

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



CENTRO PERUANO JAPONES DE  
INVESTIGACIONES SISMICAS Y  
MITIGACION DE DESASTRES

INFORME DE INVESTIGACION

# **DISEÑO SISMICO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE**

**Autores:** Ing. Roberto Morales M.  
Dr. Ricardo Yamashiro K.  
Ing. Alejandro Sánchez O.  
Dr. Rafael Torres C.  
Ing. Carlos Irala C.  
Ing. Oswaldo Morales M.  
Arq. Luis Rengifo Z.

---

---

# **DISEÑO SISMICO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE**

**Autores:** Ing. Roberto Morales M.  
Dr. Ricardo Yamashiro K.  
Ing. Alejandro Sánchez O.  
Dr. Rafael Torres C.  
Ing. Carlos Irala C.  
Ing. Oswaldo Morales M.  
Arq. Luis Rengifo Z.



# **INVESTIGACION EXPERIMENTAL DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y BLOQUE ESTABILIZADO**

**Ing. Roberto Morales Morales  
Dr. Ricardo Yamashiro Kamimoto  
Ing. Alejandro Sanchez Olano**

## INTRODUCCION

La gran actividad sísmica de nuestro territorio ha cobrado siempre sus mayores víctimas en las construcciones de adobe. Según Kuroiwa, Deza y Jaén (1)\* en el terremoto del 31 de Mayo de 1970 "...Más del 90 por ciento de los edificios dañados eran de adobe y su colapso causó más de 40,000 muertes". Por otro lado, sin embargo, algunas construcciones de adobe resistieron sorprendentemente, los embates del sismo. "...En Coishco, a 40 kilómetros del epicentro y sobre terreno rocoso, el daño fué mínimo y muchas de las construcciones de adobe sobrevivieron y están habitadas".

Debe aceptarse, entonces, que existen ciertas condiciones bajo las cuales este tipo de construcción puede ofrecer un comportamiento "satisfactorio" ante sismos severos.

Lo que constituye un comportamiento "satisfactorio" ante sismos, está adecuadamente resumido en una de las filosofías en boga en la ingeniería antisísmica. Según Fintel (2), los objetivos implícitos en la mayoría de las normas de diseño antisísmico son que la estructura sea capaz de:

1. resistir sismos sin daños,
2. resistir sismos moderados con algunos daños estructurales leves y con daños no estructurales moderados,
3. resistir sismos catastróficos sin colapsar.

Por colapso se entiende (2) "... aquel estado que no permite que los ocupantes salgan del edificio debido a la falla de la estructura primaria".

En el presente trabajo se trata de sintetizar la información disponible sobre construcciones de adobe en formas de normas de diseño que permitan proyectar con este material, satisfaciendo los objetivos expuestos, en la mejor forma posible.

Se estudió, primeramente, el comportamiento sísmico de las construcciones de adobe con énfasis principal en la detección de los mecanismos de falla, lo que permitió identificar los tipos de esfuerzos que era necesario estudiar principalmente. Se estudió luego, experimentalmente, algunas de las propiedades mecánicas de la albañilería de adobe -especialmente su resistencia- bajo diferentes sollicitaciones. A continuación, en base a estos estudios se estableció los esfuerzos admisibles para el diseño.

Finalmente, usando información de diversas fuentes y cálculos adicionales preparó una propuesta de normas para el diseño de estas construcciones.

## COMPORTAMIENTO SISMICO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE

Las fallas en las construcciones de adobe pueden atribuirse, principalmente, a su poca resistencia en tracción y reducida adherencia entre el adobe y el mortero.\* Los tipos principales de falla, que a menudo se presentan combinados, son los siguientes:

1. Falla por tracción en los encuentros de muros. - En la figura 1 se ilustra este tipo de falla, que se debe principalmente a esfuerzos de tracción directa que se produce en uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro. Esta situación se agrava cuando a este efecto se superponen los esfuerzos de flexión.
2. Falla por flexión. - En la figura 2, se ilustra algunas de las variantes de este tipo de falla que se debe a los esfuerzos de tracción por flexión al actuar el muro como una losa, apoyada en su base y en los elementos verticales que lo arriostran. La falla puede ocurrir en secciones horizontales, verticales u oblicuas.

3. Falla por corte.- En la figura 3, se ilustra este tipo de falla, que se produce cuando el muro trabaja como muro de corte. Se debe, principalmente, a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales.

En un trabajo experimental muy ingenioso, Corazao y Blondet (5) encontraron tipos de falla similares.

## PROPIEDADES MECANICAS DE ALBAÑILERIA DE ADOBE Y BLOQUE ESTABILIZADO

Del estudio de los mecanismos de falla de las construcciones de adobe se determinó que las características mecánicas que más interesa conocer son:

1. la resistencia en tracción,
2. la resistencia en flexión,
3. la resistencia al corte.

Además, a pesar de que no se ha observado fallas por compresión, interesa conocer la resistencia de la albañilería en compresión, por ser esta una conveniente medida de la calidad estructural del material, siendo además, más fácil de determinar que las otras resistencias indicadas.

La resistencia de la albañilería de adobe se determinó mediante especímenes a escala natural y también mediante especímenes normalizados.

### ESPECIMENES A ESCALA NATURAL

Resistencia en tracción.- En un estudio experimental, Vera (6) encontró, como era de esperar, una bajísima resistencia en tracción, de la albañilería de adobe, apenas  $0.036 \text{ kg/cm}^2$ , como se muestra en la figura 4. Para su aplicación al diseño de muros reforzados, se ensayó también algunos encuentros de muros reforzados con caña. Se encontró un dramático aumento en la resistencia del encuentro, hasta de 14.7 veces la resistencia del espécimen sin reforzar.

Resistencia en flexión.- Moromi (7) estudió, experimentalmente, la resistencia en flexión en un plano horizontal de la albañilería de adobe con y sin refuerzo (Fig. 5). Nuevamente, la resistencia del muro sin reforzar resultó muy pequeña, mientras que con refuerzo se llegó hasta una resistencia 39 veces mayor cuando se usó mortero de barro con cemento, pero solo 4 veces mayor cuando se usó mortero de barro simple.

Resistencia en corte.- Minchola (8), Guanilo (9) y Marino (10), estudiaron experimentalmente, la resistencia de muros de corte de albañilería de adobe con/sin refuerzo (Fig. 6). La resistencia del muro sin reforzar (especimen N° 1) fué de  $0.123 \text{ kg/cm}^2$  y la más alta resistencia obtenida fué  $0.268 \text{ kg/cm}^2$ , correspondiente al espécimen N° 6, reforzado en ambos bordes verticales y también horizontalmente cada tres hiladas. Es digno de notar que el muro sin refuerzo, con juntas de barro con cemento, resistió  $0.236 \text{ kg/cm}^2$ , es decir, más que la mayoría de los muros reforzados y casi tanto como el más resistente. Debe descartarse, sin embargo, que la capacidad de deformación de los muros reforzados fué significativamente mayor que la de los muros sin refuerzo.

### ESPECIMENES NORMALIZADOS

Generalidades.- Los ensayos de modelos a escala normal (6) (7) (8) permiten determinar la resistencia a los diversos tipos de esfuerzos con cierto grado de confiabilidad. Por otro lado, sin embargo, son extremadamente morosos, requieren personal relativamente especializado y son, sobre todo, muy costosos. Estos inconvenientes se pueden subsanar usando especímenes

y procedimientos de ensayo diseñados de modo de simplificar, lo más posible, el trabajo, con un sacrificio aceptable en la confiabilidad de los índices de resistencia que así se determinen.

A continuación se presenta los resultados de ensayos de albañilería de bloque estabilizado usando los especímenes de prueba propuestos por Meli y Reyes (11). Estos especímenes, que son fáciles de construir y ensayar, permiten obtener índices de resistencia de la mampostería en compresión, corte y tracción diagonal. Correlacionando estos índices con los resultados de ensayos de muros a escala natural, será posible en el futuro cuando se disponga de un volumen suficiente de información determinar con mayor exactitud las propiedades mecánicas necesarias para el diseño.

Especimen para el ensayo de compresión axial. - Proporciona un índice de la resistencia de un muro a la acción de cargas verticales.

El tipo de especimen utilizado se muestra en la figura 7 (a). Consiste en una pila de bloques unidos por mortero. La relación altura-espesor de las pilas fué aproximadamente igual a 2. Con el fin de asegurar una aplicación uniforme de esfuerzos se procuró que las caras extremas de la pila fueran lisas, planas y paralelas.

Esto se logró puliendo la cara inferior y enrasando la cara superior con una capa de yeso de aproximadamente 3 mm. de espesor. Los ensayos se efectuaron en un marco metálico, aplicando la carga mediante un gato hidráulico de 30,000 lbs. por incremento de 2000 lbs. Para cada incremento de carga se midió la deformación axial mediante un deformómetro de dial. Los ensayos se efectuaron a los 35 días de fabricadas las pilas.

Especímenes para el ensayo de corte directo. - Proporcionan un índice de la resistencia de muros a cargas horizontales en su plano, cuando fallan en la junta de mortero que une los bloques. Se trata de una falla debida básicamente a esfuerzos tangenciales.

El tipo de especimen utilizado se muestra en la figura 7 (b). Consiste en una pila de tres bloques. El intermedio está cortado verticalmente por la mitad. Estos medios bloques están ligeramente separados, con su junta vertical sin mortero.

Al aplicar cargas en los medios bloques intermedios, se produce una falla por esfuerzos tangenciales en cualquiera de las dos mitades. Los ensayos se efectúan aplicando además cargas de confinamiento en los bloques extremos, simulando de esta manera el estado de esfuerzos en un punto de un muro de albañilería. Las cargas de confinamiento aplicadas fueron de 1, 2 y 4 kg/cm<sup>2</sup>. Los ensayos se efectuaron a los 35 días de fabricadas las pilas.

Especímenes para el ensayo de compresión diagonal. - Proporcionan un índice de la resistencia de un muro a cargas horizontales en su plano, tanto para el caso en que la falla se deba a esfuerzos tangenciales en las juntas como para el caso en que esta se deba a esfuerzos de tracción, tanto para el caso en que la falla se deba a esfuerzos tangenciales en las juntas como para el caso en que esta se deba a esfuerzos de tracción inclinada en los bloques.

El tipo de especimen utilizado se muestra en la figura 7 (c). Consiste en una pila de tres bloques. El intermedio está formado por dos medios bloques. Las pruebas se efectuaron en una máquina Universal Tinius Olsen, de tal forma que la carga se aplicaba según la dirección de una de las diagonales a través de angulares colocados en dos aristas opuestas y asentados sobre una capa delgada de yeso. Los ensayos se efectuaron a los 35 días de fabricados los especímenes.

