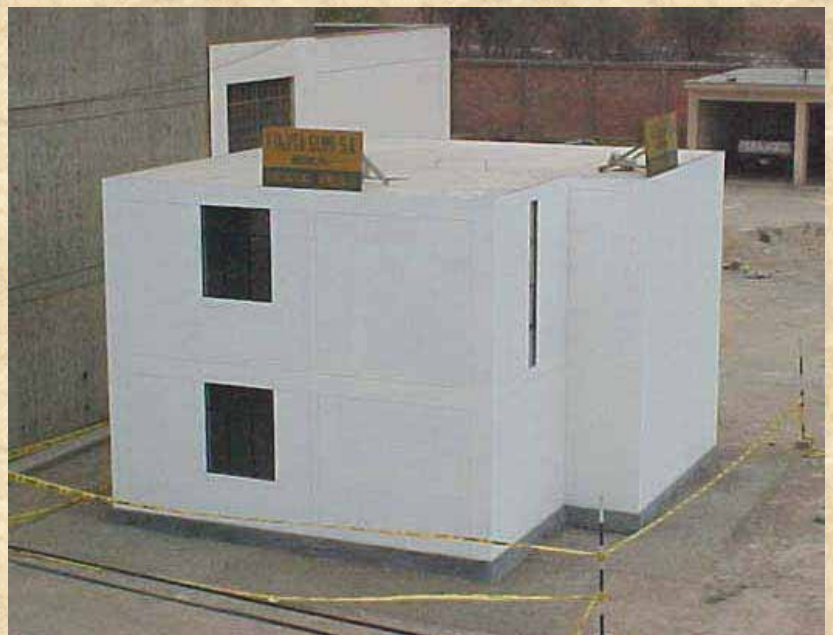




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS – DIVISION DE ENSAYOS A ESCALA REAL CISMID

GUIA PARA LA CONSTRUCCION CON ALBAÑILERIA



Marzo del 2004

Lima - Perú





CONSTRUYENDO EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS

Comité Asesor Japonés

Universidad Nacional de Yokohama
Dr. Yutaka Yamasaki



Centro para Mejoramiento de la Vida
Laboratorio para ensayo de Edificaciones de Tsukuba
Dr. Mikio Futaki



Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte
Instituto Nacional de la Tierra, Infraestructura & Manejo
Dr. Takashi Kaminosono
Dr. Tetsuro Goto



Instituto de Investigación de Edificaciones
Dr. Hiroto Kato
Dr. Koichi Kusunoki



Instituto de Desarrollo de Infraestructura
Mr. Ryokichi Ebizuka
Mr. Satoshi Nomura



Comité de Investigadores Peruanos

Participantes del CISMID/FIC/UNI



Dr. Carlos Zavala
Ing. Patricia Gibu
Ing. Claudia Honma
Ing. Oscar Anicama
Ing. Jorge Gallardo
Ing. Eng. Leslie Chang
Bach. Eng. Guillermo Huaco
Sr. German Bautista
Sr. Larry Cardenas



AGRADECIMIENTO

Esta guía ha sido elaborada basados en las mejoras y conocimiento adquirido en el marco del Programa Promoción y Desarrollo de Tecnologías para la Construcción para países no desarrollados y en vía de desarrollo el cual es supervisado por el Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte del Japón.

Este programa establecido para países en vías de desarrollo, promueve el desarrollo y mejora de tecnologías de la construcción desarrolladas en estos países adaptando el estado del arte de tecnologías desarrolladas en Japón para la mejora de las metodologías tradicionales, luego de una certificación a través de proyectos piloto locales y experimentos relacionados con estas tecnologías.

La ejecución de este programa fue encomendada por el Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte del Japón al Instituto de Desarrollo de Infraestructura del Japón (IDI) y el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) para recopilar los procedimientos tecnológicos en una guía con el aporte financiero y tecnológico del Japón. Un comité de especialistas Japoneses actuó como asesores del proyecto durante su desarrollo.

En el Perú los edificios de albañilería de ladrillos de arcilla y adobe son los sistemas estructurales más usados en la construcción de viviendas en zonas urbanas. Estas viviendas han sufrido serios daños durante los últimos eventos sísmicos debido a defectos estructurales o falta de control de calidad del trabajo en obra y los materiales.

Ante este hecho, el programa fue planeado para mejorar esta situación. El proyecto intenta contribuir a la mitigación del daño ocasionado por los sismos, mejorando la capacidad resistente frente a terremotos de las construcciones de albañilería confinada. Este mejoramiento se lleva a cabo de manera que la población Peruana, pueda en lo posible seleccionar mejor sus materiales, construir elementos con detalles de refuerzo mas convenientes y realizar un adecuado control de calidad sin alterar los métodos tradicionales de construcción. Se han realizado experimentos para verificar la resistencia de muros y viviendas cuyo punto culminante fue el ensayo de una vivienda de dos pisos a escala natural. Los ingenieros locales a través de la guía pueden hacer el seguimiento del de construcción a través de este programa, el mismo que ha quedado registrado en la guía.

Esta guía representa una de las metas del Programa Promoción y Desarrollo de Tecnologías para la Construcción del Japón como contribución al mejoramiento de la resistencia sísmica de viviendas del Perú.

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento al Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte del Japón, y al Instituto de Desarrollo de Infraestructura del Japón (IDI) por su contribución en la difusión de los métodos constructivos de viviendas en el Perú a través del soporte a este proyecto.

Dr. Carlos ZAVALA
Profesor Asociado
Universidad Nacional de Ingeniería
CISMID/FIC/UNI



INSTRUCCIONES INICIALES

Las viviendas de albañilería para tener un buen comportamiento estructural deben ser construidas con procedimientos constructivos apropiados, buen detallado de los planos estructurales y un buen control de calidad. Esta guía ha sido dividida en catorce secciones siguiendo el procedimiento constructivo. El detalle de los planos estructurales y el control de calidad fue discutido con el Comité de Asesores Japoneses y los miembros de CISMID, considerando el sistema constructivo peruano y los conceptos de detallado estructural japoneses, como los anclajes de refuerzo, así como criterios de control de calidad. Esta guía debe ser usada para viviendas de uno y dos pisos, ya que nuestra experimentación se llevo a cabo en una vivienda a escala real de dos pisos.

Cada sección presenta preguntas como ejecutar los trabajos de construcción y también muestra recomendaciones para asegurar un buen control de calidad en la obra. Cuando algún ítem es muy importante se muestra una señal donde aparece un pequeño hombrecito, mostrando una recomendación en color verde. Asimismo si es una nota crucial, aparece una señal de alerta con la recomendación en color rojo. Esta clase de recomendaciones debe seguirse si deseamos que un buen control de calidad en la obra.

Esperamos que usted disfrute de la lectura de esta guía y que el conocimiento y recomendaciones que pudiera adquirir de ella sea difundido entre sus colegas. Esto ayudara a mejorar nuestra tecnología constructiva en viviendas de albañilería.



CONTENIDO

LA CONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERIA

1. Introducción	1
2. ¿Que materiales usamos?	1
● Cemento	
● Arena (arena fina y arena gruesa)	
● Piedra Chancada (Agregado grueso)	
● Hormigón (mezcla de arena y piedra)	
● Agua	
● Unidades de Albañilería	
● Refuerzo de Acero	
● Madera	
3. ¿Que elementos forman parte del sistema estructural de la albañilería?	3
4. ¿Donde se encuentran estos elementos y materiales en una vivienda?	4
5. ¿Como saber si la cantidad de muros es suficiente?	5
● Ejemplo de verificación de la densidad de muros	
6. ¿Que debo de hacer antes de iniciar la construcción?	9
● Preparando el terreno	
● Dibujando la estructura en el terreno	
7. ¿Como debo construir la cimentación?	10
● Condiciones de sitio	
● Escarbando el cimiento	
● Preparando el fondo de la cimentación	
● Colocando el refuerzo de las columnas de confinamiento	
● Colocando el concreto ciclópeo en la cimentación.	
● Ejemplo de detalle de la cimentación	
8. ¿Como construir el sobrecimiento?	12
9. ¿Como construir los muros?	12
● Preparación de los ladrillos	
● Preparación del mortero	
● El proceso de construcción	
● Notas Adicionales	
10. ¿Como colocar las columnas de confinamiento de los muros?	15
● Colocando el encofrado	
● Vaciando el concreto	
11. ¿Como amarrar las columnas y los muros?	16
12. ¿Como construir la losa y las vigas?	17
● Preparando el concreto para vigas y losa	
● Colocando el concreto en vigas y losa	
13. ¿Como dar acabado a las superficies de los elementos?	21
14. ¿Como controlar la calidad de los materiales?	22
● Como obtener muestras de concreto fresco?	
● Revenimeinto	
● Control de calidad de la albañilería	
GLOSARIO	24
● Conceptos Básicos	
● Materiales	
● Herramientas y Equipos	

LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA DE ALBAÑILERIA

1. Introducción

El sistema estructural que más se utiliza en el Perú y Sudamérica para la construcción de viviendas en zonas urbanas es la denominada albañilería de ladrillos de arcilla. Mas del 43% de las viviendas son construidas con este sistema estructural. En el sismo de Atico 23/6/2001 (Arequipa, Perú) muchas viviendas de albañilería sufrieron daño. La principal fuente de este daño es la no existencia de un control de calidad adecuado durante la etapa constructiva y una deficiente configuración estructural. El construir una vivienda sin seguir las normas de diseño sísmico y las normas de diseño de albañilería y las recomendaciones de esta guía puede producir daño estructural.

2. ¿Que materiales usamos?

- **Cemento**

El cemento es vendido en bolsas de 42.5 kg. Estas deben ser protegidas de la humedad para que no se endurezcan antes de su uso. El lugar de almacenaje para el cemento deberá estar aislado de la humedad del suelo usando mantos de plástico o creando una superficie flotante con cartones y/o tablas de madera.



- **Arena (fina y gruesa)**

Esta será usada en la mezcla con el cemento, la piedra y el agua. Su misión es el reducir los vacíos entre las piedras. La arena no debe contener tierra orgánica, mica, sales, agentes orgánicos, componentes de hierro, ni tener apariencia oscura. No debe mojarse la arena antes de usarse.



Puedes probar si la arena es mala, colocando la arena en un recipiente con agua. Si flota mucho polvo o suelo, esto indica que se separará de la mezcla.



- **Piedra Chancada (agregado grueso)**

Las piedra debe ser partida y angulosa. Debe ser dura y compacta. Las piedras que se parten fácilmente no son buenas.





- **Hormigón (Mezcla natural de agregados)**

El hormigón es una mezcla natural de piedras de diferentes tamaños, y arena gruesa. Es usado para preparar concreto de baja resistencia de sobrecimiento, falsos pisos, calzaduras.



- **Agua**

El agua no debe tener impurezas, debe ser limpia, bebible y fresca.



No use agua sucia



- **Unidades de Albañilería**

Existen ladrillos de arcilla y silico calcáreos. Las unidades La unidad de albañilería puede ser sólida, hueca o tubular. Para ser considerados sólidos el área sin huecos debe ser mayor al 75% del área bruta geométrica. La resistencia mínima en del esfuerzo en compresión de las unidades debe ser al menos 50 kgf/cm².



No usar ladrillos crudos (faltos de cocción) o con rajaduras. Ladrillos blanquecinos no deben ser usados.

- **Acero Corrugado de Refuerzo**

Para los elementos de confinamiento de concreto, deberá utilizarse barras de acero corrugado de 9.15 m de longitud y diámetros de 3/8", 1/2" y otros. Para los estribos de corte pueden usarse barras lisas de 1/4" de diámetro. Para ajustar y unir las barras se recomienda el uso de alambre n° 16. Durante su almacenaje, se recomienda cubrir las barras con láminas e plástico o planchas de triplay para prevenir la oxidación.

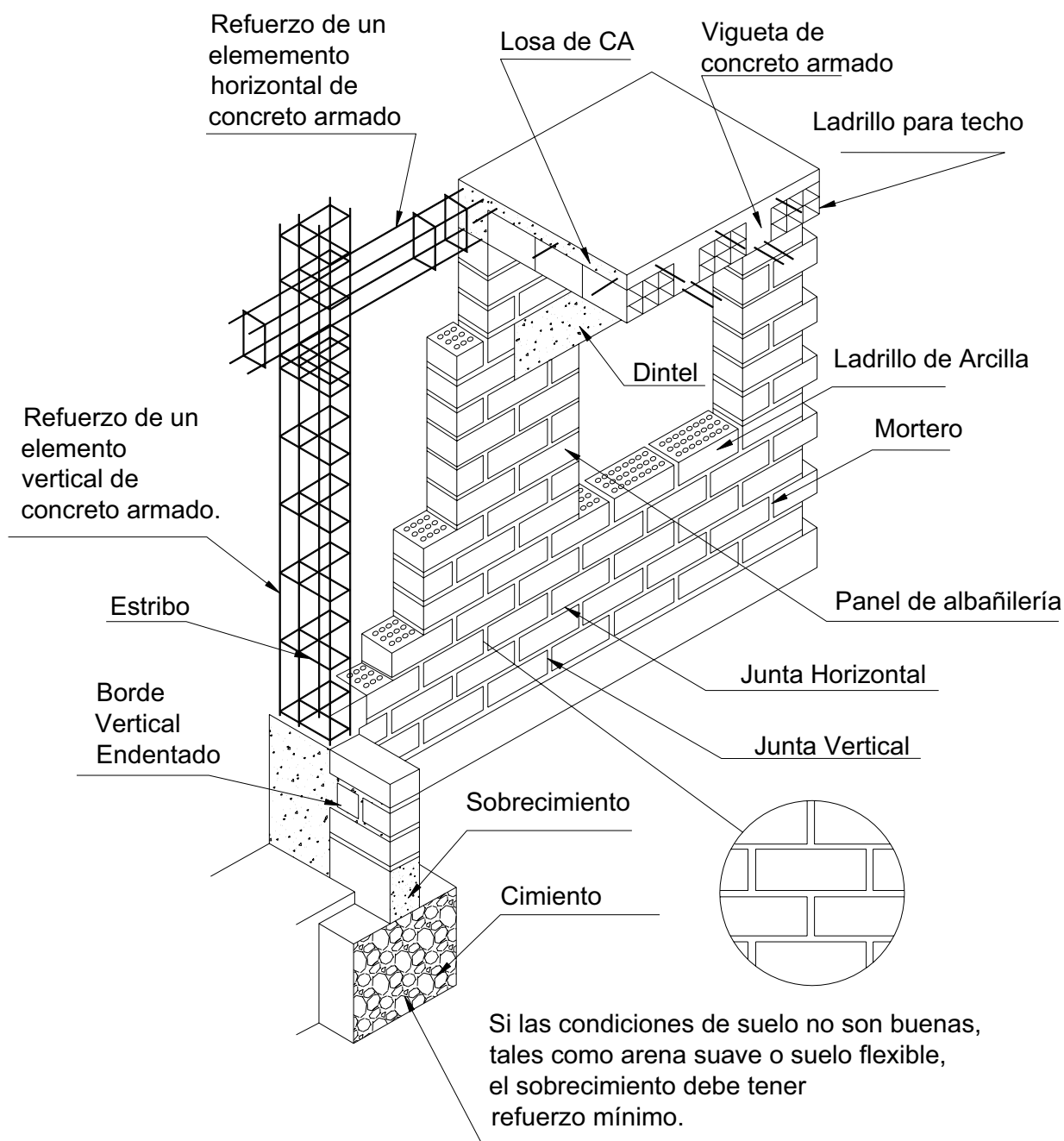


- **Madera**

La madera a ser utilizada como encofrado debe estar seca. Se debe proteger la madera del agua de lo contrario está se queda húmeda, se hincha y se ablanda. Se acostumbra utilizar petróleo o kerosene antes de ser utilizada como encofrado.

