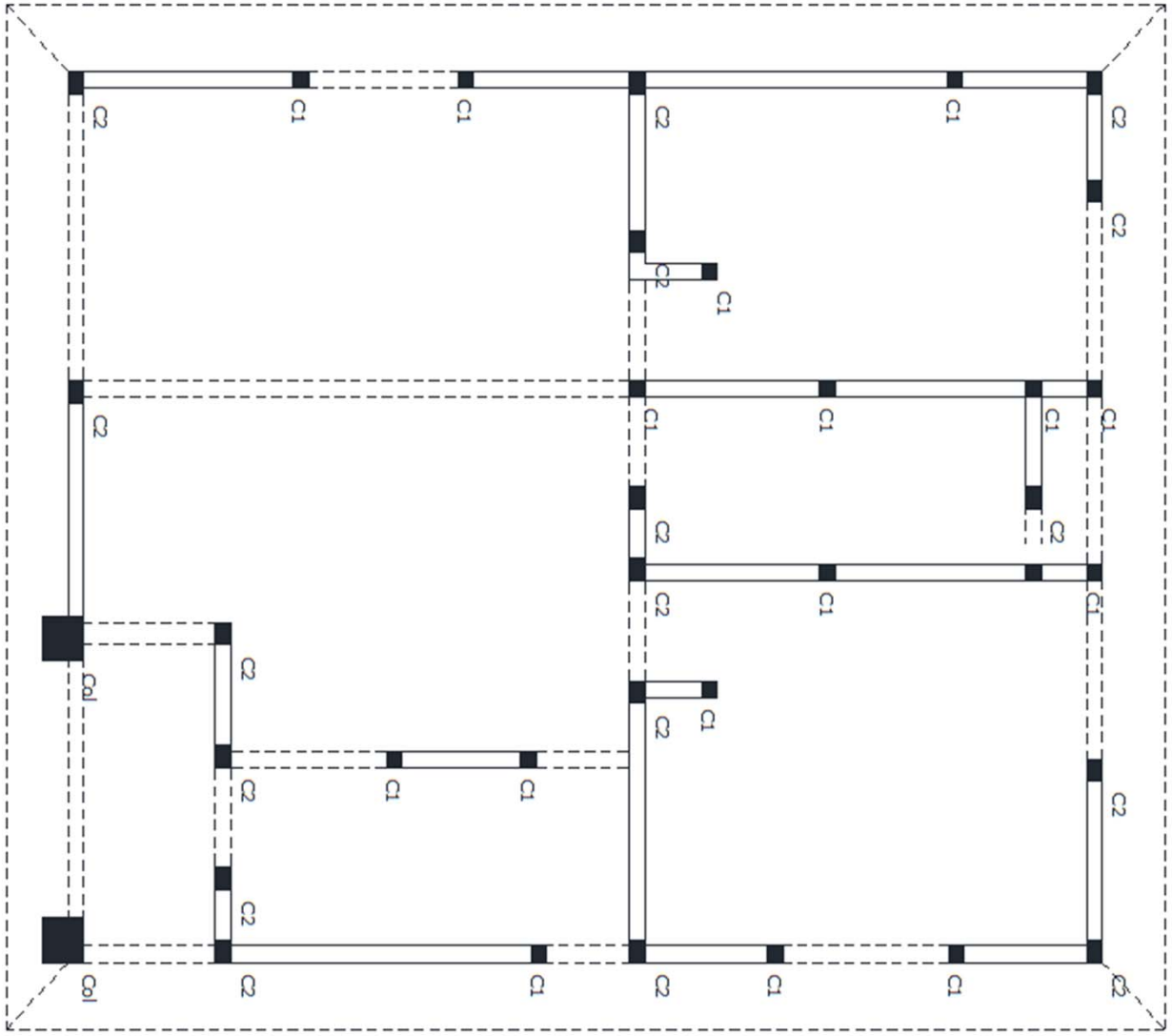


Fachada lateral derecha



Corte longitudinal

Ubicación de los castillos en la vivienda, se colocan en cruce de muros, en uniones, en esquinas, cuando son muy largos (más de 4 metros) y alrededor de puertas y ventanas

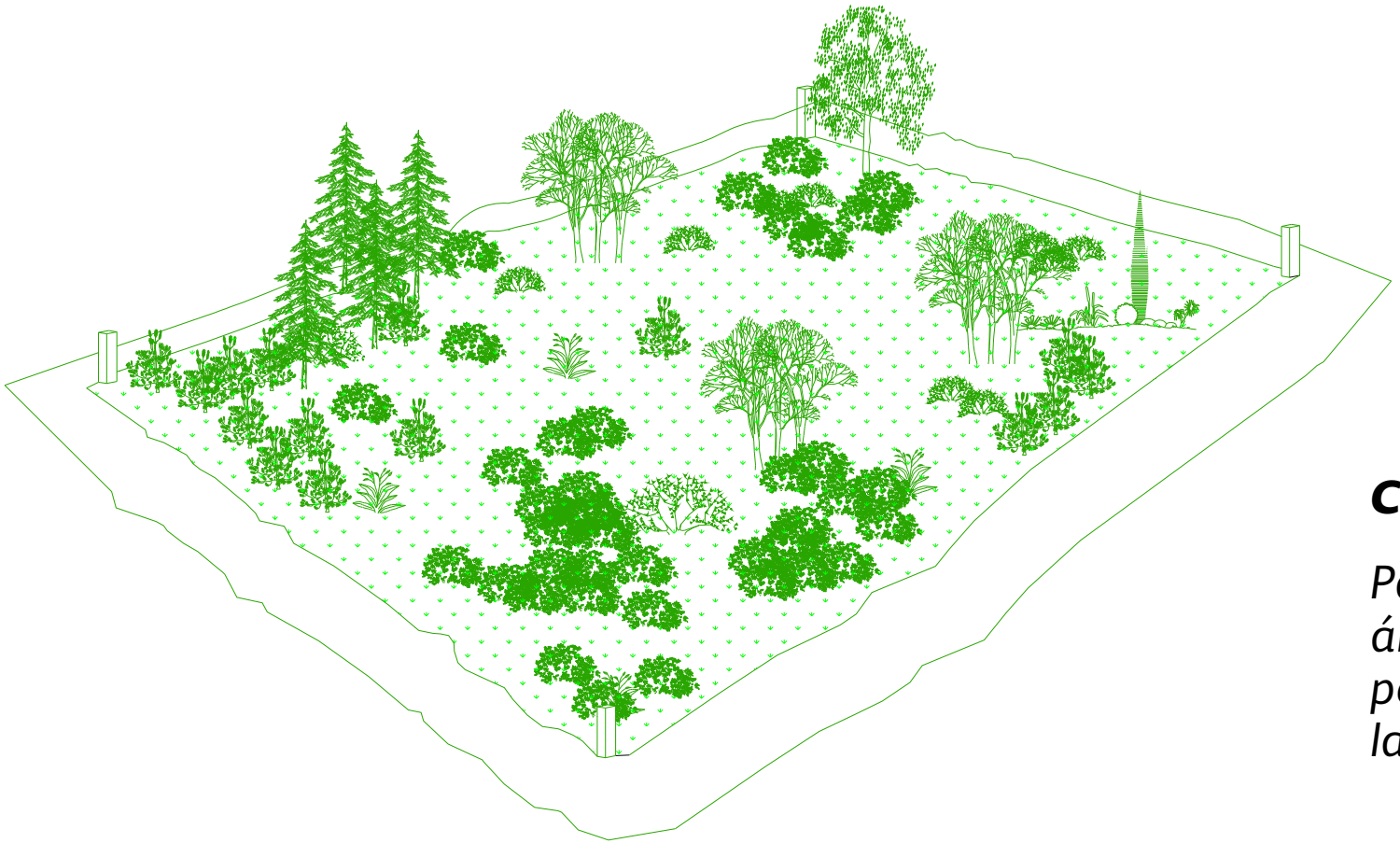


Ubicación de los castillos en la cimentación

2. Preparación del terreno

2.1 Limpieza del terreno

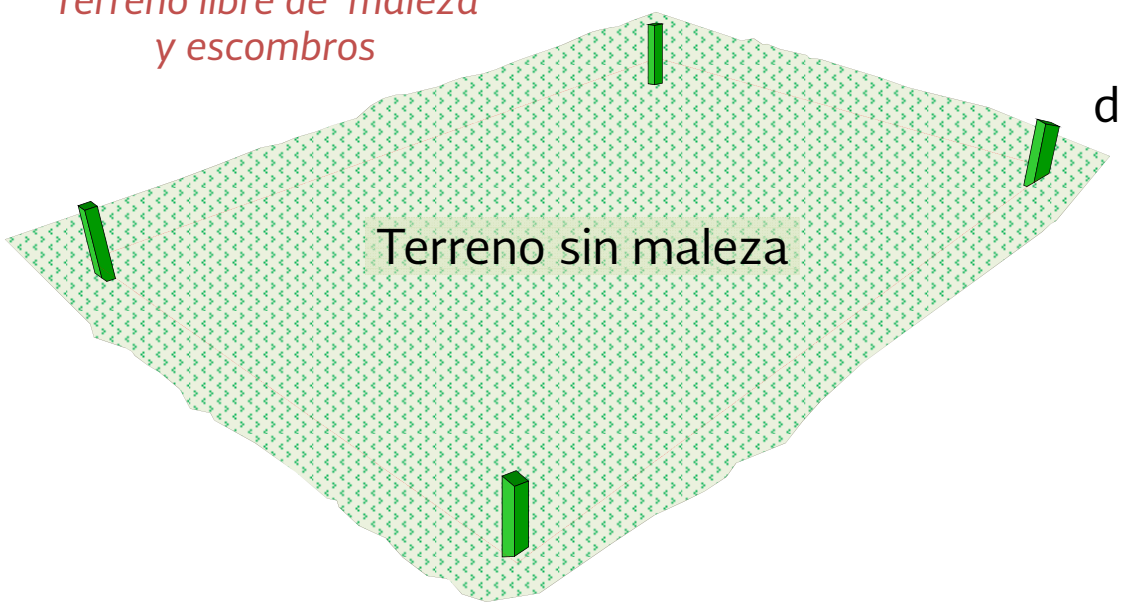
Es necesario ubicar el lugar donde quedará definitivamente la vivienda en el predio que se tiene destinado para su construcción; si el terreno es grande se recomienda situar la vivienda en la parte central. Antes de comenzar a construir es necesario hacer una limpieza del terreno y retirar todo tipo de escombros, rocas, plantas y maleza. Sólo si es indispensable se cortarían árboles y se extrae su raíz.



Cuidado:

Para cortar árboles ¡debes pedir permiso a las autoridades!

Terreno libre de maleza y escombros

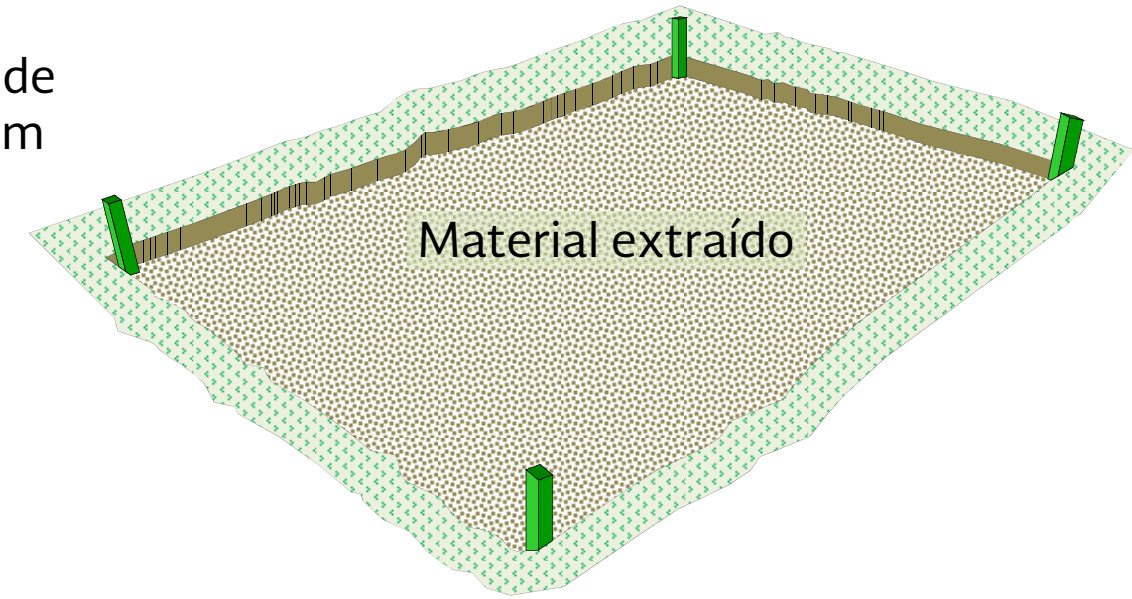


Es deseable que el lugar donde quedará la vivienda quede separado de los vecinos, ya que de esta manera se evitarán problemas como el choque de las casas durante un sismo, o el daño si la casa del vecino se hunde.

Si la vivienda está en la parte central del predio se podrá tener una mejor iluminación y ventilación natural con ventanas alrededor.

Extracción del material

Se debe retirar en su totalidad la capa de tierra vegetal (aproximadamente 50 cm de profundidad), ya que si la vivienda es construida sobre ésta puede tener problemas de hundimientos y produciría grietas en los muros.



2.2 Mejoramiento del terreno

Si al terminar de excavar se encontró un terreno muy blando (como suelo lodoso donde se nos hunden los pies) entonces se deberá mejorar el suelo:

a) compactar el fondo de la excavación con un pisón;

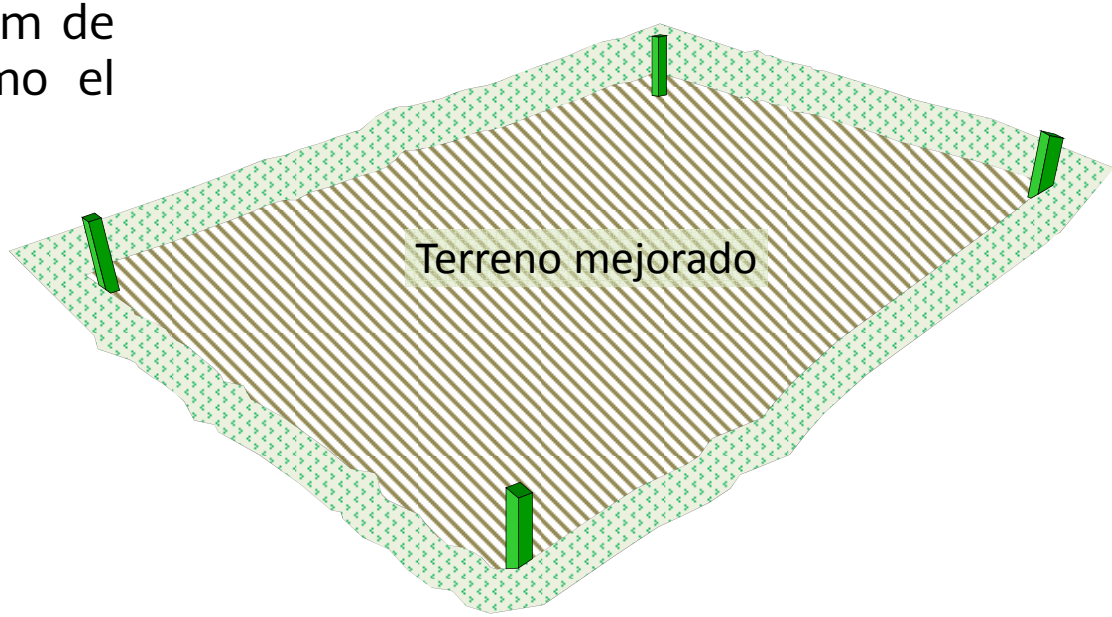
b) agregar una capa de 20 cm de grava o tezontle y arena, compactándola de forma manual con el pisón o con una compactadora;

c) finalmente colocar capas de 15 cm de suelo arenoso (no arcilloso) como el “tepetate” y compactar.

2.3 Nivelación

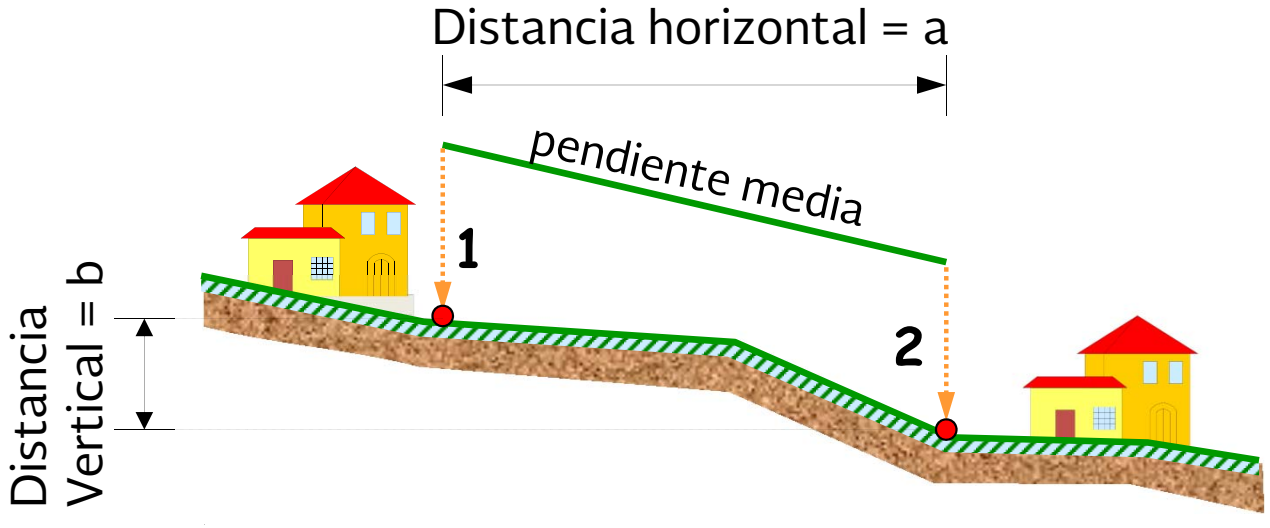
La nivelación a su vez debe ser hecha cada que se agregue una capa de material y al final de los trabajos de compactación.

Se podrá realizar con ayuda de un nivel de manguera, hilos y estacas para poner las marcas de las esquinas del terreno y dejar el terreno totalmente horizontal.



Terrenos muy inclinados

Si el terreno está muy inclinado necesitas un arquitecto o un ingeniero civil para ver si es posible construir la vivienda sin riesgo, diseñar el sistema de agua y drenaje y planear las excavaciones, los rellenos o los muros de contención de tierra, si se necesitan. El arquitecto diseñará cómo podría ser la casa.



La inclinación se mide como la "pendiente" del terreno. Para obtenerla entre los puntos **1** y **2** se mide la distancia horizontal y la vertical (*lo debe medir un arquitecto, un ingeniero o un albañil experto*).

Se divide la altura (b) entre la distancia horizontal (a) y se multiplica por 100. Por ejemplo: si a = 25 m y b = 3.5 m, entonces pendiente = 3.5/25×100 = 14%

pendiente = (b / a) x 100 %

Se recomienda construir en terrenos horizontales o con pendientes menores a 10%. Si es mayor a 20% necesitas un ingeniero o arquitecto que revise tu proyecto.

Debes evitar construir en terrenos que estén:

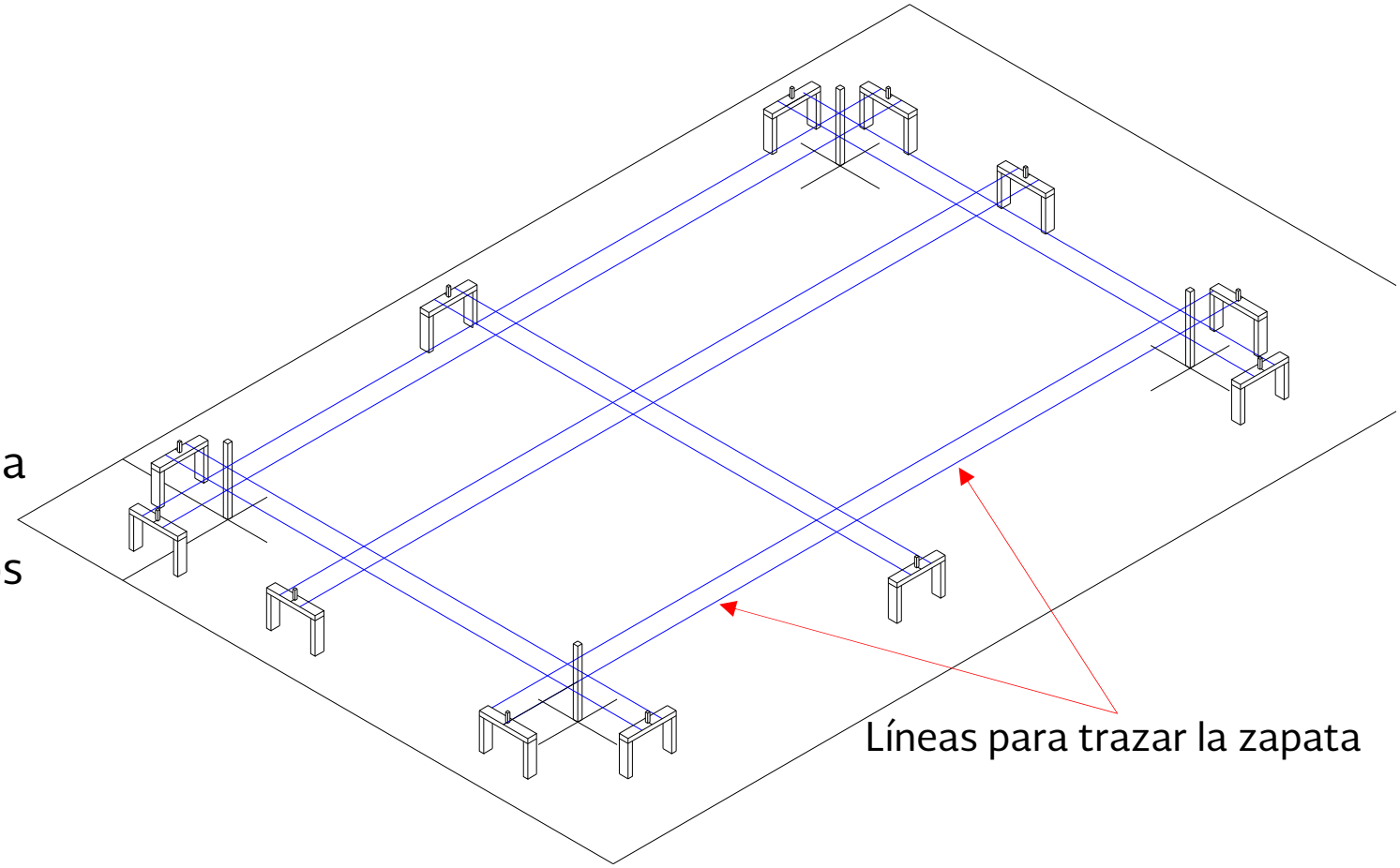
- Ubicados en cañadas, en barrancas, o en cañones que puedan tener erosión o corrientes de agua generadas por lluvias intensas.
- Que tengan posibilidad de deslizamientos del suelo.
- Si están localizados al hombro o al pie de una ladera, se debe verificar si hay riesgo de deslizarse mediante una inspección técnica.
- En estos casos sólo se podría construir si un ingeniero experto estudia el caso y garantiza la estabilidad del suelo.