Resultados de los ensayos de compresión axial. - En el cuadro N° 1 se presenta un resumen de los resultados de estos ensayos. Puede observarse lo siguiente:

1. Las resistencias en compresión f'm, fueron iguales en los especímenes con mortero 1:10:1% y S-2%. Con estos morteros la resistencia resultó 25% mayor que para los especímenes sin estabilizar (adobe).

2. La deformación correspondiente al esfuerzo máximo fué también mayor en los especímenes con suelo estabilizado.
3. El módulo de elasticidad fué también mayor en los especímenes con suelo estabilizado. El mayor valor se obtuvo con el mortero S-2%.

Resultados de los ensayos de corte directo. - En la figura 8 se observa que los resultados de estos ensayos responden satisfactoriamente a la expresión de Coulomb

$$\tau = \mu + f \sigma$$

donde:  $\tau$  = esfuerzo tangencial de falla;  $\text{kg/cm}^2$ .

$\mu$  = resistencia por adherencia,  $\text{kg/cm}^2$ .

$f$  = coeficiente de fricción.

$\sigma$  = esfuerzo de confinamiento,  $\text{kg/cm}^2$ .

En estos mismos gráficos y también en el cuadro N° 2 se dan los valores de  $\mu$  y de  $f$  para cada tipo de mortero, que fué la variable principal.

Puede notarse lo siguiente:

1. Los especímenes con suelo estabilizado exhiben una resistencia por adherencia,  $\mu$ , significativamente superior a los especímenes de adobe (sin estabilizar). En orden descendente de la resistencia por adherencia se tiene la siguiente clasificación de los especímenes ensayados:
 

a. Con mortero 1:2:3:1/2	$\mu = 1.8 - 1.98 \text{ kg/cm}^2$ .
b. Con mortero 1:10:1%	$\mu = 1.3 - 1.4 \text{ kg/cm}^2$ .
c. Con mortero S - 2%	$\mu = .75 - 0.90 \text{ kg/cm}^2$ .
d. Con mortero simple	$\mu = 0.55 \text{ kg/cm}^2$ .
  
2. Los especímenes con suelo estabilizado tienen un coeficiente de fricción,  $f$ , superior a los especímenes sin estabilizar, aunque la diferencia en este caso no es tan marcada como para la adherencia. En orden descendente de los valores del coeficiente de fricción, se tiene la siguiente clasificación de los especímenes:
 

a. Con mortero 1:2:3:1/2	$f = 0.98 - 1.06$
b. Con mortero S - 2%	$f = 0.78 - 0.80$
c. Con mortero 1:10:1%	$f = 0.60 - 0.63$
d. Con mortero simple	$f = 0.58$
  
3. No se observa una diferencia sistemática, ni significativa, entre los resultados para especímenes fabricados con bloques grandes y chicos.

Resultados de los ensayos de compresión diagonal. - En el cuadro N° 3, se presenta un resumen del análisis de los resultados de los ensayos de compresión diagonal. Los esfuerzos de corte experimentales y los "teóricos" fueron determinados siguiendo los lineamientos del trabajo de Meli y Reyes. Se observa lo siguiente:

1. El esfuerzo de corte de rotura es significativamente mayor para los especímenes de suelo estabilizado, habiendo resultado una resistencia mucho mayor en los especímenes con mortero 1:10:1% que en los especímenes con mortero S - 2%.
2. La aplicación de las expresiones para las resistencias "teóricas" para fallas por tracción diagonal y por corte, indican que los especímenes debieron fallar por corte, lo que concuerda con lo observado.
3. Sin embargo, las resistencias "teóricas" calculadas con la expresión (3) resultan excesivamente altas en comparación con los valores experimentales.

Conclusiones. - De los resultados obtenidos se puede extraer las siguientes conclusiones:

- a. En general, la estabilización mejora las características mecánicas del suelo.
- b. la expresión  $v = \mu + \log$  relaciona satisfactoriamente las diferentes variables.\*
- c. Pueden usarse especímenes con bloques pequeños (26.5 x 26.5) para obtener las propiedades mecánicas de la mampostería de bloques más grandes.
- d. La expresión  $v = \frac{0.8 \mu}{1 - 0.9 \frac{f' h}{I}}$  para las pruebas de compresión diametral no es aplicable para los especímenes ensayados.\*\*

## PROPIEDADES MECANICAS DE LA CAÑA

La caña se comporta elásticamente casi hasta la rotura. Echazú (12) determinó, experimentalmente, un valor medio del módulo de elasticidad de  $1.52 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 6.2%, y un valor medio de la resistencia de 1350 kg/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 17.7%.

Con la humedad se encontró una disminución de la resistencia del orden de 25 por ciento. En otros experimentos, se ha encontrado una disminución mayor.

### CUADRO N° 1

#### RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION AXIAL

Tipo de mortero	1:10 - 1%	S - 2%	Simple
Resistencia, $f'_m$	12.8 kg/cm <sup>2</sup>	12.8 kg/cm <sup>2</sup>	10.3 kg/cm <sup>2</sup>
Deformación Unitaria	$12.3 \times 10^{-3}$	$13.5 \times 10^{-3}$	$9.7 \times 10^{-3}$
Módulo de Elasticidad	1788 kg/cm <sup>2</sup>	2140 kg/cm <sup>2</sup>	1600 kg/cm <sup>2</sup>

Los valores indicados representan el promedio de 3 a 5 especímenes.

\* Debe notarse, sin embargo, que para valores pequeños del esfuerzo de confinamiento, los gráficos que se muestran en el trabajo de Meli y Reyes indican que esta expresión puede dar errores importantes.

\*\* Aparentemente, debido a que los esfuerzos de confinamiento eran pequeños.

## CUADRO N° 2

**VALORES DE LA ADHERENCIA,  $\mu$ , Y COEFICIENTE DE FRICCIÓN,  $f$ , DE ACUERDO A LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CORTE DIRECTO**

Mortero	1:10:1%	S - 2%	Simple	1:2:3: 1/2
Bloque	Chico Grande	Chico Grande	Chico Grande	Chico Grande
Adherencia $\mu$ , kg/cm <sup>2</sup> .	1.40 1.30	.90 .75	.55 ---	1.80 1.98
Coefficiente de fricción, $f$ .	.60 .63	.78 .80	.58 ---	1.06 .98

### NOTAS

- Los valores de  $\mu$  y  $f$  corresponden a la ecuación de falla

donde:

$$v = \mu + f \sigma$$

$v$  = esfuerzo tangencial de falla  
 $\sigma$  = esfuerzo de confinamiento

- Los valores de la tabla se obtuvieron ajustando líneas rectas a los puntos experimentales y sin considerar los valores para confinamiento nulo.

## CUADRO N° 3

**ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL**

Tipo de Mortero	Kg/cm <sup>2</sup>	$f$	$f'_m$ Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo de Corte de Rotura		
				Experimental (1)	Falla por tracción diagonal (2)	Falla por corte (3)
1:10:1% Blo. Chico	1.40	.60	12.8	1.01	3.56	2.44
1:10:15 Blo. Grande	1.30	.63	12.8*	1.15	3.56	2.65
S - 2%	.90	.78	12.8	.45	3.56	2.40
Simple	.55	.58	10.3	.30	3.19	.92

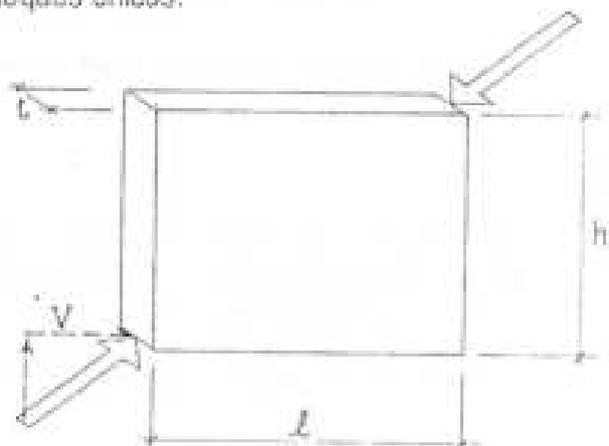
Se ha tomado el mismo valor que para los bloques chicos.  
 Del trabajo de Meli y Reyes:

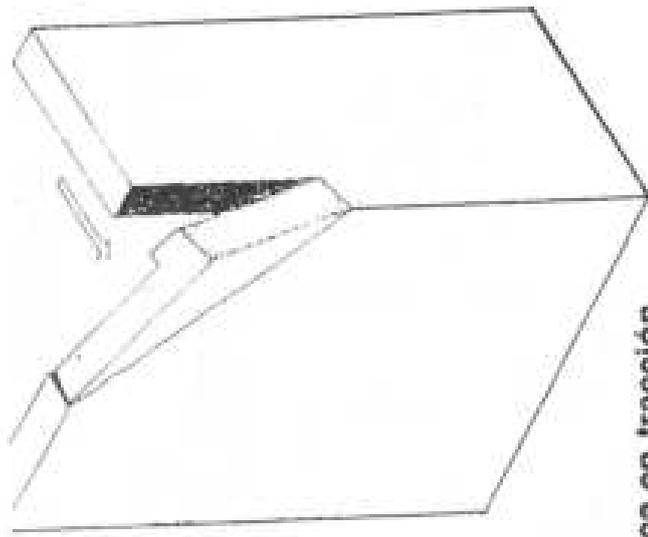
$$(1) v = V \ell t$$

$$(2) v_{TD} = \sqrt{f'_m}$$

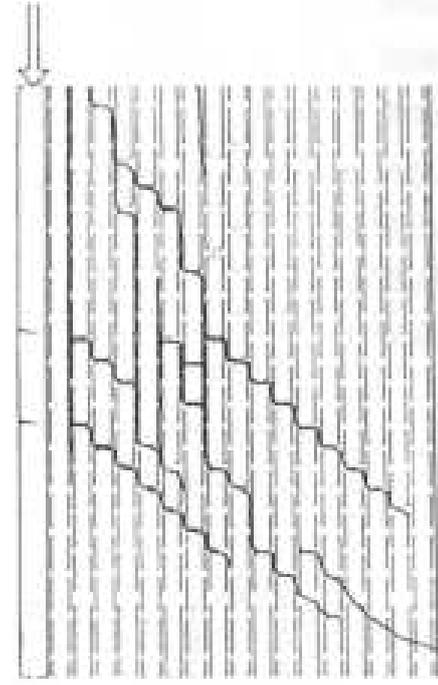
$$(3) v_c = \frac{0.8 \mu}{1 - 0.9 f h / \ell}$$