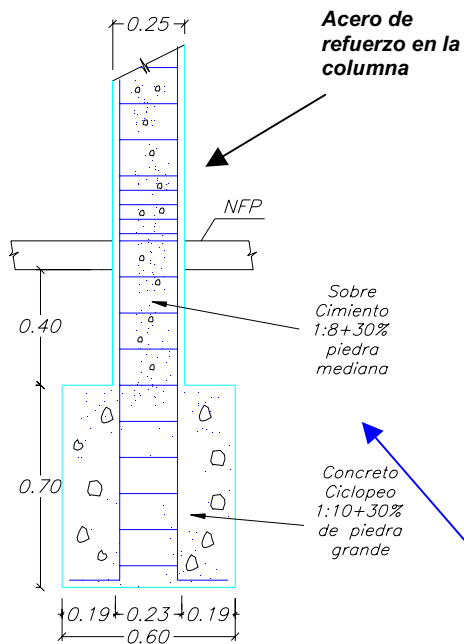


3. ¿Que elementos son parte del sistema estructural?



4. ¿Donde se encuentran estos elementos y materiales en una casa?

Detalle de Columna de Confinamiento

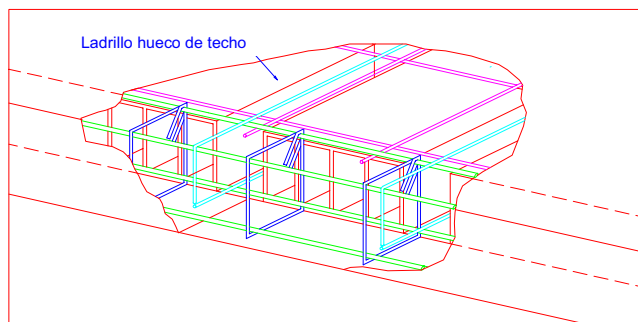


Cimiento corrido y sobrecimiento
(extensión vertical de la cimentación antes de colocar las hiladas de ladrillos con el fin de proteger de la humedad del suelo)

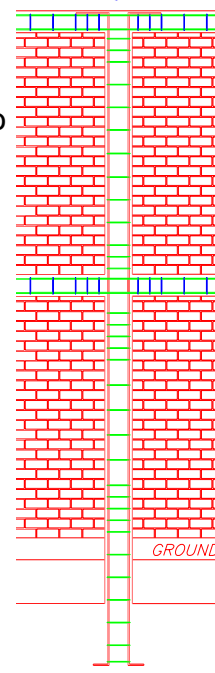


Principal elemento estructural: Muros portantes de albañilería y sus elementos de confinamiento (vigas y columnas) trabajando en conjunto.

Vigas y Losa (aligerado)



Detalle de la columna de confinamiento en toda su longitud



5. ¿Cómo saber la cantidad de muros es suficiente?

Es necesario que se ejecute un proyecto de Ingeniería Estructural que calcule los elementos necesarios de refuerzo necesarios, confinamientos, muros necesarios, cimentaciones, etc.

El calculo preliminar que a nivel de anteproyecto o dimensionamiento de la vivienda, es el denominado, verificación de la densidad de muros. Este procedimiento es sumamente simple y consiste en hallar la densidad de muros de cada piso, la cual se define como la relación del área de los muros al área de la planta del piso en estudio. La relación debe examinarse rigurosamente en las direcciones vertical y horizontal. No se consideran aquellos muros cuya longitud es menor a 30 cm. El valor resultante deberá de ser comparado con los valores propuestos por el comité de la norma de diseño de albañilería que se detallan en la siguiente tabla:

Suelo Tipo	Zona-3	Zona-2	Zona-1
S1	4%	3%	1%
S2	4%	3%	2%
S3	5%	4%	2%

Aquí se muestra la densidad de muros mínima requerida para viviendas, expresada porcentualmente como una función de la zona sísmica y del tipo de suelo de cimentación detallado en la Norma de diseño sismorresistente.

● Ejemplo de verificación de la densidad de muros

Como ejemplo, consideraremos la vivienda de dos pisos ensayada en CISMID/FIC/UNI, durante este proyecto.

En la Figura presentada en la siguiente página, se muestra el plano de planta de la vivienda. A manera de ejemplo desarrollaremos la densidad de muros del primer nivel.

a) Verificación en la dirección vertical en el 1er piso

Cada muro será identificado en base a los ejes más cercanos entre los extremos del muro y el eje donde se encuentra el muro. Así tendremos en cada muro su longitud como la longitud del muro incluyendo las columnas y el espesor efectivo del muro (descontando el tarrajeo). Sabiendo que el área de cada piso es de 51 m², se tabula la siguiente tabla en donde se muestran los cálculos efectuados para hallar la densidad de muros.

Ejemplo de Cálculo de Densidad de Muros en la Dirección X-X

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	L(cm)	e (cm)	t (cm)	h (m)	h(cm)	Amuro(m ²)
Soga	Mampostería	AB1	1.50	150.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.20
Soga	Mampostería	B'C1	0.50	50.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.07
Cabeza	Mampostería	AB2	2.50	250.00	25.00	23.00	2.50	250.00	0.58
Soga	Mampostería	AA'3	0.70	70.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.09
Soga	Mampostería	CD'1	2.70	270.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.35
Soga	Mampostería	DD'3	0.80	80.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.10
Soga	Mampostería	D'E3	0.80	80.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.10
Cabeza	Mampostería	D'E2	1.20	120.00	25.00	23.00	2.50	250.00	0.28

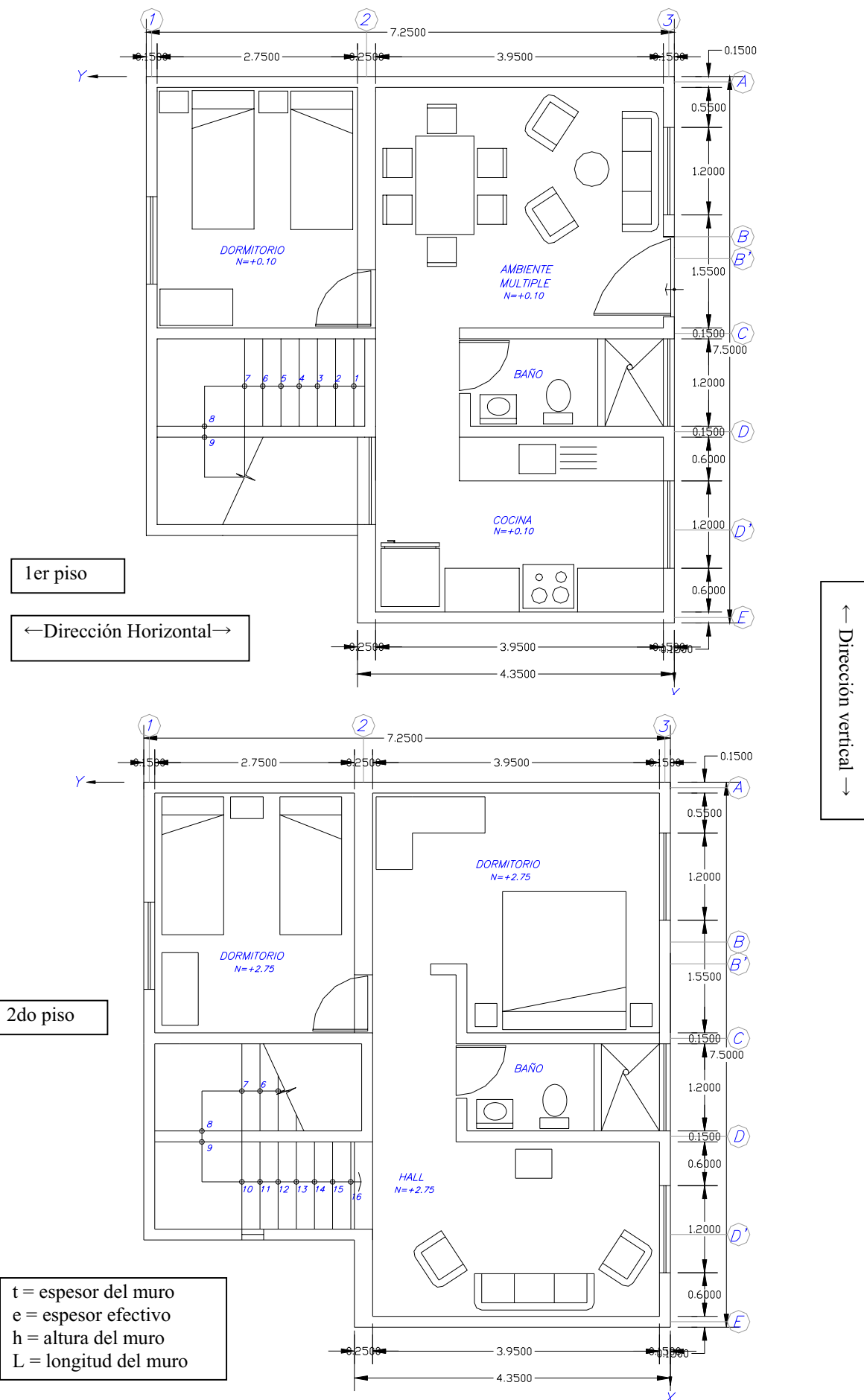


Cuando la densidad de muros es menor a la requerida, puede incrementarse el espesor del muro o la rigidez reemplazando un muro de mampostería por uno de concreto.