3. Cimentación

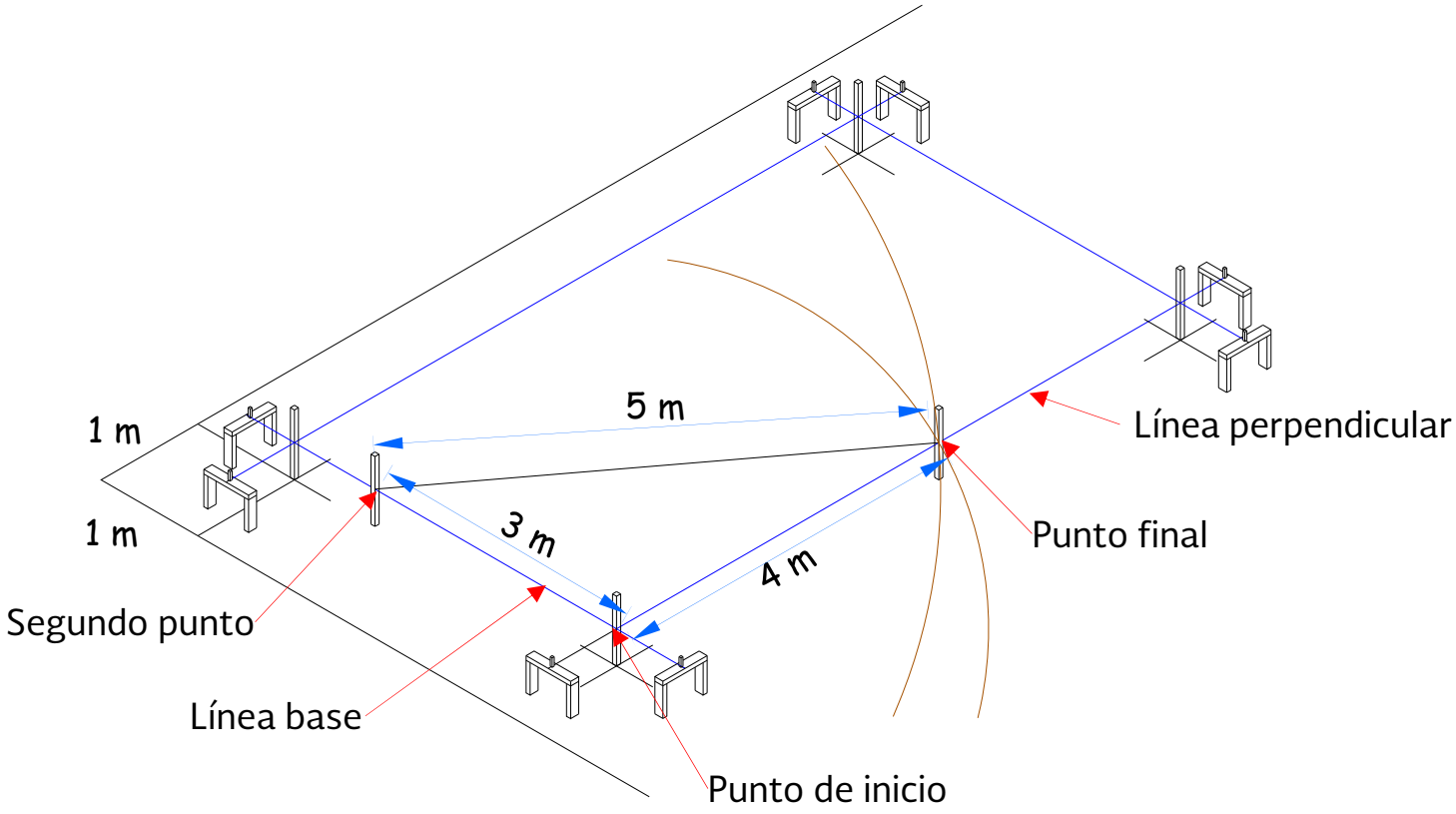
3.1 Trazado de cimentación

Para trazar de manera adecuada la cimentación es necesario el uso de caballetes (construidos con tres tiras de madera), hilo, estacas, cinta para medir o flexómetro. Una vez ubicado el lugar donde se desplantará la vivienda y nivelado de manera adecuada se deben colocar caballetes donde estarán las contra trabes de las zapatas.

Se deben colocar caballetes e hilos donde quedarán las zapatas de la vivienda asegurando de esta forma que los cuartos de la vivienda serán rectangulares.

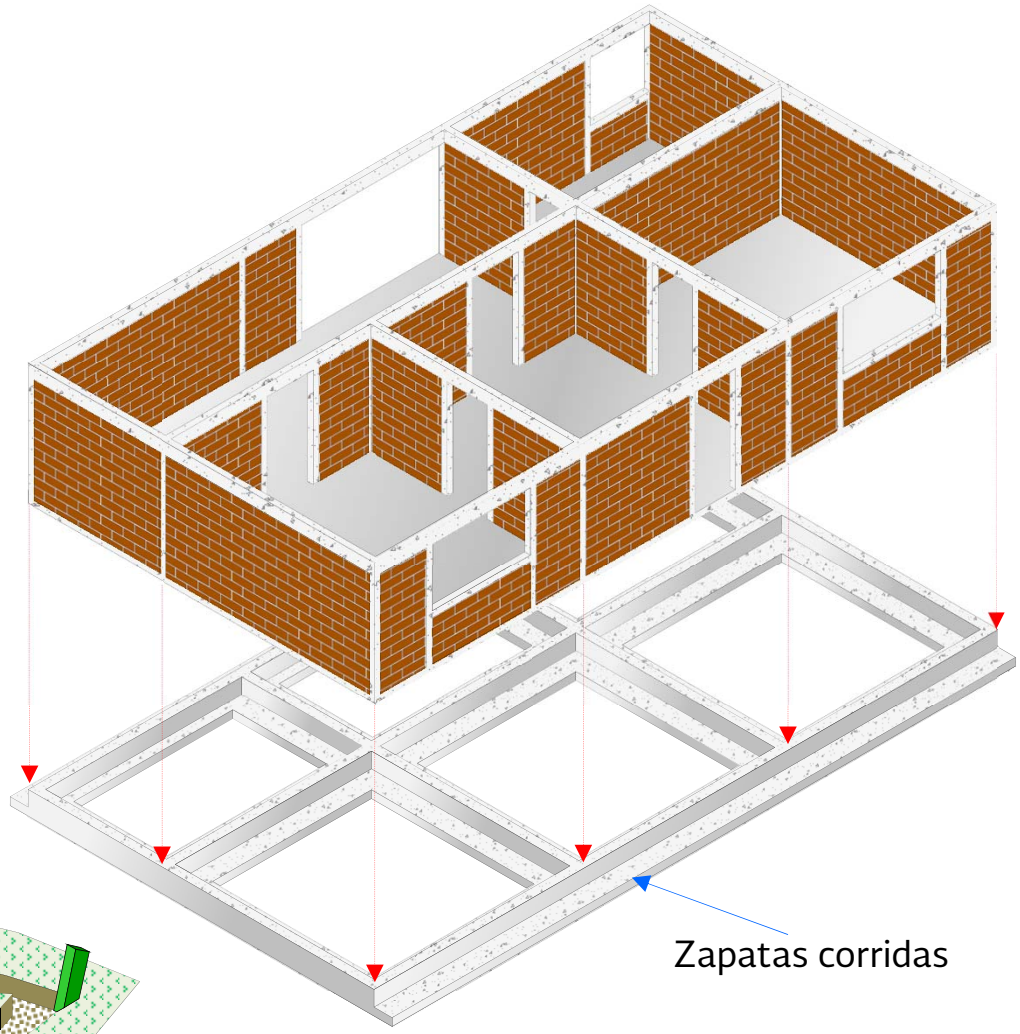


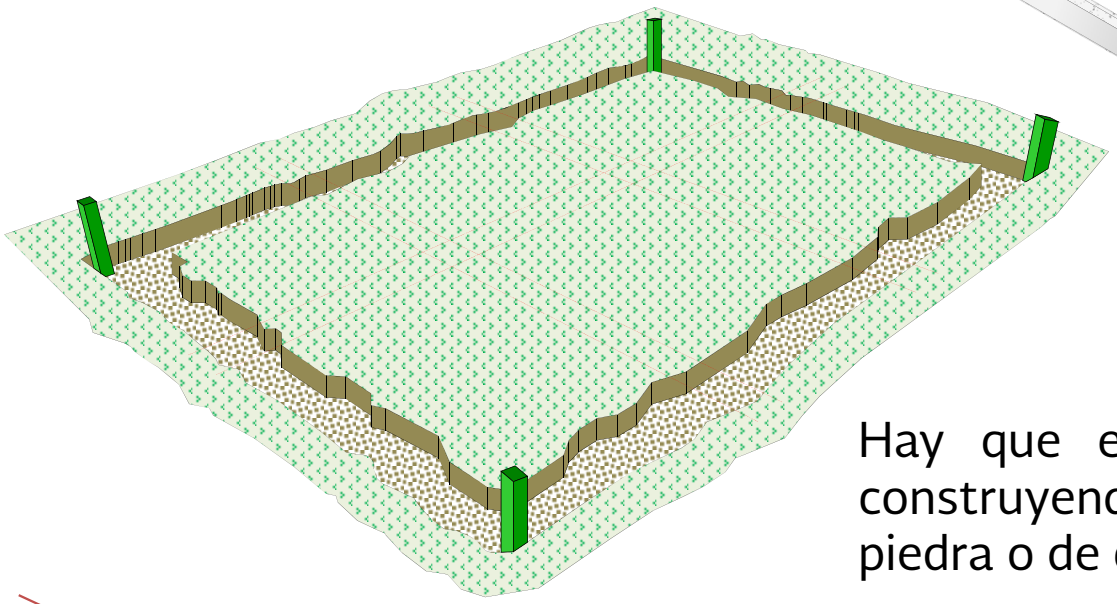
Para poder trazar dos líneas perpendiculares, y que queden totalmente rectangulares los cuartos de la vivienda, se debe trazar la línea base colocando un hilo sobre dos de los caballetes, ésta línea servirá como referencia para trazar toda la vivienda, posteriormente se colocará una estaca como lo indica el punto inicial de la Figura y se medirán 3 m sobre el hilo base, a partir de ella se debe colocar otra estaca, como lo muestra la misma figura (segundo punto). Con ayuda de otro hilo se hará un círculo de 5m, donde quedó la marca de los tres metros. Y finalmente desde el punto inicial se hará un círculo de 4 m de radio, donde se crucen ambos círculos, punto final en la figura, es el punto donde se encuentra la línea perpendicular a la línea base.



Posteriormente, se sigue el mismo proceso donde se requiera para trazar cada una de las partes que componen la cimentación y que se pueda comenzar a excavar de manera definitiva las zanjas donde se colocarán las zapatas que servirán como cimentación.

Debajo de cada muro debe construirse una zapata, para que quede bien soportado y transmita la carga al terreno evitando hundimientos.





Hay que excavar las zanjas para ir construyendo las zapatas, ya sea de piedra o de concreto reforzado.

3.2 Cimentación a base de piedras naturales

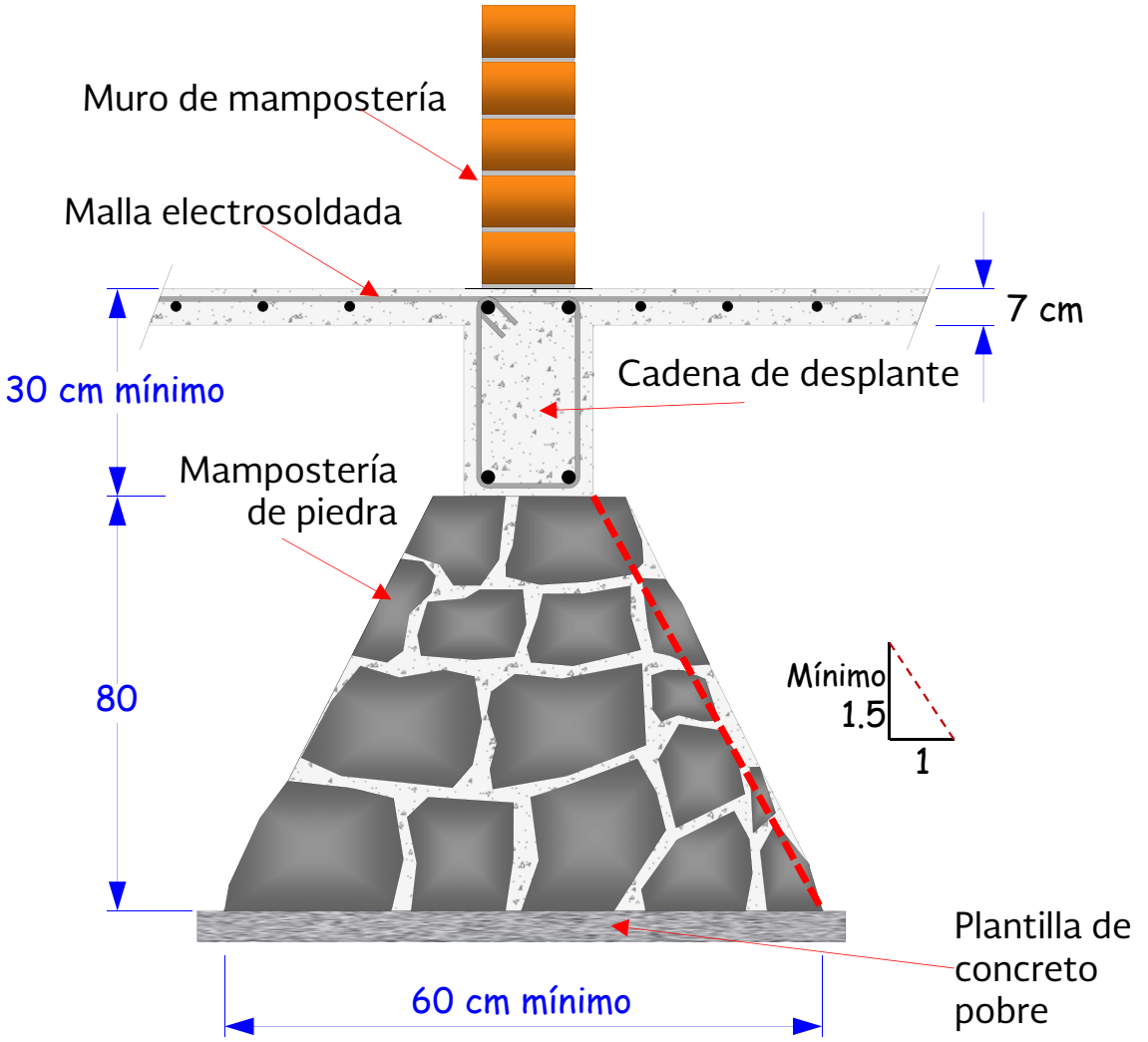
Si en la zona hay piedra o se puede comprar camiones de piedra “braza” y si se tiene un buen albañil, entonces lo más económico es hacer el cimiento de piedra natural.

Se debe colocar una capa de concreto pobre o “plantilla” en el fondo del terreno excavado donde se hará el cimiento.

El ancho mínimo en la base será de 60 cm para una vivienda de un nivel y de 1.1 m para una casa de dos niveles; la profundidad mínima será de 80 cm.

Las piedras serán pegadas con mortero.

En la parte superior se construye una dala o “cadena de desplante” que servirá para ligar todo el conjunto.

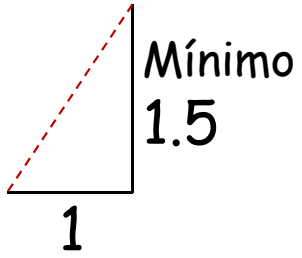


Zapata ubicada en la parte central de la vivienda a base de piedras naturales

Se acostumbra hacer cimientos de piedra con caras inclinadas para ahorrar material y tener una base más ancha para repartir el peso de la casa en un área mayor de suelo. Al repartir la carga en un área mayor el cimiento trabaja mejor y se evita que se hunda la vivienda en el terreno.

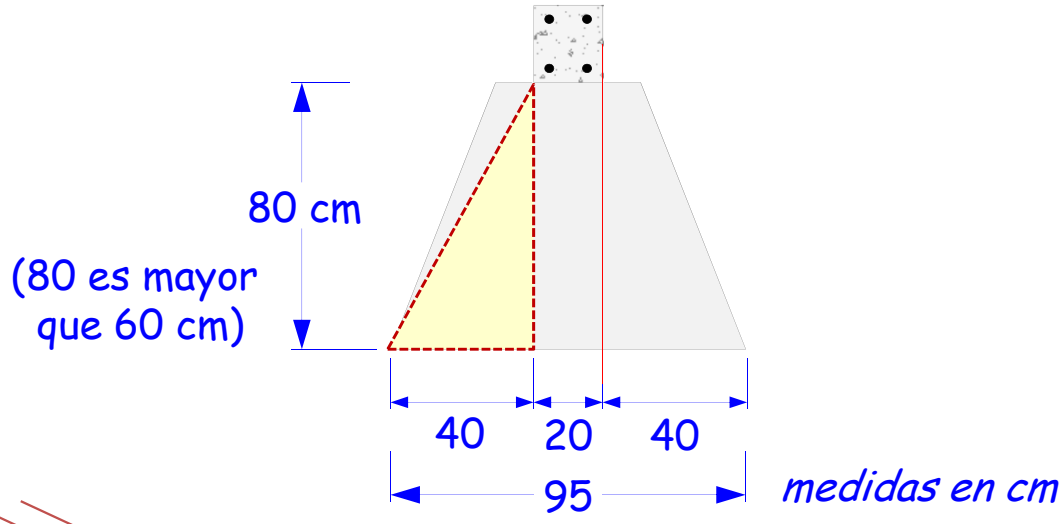
Para la inclinación máxima de la cara del cimiento (llamada escarpio) se sigue la regla de que la Altura del triángulo que lo forma debe ser como mínimo 1.5 veces la Base.

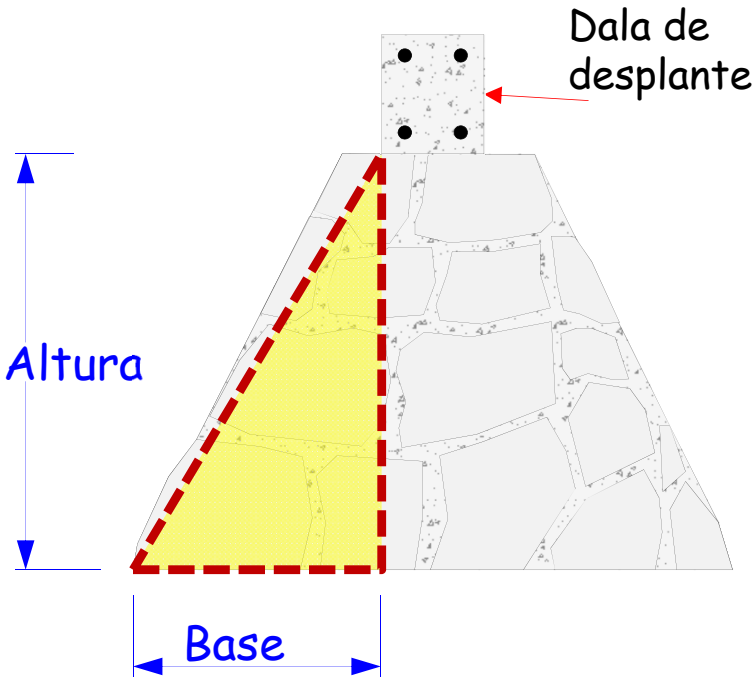
(vertical : horizontal) debe ser (1.5 : 1)



Por ejemplo, viendo el triángulo que se dibuja de una cara inclinada:

Si la **base** del triángulo es de 40 cm, la **altura** debe ser mayor que 1.5×40 = 60 cm. (Si es mayor es mejor)

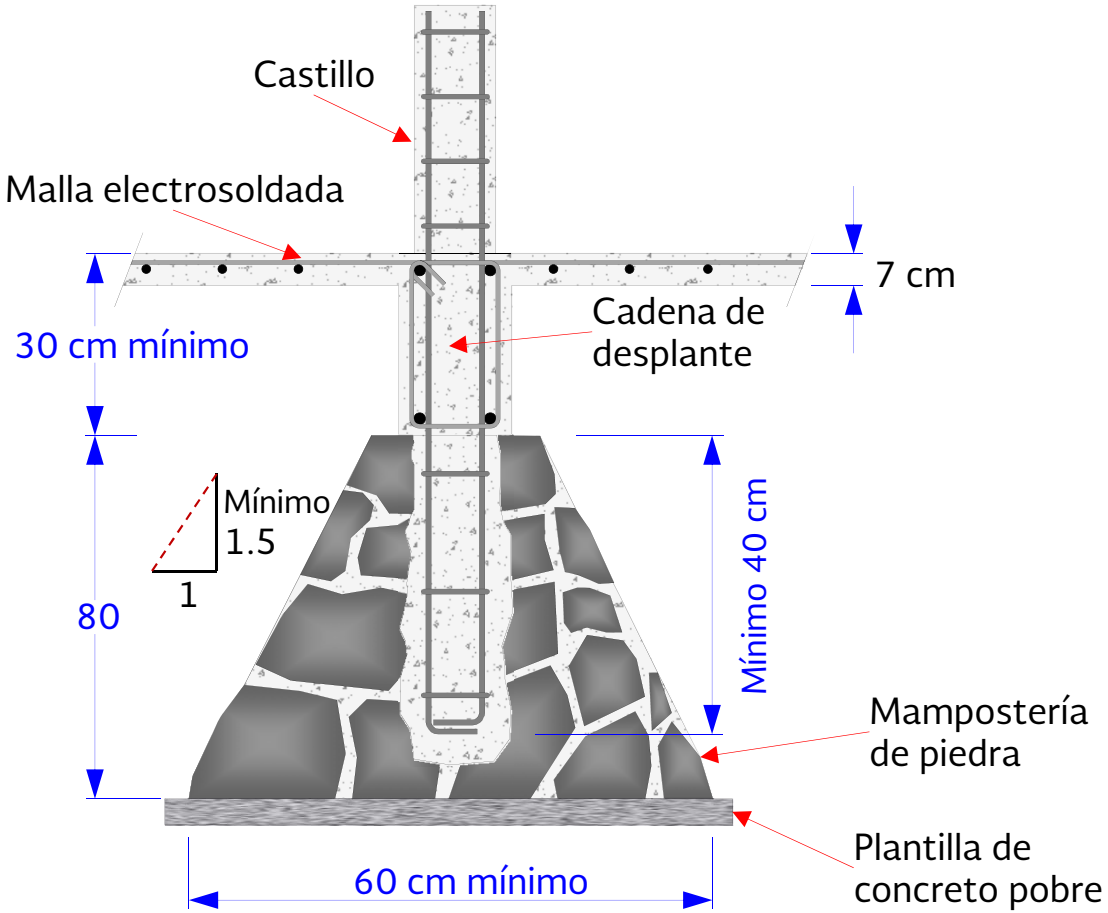




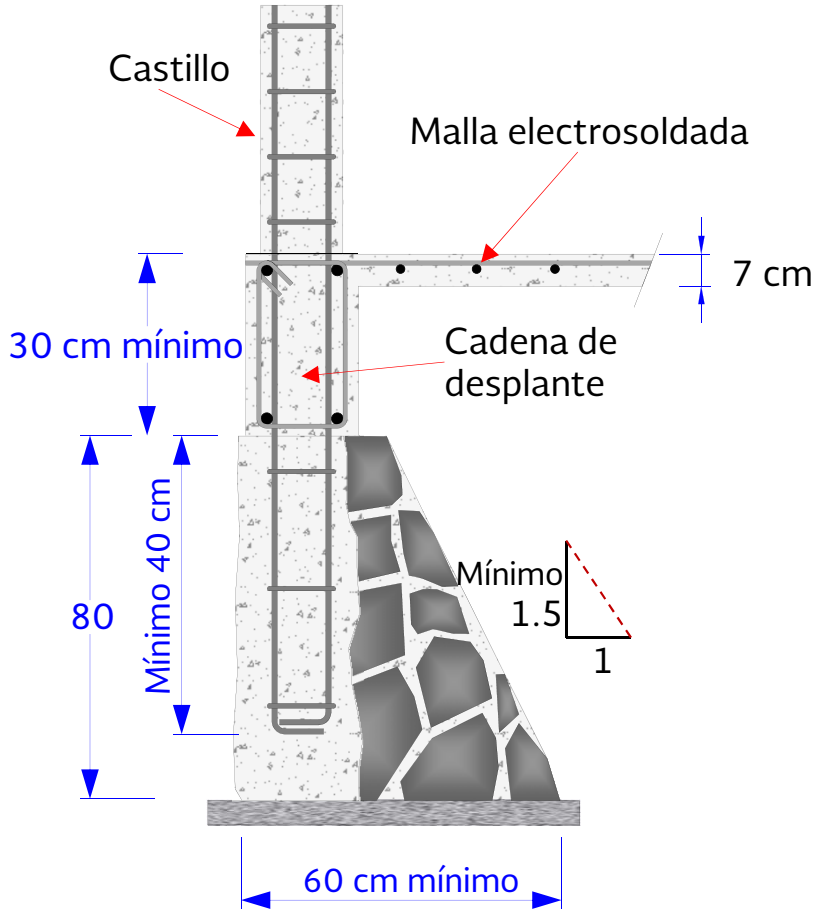
OJO: el triángulo se mide de la esquina de la dala de desplante.