En estos ensayos  $h/\ell = 1$

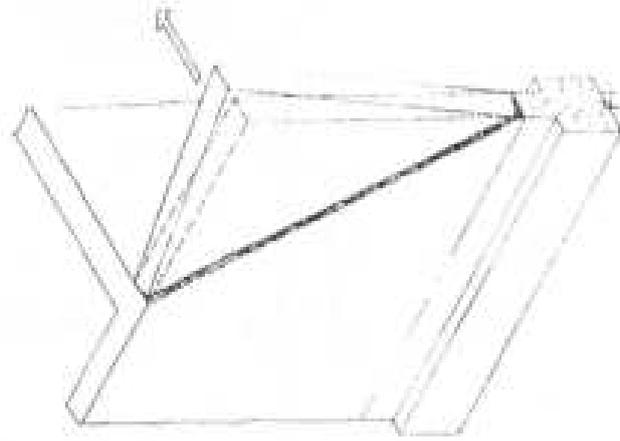




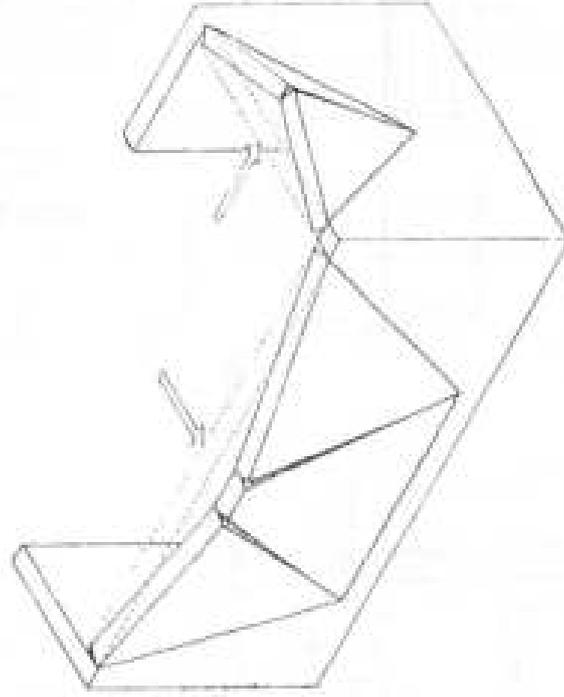
**Fig. N° 1**  
Falla Típica en tracción



**Fig. N° 3**  
Falla Típica por corte



**a) Muro arriostrado en dos bordes**

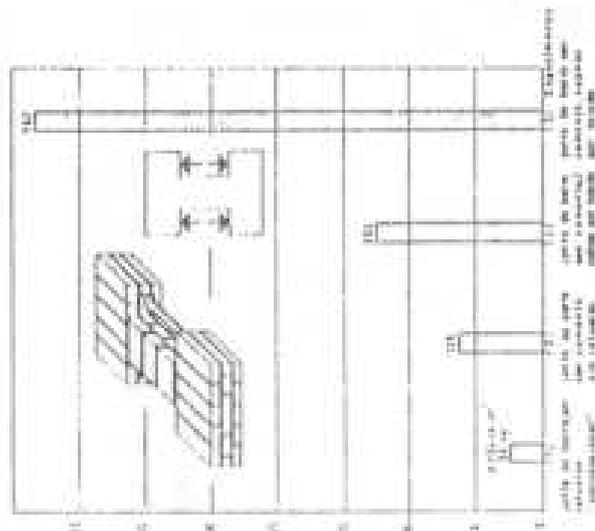


**b) Muros arriostrados en tres bordes**

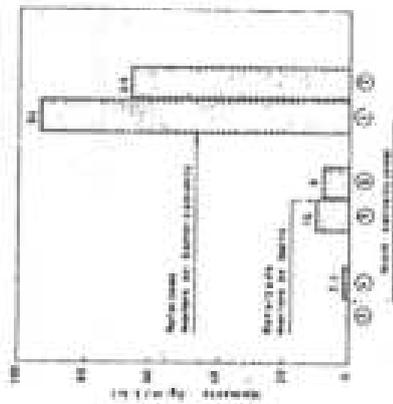
**Fig. N° 2**  
Fallas típicas por flexión



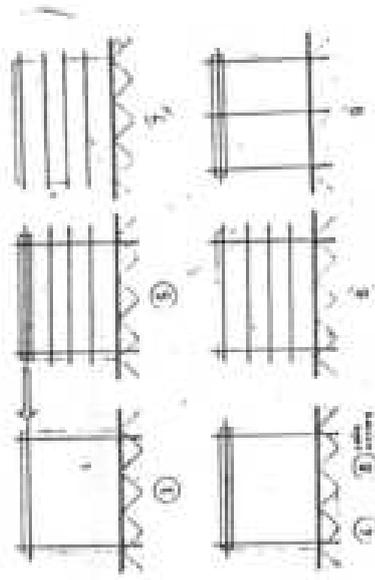
(a) FALLAS TÍPICAS DE MUROS DE ADOBE AL OCURRIR SISMO



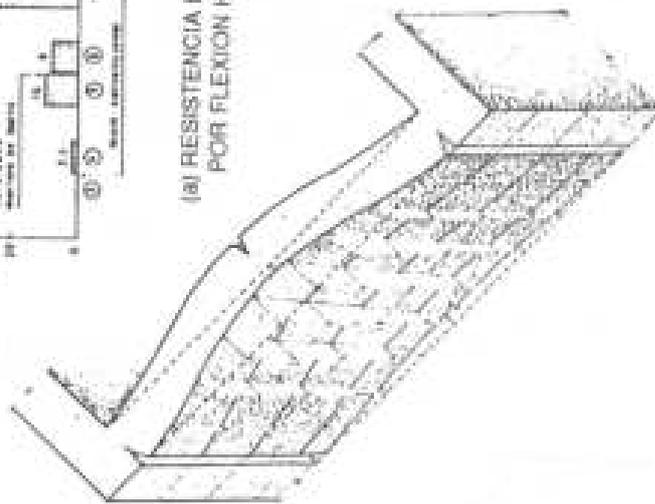
(b) RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ENCUENTROS DE MUROS DE ADOBE



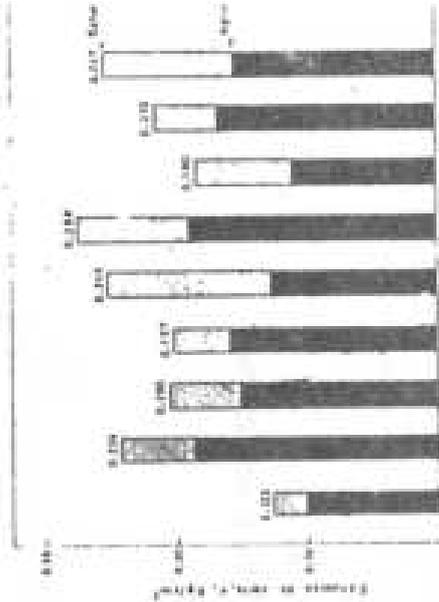
(a) RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE POR FLEXION HORIZONTAL