Σ Amuro = 1.76 m²
Acasa = 51.00 m²

Densidad de Muros = 3.5% ≥ 4.0%
Insuficiente

De los cálculos se han encontrado que la densidad de muros de 3.5% es insuficiente en el ejemplo ya que para la zona 3 con un suelo del Tipo S2, se requiere una densidad de muros mínima del 4%. Por esta razón será necesario incrementar la cantidad de muros o reemplazar uno de los muros de mampostería por un muro de concreto.



b) Ejemplo de inclusión de muro de concreto

En nuestro ejemplo consideraremos la ultima alternativa, reemplazando el muro de cabeza D'E2 por un muro de concreto de las mismas dimensiones. En este caso, debido al uso de otro material distinto a la mampostería, debemos de hallar la equivalencia del muro de concreto como muro de albañilería, por ese motivo multiplicamos el espesor del muro de concreto por la relacion E_c/E_m (relación entre modulo de elasticidad del concreto a modulo de elasticidad de la albañilería).

Ladrillo de	Material	Wall	L (m)	L(cm)	e (cm)	t (cm)	h (m)	h(cm)	Awall(m2)
Soga	Mamposteria	AB1	1.50	150.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.20
Soga	Mamposteria	B'C1	0.50	50.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.07
Cabeza	Mamposteria	AB2	2.50	250.00	25.00	23.00	2.50	250.00	0.58
Soga	Mamposteria	AA'3	0.70	70.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.09
Soga	Mamposteria	CD'1	2.70	270.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.35
Soga	Mamposteria	DD'3	0.80	80.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.10
Soga	Mamposteria	D'E3	0.80	80.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.10
Cabeza	Concreto	D'E2	1.20	120.00	25.00	212.38	2.50	250.00	2.55



Las propiedades del muro de concreto deben ser transformadas en propiedades equivalentes de mampostería

$E_c = 217000 \text{ kg/cm}^2$
 $E_m = 23500 \text{ kg/cm}^2$

$\Sigma A_{muro} = 4.03 \text{ m}^2$
 $A_{casa} = 51.00 \text{ m}^2$

Densidad de Muros $7.9\% \geq 4.0\%$
 Conforme

Finalmente, con la intrusión del muro de concreto, se logra una densidad de muros de 7.9% valor superior al 4% requerido, hecho que manifiesta seguridad frente a sismos, y debiera considerarse como un analisis preliminar para el predimensionamiento del sistema estructural.

c) Verificación en la dirección horizontal del 1^{er} piso

De manera similar a la dirección vertical, los muros son denominados a traves de los ejes vericales más cercanos y el eje de su plano. Para cada muro se identifica su longitud como la longitud del muro incluyendo las columnas y el espesor efectivo del muro (descontando el tarrajeo). Los resultados para esta dirección son presentados en la siguiente tabla:

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	L(cm)	t (cm)	e (cm)	h (m)	h(cm)	A muro(m2)
Soga	Mamposteria	12A	2.35	235.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.31
Soga	Mamposteria	23A	3.45	345.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.45
Soga	Mamposteria	12C	2.35	235.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.31
Soga	Mamposteria	2'3C	2.30	230.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.30
Soga	Mamposteria	2'3D	2.30	230.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.30
Soga	Mamposteria	12D'	2.35	235.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.31
Soga	Mamposteria	23E	3.45	345.00	15.00	13.00	2.50	250.00	0.45

$\Sigma A_{muro} = 2.41 \text{ m}^2$
 $A_{casa} = 51.00 \text{ m}^2$

$E_m = 23500 \text{ kg/cm}^2$

Densidad de Muros $4.7\% \geq 4.0\%$
 Conforme

La densidad de muros en esta dirección es mayor al 4% de densidad requerida, valor que asegura un buen comportamiento sismoresistente.

**d) Verificación en la dirección vertical en el 2^{do} piso**

Para encontrar la densidad de muros en este nivel, se consideran aquellos muros que nacen en el nivel inferior. Esto significa que solo los muros que nacen en la cimentación serán considerados para los cálculos. Por lo tanto, la cantidad de muros en esta dirección es similar a la del primer piso pues el muro BC3 no se considera. Luego reemplazando los datos del muro D'E2 se toma en cuenta en este piso, obteniéndose los cálculos que se presentan en la siguiente tabla:

Block in	Material	Muro	L (m)	L(cm)	t (cm)	e (cm)	h (m)	h(cm)	Amuro(m2)
Side	Mamposteria	AB1	1.50	150.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.20
Side	Mamposteria	B'C1	0.50	50.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.07
width	Mamposteria	AB2	2.50	250.00	25.00	23.00	5.00	500.00	0.58
Side	Mamposteria	AA'3	0.70	70.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.09
side	Mamposteria	CD'1	2.70	270.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.35
side	Mamposteria	DD'3	0.80	80.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.10
side	Mamposteria	D'E3	0.80	80.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.10
width	Concreto	D'E2	1.20	120.00	25.00	212.38	5.00	500.00	2.55

Σ Amuro= 4.03 m2

Ec= 217000 kg/cm2

Acasa= 51.00 m2

Em= 23500 kg/cm2

Densidad= 7.9% ≥ 4.0%
de Muros Conforme

e) Verificación en la dirección horizontal del 2^{do} piso

En esta dirección el muro 12D' tiene una ventana, y es dividido en dos: muro 11'D' (antes de la abertura) y muro 1'2D' (después de la ventana). La densidad de muros calculada se muestra a continuación:

Block in	Material	Muro	L (m)	L(cm)	t (cm)	e (cm)	h (m)	h(cm)	Amuro(m2)
Side	Mamposteria	12A	2.35	235.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.31
Side	Mamposteria	23A	3.45	345.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.45
Side	Mamposteria	12C	2.35	235.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.31
Side	Mamposteria	2'3C	2.30	230.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.30
Side	Mamposteria	2'3D	2.30	230.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.30
Side	Mamposteria	11'D'	0.93	93.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.12
Side	Mamposteria	1'2D'	0.93	93.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.12
Side	Mamposteria	23E	3.45	345.00	15.00	13.00	5.00	500.00	0.45

Σ Amuro= 2.35 m2

Acasa= 51.00 m2

Densidad= 4.6% ≥ 4.0%
de Muros Conforme

Luego, la densidad de muros muestra una reducción en esta dirección, pero que es suficiente para satisfacer el valor mínimo requerido del 4% para esta estructura.