Las barras del castillo deben quedar dentro de la zapata de piedra, dentro de un hueco que debe ser rellenado con concreto antes de armar la cadena de desplante.

Si el cimiento es de colindancia (junto al límite del terreno) se hace con un lado vertical y otro inclinado.

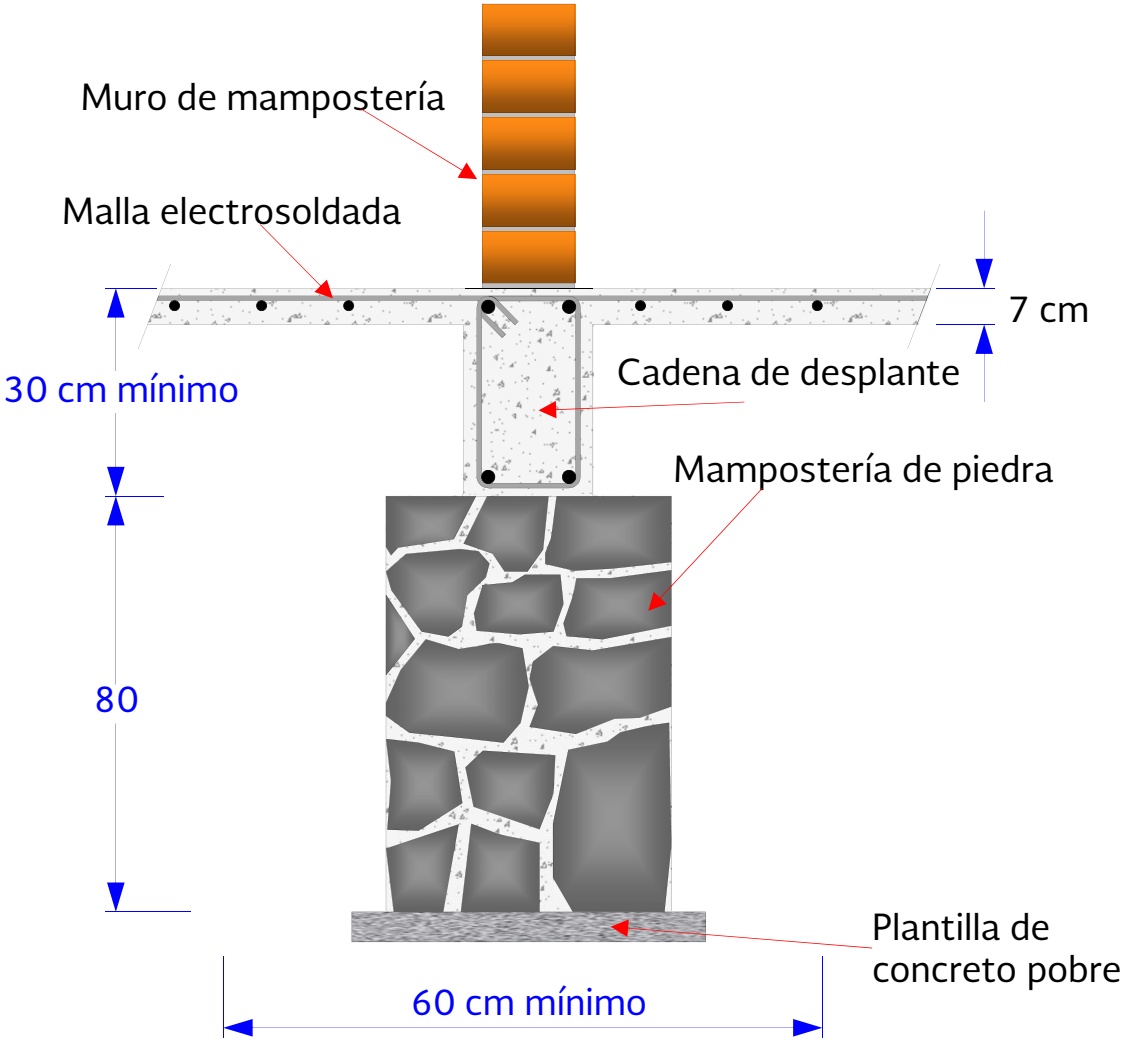


Zapata interior de la vivienda, con anclaje de castillo



Zapata de colindancia de la vivienda, con anclaje de castillo

Se puede construir también el cimiento como un bloque rectangular a base de piedras naturales donde posteriormente se colocará la dala y los castillos. El ancho mínimo será también de 60 cm para una vivienda de un nivel y de 110 cm para una casa de dos niveles, y su altura mínima de 80 cm.

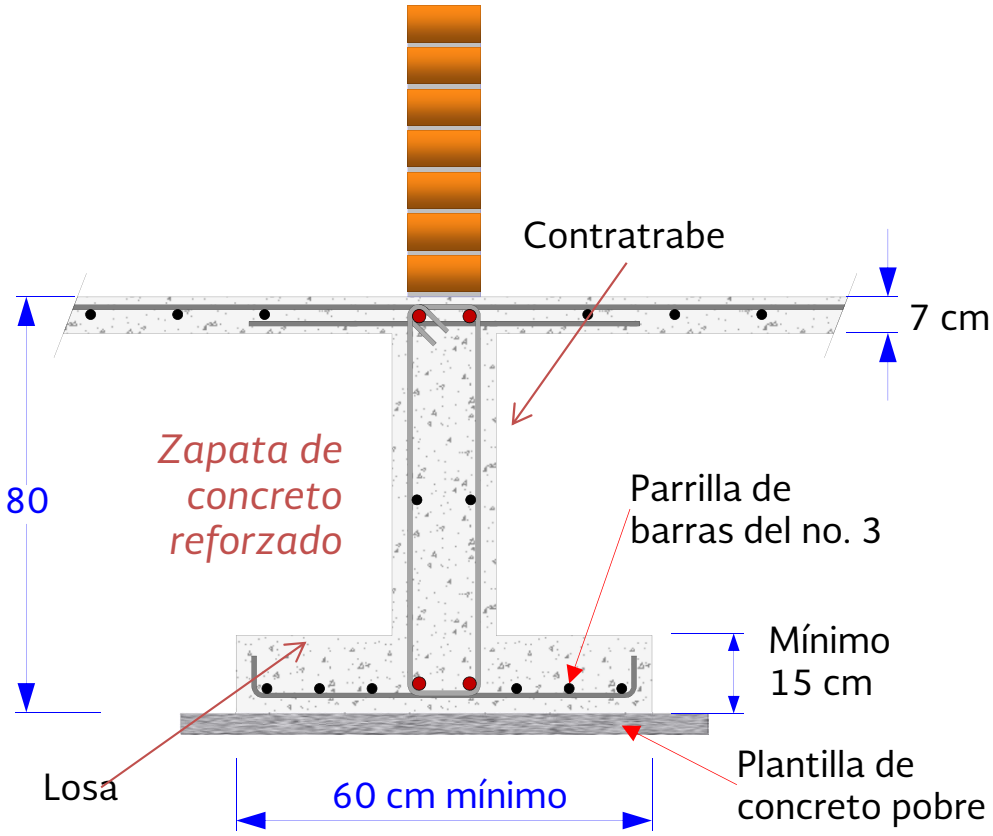


Zapatas de sección rectangular para la cimentación de la vivienda

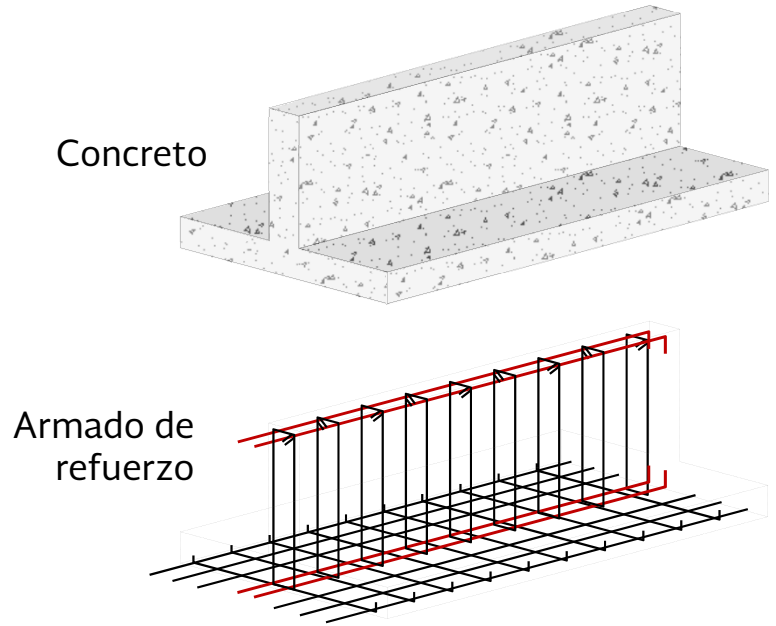
3.3 Cimentación de concreto reforzado

En vez de cimiento de piedra se puede usar zapatas de concreto reforzado. Si están bien diseñados son mejores que las de piedra pero un poco más caras. En edificios y construcciones de gran tamaño se usan estos cimientos.

La zapata "corrida" lleva una losa sobre el fondo y una viga a lo largo de la zapata que llamamos "contratrabe". La losa se arma con una parrilla de barras y la viga con barras a lo largo y estribos.

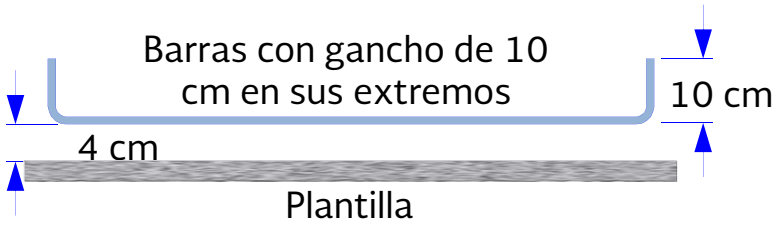


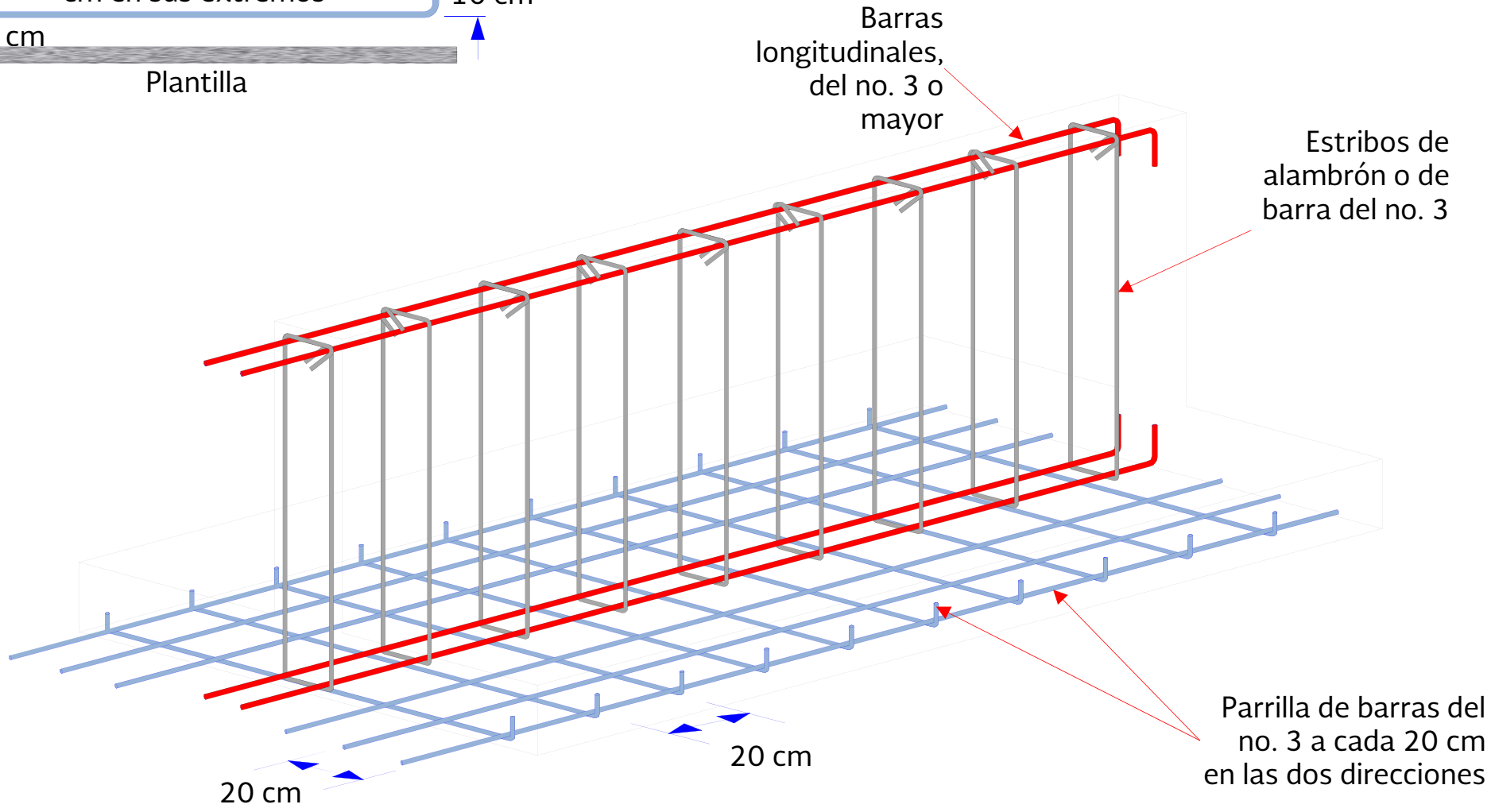
El ancho mínimo de la base será de 60 cm para una vivienda de un nivel y de 110 cm para una casa de dos niveles, la losa debe tener espesor mínimo de 15 cm.



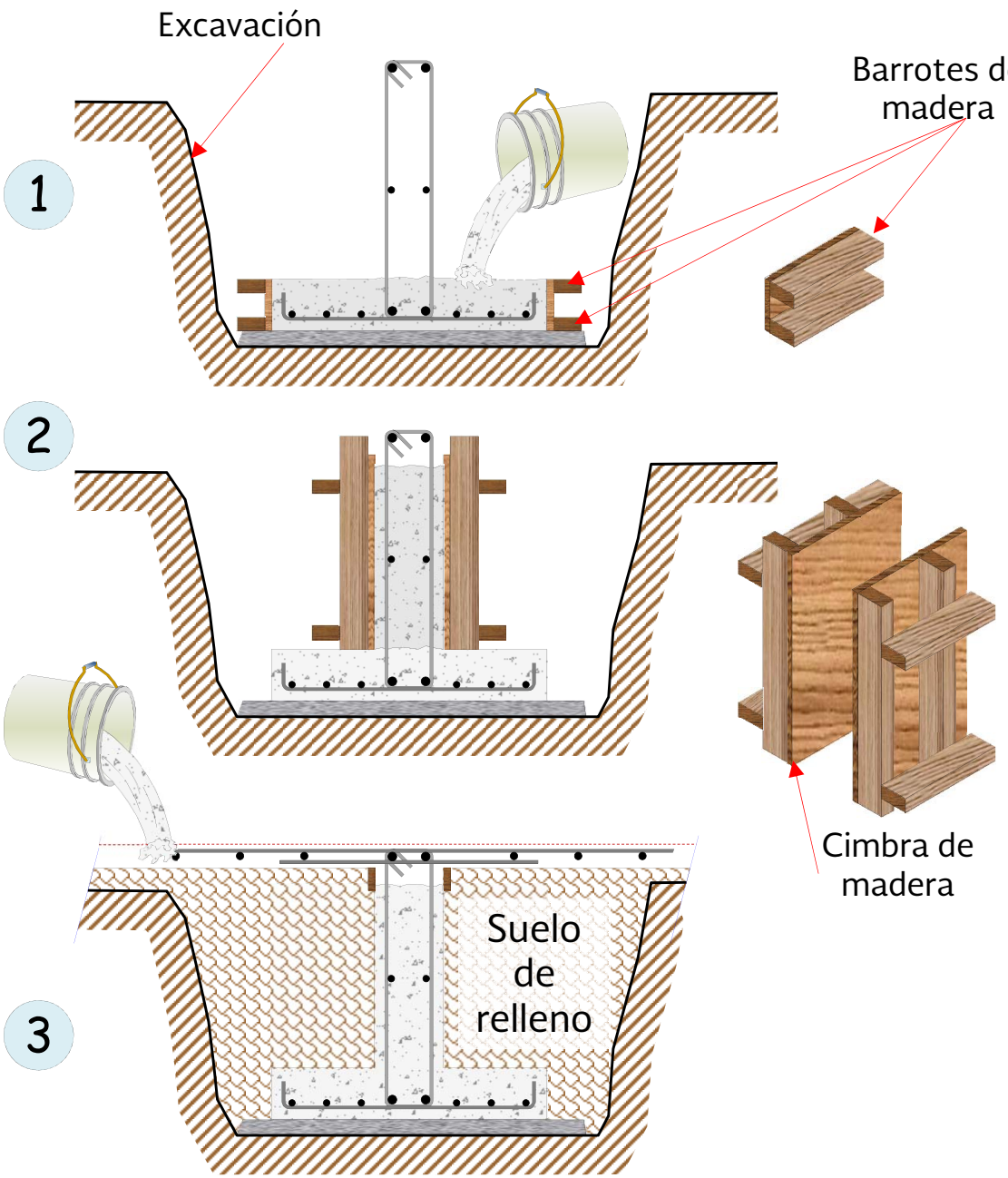
Con colores en este dibujo se muestran distintas barras de refuerzo. Se arma la contratrabe como una viga, con barras longitudinales y estribos. La parrilla de la losa se pone en su parte baja, pero levantada a 4 cm de la plantilla de concreto pobre.

Recuerda:
Alambrón es de ¼" = 6.3 cm
Barra no. 3 es de 3/8" = 9.5 mm





Se excava la zanja en el terreno para llegar a la profundidad necesaria.



Se corta, dobla y amarra el acero de refuerzo.

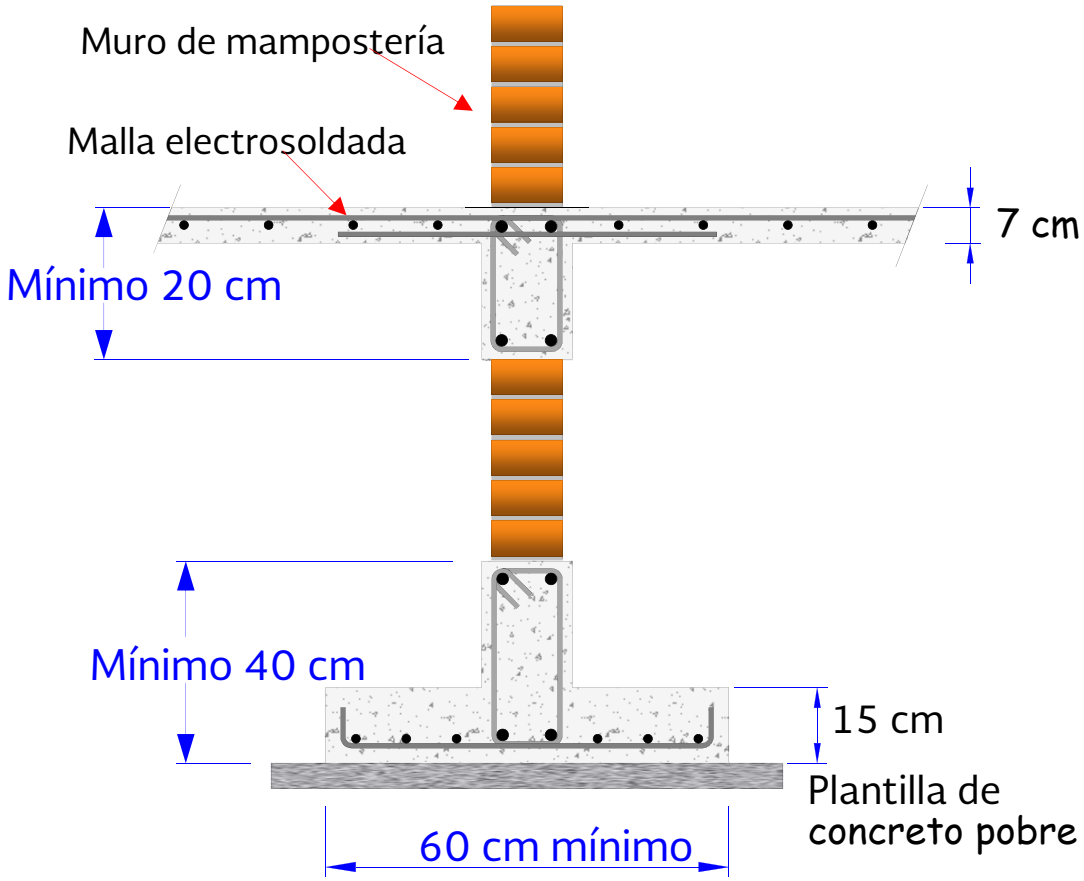
Se coloca el molde de madera o “cimbra” para dar forma al concreto de la zapata.

Conviene vaciar el concreto (hacer el colado) primero de la losa inferior, al otro día se pone la cimbra para la contratrabe y se “cuela”. Al final se rellena el espacio con suelo compac-tándolo con el pisón. Se pone la malla de acero y se cuela el firme para el piso de la planta baja.

Si se requiere más profundidad se puede construir un tramo de muro de mampostería sobre la zapata para llegar al nivel del piso.