(a) ESPECIMENES ENSAYADOS



(b) EFECTO DE UNA CARGA NORMAL AL MURO



(b) COMPARACION DE LA

RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON DIFERENTES

Fig. N° 4 RESISTENCIA EN TRACCION DE MUROS

Fig. N° 5 FLEXION HORIZONTAL EN MUROS

Fig. N° 6 RESISTENCIA DE MUROS DE CORTE

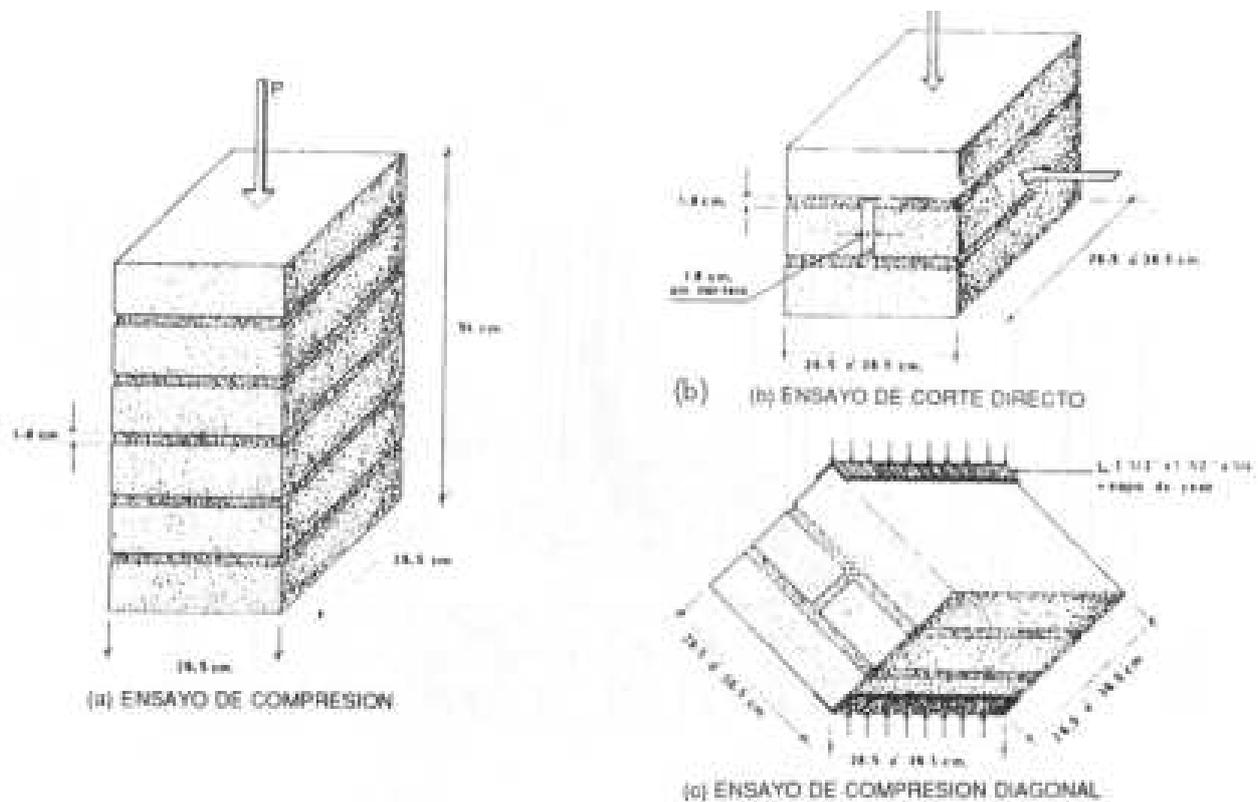
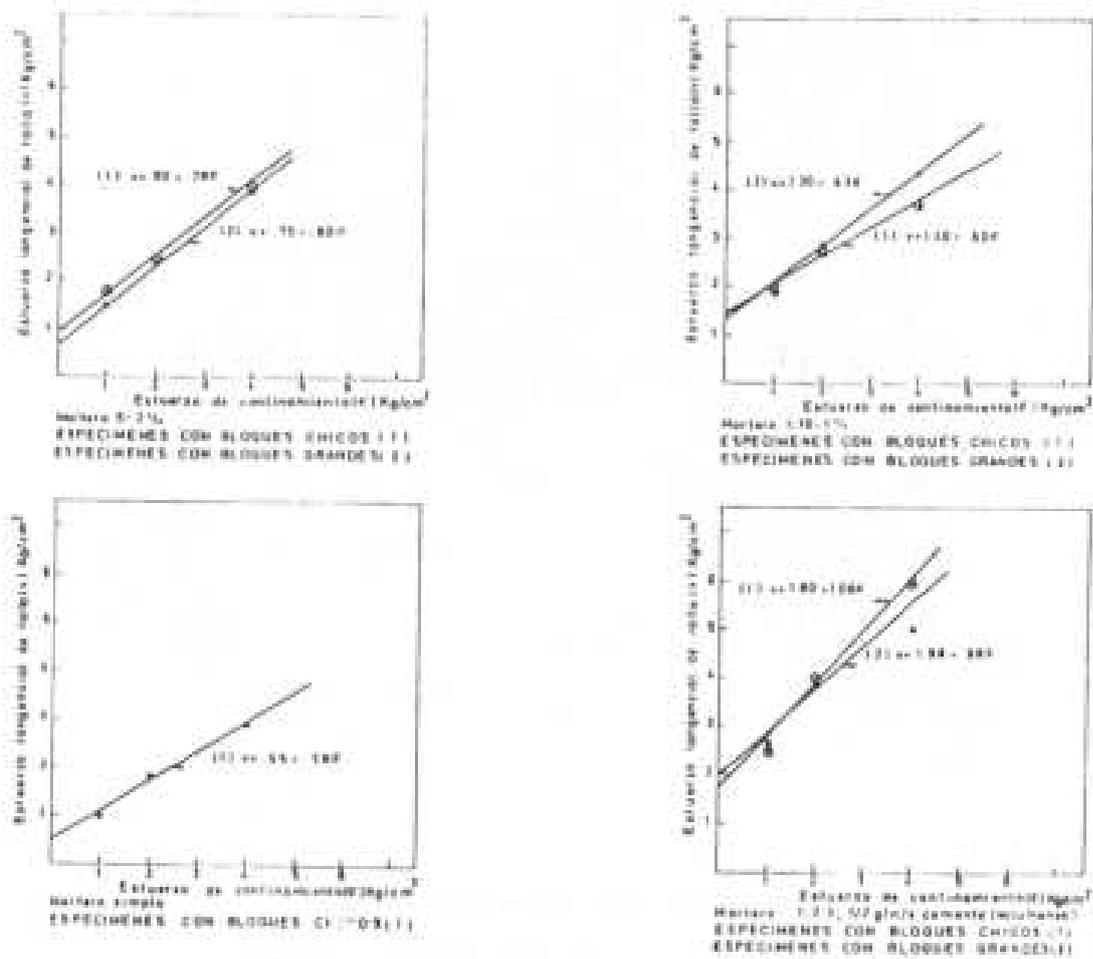
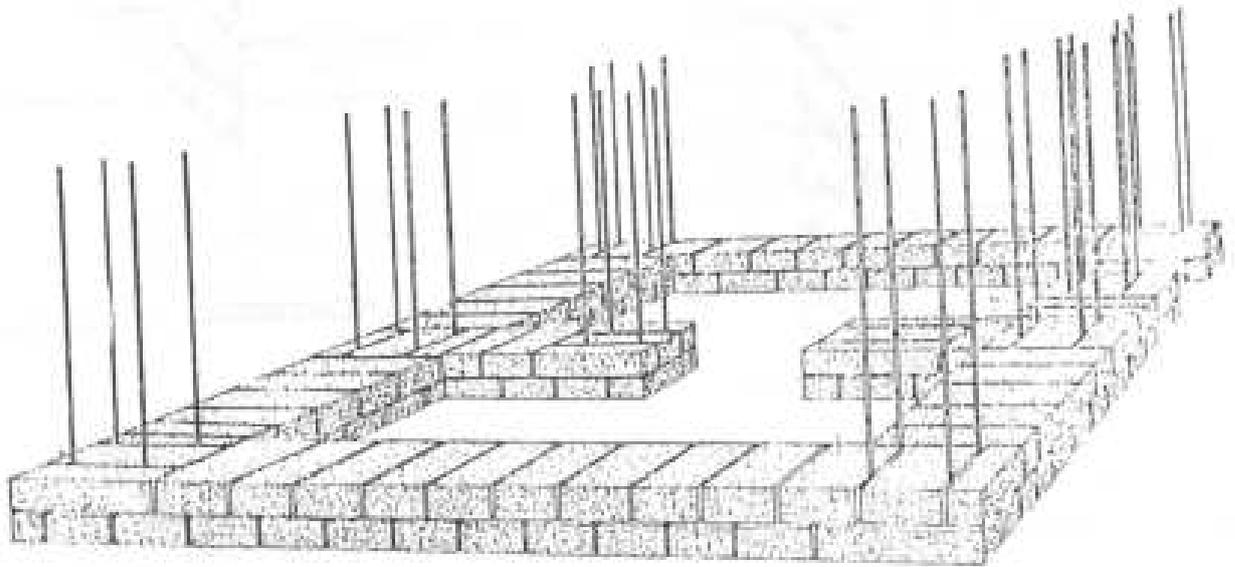