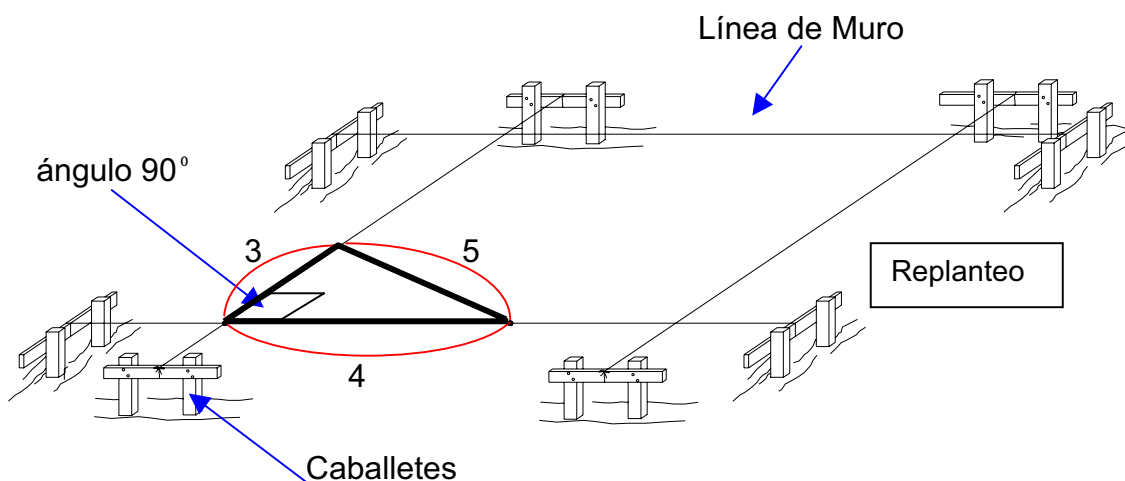
6. ¿Que debo hacer antes de iniciar la construcción?

- **Preparación del terreno**

El terreno debe estar limpio, sin basuras, sin materias orgánicas o todo elemento extraño al terreno.

- **Replanteo de la estructura en el terreno**

Se tensan cordeles utilizando caballetes formados por dos estacas de madera que se clavan en el suelo y en la madera horizontal que las une. Los caballetes se ubican en la parte exterior de la construcción. Se verifica el ángulo de 90° en los cantos haciendo un triángulo de 3,4 y 5 de lados, conforme el esquema que se muestra a continuación.



Se debe verificar el nivel del terreno para saber si hay desniveles. Para eso se puede utilizar una manguera o teodolito. El trazado de los ejes del edificio y el alineamiento de los muros se ejecuta usando polvo de yeso, tiza o similar sobre el terreno a fin de marcar las zanjas a excavar para el cimiento.



7. ¿Como debo construir la cimentación?

● Condiciones de sitio

El comportamiento de una cimentación depende de las condiciones de sitio del suelo. Gravas bien graduadas, arenas compactas o arcillas rígidas son ejemplos de buenos suelos. Los cimientos asentados sobre estos tipos de suelo no experimentaran ningún tipo de problemas.



El suelo formado por rellenos sin control o depósitos de basura, espera grandes asentamientos en la cimentación. Por lo tanto la cimentación en esta clase de suelo debe evitarse.

● Excavación del cimiento

Se debe hacer una excavación con las características especificadas en el plano de cimentaciones.



Es importante que el nivel del cimiento se encuentre por debajo del nivel del terreno, en suelos naturales la profundidad no debe ser menor a 1.0 m. Si la potencia del estrato de tierra de cultivo es mayor a 1.0 m. la excavación deberá continuar hasta alcanzar el nivel del terreno natural para ser rellenada con concreto simple.

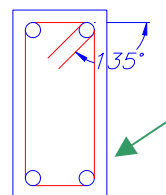
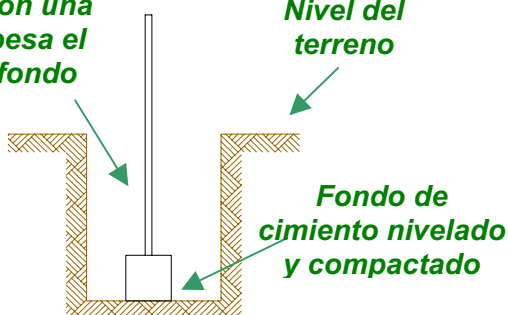


● Preparando el fondo de la cimentación

El fondo de la cimentación, también conocido como solado, debe ser preparado y nivelado. Las dimensiones de la cimentación deben de considerar las futuras ampliaciones del edificio, incremento de pisos, los que deberán haber sido considerados durante el proceso del diseño.



Apisonar con una pesa el fondo



Estribos con ángulo a 135°. El diámetro mínimo de un estribo de confinamiento es 6 mm.

● Colocado del refuerzo de columnas para muros

Las barras de refuerzo de las columnas, previamente ensamblados como canastillas, son colocadas y arregladas dentro del cimiento.



La canastilla de estribos debe tener el suficiente espaciamiento para permitir el ingreso del vibrador dentro de la columna.

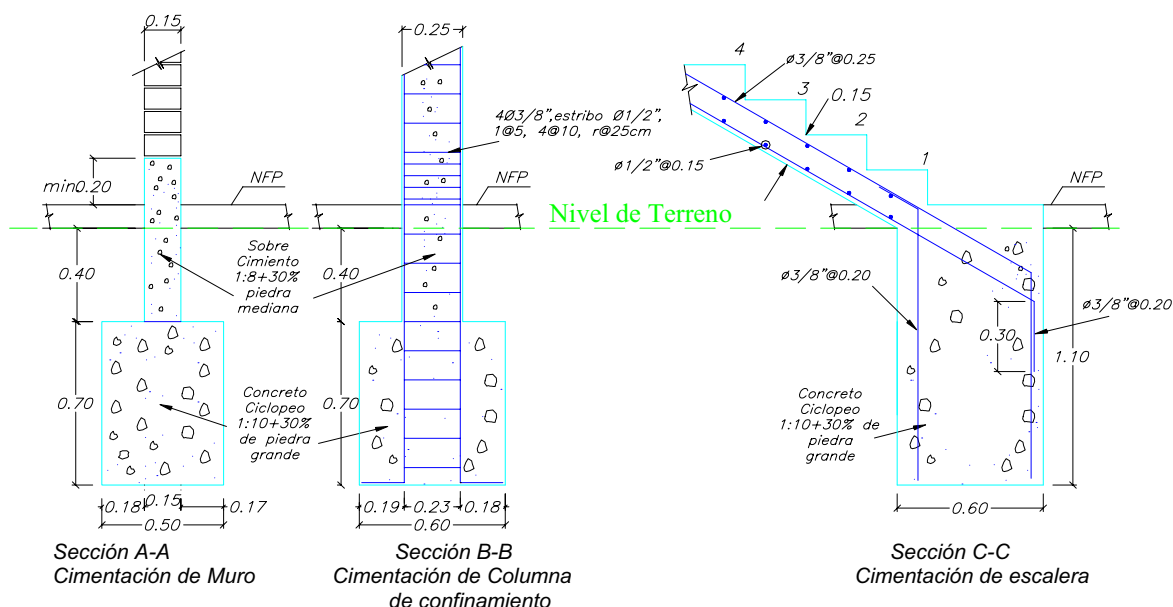


● Colocado del concreto ciclópeo en el cimiento

Finalizado el colocado de los fierros de columnas se llena la cimentación con concreto ciclópeo. Para el cimiento, la mezcla del concreto ciclópeo tiene una proporción de 1:10 (1 cemento y 10 hormigón) + 30% de piedra grande; y para el sobrecimiento, la dosificación de la mezcla es de 1:8 (1 cemento y 8 hormigón) + 30% de piedra mediana.



● Ejemplo de detalle del cimiento



En la Figura anterior se muestra ejemplos de cimientos comúnmente usados para buenas condiciones de suelos: la sección A-A de 0.50x0.70m usada como cimiento para muros de 15 cm de espesor; La sección B-B de 0.60x0.70m usada como cimiento para columnas de confinamiento en muros de 25-cm de espesor; La Sección C-C de 0.60x1.10m usada como cimiento de una escalera de 1.10 m. de ancho. Cuando las condiciones de suelo son malas, los anchos y profundidades de los cimientos deben ser incrementados.



Debe tenerse cuidado en el transporte del concreto fresco desde el lugar de mezclado a la zanja para que no haya separación de la piedra con el concreto fresco. Un buen curado (mojar el elemento con agua) es necesario a fin de alcanzar la resistencia, la impermeabilidad y la durabilidad del concreto. De no realizar un buen proceso de curado, se puede producir una disminución de la resistencia y pueden aparecer rajaduras o grietas, debido a la contracción por secado del concreto.



8. ¿Cómo construir el sobrecimiento?