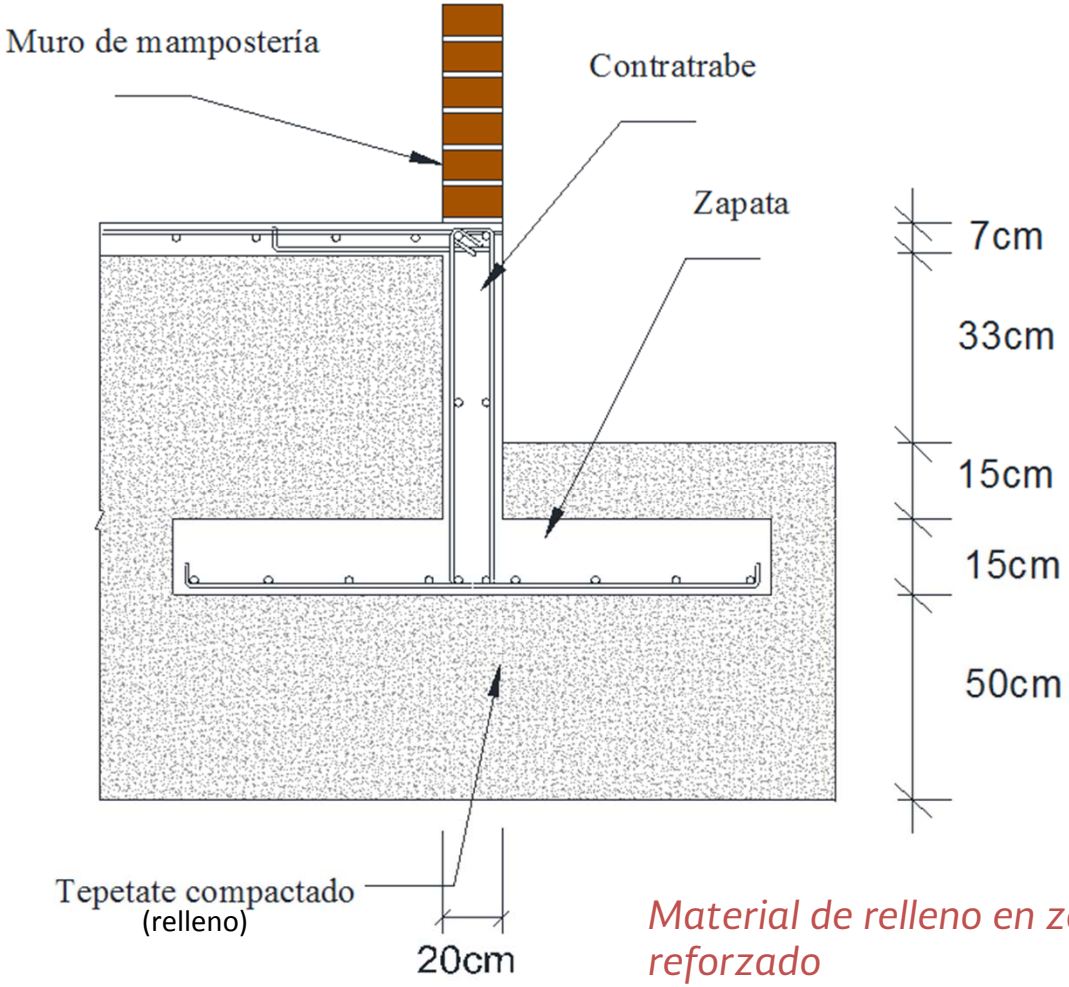
Los castillos deben bajar hasta la zapata de cimentación.

A nivel de piso se deberá construir la cadena de desplante con mínimo de 20 cm de altura.



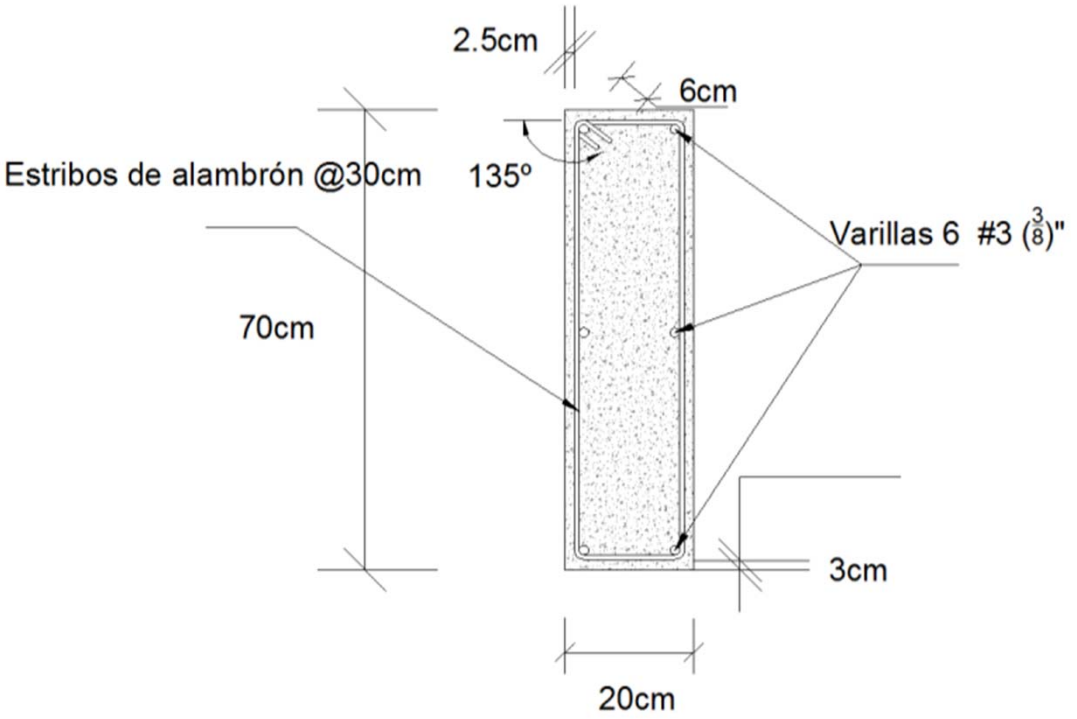
Zapatas a base de concreto reforzado y con mampostería

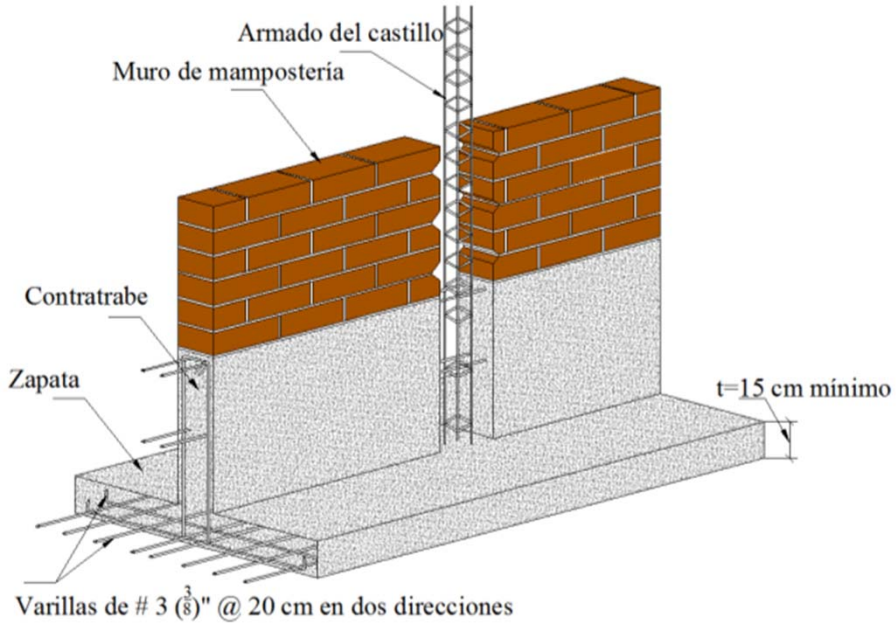
En el esquema se muestra dónde debe colocarse el material de relleno debajo y a los lados de la zapata, así como las dimensiones mínimas de la zapata, el ancho mínimo será de 60 cm para una vivienda de un nivel y de 110 cm para una casa de dos niveles, y la altura mínima de 70 cm.



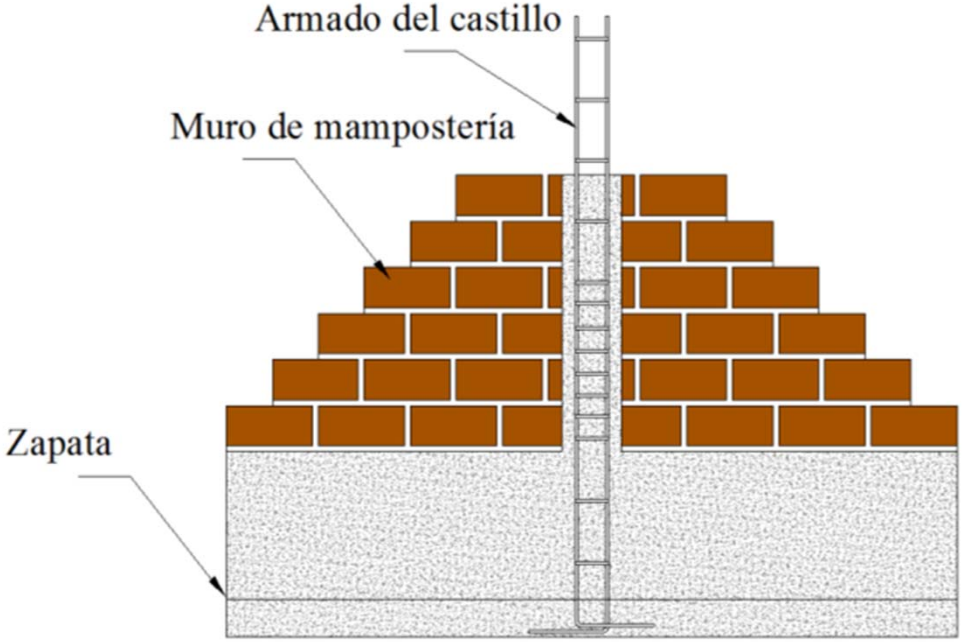
Material de relleno en zapatas de concreto reforzado

El esquema muestra la “contratrabe” de la zapata y el detalle de los dobleces de los estribos de la misma, las dimensiones mínimas de los dobleces, el espesor mínimo que debe tener el recubrimiento el ancho y la altura mínima de la contratrabe, el número mínimo de barras que debe tener, así como la separación mínima que debe existir entre los estribos. La altura mínima será de 70 cm.

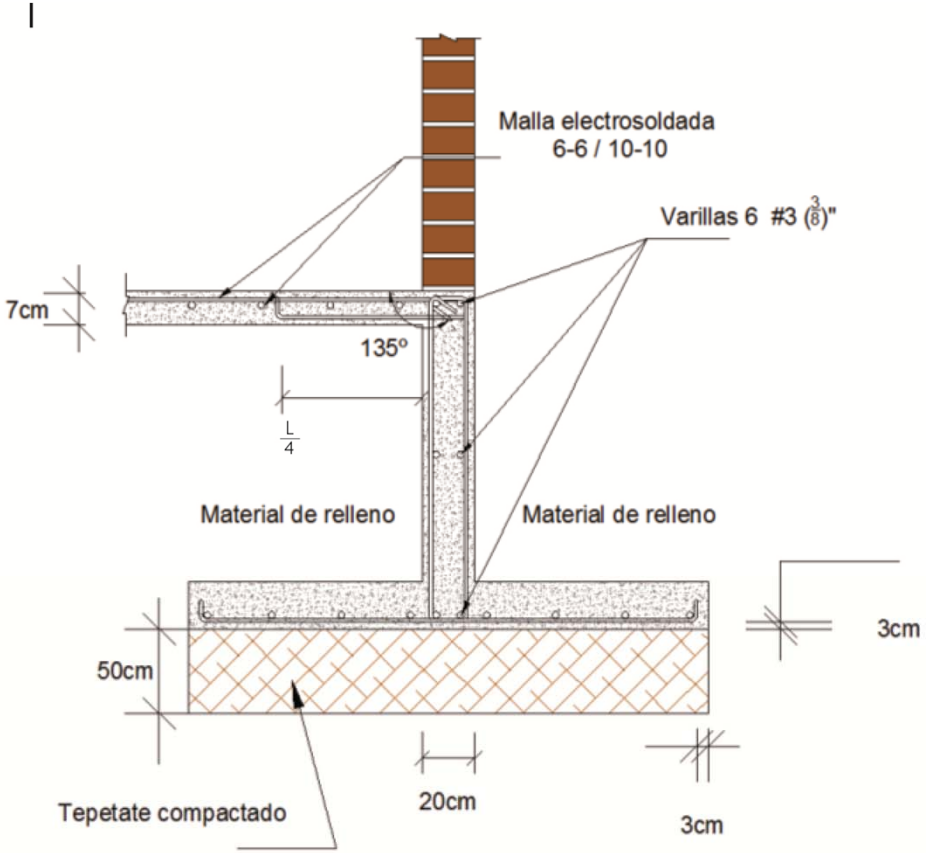




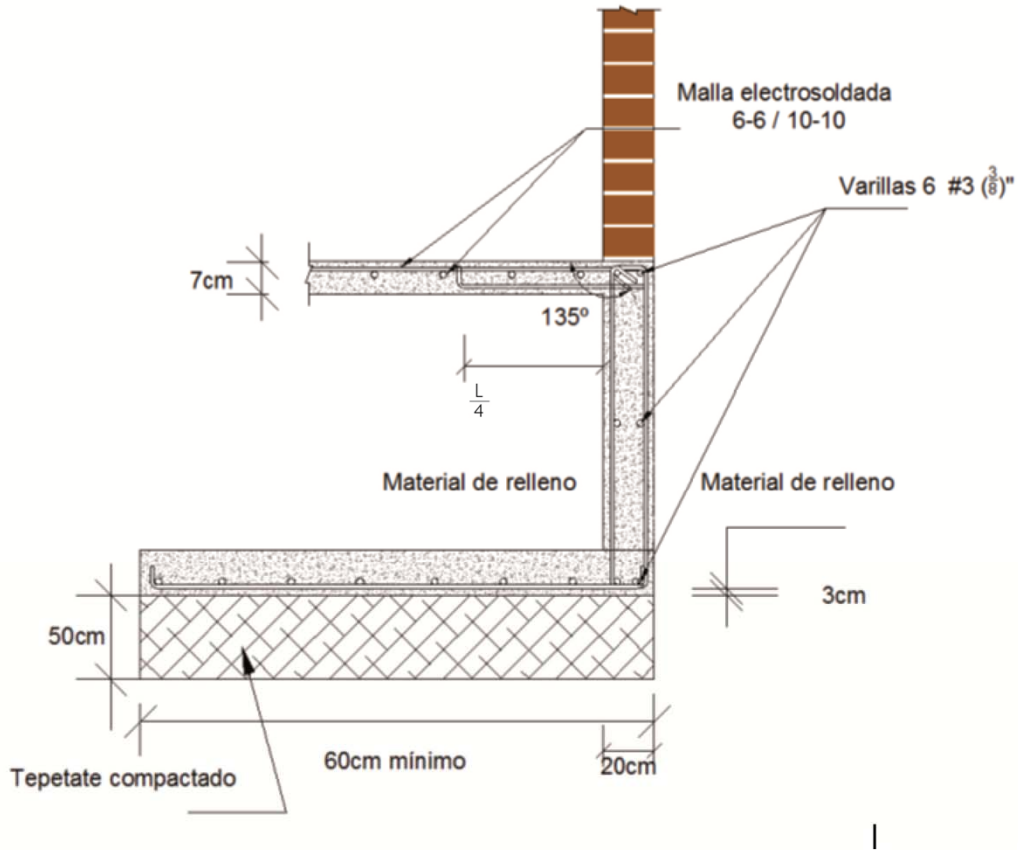
Esquema que muestra cómo debe integrarse un castillo en el cuerpo de la cimentación, ya que debe estar anclado a lo largo de toda la zapata, así como la forma de colocar el acero de refuerzo en la zapata y el espesor mínimo de esta.



El acero del castillo se debe doblar en la parte final hacia el núcleo de éste como se muestra en la figura, además la separación de los estribos debe ser menor en la base del castillo.



Armado de una zapata ubicada en el borde de la colindancia



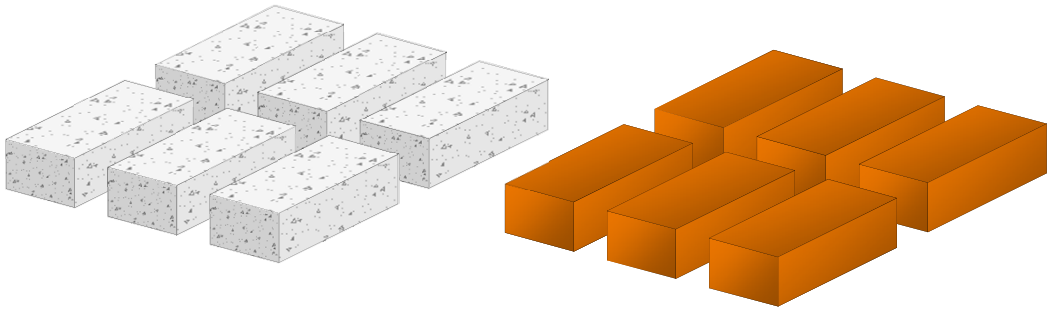
Armado de una zapata ubicada en el borde de la colindancia

4. Selección de los materiales

La calidad de las piezas de mampostería es lo más importante para la resistencia de la casa ante todo el peso que tiene que cargar y ante efecto de sismos y vientos. No hay que escoger solo porque sean las piezas más baratas, sino buscar piezas de buena calidad.

4.1 Piezas macizas

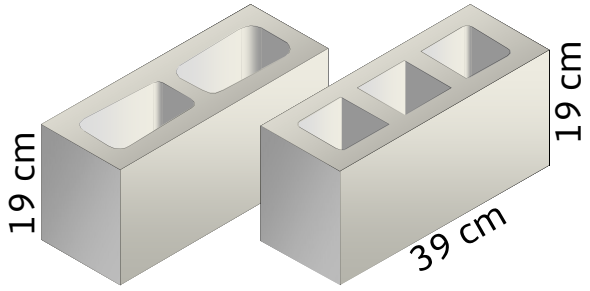
Es muy recomendable usar piezas macizas en zonas sísmicas, pero normalmente son hechas artesanalmente y por ello su calidad puede ser variable.



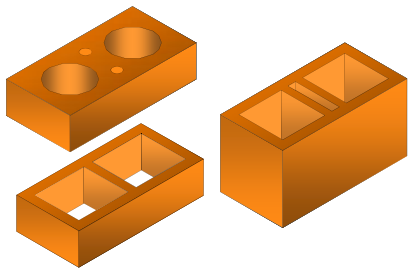
Piezas macizas como el tabicón de arena-cemento o el tabique (ladrillo de barro rojo recocido) de fabricación artesanal

4.2 Piezas huecas

También existen las piezas huecas que normalmente hacen fabricantes industriales de buena calidad. Si los muros llevarán acero de refuerzo vertical adentro entonces se deben usar estas piezas.



Bloques huecos de concreto

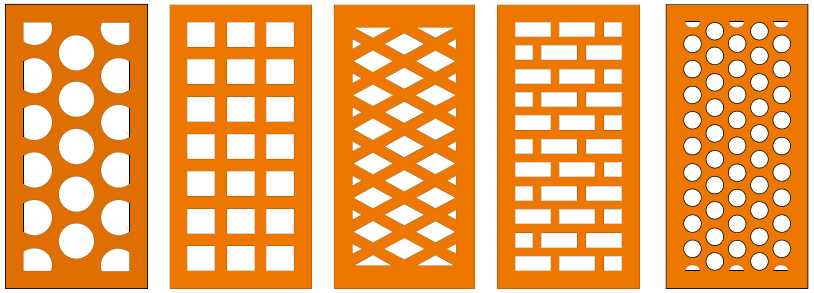


Tabiques huecos de arcilla

Ejemplos de piezas huecas de concreto y de arcilla fabricadas por industrias

Piezas multiperforadas

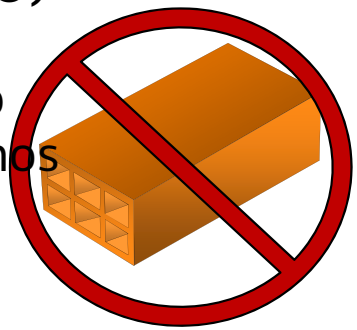
Otra opción es el uso de piezas con muchas perforaciones como en la figura. Estas piezas dan buena resistencia.



Ejemplos de piezas multiperforadas de arcilla fabricadas industrialmente

Piezas con hueco horizontal (NO)

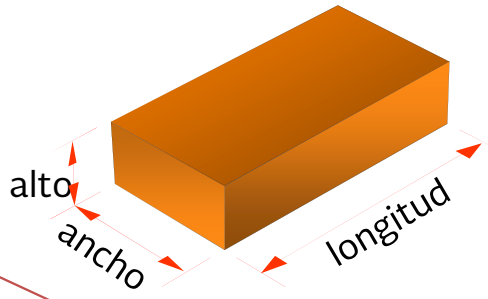
No se deben usar piezas con hueco horizontal en zonas sísmicas. Muchos reglamentos y normas en México LOS PROHÍBEN.



Requisito de peso volumétrico

Para saber si se puede usar un tipo de pieza mídela y pésala en una báscula. Divide el peso en gramos entre el volumen:

$$\text{PesoVol} = \frac{Peso\ (\text{en gramos})}{alto \times ancho \times longitud\ (\text{en cm})}$$



Ejemplo:

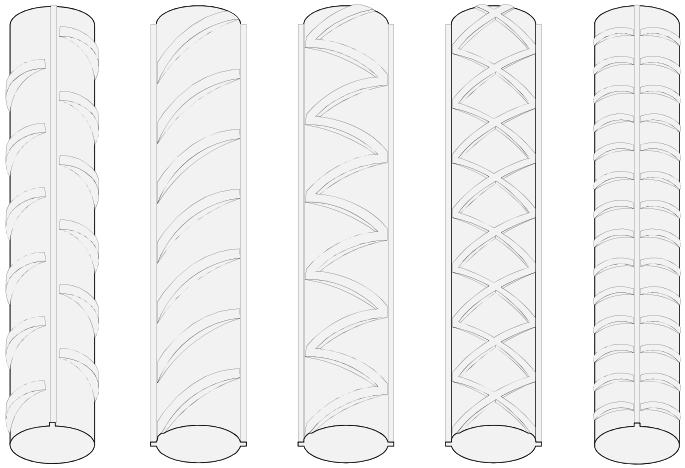
Si el tabique pesa 2.8 kg y mide (cm): $6 \times 12 \times 24 = 1728$ cm³

$$\text{PesoVol} = \frac{2800}{1728} = 1.62 \text{ gr/cm}^3$$

Las piezas deben tener más de:

1.7 gr/cm³ las de concreto (cemento-arena)
1.5 gr/cm³ las de arcilla (de barro cocido)

(OJO: en piezas huecas hay que restar el volumen de los huecos)



4.3 Acero de refuerzo

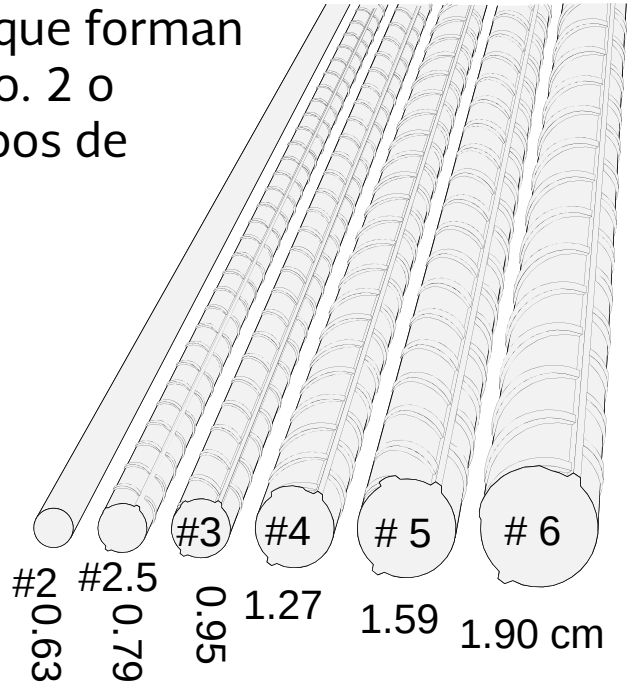
Para reforzar zapatas de concreto, contratrabes y vigas de concreto, así como los castillos y dalas se requiere usar barras de refuerzo corrugadas, conocidas comúnmente como “varillas”.