FIG. N° 7 ESPECIMENES DEL ENSAYO

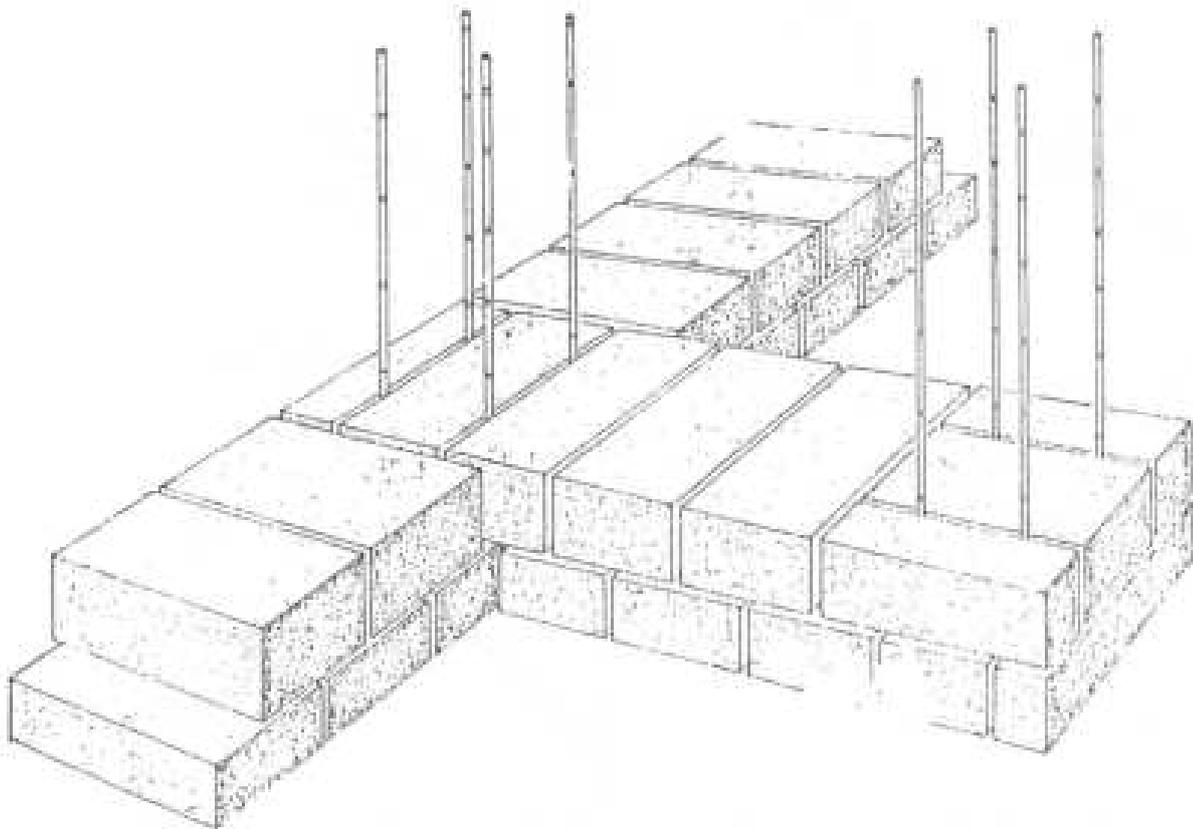


CURVAS V-f PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

FIG. N° 8 RESULTADO DE ENSAYO DE CORTE

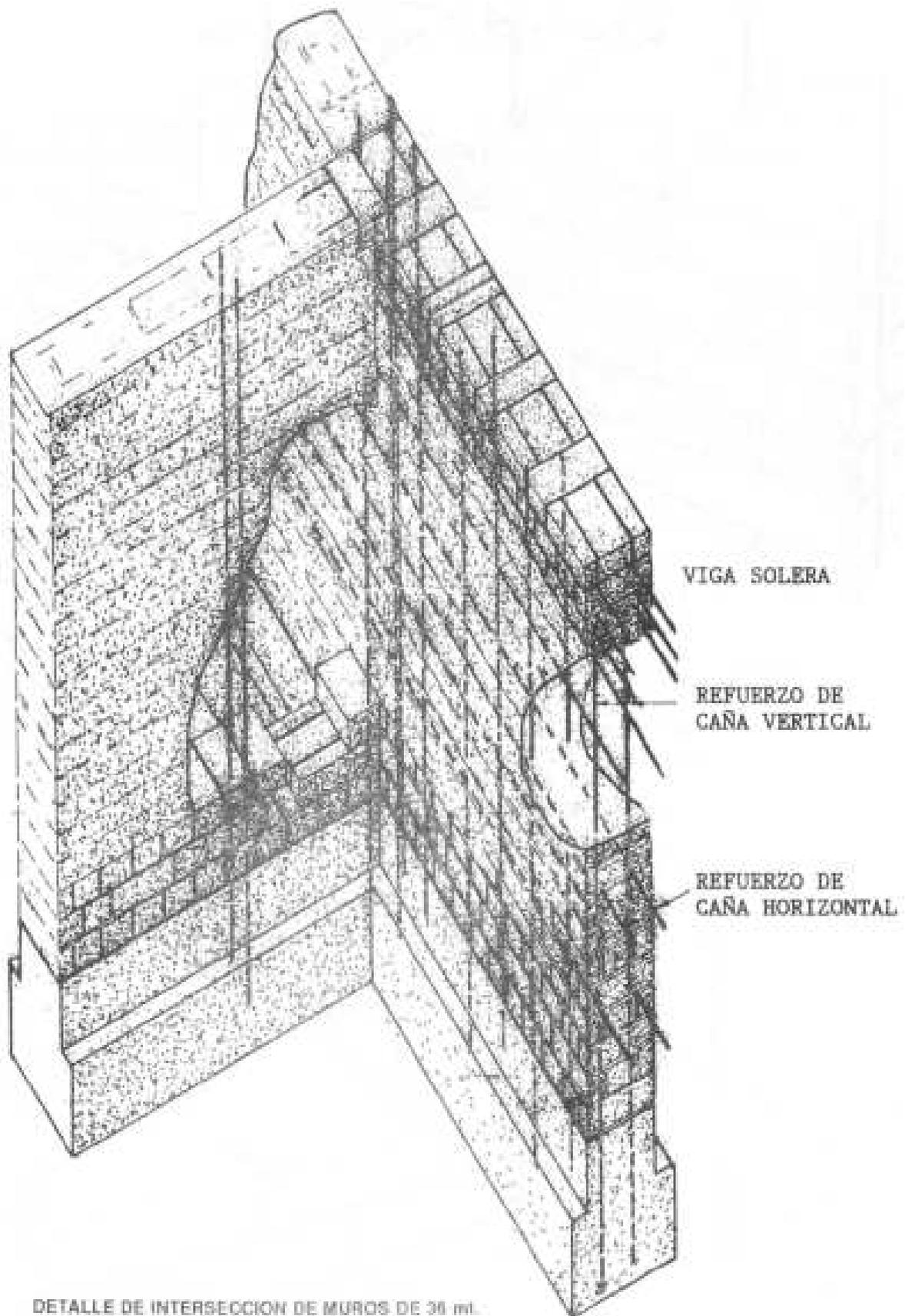


APAREJO EN VIVIENDA CON REFUERZO VERTICAL



APAREJO EN ENCUENTRO DE MUROS

Fig. N. 9



DETALLE DE INTERSECCION DE MUROS DE 36 cm.

Fig. Nº 10

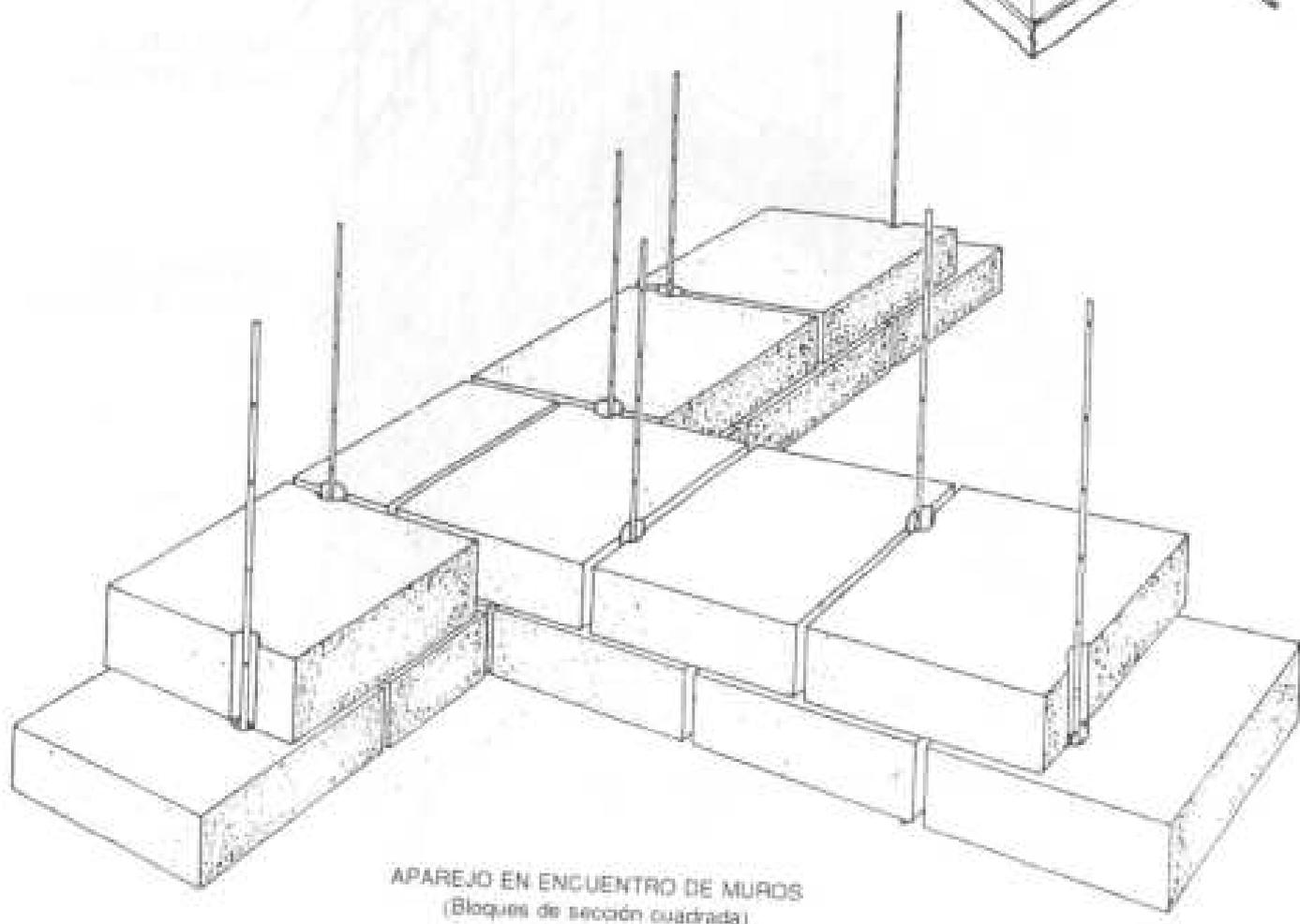
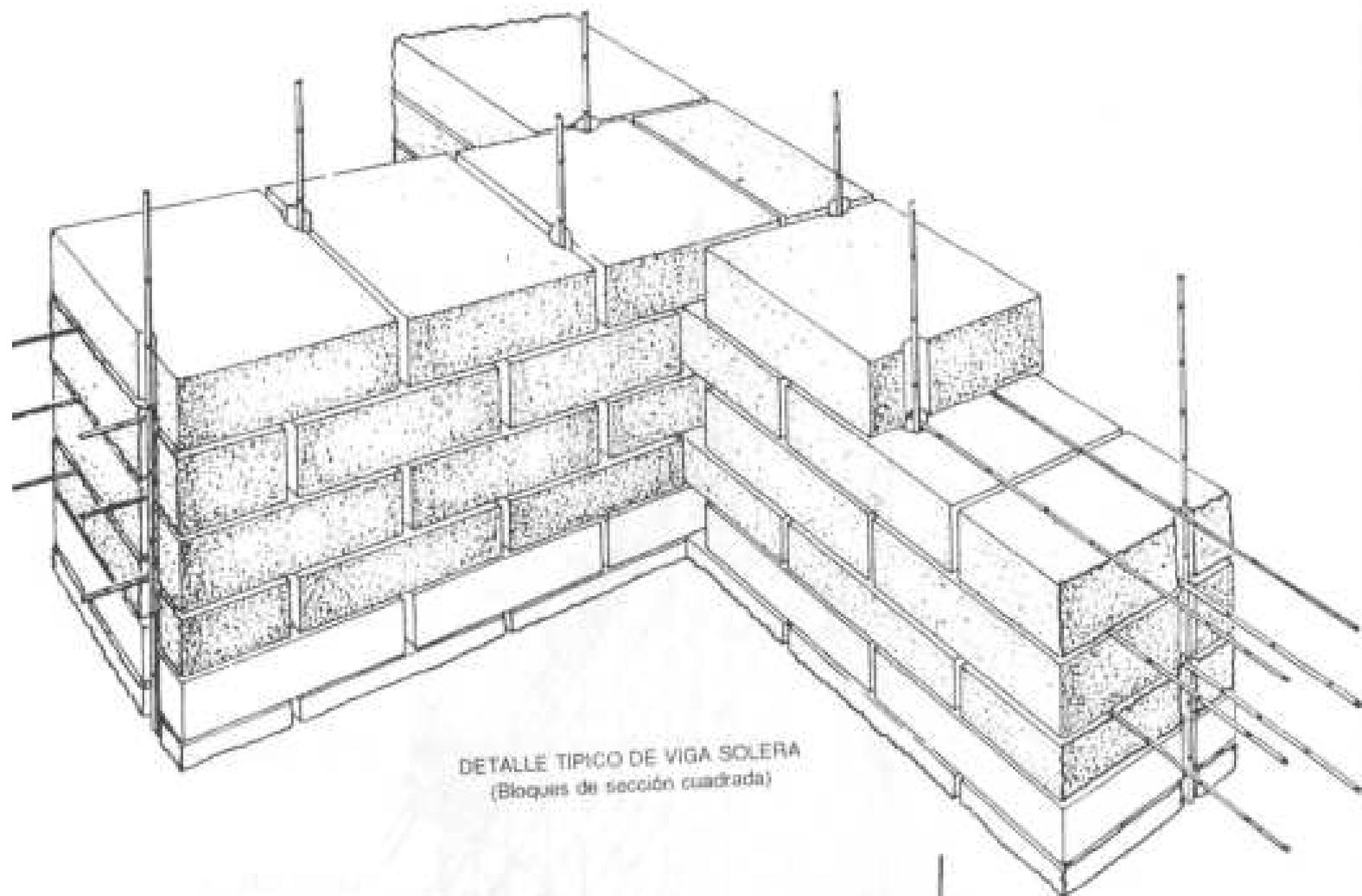


Fig. N. 11

## ANEXO A

### MATERIALES UTILIZADOS

Suelo. Se utilizó material extraído de terrenos de la Universidad Nacional de Ingeniería designado en este estudio como M-2. Sus características básicas son las siguientes:

Granulometría:		Peso específico de sólidos:	2.65
Arena	42%	Límite líquido	25.5
Limo	50%	Límite plástico	17.5
Arcilla	8%	Límite de contracción	15
		Índice de plasticidad	8
		Clasificación S.U.C.S.	CL

Cemento y asfalto. Se usó cemento normal ASTM Tipo 1 y asfalto líquido RC-2.

Bloques. Se fabricaron con suelo M-2 con 1.5% de asfalto, de dimensiones 26.5 x 26.5 x 7.5 cm, y 36.5 x 36.5 x 7.5 cm.

Morteros. Se utilizó cuatro clases de mortero:

- 1:10:1% (por peso). Una parte de cemento, 10 de suelo y 1% del peso del suelo en peso de asfalto.
- S-2% (por peso). Suelo con 2% de su peso en peso de asfalto.
- 1:2:3:1/2 (por volumen). Una parte de cemento, dos de suelo, tres de arena gruesa y 1/2 galón de asfalto por saco de cemento.
- Simple. Mezcla no estabilizada de suelo y agua.