Sobre el cimiento corrido se coloca el sobrecimiento, el que es usado como soporte del muro. Su función es aislar el muro del suelo y provee protección contra la humedad. En la foto se observa el encofrado para el moldeado del sobrecimiento.



Si las condiciones del suelo son malas, como en suelos blandos o flexibles, el sobrecimiento debe reforzarse a fin que trabaje como una viga de cimentación



Se recomienda el uso de una mezcla cemento, arena y hormigon para el sobrecimiento de: 1:8 mas 30% de piedra media. Debe usarse vibrador, fin de lograr una buena uniformidad en la mezcla.

9. ¿Cómo construir los muros?

Para construir los muros debemos preparar los ladrillos y el mortero antes de iniciar el proceso constructivo. Encima del sobrecimiento se coloca la primera hilada de ladrillos llamada emplantillado sobre una cama de mortero iniciándose el apilado de hiladas de ladrillos para el muro.

- **Preparación de los ladrillos**

Los ladrillos deben mojarse antes de colocarse en las hiladas, de manera que no absorban el agua de la mezcla del mortero y que se obtenga una buena adherencia entre mortero y ladrillo.



- **Preparación del mortero**

El mortero se prepara con una mezcla de arena – cemento de proporción 5:1. La arena y el cemento deben ser mezclados secos, fuera del recipiente. Luego esta mezcla es puesta en la carretilla para agregarle agua y formar una mezcla trabajable.



● **Proceso constructivo del muro**



Unidades de Albañilería (ladrillos)

Los ladrillos deben humedecerse a fin que no tomen el agua de la mezcla y lograr una buena adherencia

Cemento
Arena gruesa
Agua



La mezcla de arena y cemento debe hacerse en seco. Luego esta mezcla se coloca en el recipiente para agregar el agua y lograr una mezcla trabajable.



Usando el badilejo se coloca la mezcla sobre los ladrillos de manera que penetre en la junta entre ladrillos.



Colocar los ladrillos sobre la cama de mortero en las esquinas, los que serán ladrillos maestros (guías)



La verticalidad de cada hilada debe ser verificada con la plomada y la altura de cada hilada con el escantillón (regla graduada)



Con la ayuda del escantillón y un cordel amarrado entre los dos extremos se verifica la altura de cada hilada, incluyendo el espesor de la junta. Así, los dos ladrillos maestros tienen la misma altura y alineación, para que los otros ladrillos a ser asentados tengan también el mismo espesor de junta.



El muro alcanza su altura final.



Verificar el nivel de verticalidad del muro luego de cada hilada. No debe construirse mas de 1.2 m. de altura de muro por día.

● **Notas Adicionales**



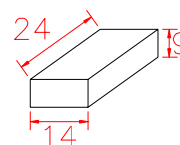
Para las siguientes hiladas este procedimiento debe repetirse. Es muy importante el espesor de la junta de mortero, si esta excede 1.5 cm la resistencia del muro será menor a la especificada.

Para cortar un ladrillo se utiliza la picota. El lado más puntiagudo sirve para marcar y el otro lado para alisar el borde de ladrillo.

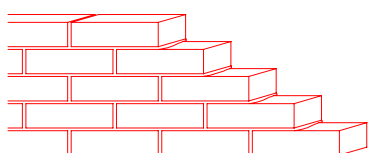
Hasta 1.50m de altura el operario podrá asentar el ladrillo parado en el suelo, a partir de esta altura es necesario un andamio, donde se pueda colocar los materiales y el operario.



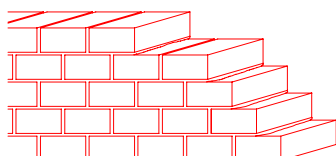
Consideremos como ejemplo un ladrillo artesanal con dimensiones 14x24x9, estos ladrillos pueden ser colocados en hiladas longitudinalmente (muro de 14cm de espesor - soga), o hiladas transversales (muro de 24cm de espesor - cabeza).



Muro con aparejo de soga



Muro con aparejo de cabeza



Cuando los ladrillos son artesanales hay una variación en la dimensión de los ladrillos, alterando el ancho de los muros mencionados.

No se debe picar el muro para hacer instalaciones empotradas (tuberías), para eso se debe dejar el espacio para todas las instalaciones de agua, luz y desagüe en los muros. Es decir, donde se aloje alguna instalación, se deja un espacio o cavidades entre los ladrillos se coloca el respectivo tubo, espiralando el tubo con alambre No.16 (en caso de tubos de diámetros mayores a 2") y se rellena con mortero. Las instalaciones serán siempre verticales y nunca en diagonal.



La relación entre la sección horizontal del muro (longitud por espesor) y el área del piso se denomina relación de densidad de muros. Para viviendas en condiciones de suelo flexible esta relación deberá ser de al menos 5%. Bajo buenas condiciones de suelo, esta relación deberá ser al menos de 3.5 %.

10. ¿Cómo preparar las columnas de confinamiento?



Asegúrese que las barras de refuerzo de las columnas y sus estribos se han colocado apropiadamente encontrándose fijas al cimiento. La distancia máxima entre columnas de confinamiento para muros de 14cm de espesor es de 3.50m y para muros de 24cm de espesor es de 5.00m. En los extremos laterales de los muros, van a quedar espacios vacíos entre hiladas intercaladas (tal como se muestra en el gráfico o foto), llamados dientes que permitirán un mejor agarre con el concreto de la columna a ser vaciada.



● Colocando los encofrados

Los encofrados pueden ser hechos con madera o planchas de acero. Puntales de arriostre son necesarios para asegurar estabilidad del encofrado. Si es de madera deberá humedecerse a fin que no tome al agua de la mezcla.



● Colocado del Concreto (Vaciado)

El concreto será transportado por el operario en latas limpias y ser vaciado desde la parte superior de la columna. El proceso debe ser continuo de manera que se asegure la uniformidad de la mezcla y se eviten las juntas secas. Asimismo se requiere de un buen proceso de vibrado de la mezcla.