Las hay de varios tamaños y se miden por su diámetro.

En los planos se identifican por el número de octavos de pulgada de diámetro. Por ejemplo las barras del **número 3** son de 3/8 de pulgada, es decir 3/8” = 0.95 cm de diámetro.

Deben estar corrugadas, lo que significa que tienen salientes que forman un dibujo sobre ellas. Sólo se podrán usar alambres lisos del no. 2 o de 1/4 de pulgada conocidos como “alambrón”, y en los estribos de castillos y dalas.

Tamaño	Diámetro		Área	Usos más comúnes	Resistencia kg/cm²
	Pulgadas	cm	cm²		
#2	1/4”	0.63	0.31	Estribos de castillos/dalas	2100
#2.5	5/16”	0.79	0.49	Refuerzo vertical	6000
#3	3/8”	0.95	0.71	Castillos/dalas, losas, zapatas, vigas, estribos	4200
#4	1/2"	1.27	1.27	Castillos/dalas, vigas	4200
#5	5/8	1.59	1.98	Vigas, columnas	4200
#6	3/4"	1.90	2.85	Vigas, columnas	4200



4.4 Concreto y mortero

El concreto es la mezcla de cemento gris con grava y arena y se revuelve con agua. Cuando se seca y endurece (se le llama “fraguado”) adquiere resistencia. Necesita cuatro semanas (28 días) para adquirir toda su resistencia.

NO se debe usar grava de tezontle que es una piedra roja porosa y ligera. Debe comprarse en casas de materiales grava para concreto estructural.

Para hacer un buen concreto se deben seguir reglas. Se le debe poner sólo el agua necesaria porque si se le pone más agua se le reduce la resistencia.

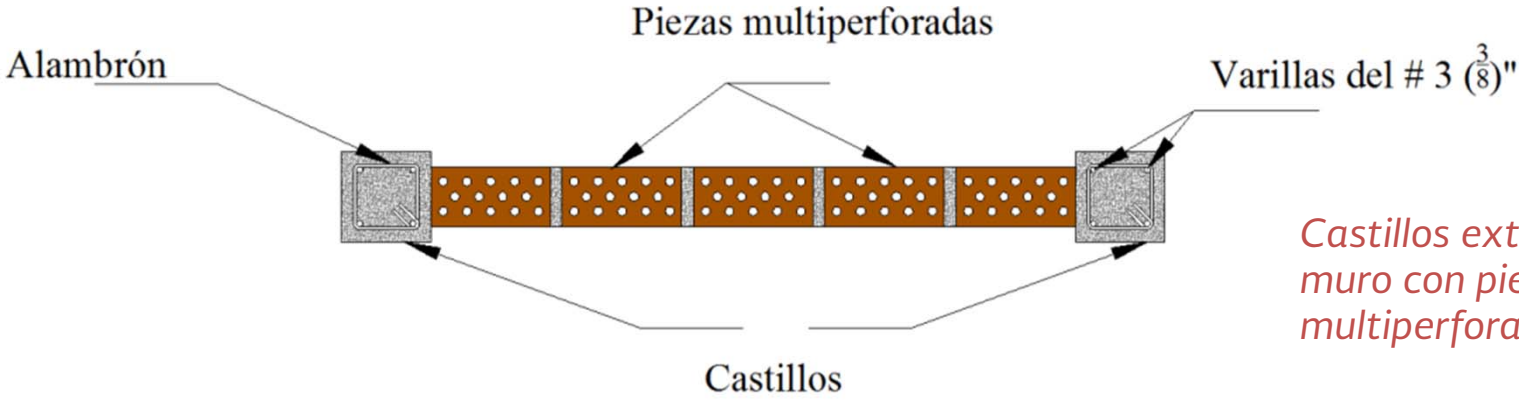
En el capítulo 10 se explica cómo hacer concreto.

El mortero es la mezcla de cemento y arena, pero también se le puede poner un poco de cal que mejora el uso del mortero. Se usa para pegar tabiques o bloques, o para aplanados o recubrimientos.

En el capítulo 9 se indica cómo hacer mortero.

5. Muros confinados con castillos y dalas

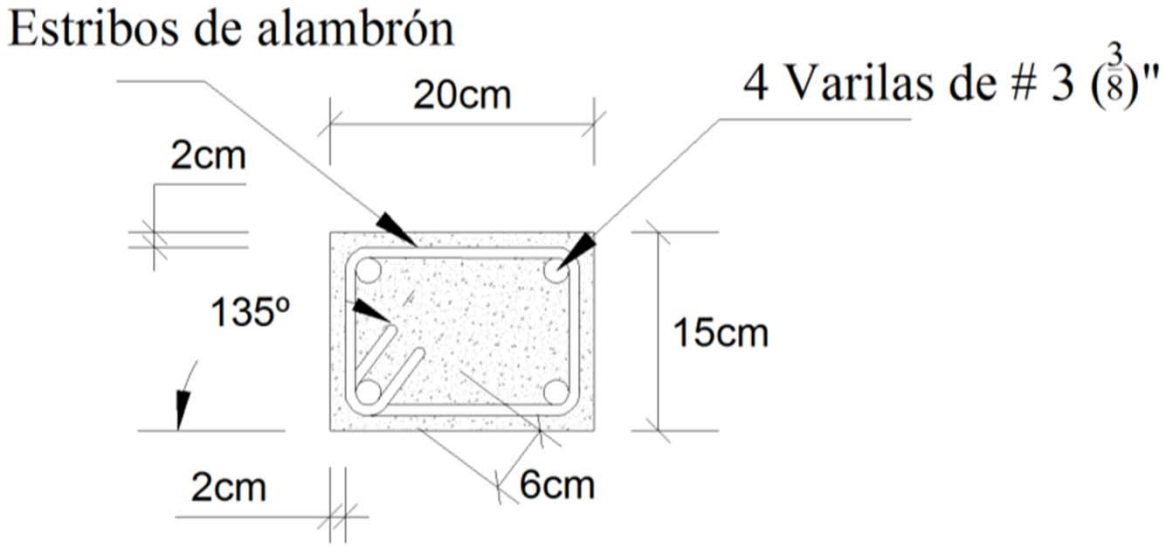
Los muros se pueden confinar con castillos cuando las piezas de mamposterías son macizas aunque también con piezas huecas se pueden confinar con castillos externos.



Castillos exteriores en muro con piezas multiperforadas

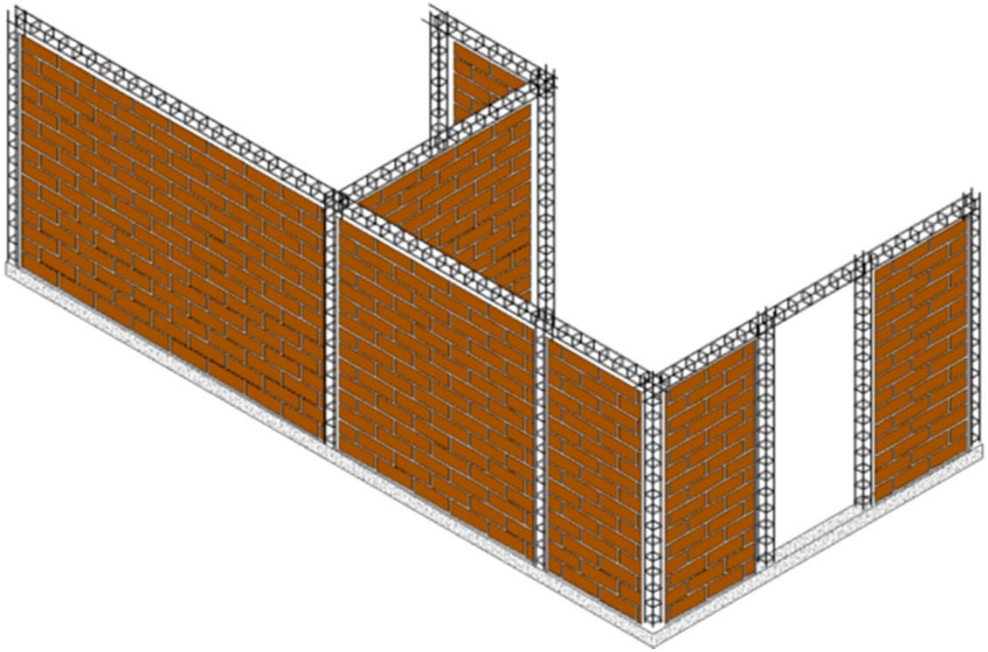
5.1 Armado de castillos

En el armado de un castillo se deben hacer dobleces en los estribos de alambrón, dejar un recubrimiento mínimo de 2 cm y colocar cuatro barras de 3/8" como se muestra en la figura.



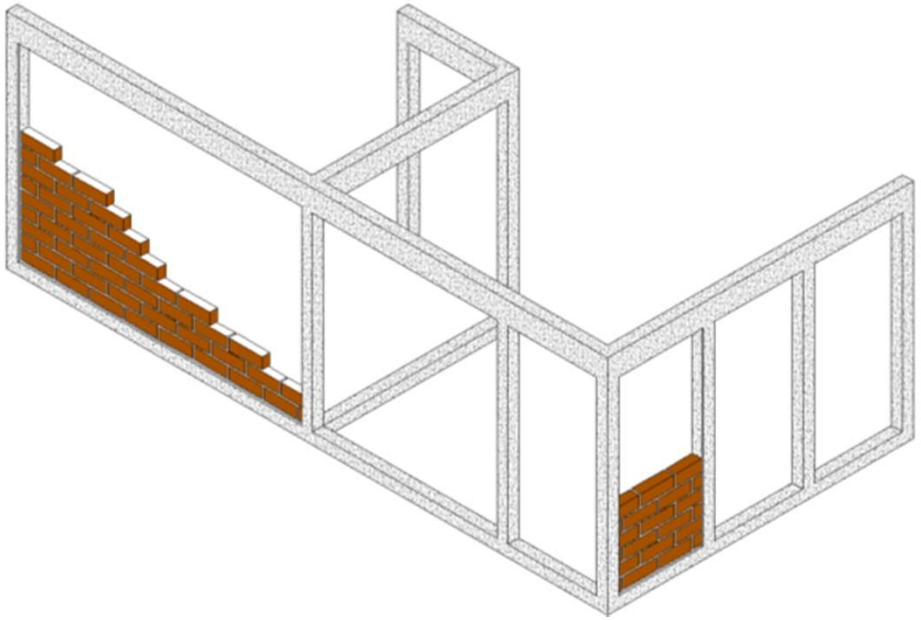
Posición del estribo y barras en un castillo

Forma **CORRECTA** de construir una vivienda a base de mampostería reforzada, se coloca de manera previa el acero de los castillos y se arman completamente, después se construyen los muros, luego se cuelan los castillos para que por último se coloque el acero de las dalas y se cuelen junto con una porción de castillos, para que de esta forma se integre completamente el sistema.



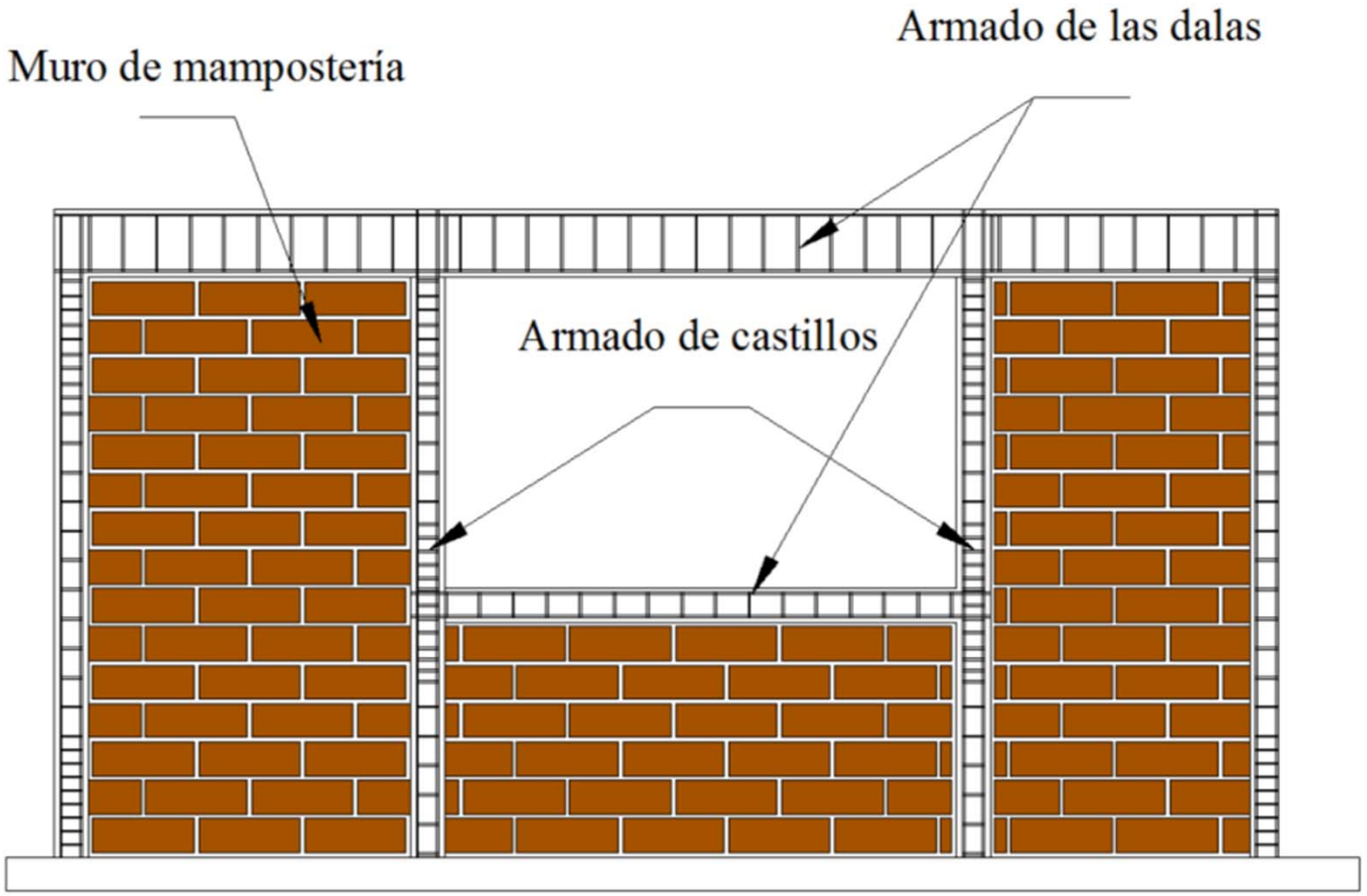
Colocación de armados de castillos y dalas en muros de mampostería

Forma **incorrecta** de construir los muros de una vivienda a base de mampostería confinada, los muros deben construirse antes de colar castillos y dalas.



Mala práctica constructiva, primero se debe construir el muro y después se deben colar castillos y dalas para integrar todo

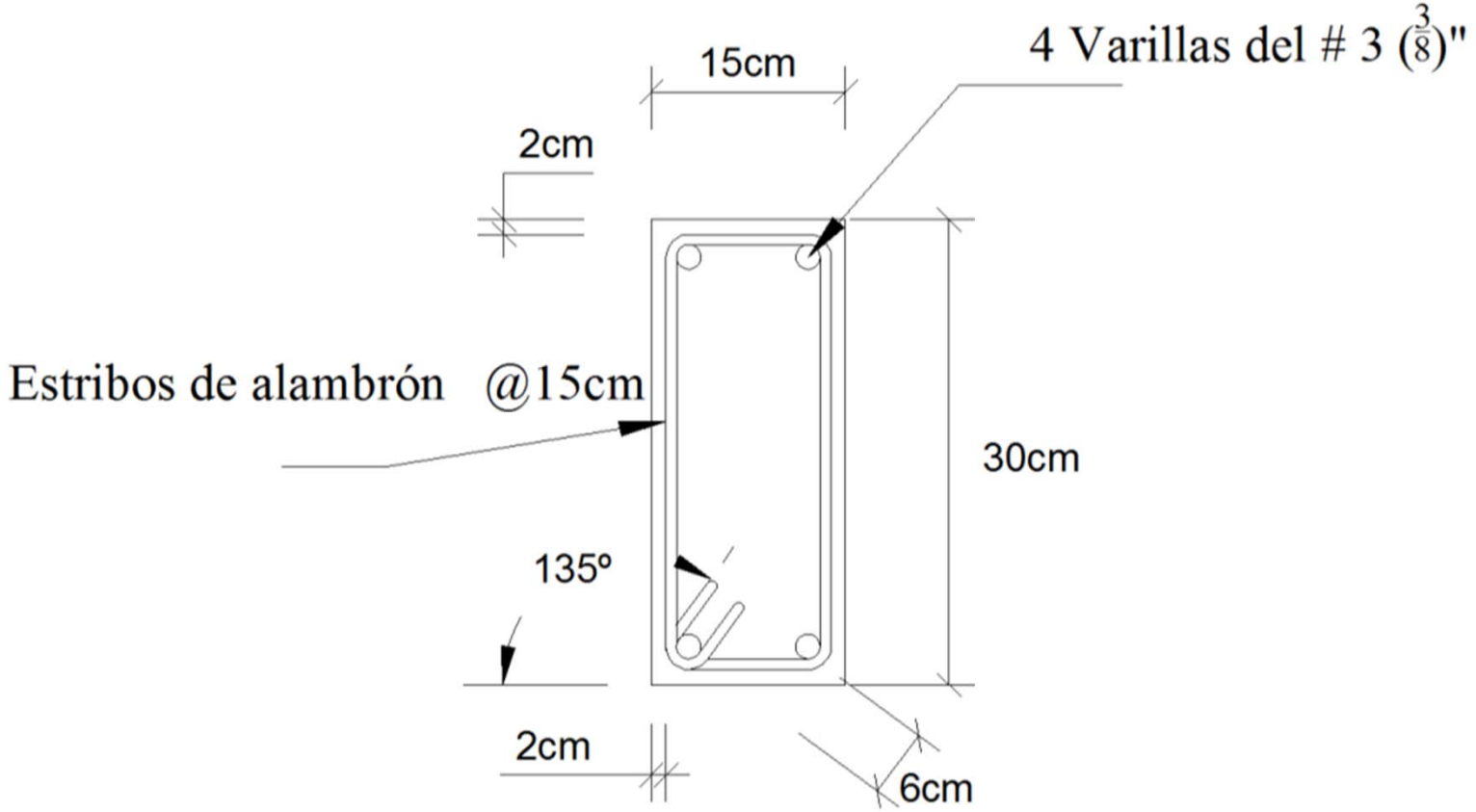
Ubicación correcta de los castillos en la vivienda, se puede observar cómo los estribos se deben colocar más cercanos en la parte superior e inferior del castillo y en el extremo del hueco de la ventana.



Confinamiento de huecos en mampostería reforzada con piezas macizas

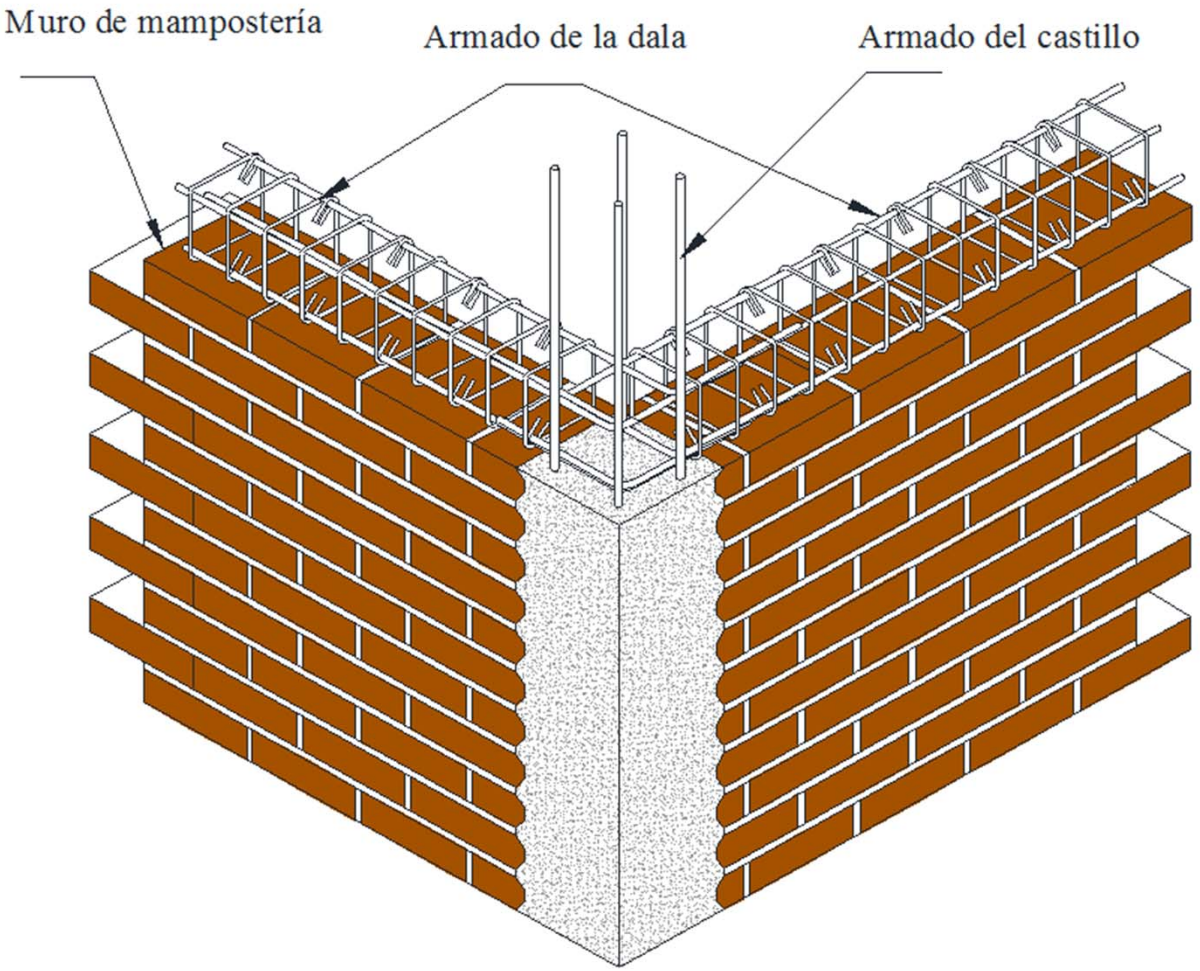
5.2 Armado de dalas

En el armado de una dala se deben hacer dobleces en los estribos y dejar un recubrimiento mínimo de 2 cm. Se colocan 4 barras de (3/8”) y estribos con una separación máxima de 20 cm.