El suelo utilizado en estos morteros fué previamente tamizado por la malla N° 4.



## BIBLIOGRAFIA

- 1.- KUROIWA, Julio, DEZA, Ernesto, JAEN, Hugo.  
"Investigation on the Peruvian Earthquake of May 31, 1970", 5th World Conference on Earthquake Engineering, Rome, June 1973.
- 2.- FINTEL, Mark.  
"Resistance to Earthquakes-Philosophy, Ductility and Details", Publicación ACI SP-36, Response of Multistory Concrete Structures to Lateral forces. 1973, pp 75-96.
- 3.- MATHIESSEN, Ralph.  
Charlas en la UNI, Junio 1975
- 4.- COMISION TECNICA DE BLOQUE ESTABILIZADO (COBE).  
Informe Final, Ministerio de Vivienda, Lima, 1974.
- 5.- CORAZAO SAN ROMAN, Miguel, BLONDET SAAVEDRA, Marcial.  
Estudio Experimental del Comportamiento Estructural de las Construcciones de Adobe Frente a Solicitaciones Sísmicas, Banco Peruano de los Constructores, Lima, 1974.
- 6.- VERA GUTIERREZ, Rodolfo.  
Estudio sobre Losas de Suelo-Cemento Reforzadas con Carrizo y Encuentros de Muros de Adobe, Tesis de Ingeniería Civil, UNI, 1972.
- 7.- MOROMI, Isabel  
Estudio de Vigas de Suelo-Cemento Reforzadas con Caña de Guayaquil y de Modelos de Muros de Adobe sometidos a Cargas Perpendiculares a su Plano, Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1971.
- 8.- MINCHOLA HARO, Carlos E.  
Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas Horizontales - Parte 5 (a), Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1974.
- 9.- GUANILO GARCIA, Horacio A.  
Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas Horizontales - Parte 5 (b), Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1974.
- 10.- MERINO ROSAS, Francisco A.  
Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas Horizontales - Parte 5 (c), Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1974.
- 11.- MELI P., Roberto, REYES G., Alejandro.  
"Propiedades Mecánicas de la Mampostería", Publicación N° 288 del Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Julio 1971.
- 12.- ECHAZU PERALTA, J. F.  
Estudio del suelo-cemento y de la Caña de Guayaquil - Parte 1, Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 1971.

# **ESTUDIO SISMICO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE DE DOS PISOS**

**Ing. Roberto Morales Morales  
Ing. Alejandro Sanchez Olano  
Dr. Rafael Torres Cabrejos  
Ing. Oswaldo Morales M.**

# ESTUDIO SISMICO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE DE DOS PISOS

Por: *Ing. Roberto Morales Morales\**  
*Ing. Alejandro Sanchez O. \**  
*Dr. Rafael Torres C. \**  
*Ing. Oswaldo Morales M.\*\**

## RESUMEN

Este trabajo es continuación de las investigaciones realizadas en la Universidad Nacional de Ingeniería desde el año 1971, cuyos resultados parciales han sido publicados.

Se presenta una metodología para el estudio sísmico de construcciones de adobe de dos pisos, a fin de determinar los esfuerzos de compresión, de corte y de flexión.

Además se ha realizado un estudio de viviendas económicas de adobe de dos pisos teniendo en cuenta la zonificación sísmica, el tipo de suelo, y el tipo de material. Finalmente se propone recomendaciones para el diseño y construcción de las viviendas económicas de adobe.

## INTRODUCCION

En el Perú la mayoría de viviendas rurales y de algunos centros urbanos son de adobe, siendo muchas de ellas de dos pisos. Dada la modesta capacidad económica de la mayoría de nuestra población, es evidente, que se seguirá construyendo con materiales de bajo costo, como es el adobe, además en muchos lugares es el único material de construcción disponible.

Esta realidad plantea un reto a la Ingeniería Civil, lo que hace imperativo el aporte de el esfuerzo y dedicación de sus miembros para mejorar mediante investigaciones y estudios el comportamiento de este tipo de viviendas frente a sollicitaciones sísmicas severas. En la Universidad Nacional de Ingeniería, conscientes de esta realidad, en el año 1970 se inició un "Programa de investigación de Construcciones de adobe", con el auspicio del Ministerio de Vivienda y Construcción.

Posteriormente en 1972 bajo los auspicios del mismo Ministerio y con la participación de la Agencia Internacional para el Desarrollo (A.I.D.), en la Universidad Nacional de Ingeniería se realizaron estudios, en los que se utilizó bloques de suelo estabilizado con asfalto. Los objetivos de estos estudios fueron el desarrollo de una tecnología para la fabricación de bloques, el desarrollo de procedimientos de construcción, la determinación de una serie de características del material que permitieran el diseño racional de la construcción para resistir adecuadamente los movimientos sísmicos. Estos objetivos se han alcanzado prácticamente en su totalidad para construcciones de un piso.

La experiencia de los sismos recientes muestran que bajo ciertas condiciones las construcciones de adobe pueden ofrecer comportamiento satisfactorio ante sismos severos, estas condiciones se expresan por medio de factores, tales como la sismicidad regional, las características locales del suelo y el tipo de construcción.

---

\* *Profesor Principal del Dpto. de Estructuras y Construcción, Miembro del Comité de Ingeniería de la UNI.*

\*\* *Ex-Profesor del Dpto. de Estructuras y Construcción, Miembro del Comité de Ingeniería Antisísmica de la UNI.*

En este trabajo se presenta un estudio para el análisis de viviendas económicas de adobe y bloque estabilizado de dos pisos. El estudio se concreta en el desarrollo de una metodología en el diseño para cargas de gravedad y para fuerzas sísmicas actuando en el plano del muro y perpendiculares a éste. Además se estudia este tipo de viviendas teniendo en consideración la sismicidad regional y el tipo de suelo.

Finalmente se está planteando recomendaciones para continuar investigaciones acerca de las construcciones de adobe de dos pisos. Esperamos que este trabajo contribuya a la mejor comprensión del comportamiento sísmico de este tipo de construcción tradicional en nuestro país.

## 1. ESFUERZO ADMISIBLE POR COMPRESION EN MUROS

En el diseño de muros para cargas verticales es necesario determinar un esfuerzo permisible de compresión que considere en forma implícita la influencia de los otros factores actuantes. Matemáticamente el esfuerzo admisible de compresión puede expresarse:

$$f_m = \phi_r \phi_c \phi_e \phi_l f'_m$$

donde:

$f_m$  = esfuerzo admisible

$f'_m$  = esfuerzo de rotura nominal

$\phi_r, \phi_c, \phi_e, \phi_l$  = coeficientes de reducción por variabilidad de la resistencia real, variabilidad de las cargas, y por la excentricidad y la esbeltez, respectivamente.

A continuación se hace una evaluación de estos coeficientes, principalmente por similitud con los valores correspondientes en estructuras de concreto.

### 1.1 Variabilidad de la Resistencia Real ( $\phi_r$ )

El coeficiente  $\phi_r$  depende principalmente de la diferencia entre el tamaño del espécimen y el prototipo ( $\phi_{rt}$ ), y de la variabilidad de la resistencia del material ( $\phi_m$ ).

$$\phi_r = \phi_{rt} \phi_m$$

El factor  $\phi_{rt}$  para el caso de columnas estribadas y muros de concreto se considera igual a 0.7; en muros de adobe la relación de tamaño entre el prototipo y el modelo o probeta de ensayo es prácticamente la misma, por lo tanto se adoptará  $\phi_{rt} = 0.7$ .

El factor  $\phi_m$  para el caso de columnas de concreto se considera igual a 0.85. en muros de adobe la variabilidad de la resistencia del material es menor que en el caso de concreto, por lo tanto se adoptará conservadoramente  $\phi_m = 0.9$  en construcciones de dos pisos.

Finalmente,  $\phi_c = 0.7 \times 0.9 = 0.63$

### 1.2 Variabilidad de las Cargas

En construcciones de viviendas de adobe típicas, la relación entre la carga viva y la muerta generalmente es menor que 0.15. Para esta relación el factor de mayoración ponderando para obtener la carga de rotura es:

$$\frac{1.4 \text{ CM} + 1.7 (0.15 \text{ CM})}{\text{CM} + 0.15 \text{ CM}} = 1.41$$

El coeficiente  $\phi_c$  será 0.70

### 1.3 Excentricidad de la Resultante

En base al estudio realizado de excentricidades reales en una vivienda típica de adobe de dos pisos, ver anexo 1, se asumirá que la resultante de las cargas en el muro actúa en el vértice del núcleo central. Para esta condición el esfuerzo máximo es igual al doble del esfuerzo nominal, de lo que resulta.

$$\phi_e = 0.5$$

### 1.4 Esbellez

Para un elemento en compresión elástica la carga crítica, es  $P_{cr} = \pi^2 E I / (kl)^2$

donde:

$kl$  = longitud de columna biarticulada equivalente

$E$  = módulo de elasticidad, que puede expresarse como

$E = f'_m$  ( $f'_m$  = Esfuerzo de compresión en rotura)

$I$  = momento de inercia por metro lineal de muro

$t$  = espesor del muro

$$I = \frac{t^3}{12} \quad (\text{despreciando la influencia del módulo de poisson})$$

$$\text{El esfuerzo crítico, } f_{cr} = \frac{P_{cr}}{t \times l} = 0.822 f'_m \alpha / (kl)^2 \quad (1)$$

Considerando una transición gradual de esta expresión, hasta el valor límite  $\phi f'_m$ ; que puede lograrse pasando una parábola de eje vertical con vértice en

$$\left(\frac{kl}{t}\right)^2 = 0, \text{ y } f_m = \phi f'_m; \text{ y que además pasa por el punto } f_m = 0.5 \phi f'_m.$$

Para este valor obtenemos  $\frac{kl}{t} = 1.282 \sqrt{\alpha}$

Pasando la parábola por éstos dos puntos obtenemos finalmente:

$$\text{Para } kl/t, > 1.282 \sqrt{\alpha} : \frac{f_m}{\phi f_m} = \left( \frac{0.908}{kl/t} \right)^2 \alpha$$

(De Ec. 1, haciendo  $f_m = f_{cr}$ )

$$\text{Para } kl/t < 1.282 \sqrt{\alpha} : \frac{f_m}{\phi f_m} = 1 - \left( \frac{0.551 kl}{\sqrt{\alpha} t} \right)^2$$

(Ec. Parábola)

Estas ecuaciones expresadas gráficamente pueden verse en la figura 1

## VALORES RECOMENDABLES PARA k.

El coeficiente k del muro depende de las restricciones en sus extremos para cada nivel, que se

expresa por: 
$$\psi = \frac{\sum (EI)_{col.}}{\sum (EI)_{vig.}}$$

Para la determinación de los valores de  $\psi$ , se ha supuesto una construcción típica de adobe de dos plantas con altura de piso 2.65 m, espesor de muros 0.40 m; para los techos se ha puesto viguetas de madera de 2" x 8" espaciadas entre sí 0.50 m. Así se encontró para el piso superior, de arriba hacia abajo  $\psi = 1.8, 3.6$ , y para el piso inferior, de arriba hacia abajo  $\psi = 3.6, 1.0$ .