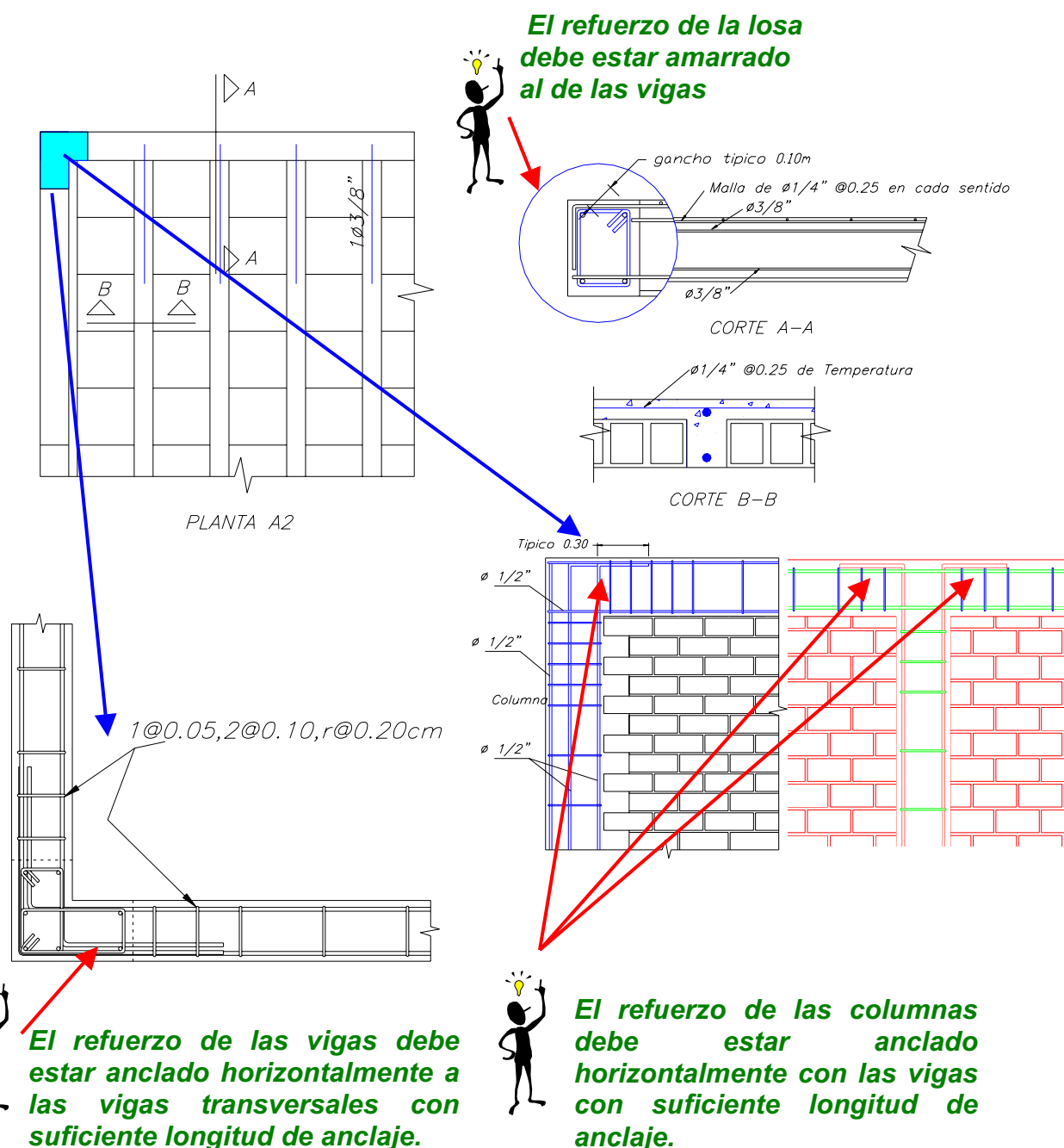


El colocado del concreto requiere de un buen vibrado (de ser posible con el uso de un vibrador) para obtener un elemento continuo sin bolsas de aire o cangrejeras que disminuyen la resistencia del muro. Para un concreto de 210kgf/cm² de resistencia a la compresión, las proporciones en volumen de material son 1 de cemento, 2 de piedra y 2 de arena. La relación agua cemento se encuentra alrededor de 0.45. La cantidad de agua puede variar de acuerdo a las condiciones de temperatura y otros factores externos.

11. ¿Cómo amarrar los muros y columnas?

Se debe usar la llamada viga collar que se encuentra sobre los muros y entre las columnas, la misma que distribuye las cargas de la losa, proporcionando a la vez confinamiento y arrioste a los muros.

La viga collar tiene ancho igual al espesor del muro y su altura es la misma que la losa – pero 17 cm. como mínimo. El refuerzo mínimo de esta viga son 4 barras No.3 con estribos espaciados cada 25 cm. El concreto para las vigas de amarre se coloca simultáneamente con el concreto de la losa.



12. ¿Cómo construir la losa y vigas?

- **Preparación de encofrados y acero de refuerzo para vigas y losas.**



Para elementos de concreto (columnas, vigas, escalera y losas) los refuerzos son varillas de acero corrugado cortadas en longitud apropiada. Teniendo todos los muros construidos y la habilitación de refuerzo de las vigas listas, se hace el encofrado del techo. Se debe de tomar en cuenta los debidos anclajes y traslapes en el armado del elemento de concreto armado, así como sus recubrimientos correspondientes (ver tabla abajo).

Recubrimiento mínimo en elementos de concreto vaciados en obra	
Descripcion	e (cm)
Elementos en contacto con el terreno o expuestos a temperatura	
Para diámetros menores o iguales a 5/8"	4
Para diámetros mayores a 5/8"	5
Elementos colocados sobre la tierra o en contacto con agua de mar	7
Elementos sin contacto con el terreno o no expuestas a temperatura	
Losas aligeradas	2
Muros y muros de corte	2
Vigas y columnas (medido al estribo o espiral)	4
Parrillas o losas ultra delgadas	2



Si se utilizan encofrados de madera, las planchas deben ser humedecidas antes de colocar el concreto igual que los ladrillos de techo. Debe de tomarse un especial cuidado en los niveles de los encofrados. Sólo una pequeña deformación de las planchas o tablas de encofrado podría ocasionar flexiones de los elementos. Se debe revisar la longitud del empalme de las barras de acuerdo con su diámetro. La longitud del empalme debe ser mayor que 20 veces el diámetro de la barra.



Los niveles de las planchas de encofrados en losas y vigas deben ser verificados, para asegurar la altura del entrepiso.



Antes de colocar el concreto en la losa se debe verificar la posición de las varillas de rfuerzo, tuberías eléctricas y otros. Asimismo debe verificarse la posición de las tuberías de agua y desagüe y sus niveles.



Si se trabaja en un piso alto deberá usarse elevadores eléctricos (winches) para transportar el concreto o usar una carretila para transportar a traves de rampas provisionales.



Poner tablas de madera sobre el armado de la losa para trazar una ruta de flujo de tránsito durante el proceso de vaciado del concreto



● Preparando el concreto de losas y vigas

Para un concreto de 210kgf/cm^2 de resistencia a la compresión las proporciones de material en volumen son 1 de cemento, 2 de piedra y 2 de arena. La relación agua cemento es del orden de 0.45. La cantidad de agua varía del diseño de mezcla debido a las condiciones climáticas, temperatura y otros factores externos. Se recomienda el uso de una máquina mezcladora para batir la mezcla de concreto. Los ingredientes de la mezcla son colocados en la máquina en el siguiente orden: primero se introduce $\frac{1}{4}$ de la cantidad de agua, luego la piedra y después la arena, mezclándose, para finalmente agregar el cemento y completar con los $\frac{3}{4}$ del agua restante.



● Colocado del concreto en losas y vigas



Antes de colocar el concreto la superficie de los ladrillos de techo debe mojarse para evitar la absorción del agua del concreto por parte de los bloques.

El vaciado de la losa comienza con el llenado de las viguetas para continuar con el vaciado de 5cm de mezcla sobre la losa. Durante el vaciado del concreto para la losa, el espesor del concreto debe ser verificado, mediante el reglado (enrasado) para conseguir el nivel en cada sector.

Una manera de hacer esta nivelación es el colocar tablas o reglas en los extremos para luego llenar los espacios vacíos, enrasando como se observa en la foto. Este procedimiento se repite de lado a lado sucesivamente hasta terminar el vaciado de la losa



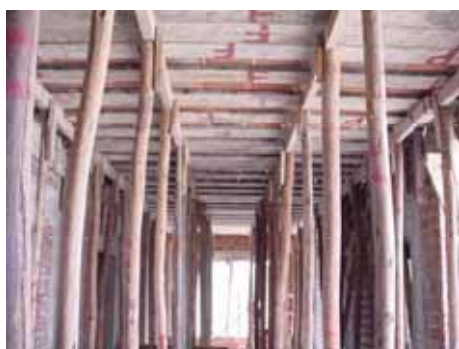
- **Debe realizarse un buen proceso de vibrado para evitar vacíos en el concreto.**
- **Pueden ser usados vibradores o barras de acero de chuceo.**
- **Si aparecen vacíos e irregularidades aparecen la resistencia del concreto decrece.**



Terminado el vaciado se utiliza una plancha o un badilejo pasando suavemente en la superficie dando un mejor acabado al piso.



Se debe curar la losa inmediatamente después que empiece a fraguar y/o endurecerse el concreto, durante 7 días como mínimo. El primer día o la primera noche es la más importante del curado. En losas delgadas o elementos estructurales expuestos a condiciones climáticas extremas deberá tomarse especial atención. Los encofrados pueden ser retirados luego de 7 días del vaciado. Para el último techo, deberá cubrirse las losas con ladrillo pastelero, mantas o tierra a fin de proteger del granizo o nieve.



Los encofrados deberán de permanecer durante un tiempo mínimo para alcanzar el endurecimiento inicial del concreto. En la tabla adjunta se muestran los tiempos mínimos para cada clase de elementos.