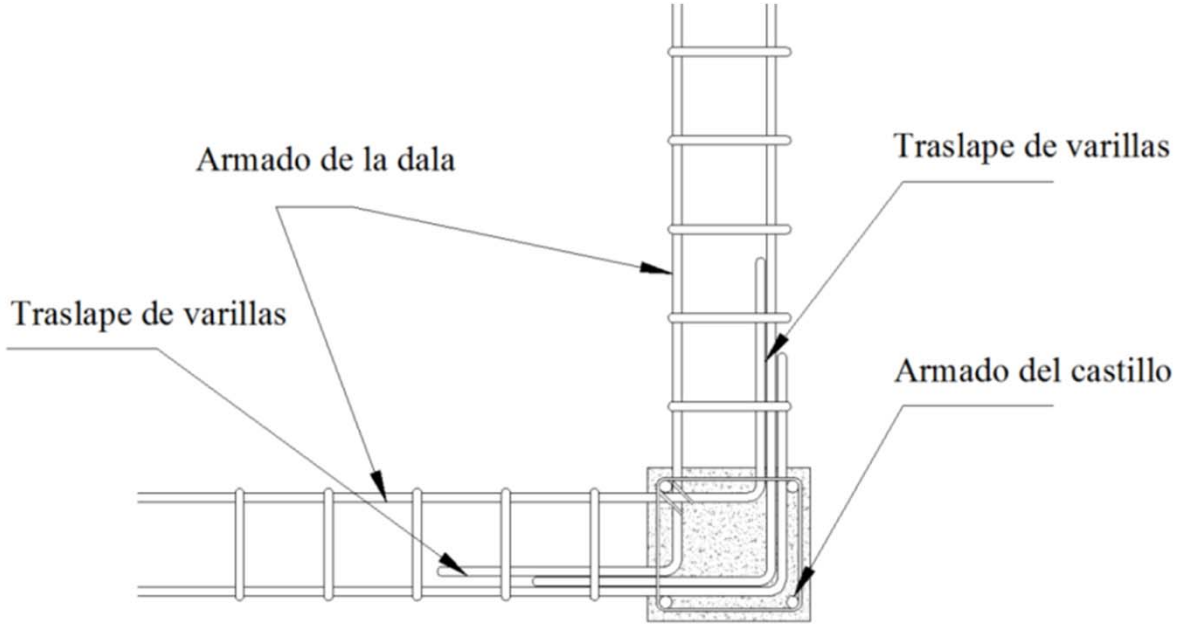
Distribución de los estribos y barras de refuerzo en una dala

En donde se unen los muros, las barras de las dalas se deben prolongar y doblar a 90° y el tramo restante debe medir no menos de 50 cm y quedar dentro de la otra dala.

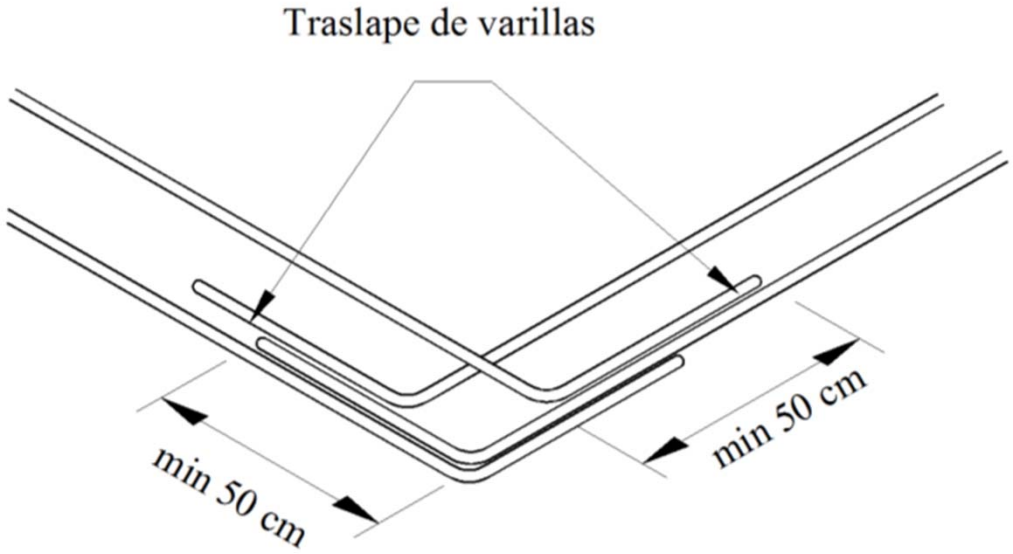


Armado de la dala en una intersección de muro

Se deben traslapar las barras de la dala en la esquina donde se unen con los castillos.

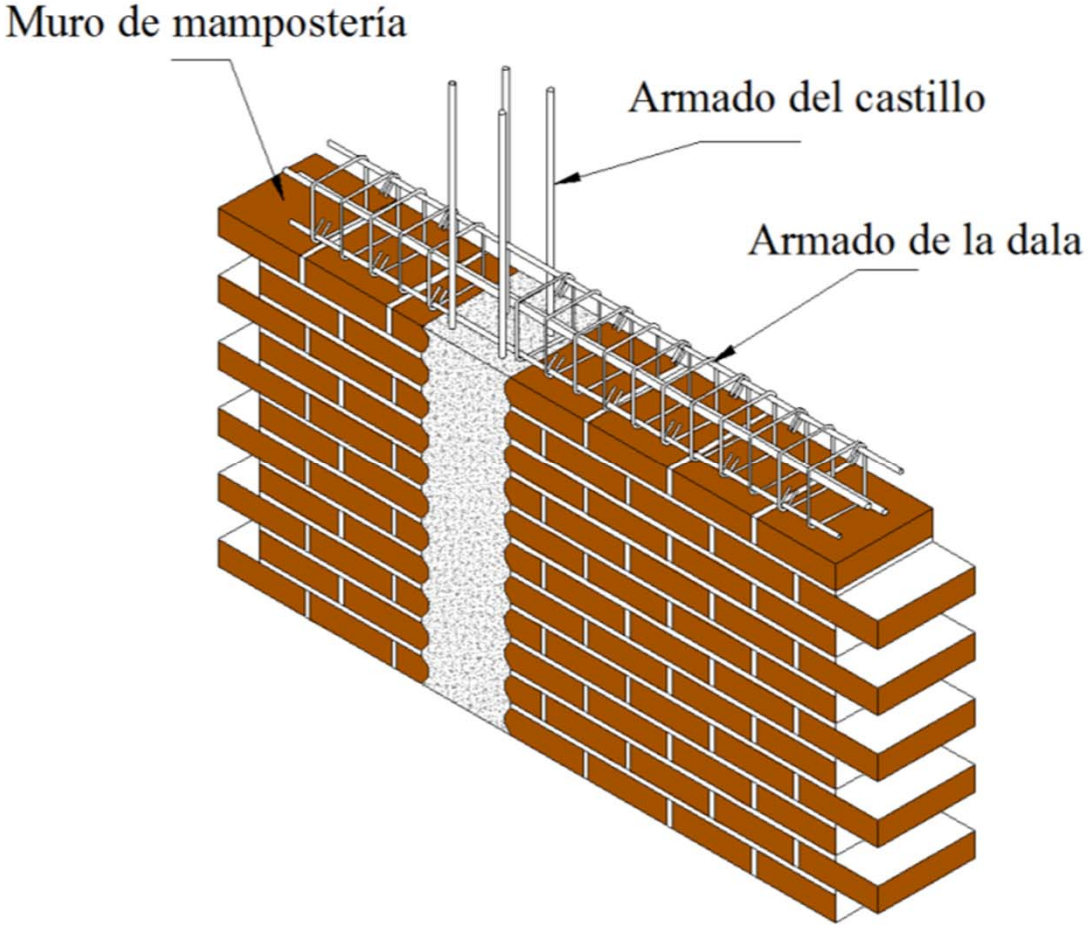


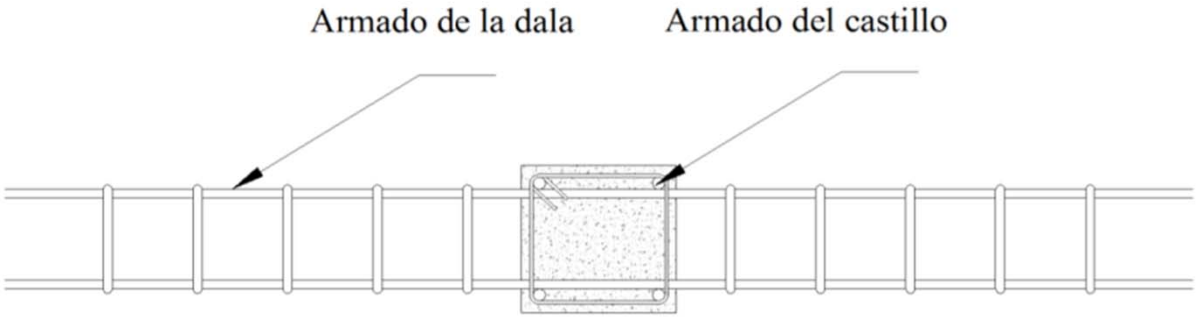
La distancia mínima de los traslapes de barra en las dalas debe ser de 50 cm.



Dala que pasa por un castillo

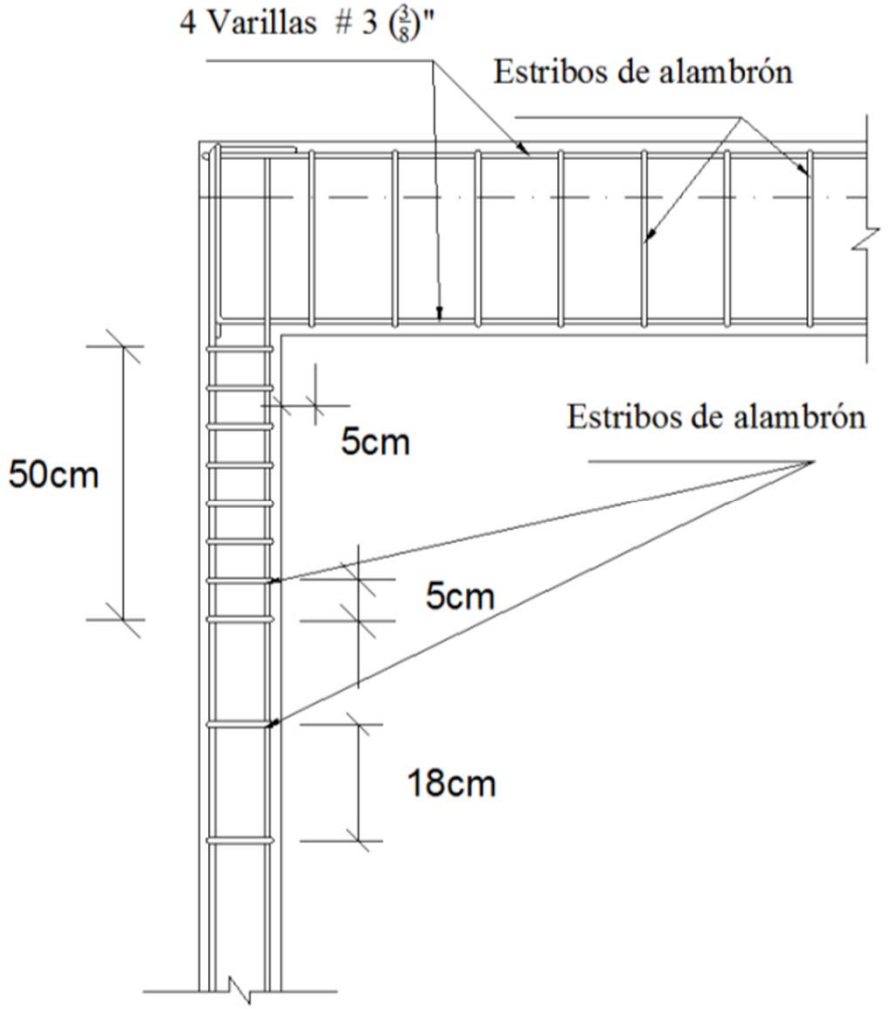
El acero de la dala debe colocarse por dentro del acero de los castillos, por lo tanto el armado del castillo deberá tener una mayor dimensión que las dalas.





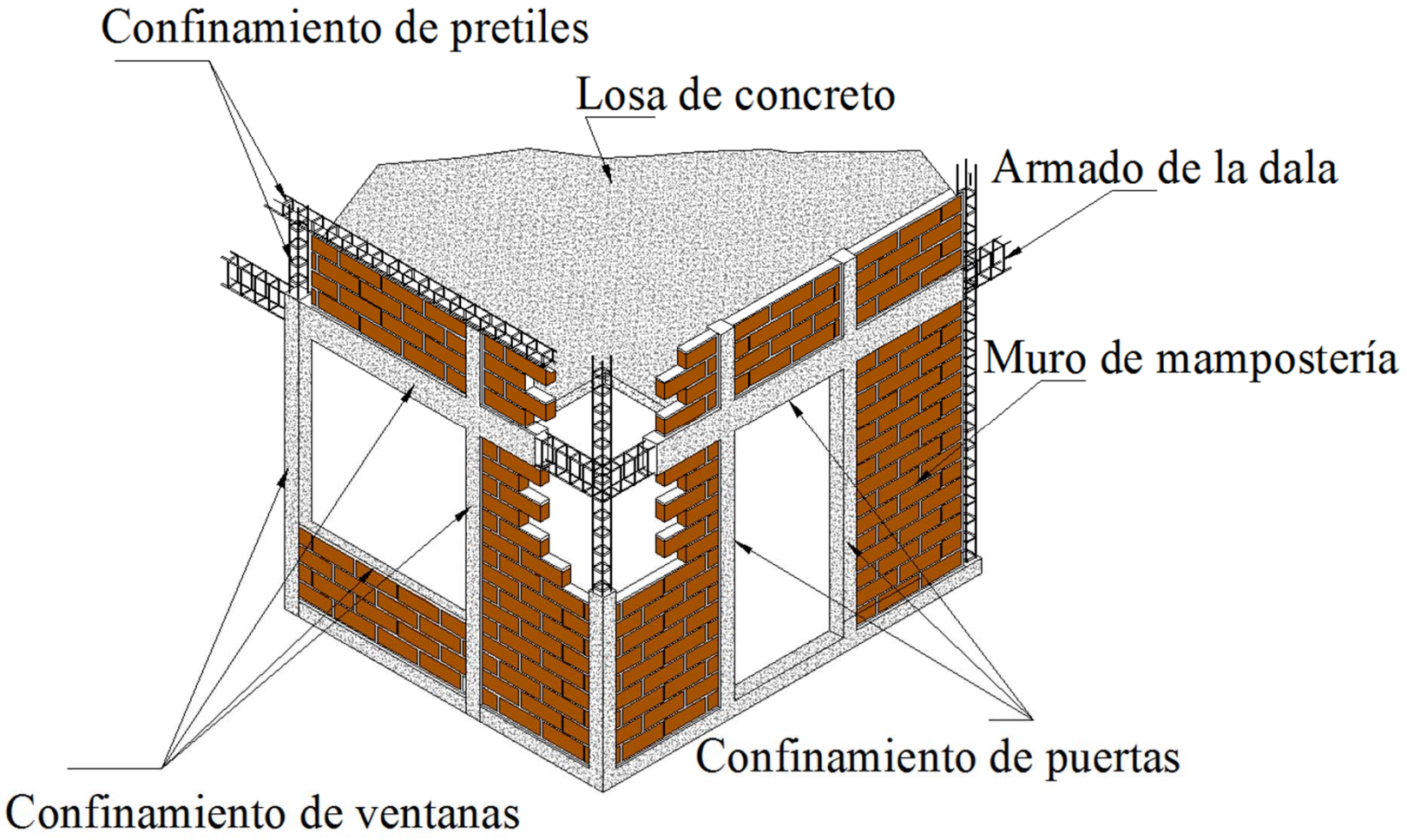
Colocación correcta del acero de la dala en el interior del castillo

En la unión del acero de refuerzo del castillo con el acero de la dala, los estribos de los castillos se cierran al llegar a la unión con la dala, y en una distancia de al menos 50 cm se colocan estribos a cada 5 cm de separación, en los castillos la máxima separación entre estribos es de 18 cm, por otra parte el primer estribo de la dala se coloca a 5 cm del paño del castillo.



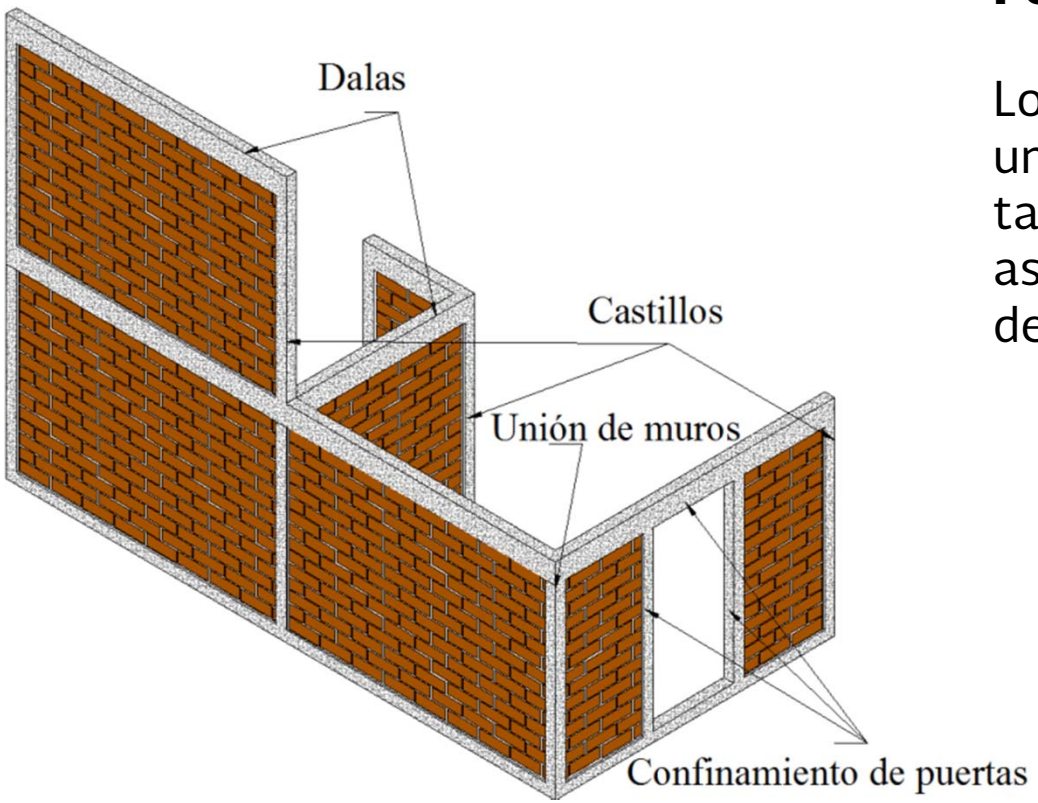
5.3 Confinamiento de puertas y ventanas

Todos los huecos mayores a 60 cm se deben confinar, por lo tanto, las puertas y las ventanas deben tener confinamiento a base de castillos y dalas, de la misma manera los pretiles deben ser confinados con castillos y, si son de más de 50 cm de altura, también se les construye dala superior. Estos detalles harán que tu vivienda tenga un buen comportamiento durante sismos



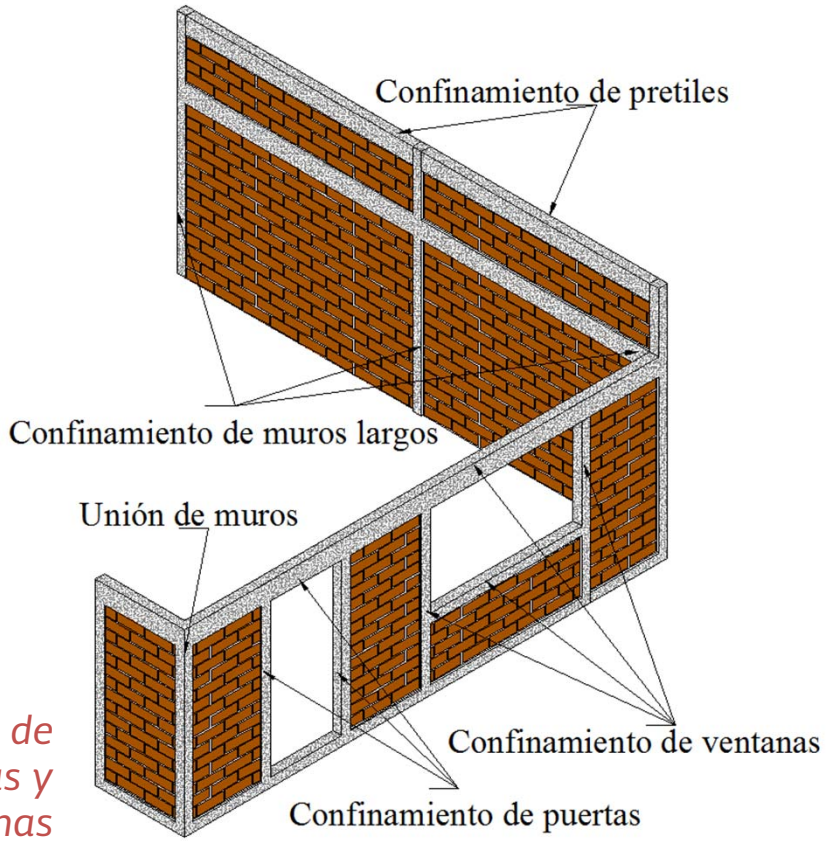
Posición de los castillos

Los castillos se deben colocar en todas las uniones de muros, así como en los pretiles, también se debe colocar dalas para asegurar el confinamiento y los castillos se deben prolongar desde la planta baja.



5.4 Muros largos

En muros largos (mayores a 4 m de longitud) se debe colocar castillos intermedios a no más de 4 m de distancia.