Con estos valores y teniendo en cuenta que la construcción experimenta desplazamiento lateral se encontró:  $K = 1.75$  para el segundo nivel, y  $K = 1.6$  para el primer piso.

Para fines prácticos de diseño es recomendable considerar  $K = 1.5$  para el primer nivel, y  $K = 1.75$  para el segundo nivel.

### 1.5 Resumen.

De lo anteriormente desarrollado, se asume que el esfuerzo permisible por compresión en muros de adobe, para viviendas económicas de dos pisos, está dado por:

$$f_m = \phi_t \phi_c \phi_e \phi_1 f_m = (0.63)(0.70)(0.5)\phi_1 f_m \quad f_m = 0.22 \phi_1 f_m$$

## 2. MUROS CON CARGAS HORIZONTALES EN SU PLANO.- ESTUDIO DEL ESFUERZO CORTANTE

Cuando se considera fuerzas sísmicas en la dirección del muro, el esfuerzo más importante es el de corte paralelo a las hiladas. En la determinación de la fuerza de corte que toman los muros consideramos dos casos extremos:

### 2.1 Caso de Techo Rígido.

Al considerar techo rígido, la fuerza sísmica se reparte entre los muros de acuerdo a sus rigedeces laterales.

Las rigideces se calculan con la teoría elástica para muros, ignorando la rotación de la base. Se advierte sin embargo, que la rotación de la base tiene una influencia importante, si se trata de suelos compresibles.

Para el cálculo de la fuerza sísmica y su punto de aplicación se considera que la fuerza es proporcional a la masa y que el techo es infinitamente rígido.

### 2.1.1 Rigideces de los Muros

La rigidez de cada elemento de un muro específico se determinará con las expresiones (1)

$$k_i = \frac{k_{si}}{\frac{4}{3} (h_i / l_i)^2 + 1} \quad \text{(Formula General) (a)}$$

$$k_i = k_{si} = \frac{1}{3} E \frac{t l_i^3}{h_i}; (l_i > 4 h_i) \quad \text{(b)}$$

$$k_i = 0.25 (l_i / h_i)^3 E t; (l_i < \frac{h_i}{3}) \quad \text{(c)}$$

En la deducción de las ecuaciones (1) se ha considerado un factor de forma de 1.2 y un módulo de elasticidad por corte (G) igual a 0.4 E. Para el cálculo de las rigideces se ha considerado una deformada de voladizo.

Las expresiones (1b) i (1c) representan las rigideces por corte y flexión respectivamente. Los intervalos indicados han sido obtenidos considerando una diferencia del "valor real" por defecto menor del diez por ciento. Para fines prácticos esta simplificación se considera suficiente.

## RIGIDEZ EQUIVALENTE PARA MUROS EN PARALELO

$$K_e = \sum_{i=1}^n k_i$$

## RIGIDEZ EQUIVALENTE PARA MUROS EN SERIE

$$K_e = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i}}$$

### 2.2 Caso de Techo Flexible.

La fuerza cortante que toma cada muro depende únicamente de la masa situada dentro de su área de influencia.

### 3. MUROS CON CARGAS PERPENDICULARES A SU PLANO

Un muro sometido a cargas sísmicas perpendiculares a su plano se comporta como una losa.

En el diseño para este tipo de solicitaciones es recomendable seguir el procedimiento desarrollado en la Universidad Nacional de Ingeniería, referencia (3).

### 4. ESTUDIO DE VIVIENDAS DE ADOBE DE 2 PISOS PARA DIVERSAS CONDICIONES DE SISMICIDAD Y DE TIPO DE SUELO.

#### 4.1 Coefficientes Sísmicos.

Usando los resultados del apéndice 2 en la determinación de las fuerzas sísmicas, se ha obtenido los coeficientes sísmicos para las 3 tres zonas sísmicas y los tres tipos de suelo que especifica el reglamento peruano de diseño sísmo-resistente, los cuales se muestran en la tabla 1.

**TABLA 1**  
**VALORES DE COEFICIENTES SISMICOS**

Zona Sísmica Tipo de Suelo	1	2	3
Tipo 1	0.267	0.187	0.080
Tipo 2	0.320	0.224	0.096
Tipo 3	0.374	0.262	0.112

#### 4.2 Esfuerzos admisibles de corte usados en el Estudio.

En este estudio se han considerado tres tipos de construcción: Adobe común con mortero de barro, bloque estabilizado con mortero de cemento-arena en la proporción de 1 a 8, y bloque estabilizado con mortero de suelo-asfalto. Con los valores de la adherencia,  $\mu$ , y del coeficiente de fricción,  $f$ , indicados se han calculado los valores del esfuerzo admisible de corte ( $V_{ad}$ ) en la cabeza y pie de los muros del primer y segundo nivel.

Los valores se encuentran en la tabla 2 y obtenidos con la siguiente expresión  $V_{ad} = 0.45 (\mu + f \sigma)$

**TABLA N° 2**

**ESFUERZOS ADMISIBLES DE CORTE USADOS EN EL ESTUDIO**

Material	Mortero	$\mu$	f	Vad (2° nivel Kg/cm <sup>2</sup> )	Vad (1° nivel kg/cm <sup>2</sup> )
Adobe común	Barro *	0.15	1.09	0.13 (0.29)	0.31(0.52)***
Bloque estabilizado	cemento-** arena 1:8	0.36	1.07	0.21 (0.38)	0.40 (0.60)
	Suelo-asfalto *	0.25	0.90	0.16 (0.29)	0.32 (0.49)

\* Dato obtenido de la referencia (4)

\*\* Dato obtenido de la referencia (2)

\*\*\* Los valores entre paréntesis corresponden al pie del muro

**4.3 Esfuerzos cortantes actuantes (Va)**

Para el modelo considerado en el apéndice 2 se han obtenido los valores de los esfuerzos de corte actuantes que se muestran en la tabla 3.

**TABLA N° 3**

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES ACTUANTES**

(Va) en kg/cm<sup>2</sup>, en Primer y Segundo nivel

Zona Sísmica Tipo de suelo	1	2	3
Tipo 1	0.39 (0.20)*	0.27 (0.14)*	0.12 (0.06) *
Tipo 2	0.47 (0.24)	0.33 (0.17)	0.14 (0.070)
Tipo 3	0.55 (0.28)	0.38 (0.19)	0.16 (0.080)

\* Los valores entre paréntesis corresponden al 2° nivel

**4.4 Discusión de los Resultados**

La discusión final de los resultados se resume en las tablas 4, 5 y 6. Para el estudio se ha considerado una variabilidad de los esfuerzos actuantes de 20% para estructuras ubicadas en suelos tipo 1 y 2 y de 50% para las ubicadas en suelo tipo 3.

**TABLA N° 4**  
**ADOBE COMUN**

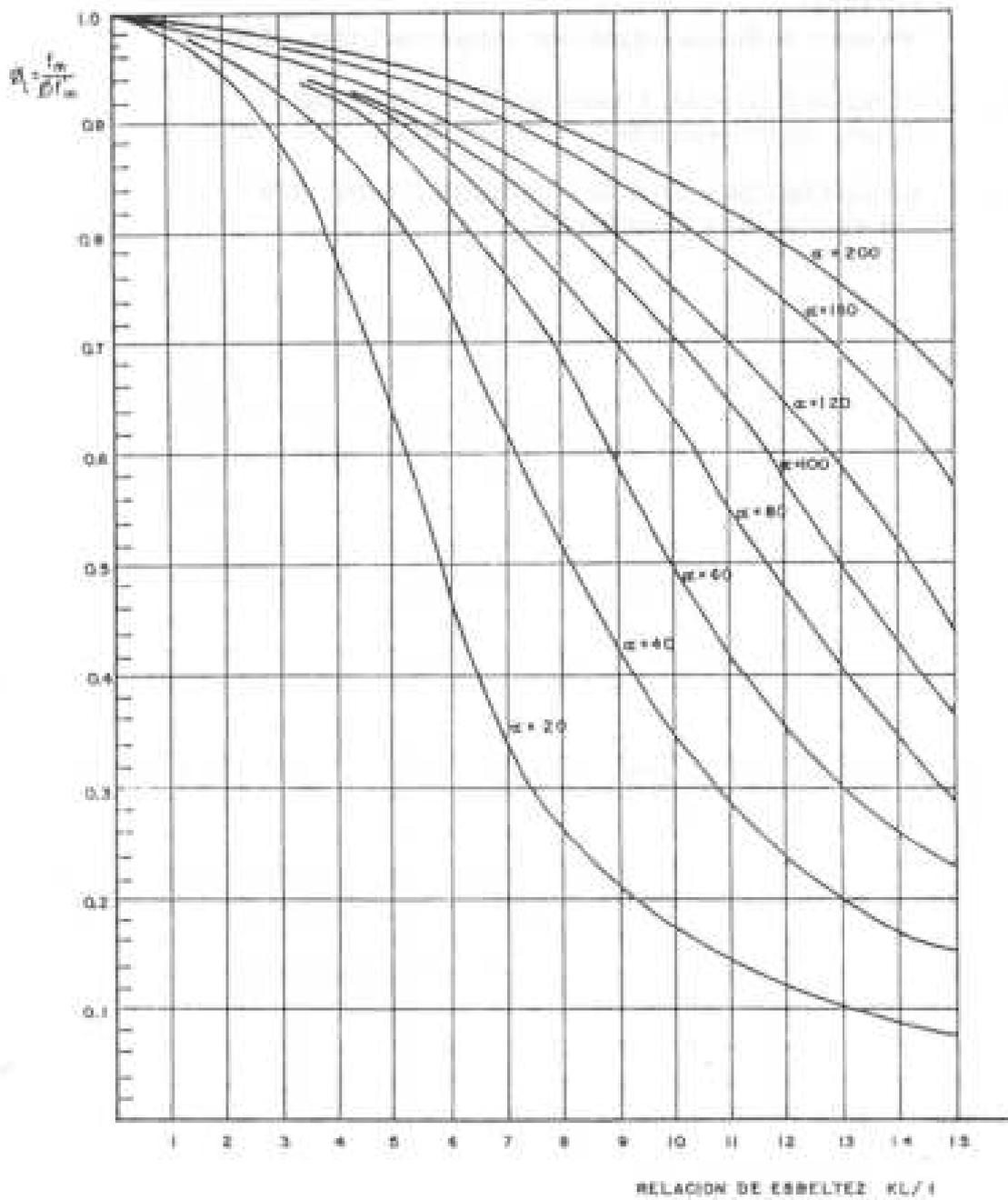
Zona sísmica Tipo de Suelo	1	2	3
Tipo 1	SI	SI	SI
Tipo 2	NO	SI	SI
Tipo 3	NO	NO	SI

**TABLA N° 5**  
**BLOQUE ESTABILIZADO CON MORTERO DE CEMENTO ARENA (1:8)**

Zona sísmica Tipo de Suelo	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
Tipo 1	SI	SI	SI
Tipo 2	NO	SI	SI
Tipo 3	NO	SI	SI

**TABLA N° 6**  
**BLOQUE ESTABILIZADO CON MORTERO  
SUELO - ASFALTO**

Zona sísmica Tipo de suelo	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
Tipo 1	SI	SI	SI
Tipo 2	NO	SI	SI
Tipo 3	NO	NO	SI



**CURVAS PARA LA DETERMINACION DE ESFUERZOS ADMISIBLES EN MUROS PORTANTES**

**Fig. N° 1**

## REFERENCIAS

- 1.- MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION, 1977  
"Normas Peruanas de Diseño Sismo-Resistente"
- 2.- MORALES M., ROBERTO, SANCHEZ O., ALEJANDRO, Y YAMASHIRO K., RICARDO;  
"Proyecto de Bloque Estabilizado Estructuras". UNI - 1976.
- 3.- CONCHA B., OSCAR Y YAMASHIRO K., RICARDO.  
"Diseño Sismo-Resistente de Muros de Adobe". UNI - 1977.
- 4.- MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION, 1979  
"Adobe - Diseño y Construcción".