Mínimo número de días luego de vaciar alcanzar endurecimiento inicial y retirar el encofrado	
Elemento	Días
Muros	1.0
Columnas	1.0
Lados de Vigas	1.0
Fondos de Vigas:	
Longitud menor a 3 metros	7.0
Longitud entre 3 y 6 metros	14.0
Longitud mayor a 6 metros	21.0
Fondo de losas en una dirección	
Longitud menor a 3 metros	4.0
Longitud entre 3 y 6 metros	7.0
Longitud mayor a 6 metros	10.0

13. ¿Cómo dar acabado a los elementos (tarrajeo)?



Para el acabado de los muros y la superficie interna de los techos es necesario el uso de andamios, de manera que el tarrajeo del acabado de los elementos puede realizarse en altura. Se inicia desde la parte superior y continua hacia la parte inferior. La mezcla en volumen es de una relación cemento arena de 1 en 3.



Es muy importante mantener el mortero trabajable, de manera que la proporción de la mezcla se mantenga idéntica durante todo el proceso.

En las columnas o elementos de concreto deberá picarse la superficie a fin de lograr una buena adherencia del mortero de tarrajeo con el concreto del elemento. Para verificar el espesor de la superficie se usa pequeños dados de madera o concreto. Una vez finalizado y secado el tarrajeo (unos 5 días) se colocan los marcos de madera o metálicos para las puertas y ventanas.



Después se realiza el pintado de los techos y muros, iniciándose con un lijado de los elementos para continuar con imprimación primaria y empastado de las imperfecciones. El acabado final se da con la aplicación de la pintura.



14. ¿Cómo realizar el control de calidad de los materiales?

● Obteniendo muestras de concreto fresco

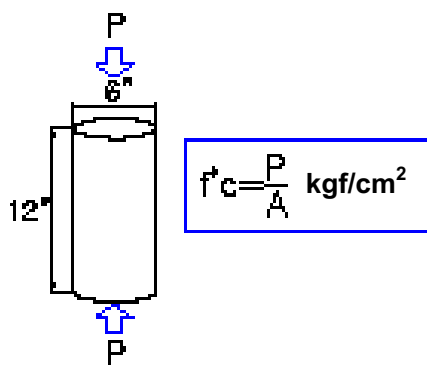
Es muy importante la toma de muestras en obra de la mezcla de concreto que se está usando. Estas muestras deberán ser ensayadas después de fraguadas y alcanzada la edad mínima de endurecimiento. Esta prueba, llamada ensayo de compresión de cilindros de concreto, verifica la calidad y resistencia del material.

A continuación, se muestra el procedimiento de toma de muestras de concreto fresco:

- Se toma una parte del concreto que se está vaciando.
- Se coloca la muestra en un cilindro metálico debidamente engrasado, en 3 capas, cada capa se compacta con 25 golpes con una varilla lisa de 5/8" de diámetro y 60cm de longitud.
- Se alisa la superficie del cilindro de concreto.
- Se marca las probetas para poder identificarlas, indicando el lugar de donde se extrajo la muestra, (columna, vigas, losa) y la fecha de su vaciado.
- Al día siguiente se retira la muestra del molde y se sumerge en agua para su curado. Se deja las muestras curando por 7 días



La resistencia a la compresión está dada mediante la siguiente expresión:



$$f'_c = \frac{P}{A} \text{ kgf/cm}^2$$

donde P es la máxima fuerza aplicada al cilindro al momento de la falla, y A es el área de la sección del cilindro. El ensayo de compresión se hace por lo general a los 7 y a los 28 días. La resistencia del concreto depende de la relación agua - cemento y del grado de compactación de la mezcla. Esta prueba se realiza en laboratorios calificados de ensayos de materiales.

● Revenimiento

Este ensayo, llamado también del cono de Abrams, prueba la trabajabilidad de la mezcla de concreto a usar en la obra. Para tal fin se utiliza un cono metálico truncado sin tapa de fondo, que tiene un altura de 30cm, con un diámetro de la parte inferior de 20cm; y 10cm de diámetro superior. La forma de llenar el cono con la mezcla es similar a la de la probeta cilíndrica. Una vez llenada la mezcla se quita el molde y se mide cuanto fue su asentamiento respecto a la altura del cono. Para que la mezcla sea trabajable, el asentamiento debe de estar entre 3 a 4 pulgadas.



● Control de calidad de la albañilería

a) Ensayo compresión de pila

Se prepara una pila de 4 ladrillos como se muestra en la figura. Mediante este ensayo se determina la resistencia a la compresión de una pila de albañilería denominado f'_m . Se coloca cada ladrillo con una junta de mortero de espesor no mayor a 1.5 cm. La relación cemento-arena del mortero debe de ser la que se usará en la construcción.



b) Ensayo de tracción diagonal

Este ensayo simula el comportamiento de la albañilería bajo acciones de corte extremas. El elemento debe ser cuadrado de 1.20 m. de longitud y debe ser construido con el mismo ladrillo que se usa en la construcción.

La carga es aplicada al espécimen en dirección diagonal y la carga es incrementada bajo una velocidad constante hasta alcanzar el colapso.



c) Ensayo de Compresión del Mortero

Este ensayo determina la resistencia a la compresión del mortero de asentado de la albañilería. Se preparan testigos cúbicos de 5cm de lado, o cilindros prismáticos de 5cm de diámetro y altura de 10cm. Después de 28 días de ser preparado el testigo, se ensaya en una máquina de compresión, determinando su resistencia.



GLOSSARIO

Definiciones Básicas

Viga = Elemento estructural esbelto, generalmente horizontal que trabaja fundamentalmente a flexión. Una viga de confinamiento transmite cargas al muro.

Muro portante = Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel a un nivel inferior y a la cimentación.

Columna = Elemento de concreto armado con la función de transmitir las cargas horizontales y verticales a la cimentación.

Albañilería confinada = Albañilería reforzada con elementos de confinamiento de concreto.

Muro confinado = Muro con elementos de refuerzo en sus cuatro lados.

Confinamiento = Conjunto de elementos de refuerzo, su función es dar ductilidad a los muros portantes.

Cimentación = Parte de la edificación que transmite al subsuelo las cargas de la estructura.

Junta = Separación mínima que se deja en las estructuras. Su función es controlar los efectos de la contracción, expansión y la vibración, evitando que la estructura se agriete.

Replanteo = Trazado sobre el terreno de disposición de paredes y el ancho de las zanjas para los cimientos, utilizando estacas y cordeles.

Losa = Elemento estructural plano usado como techo o piso, generalmente horizontal, armado en una y dos direcciones.

Densidad de Muros = Relación entre la sumatoria de los productos de longitudes por espesores de los muros y el área del piso.

Materiales

Concreto ciclópeo = Concreto simple, sin armadura, cuya masa se incorpora piedras de un tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo del volumen total.

Concreto = Es la mezcla de pasta de cemento, agua, arena y piedra triturada.

Albañilería = Material estructural formado por unidades de albañilería, asentados con mortero.

Mortero = Mezcla de aglomerantes, agregados y agua en las proporciones adecuadas empleado para asentar unidades de albañilería.

Hormigón = Mezcla al natural de agregados: arena y piedra de depósitos de río.

Herramientas y Equipos

Nivel de aire o de burbuja

Instrumento utilizado para determinar el nivel (horizontalmente) entre dos o más puntos próximos.



Badilejo

Espátula metálica o de madera usada para esparcir el mortero sobre las hiladas de ladrillo o en los acabados de superficie.



**Cordel**

Hilo grueso utilizado para nivelar.

**Plomada**

Herramienta utilizada para determinar la verticalidad. Se compone de un peso de forma cónica, suspendido por un hilo.

**Picota**

Pico pequeño usado para partir ladrillos. Un lado sirve para marcar y el otro para cortar.

**Andamio**

Estructura metálica o de madera que permite trabajar en altura.

**Escantillon**

Regla con espacios demarcados para controlar la altura ladrillo/mortero por hilada.

**Escuadra**

Puede ser metálica o de madera ensamblados a 90° y manteniendo su posición por otro listón

**Puntal o Arriostre**

Elemento de refuerzo horizontal y vertical cuya función es proveer estabilidad y resistencia al muro en la dirección perpendicular durante su construcción

**Teodolito**

Equipo topográfico que se usa para medir niveles y ángulos (verticales y horizontales) desde un punto de referencia.

**Batea**

Contenedor donde la mezcla de agregados son colocados para generar el mortero.