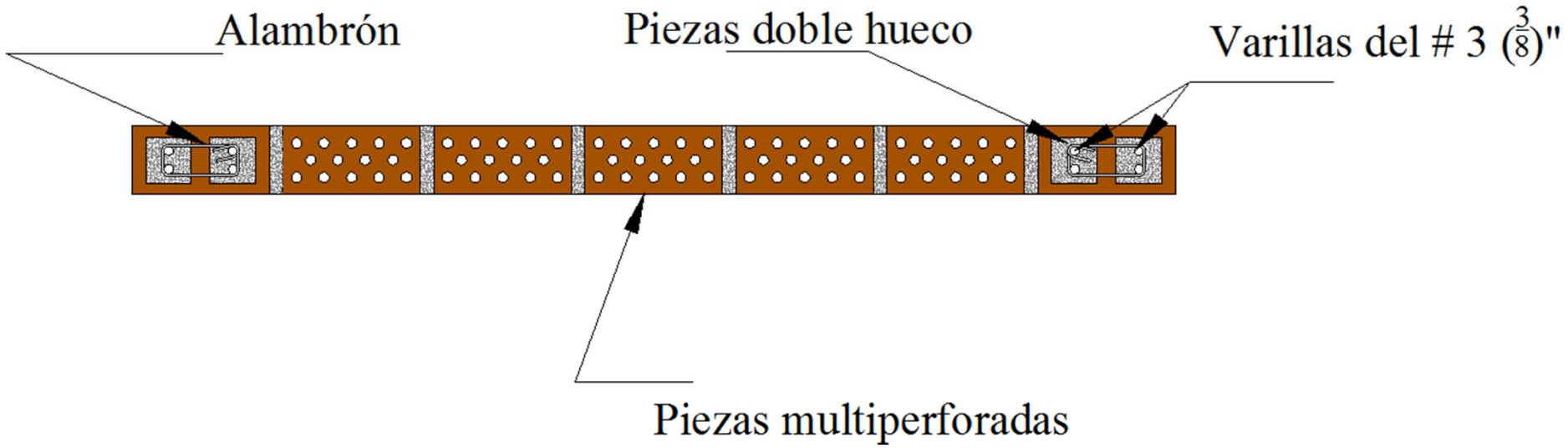
Detalle de confinamiento de muros largos puertas y ventanas

6. Muros con refuerzo interior

6.1 Armados de castillos interiores

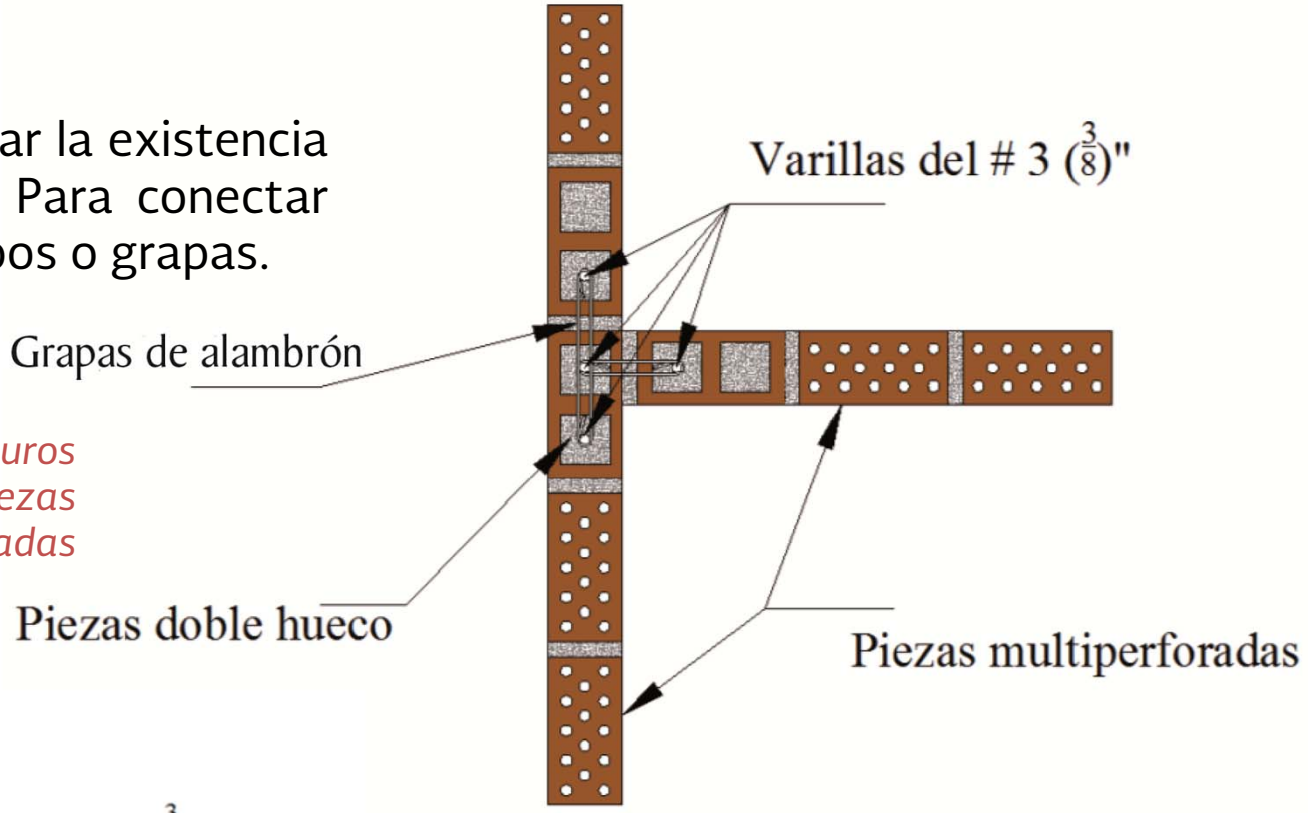
En el caso de la utilización de pizas de mampostería de doble hueco es necesario haber dejado las barras previamente ancladas a la zapata (en la cimentación), e ir rellenando por lo menos cada 50 cm las celdas donde van los castillos con el mismo mortero con el que se pegan las piezas.

Castillos o celdas rellenas en mampostería con piezas multiperforadas:

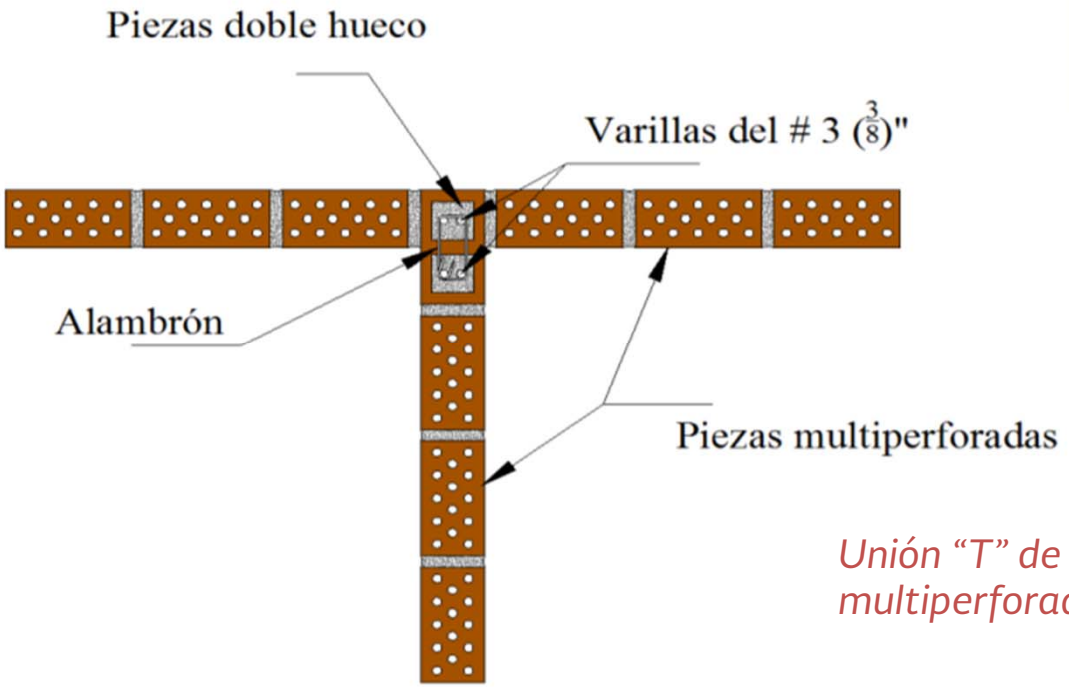


6.2 Unión de muros

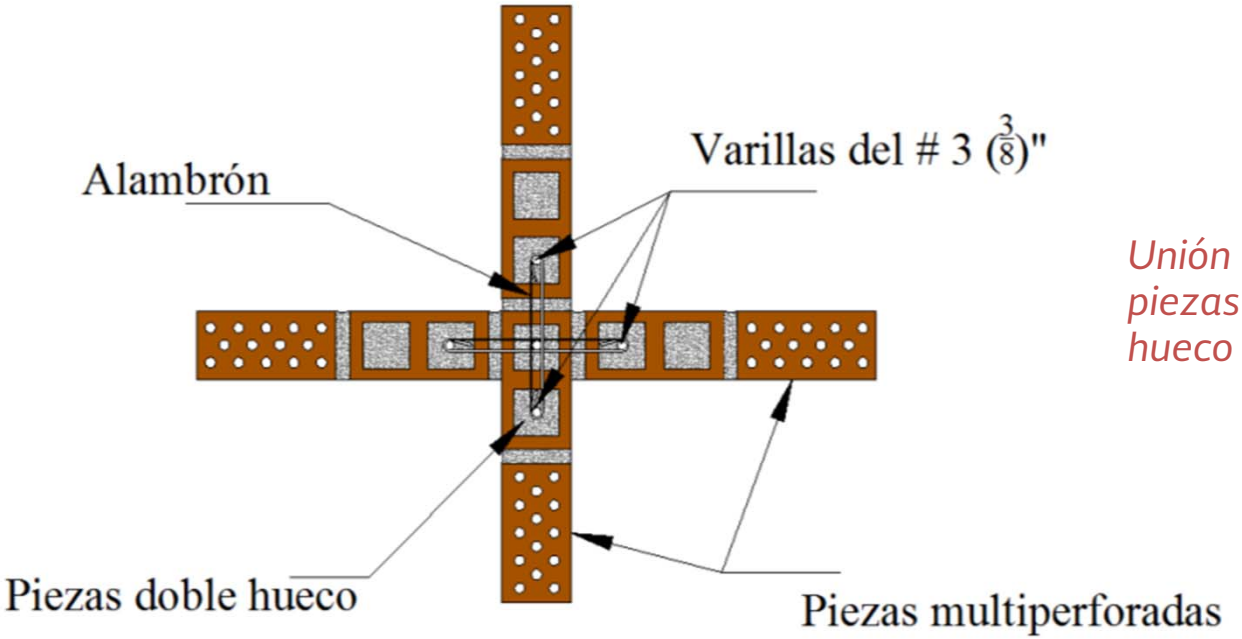
En cada unión se debe garantizar la existencia de acero de refuerzo vertical. Para conectar muros entre sí se colocan estribos o grapas.



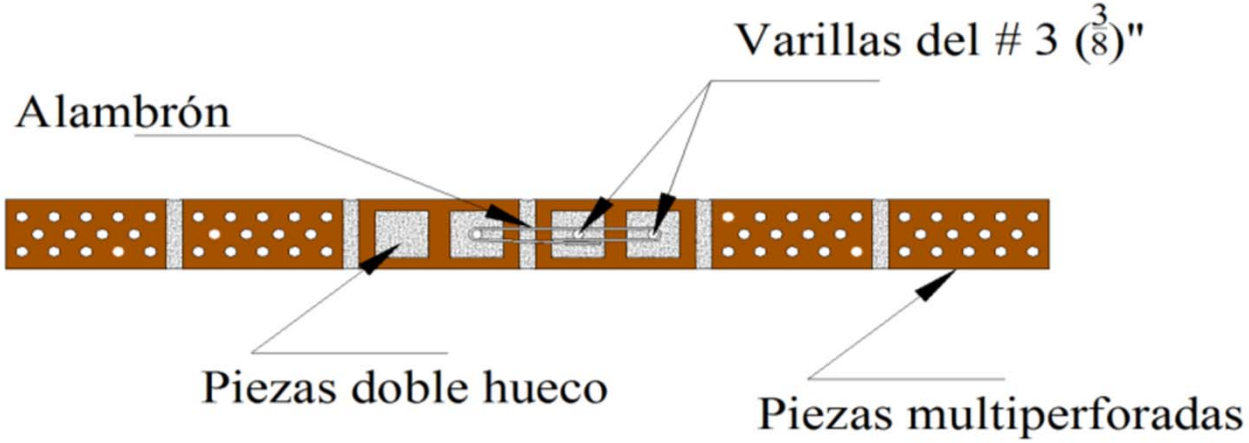
Unión "T" de muros con piezas multiperforadas



Unión "T" de muros con piezas multiperforadas y doble hueco

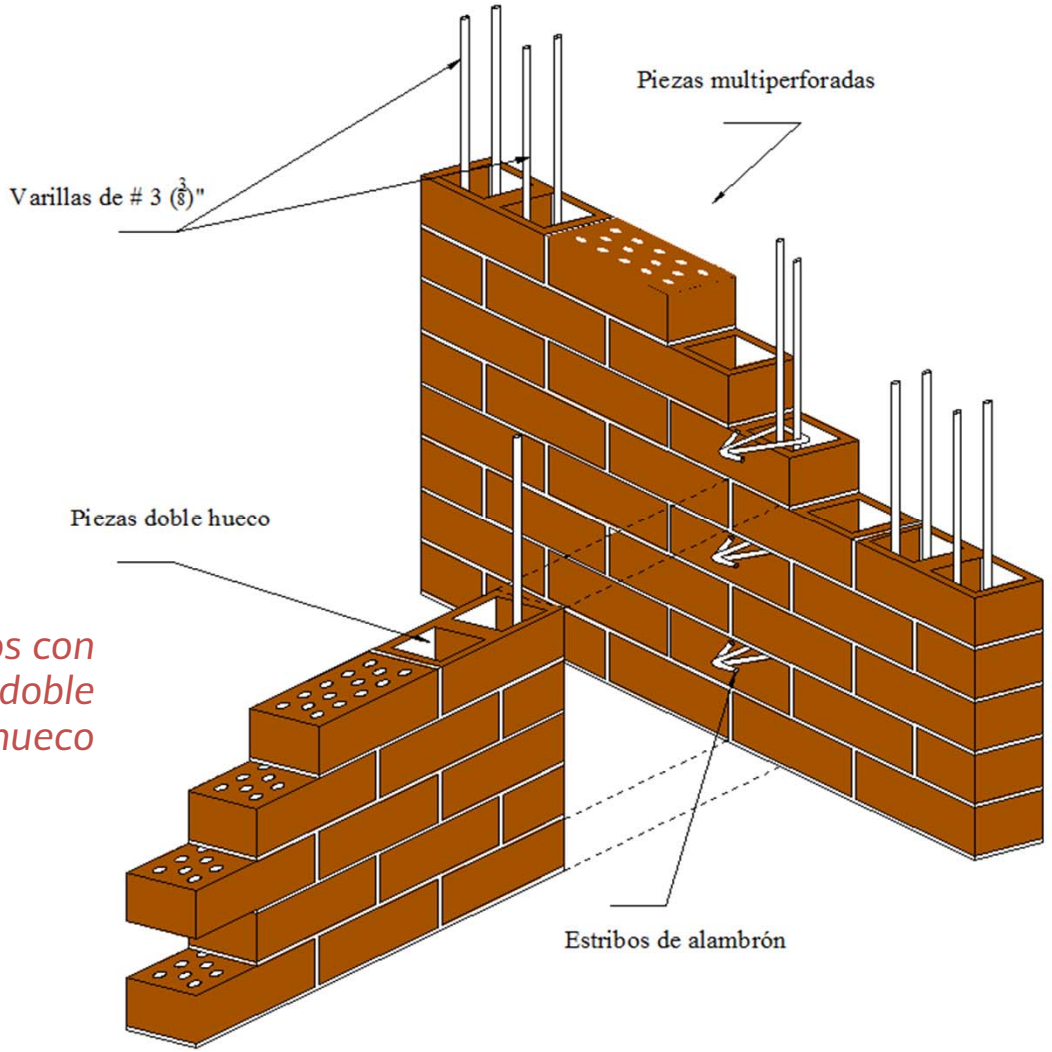


Unión en cruz "+" de muros con piezas multiperforadas y doble hueco



Unión de muros largos con piezas multiperforadas y doble hueco

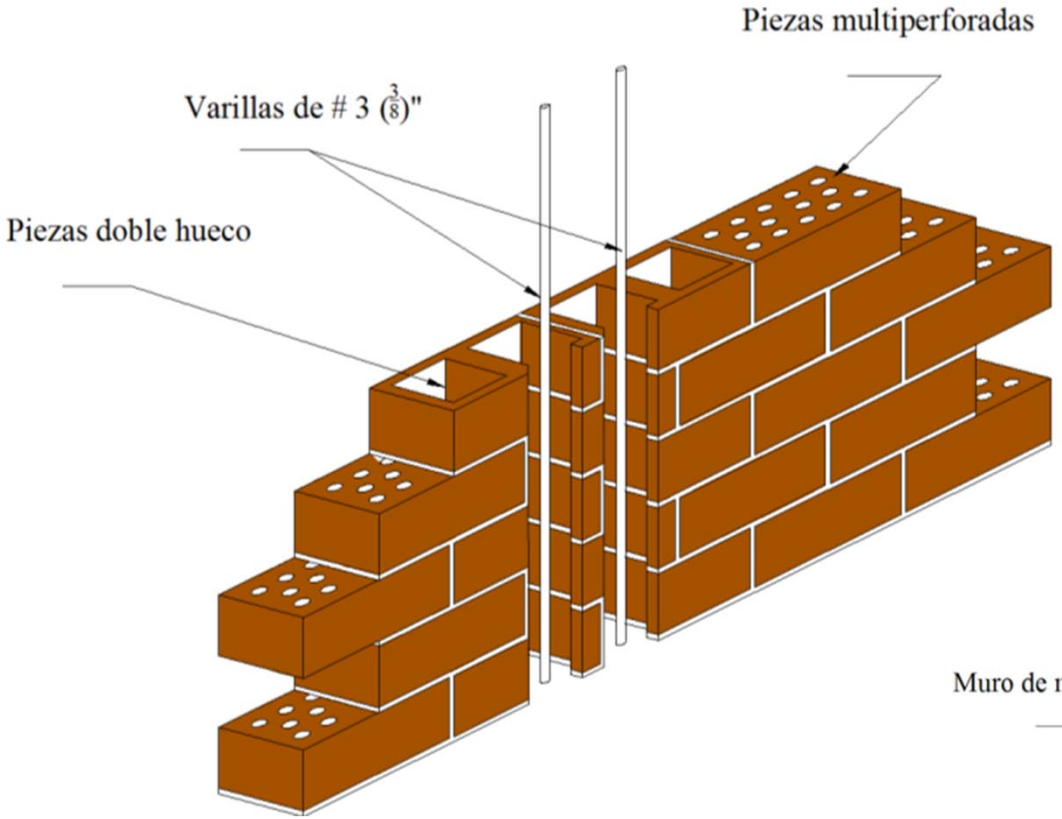
Unión de un muro formando una “T”, como se puede observar se tiene que dejar los estribos que unirán el muro que llega de manera ortogonal.



Detalle de unión de muros con piezas multiperforadas y doble hueco

6.3 Relleno de piezas doble hueco

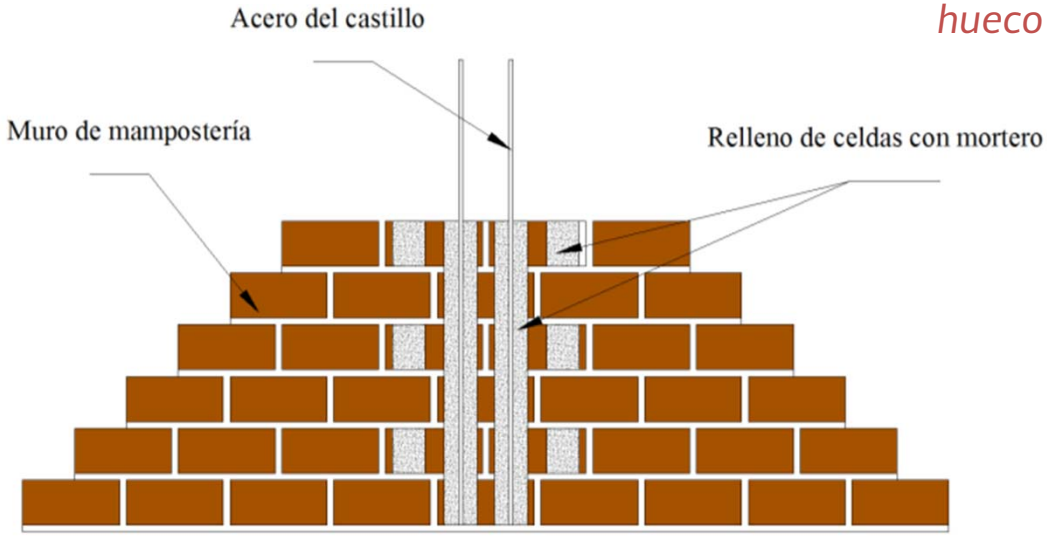
Las barras deben dejarse colocadas desde la cimentación y evitar que a la hora de colar el concreto el acero se mueva de su posición original.



Detalle de colocación de acero en muros con piezas multuperforadas y doble hueco

Las celdas donde se alojan las barras y las que quedan a un lado deben ser totalmente rellenadas con el mortero que es utilizado para pegar las piezas de mampostería, hilada por hilada, para evitar zonas débiles.

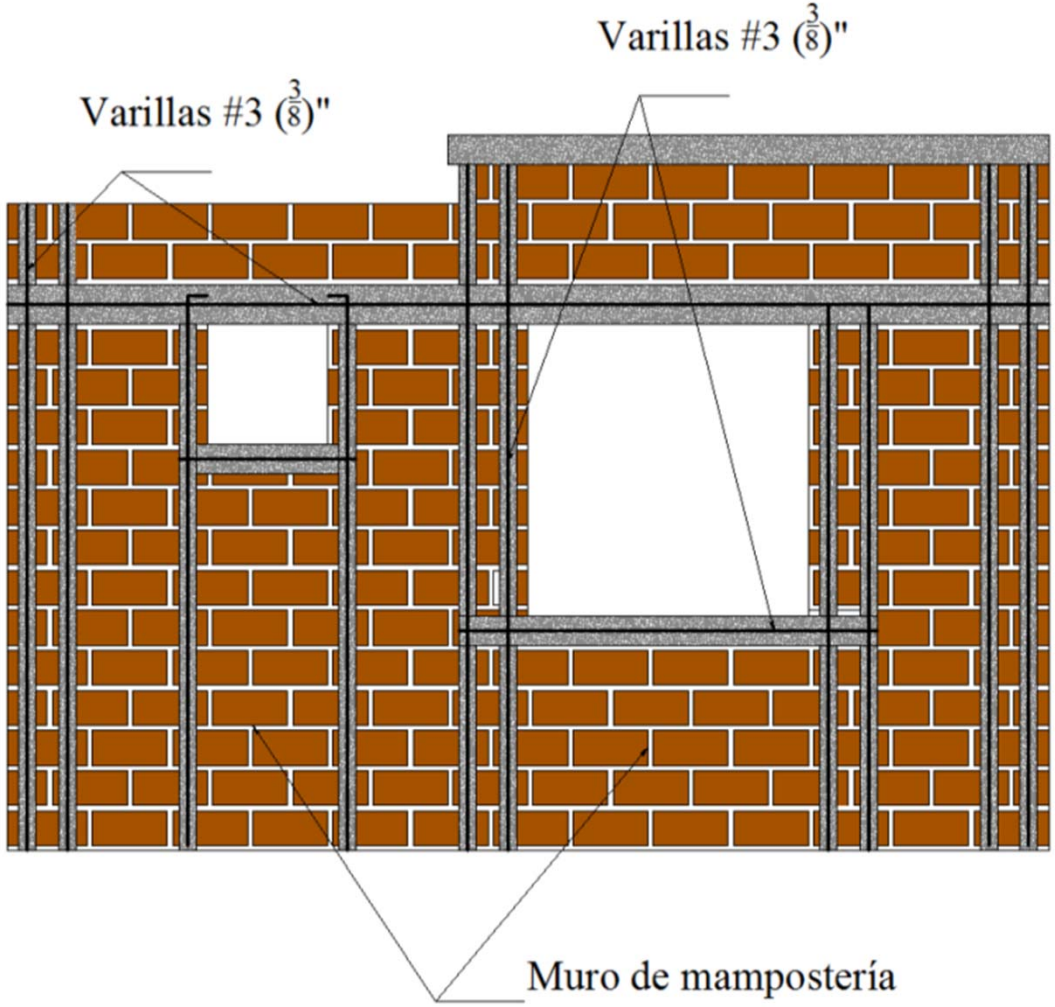
Detalle de relleno de huecos en mamposterías multiperforadas y doble hueco



6.4 Confinamiento de puertas y ventanas

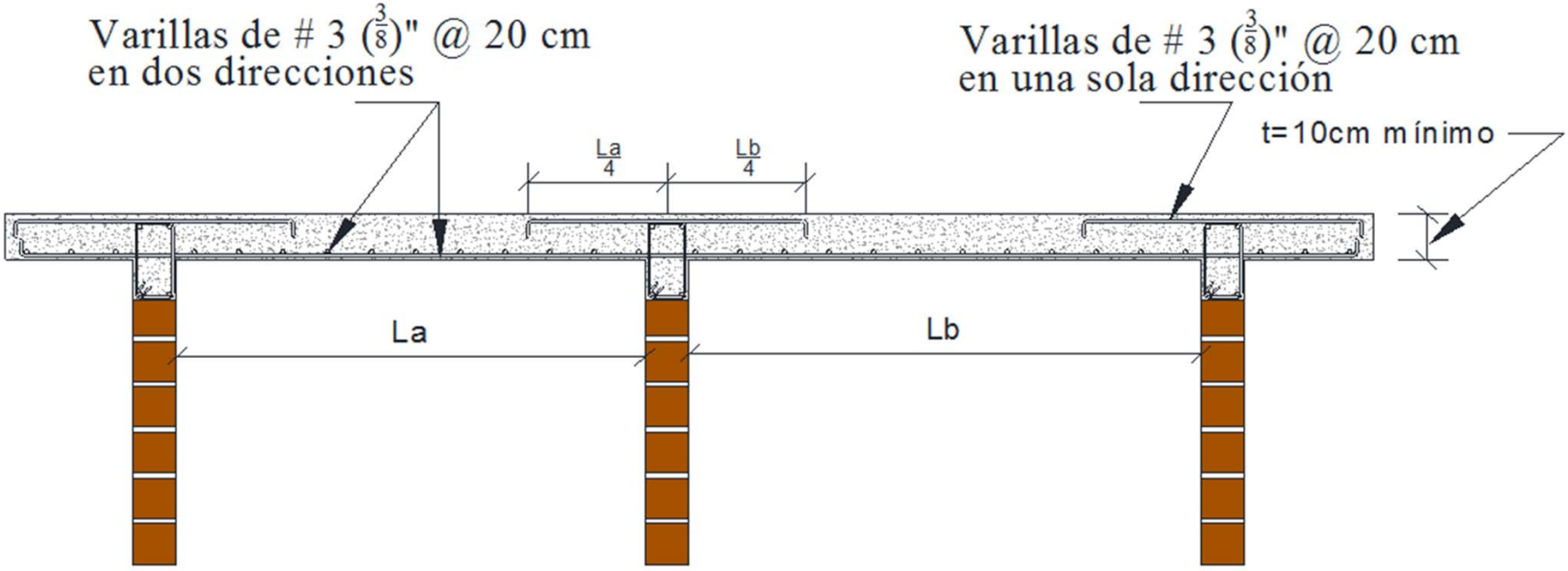
El confinamiento en piezas huecas se debe realizar colocando barras verticales en huecos de piezas a los lados de puertas y ventanas.

Hay que poner dalas horizontales y un repisón o dala debajo de las ventanas reforzado con barras.

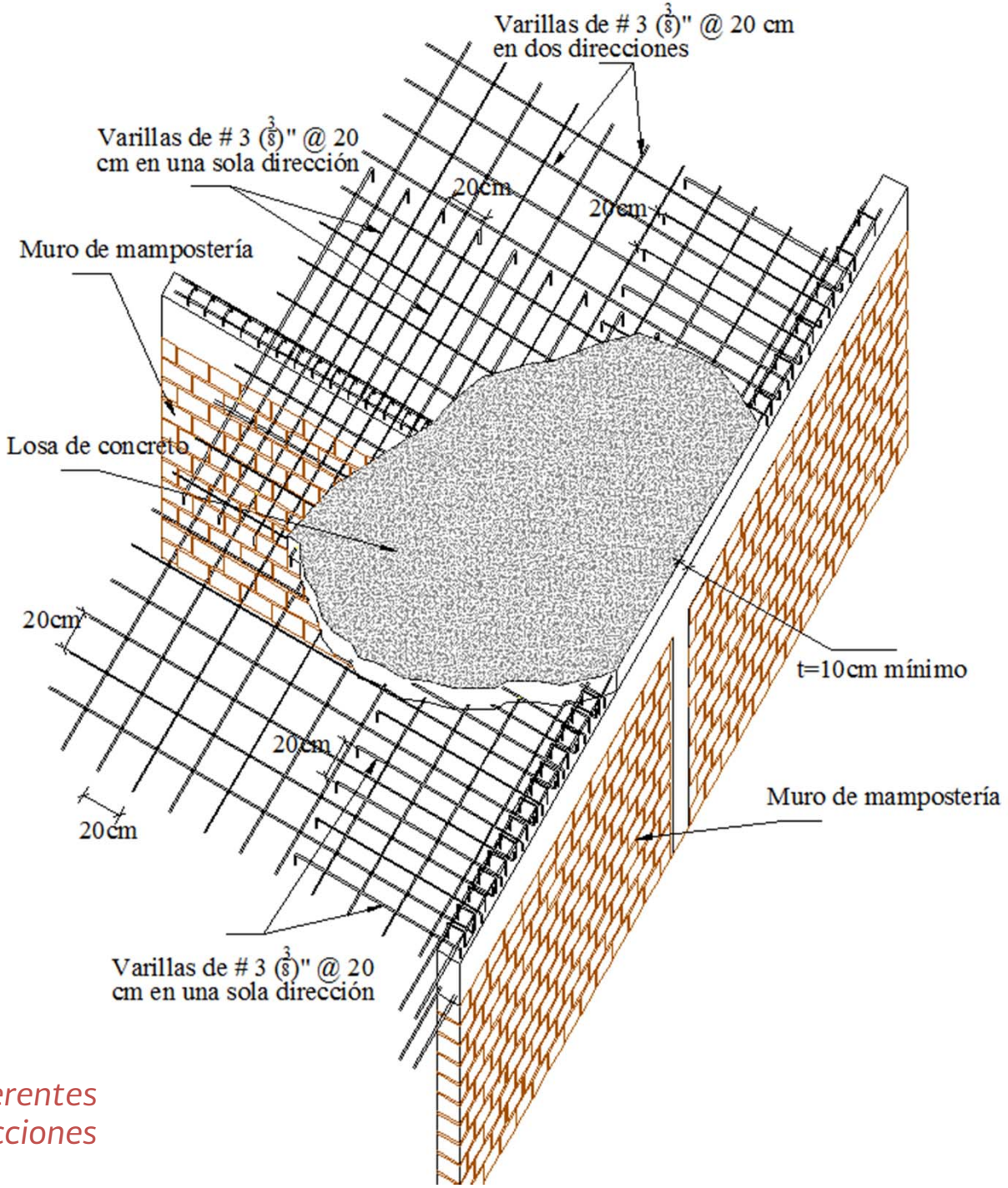


7. Losas de concreto reforzado

En el centro las losas se debe colocar barras de acero de 3/8” en la parte de abajo en dos direcciones formando una malla o parrilla, y al llegar a los muros se invierte la colocación del acero, es decir ahora el acero se colocar en la parte superior (comúnmente se llaman bastones), pero ahora se coloca en una sola dirección. El largo mínimo de los bastones debe ser el lado mayor entre cuatro (L/4), la separación máxima será a cada 20 cm en todos los casos. El espesor mínimo de la losa será de 10 cm.



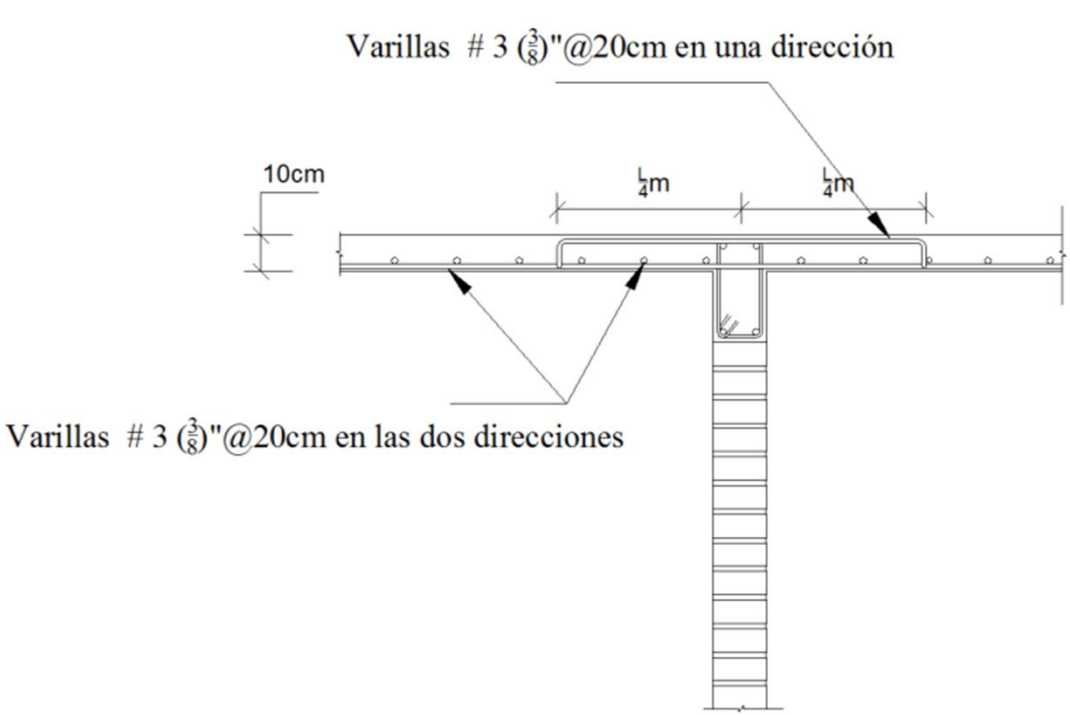
Esquema que muestra la colocación del acero en las diferentes zonas de la losa, así como su espesor mínimo, separaciones máximas y diámetro del acero que se debe utilizar.



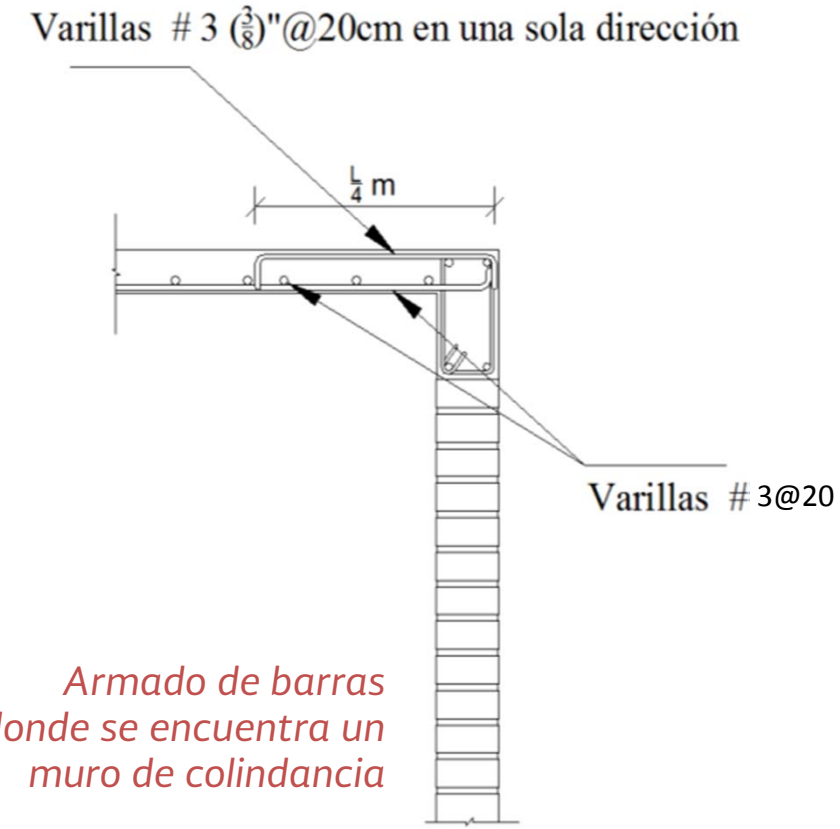
Armado de la losa en diferentes secciones

Dentro del armado de la losa quedan las barras superiores de las dalas.

Una forma de construir es colar primero las dalas y dejar 10 cm en la parte superior sin colar. Se prepara la cimbra y armado de la losa y se completa el colado. El acero de refuerzo será de barras de 3/8” a cada 20 cm de separación en el centro de la losa en dos direcciones y sobre los muros a cada 20 cm en una dirección, es decir sólo se colocan a lo largo del muro.



Armado de barras donde se encuentra un muro intermedio



Armado de barras donde se encuentra un muro de colindancia

8. Preparación de mortero para muros

Morteros con cemento y cal

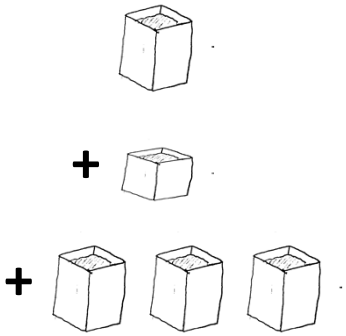
Tipo de mortero	Partes de cemento	Partes de cal	Partes de arena
I	1	0 a ¼	3
II	1	0 a ½	4 ½
III	1	1	6

Morteros con cemento gris y cemento de albañilería

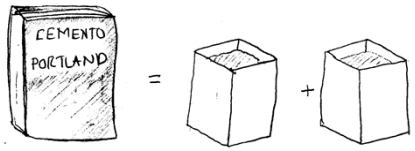
Tipo de mortero	Partes de cemento	Partes de cemento de albañilería	Partes de arena
I	1	½	3
II	1	1	4 ½

Ejemplo de mezcla de mortero tipo I.- (1:¼:3)

1 un bote de cemento (cemento gris)
+
1/4 de bote de cal (cal hidratada)
+
3 botes de arena
+
La mínima cantidad de agua para que quede una consistencia adecuada para pegar piezas
(será como un bote de agua)



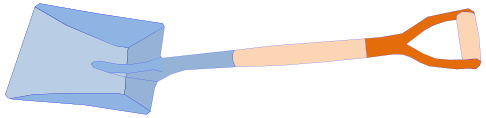
Recuerda que un bulto de cemento alcanza para llenar dos botes de 19 litros



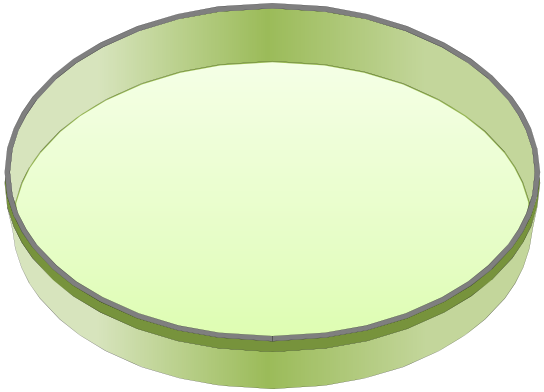
Se debe realizar la mezcla en un recipiente de material no absorbente (se le llama "artesa").

No se debe mezclar sobre tierra ni tablas de madera.

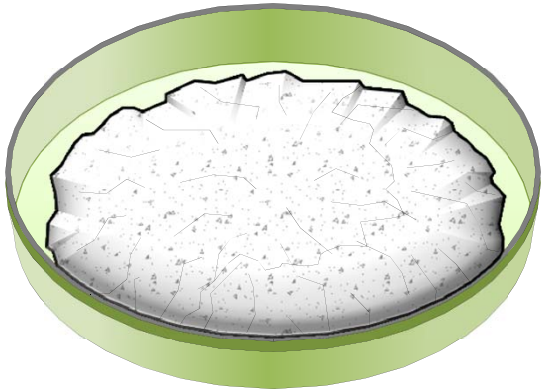
Para preparar con pala la mezcla de mortero:



- Primero se coloca la arena seca y el cemento.
- Se revuelve con la pala hasta obtener un color homogéneo.
- Extienda la mezcla seca en una cama de 15 a 20 cm.
- Se retira el material del centro acumulándolo en los extremos para formar los bordes de una fosa (como un cráter de volcán).
- Agregar el agua permitiendo que el material absorba el agua por 10 minutos mínimo (se dice que “se satura” de agua).
- Mezclar todo el material hasta que la mezcla tenga la consistencia y homogeneidad adecuada.
- Si se requiere, agregar poco a poco agua para que la consistencia sea la adecuada.
- Si queda muy fluida (aguada) se puede corregir solo agregando más arena y cemento.



a) Usar una artesa no absorbente



b) Mezclar los materiales en seco

c) Hacer el borde, agregar el agua y dejar 10 min. Mezclar

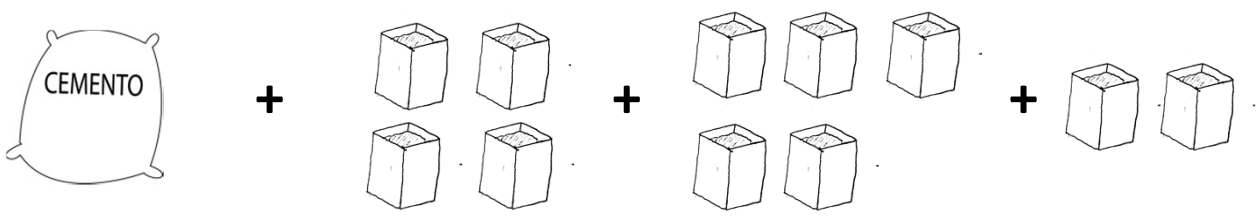
9. Preparación de concreto

Dosificación de concreto para zapatas, castillos, dalas y losas f_c'=Resistencia

Materiales	**Dosificación de concreto por BULTO DE 50kg**			
	f_c'=100 kg/cm²	f_c'=150	f_c'=200	f_c'=250
	Pisos y firmes pobres	Dalas y castillos	Zapatas y losas	Columnas
CEMENTO (bulto 50 kg)	1	1	1	1
ARENA (bote 19 litros)	6	5½	4	3½
GRAVA (bote 19 litros)	7	6	5	4½
AGUA (bote 19 litros)	2½	2½	2	1½

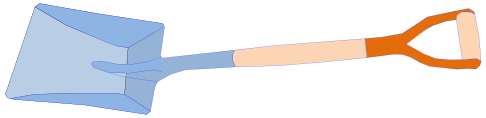
Ejemplo de un concreto para zapatas y losas:

1 un bulto de cemento gris **+** 4 botes de arena arena **+** 5 botes de grava **+** 2 botes de agua

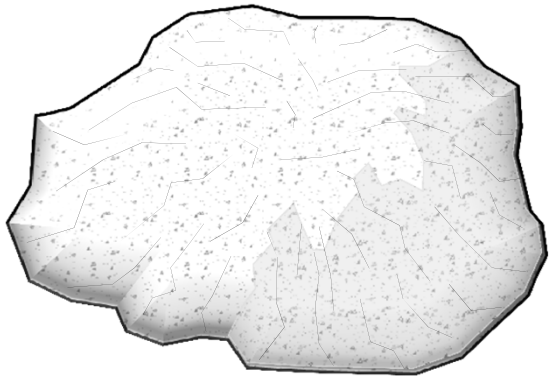


(un bulto de cemento de 50 kg alcanza para llenar dos botes de 19 litros)

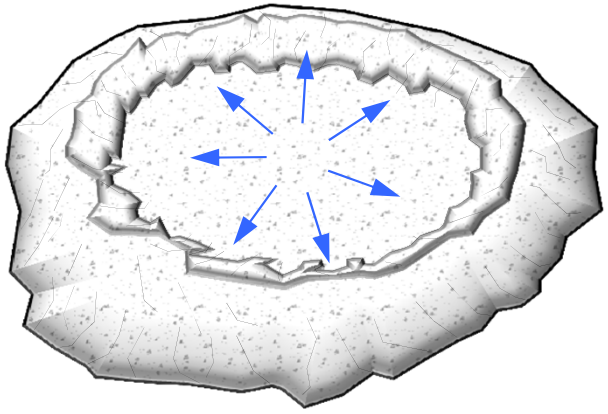
Para preparar con pala la mezcla de concreto:



- Primero se coloca la arena seca y el cemento.
- Se revuelve con la pala hasta obtener un color homogéneo.
- Extienda la mezcla seca en una cama de 15 a 20 cm.
- Se retira el material del centro acumulándolo en los extremos para formar los bordes de una fosa (como un cráter de volcán).
- En medio se coloca toda la grava. Agregar el agua permitiendo que el material la absorba agua por 10 minutos mínimo (se dice que “se satura” de agua).
- Mezclar todo el material hasta que la mezcla tenga la consistencia y homogeneidad adecuada.
- Si se requiere agregar más agua para se tiene que poner un poco más de cemento. Agregar poco a poco hasta que la consistencia sea la adecuada.



a) Mezclar en seco cemento y arena.



b) Acumular el material en el borde (como pozo o “volcán”).

c) Agregar la grava y el agua y dejar 10 min. Mezclar todo.

Bibliografía

Alonso. N, Mendoza G. (2011) *Comportamiento de la mampostería sometida a esfuerzos cortantes reforzada con mallas metálicas y recubrimientos de mortero*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería.

Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural Comité de Mampostería. (2015). *Análisis de Estructuras de Mampostería*. México, SMIE.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (2010) *Manual Instructivo para la Autoconstrucción de Viviendas Transitorias de Emergencia Social.* Argentina Editorial del Cardo http://www.biblioteca.org.ar/libros/210003.pdf

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay (n.d.). *Manual de Autoconstrucción*. Uruguay http://www.anv.gub.uy/archivos/2013/02/manual-MVOTMA-diseno-COMPLETO-LOW.pdf

CEMEX.(2010). *Manual del Usuario del Concreto Profesional MR* México. https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/Manual%20del%20Constructor%20-%20Construcci%C3%B3n%20General.pdf

Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (n.d.). *Manual del Albañil de Ladrillos Cerámicos*. Chile. http://www.ceramicasantiago.cl/user/manuales/Manual_del_Albanil.pdf

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (n.d.) Manual para la Construcción de Vivienda de un Piso con Bloques de Concreto. Costa Rica. http://www.tramitesconstruccion.go.cr/docs/CNE/generalidades/amenazas%20naturales%20y%20uso%20del%20suelo/Manual%20de%20la%20construccion%20de%20viviendas%20de%201%20piso.pdf

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (n.d.). Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería. Colombia. http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrvm/mamposteria_lared.pdf

Confined Masonry Network a Proyect of de World Husing Enciclopedia, EERI and IAEE with funding support from Risk Management Solutions. (2011). Seismic Designe Guide for Low-Rise Confined Masonry building. México

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana
Coordinación Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres

Av. Delfín Madrigal núm. 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Alc. Coyoacán, Ciudad de México C.P. 04360

www.gob.mx/cenapred