ESTUDIO DE EXCENTRICIDADES REALES EN VIVIENDAS DE ADOBE DE DOS PISOS

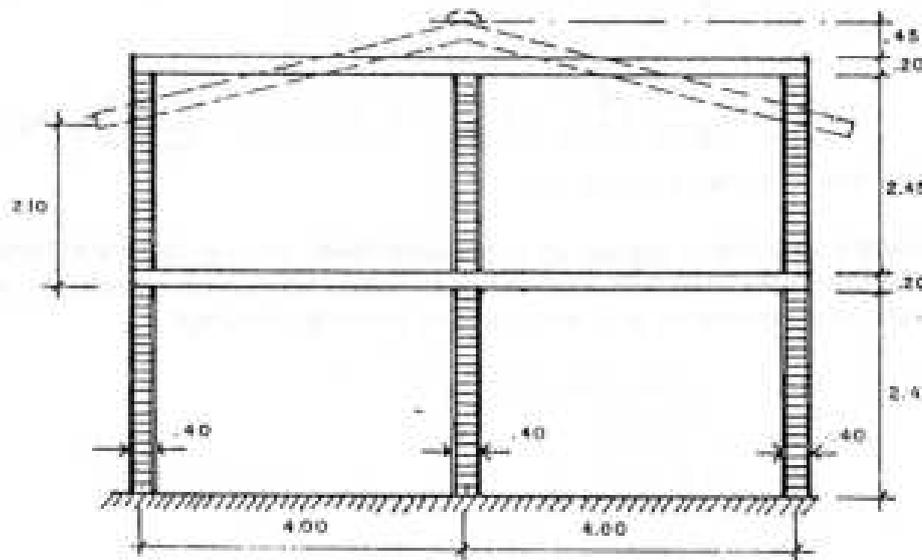


FIG. 1 Elevación típica de vivienda económica

Se considera viguetas de madera de 2" x 8" espaciadas a 50 cm.

**CARACTERISTICAS MECANICAS (POR METRO DE CONSTRUCCION)**

MUROS:  $F_m = 15 \text{ kg/cm}^2$ ;  $E_m = 2000 \text{ kg/cm}^2$ ;  
 $I_m = 533,300 \text{ cm}^4$ ;  $E_m I_m/h_m = 4.03 \times 10^6 \text{ kg x cm}$ .

TECHO:  $E_1 = 150,000 \text{ kg/cm}^2$  (MADERA)  
 $I = 6030 \text{ cm}^4$ ;  $EV_1 = 2.3 \times 10^6 \text{ kg x cm}$ .

**CARGAS**

	TECHO 1a. PLANTA	TECHO 2a. PLANTA
Peso propio :	30	30
Acabados :	70	120 (Teja)
Sobrecargas :	200	100
	---	---
	300 kg/m <sup>2</sup>	250 kg/m <sup>2</sup>

**MUROS**

2° piso  $P = 250 \times 2.20 = 550 \text{ kg}$  (Extremo superior)  
 1° piso  $P = 300 \times 2.20 + 2.65 \times 0.4 \times 1600 + 550$   
 $= 2906 \text{ kg}$  (Extremo superior)

## VERIFICACION DE ESFUERZOS EN MUROS

Para el primer nivel se ha estimado un momento en los muros de 170 kg-m.

$$P = 2906 \text{ kg.}$$

$$e = \frac{M}{P} = 0.06 \text{ m.}$$

$$e/t = 0.146 < \frac{1}{6} \quad \text{: Conforme}$$

$$\sigma = \frac{2906}{100 \times 40} (1 \pm 6 \times 0.146) = \left\{ \begin{array}{l} 1.36 \\ 0.09 \end{array} \right\} \text{ kg/cm}^2$$

Es probable que el muro no se agriete

Si se considera conexiones rígidas en el segundo nivel, entre el muro y el techo, el momento en el muro sería de 235 kg-m; pero como en la práctica las conexiones de apoyo no son rígidas, asumiremos un momento en el muro igual a la mitad del obtenido.

$$M = 235 \times 0.5 = 117 \text{ kg-m.}$$

$$P = 550 \text{ kg.}$$

$$e = 0.21 \text{ m.}$$

$$e/t = 0.53 > \frac{1}{6}$$

$$\sigma = \frac{550}{100 \times 40} (1 \pm 6 \times 0.53) = \left\{ \begin{array}{l} 0.57 \\ -0.30 \end{array} \right\} \text{ kg/cm}^2$$

Es probable que el muro se agriete

Es necesario que el muro tenga en su cara externa un elemento que pueda absorber las tracciones (refuerzo de caña, adobe con paja, refuerzo metálico u otros).

## CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO PARA EL ESPESOR DEL MURO

Generalizando para un muro de espesor,  $t$ , y luz de techo,  $l$ , se tiene:

$$P = 2.50 \left( \frac{1}{2} \times 1.1 \right) + 300 \left( \frac{1}{2} \times 1.1 \right) + 2.65 t \times 1600$$

$$P = 302.5 t + 4240 t$$

$$M = 0.43 \frac{w l^2}{12} = 0.43 \times 300 \frac{l^2}{12}$$

$$M = 10.73 l^2$$

Para:

$$\frac{e}{t} = \frac{1}{6} \quad ; \quad \frac{10.73 l^2}{(302.5 t + 42.40 t) t} = \frac{1}{6}$$

$$t^2 + 0.0713 lt - 0.0152 l^2 = 0$$

$$t = 0.092 l$$

Para fines prácticos se asumirá,  $t = 0.1 (l)$

Además, es recomendable tomar para el espesor del muro  $t > \frac{1}{6} h$ , donde  $h$  es la altura de piso.

## ANEXO 2

### ESTUDIO DE PERIODOS DE VIBRACION DE VIVIENDAS ECONOMICAS DE ADOBE DE DOS PISOS. DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS

En este estudio se ha considerado un modelo constituido por un ambiente de planta cuadrada de 4 m. x 4 m.; dos pisos de 2.65 m. de altura; muros de 0.45 de espesor, y techos de madera.

Se ha tomado dos modelos dinámicos extremos, el primero con masas concentradas en los niveles de techo, y el segundo con masas uniformemente distribuida a lo alto de la edificación:

#### MODELO DE MASAS CONCENTRADAS

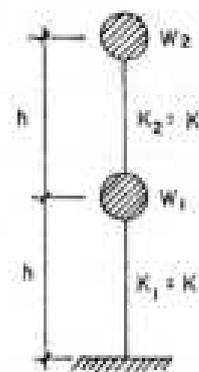
$$k_s = \left( \frac{1}{3} \frac{E t l}{h} \right)^2 = \frac{(2 \text{ Ton/cm}^2) (45 \text{ cm.}) (400 \text{ cm.})^2}{265 \text{ cm.}}$$

$$K_s = 90.6 \text{ Ton/cm}$$

$$k = \frac{K_s}{4/3 (h/l)^2 + 1} = 57.2 \text{ Ton/cm}$$

$$W_1 = 35.3 \text{ Ton}$$

$$W_2 = 17.7 \text{ Ton}$$



**Modelo de Masas Concentradas**  
Fig. N° 1

Resolviendo la ecuación de frecuencia:

$$\left| \begin{array}{c} K - w^2 m \end{array} \right| = 0, \text{ se tiene:}$$

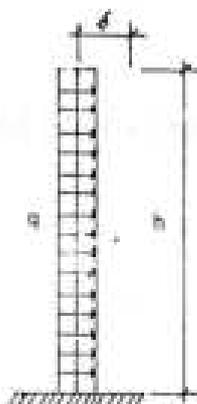
$$W_1 = 24.55 \text{ rad/seg.}$$

$$T_1 = 0.26 \text{ seg.} < 0.30 \text{ seg.}$$

$$W_e = 64.35 \text{ rad/seg.}$$

$$T_2 = 0.10 \text{ seg.}$$

#### MODELO DE MASAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA



**Modelo de Masa Uniforme**  
Fig. N° 2

$$m = \frac{q h}{g} = \text{Masa total}$$

$q$  = Peso por unidad de altura

$\alpha$  = Factor de forma = 1.2

$G = 0.4E$

Considerando deformación por corte y flexión, se tiene:

$$\delta_T = \delta_s + \delta_b = \frac{\alpha qh^2}{2AG} + \frac{1}{8} \frac{qh^4}{EI}$$

Asumiendo la primera forma de modo correspondiente a la deformación estática, se tiene:

$$k_s = \frac{qh}{\delta_s} = \frac{2AG}{\alpha h} = \frac{E t I}{1.5h}$$

$$k_b = \frac{qh}{\delta_b} = \frac{8EI}{h^3}$$

Reemplazando valores, se obtiene:

$$K_s = 90.6 \text{ Ton/cm} ; K_b = 51.6 \text{ Ton/cm},$$

de estos valores, resulta  $k = 32.9 \text{ Ton/cm}$ .

La frecuencia circular  $w_1$ , será:

$$w_1 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{32.9 \times 980}{35.4} = 30.2 \text{ rad./seg.}$$

y el período fundamental será de  $T_1 = 0.21 \text{ seg.} < 0.3 \text{ seg.}$

Puede observarse que para viviendas típicas de dos pisos, en ambos modelos el período fundamental es del mismo orden de magnitud y menor de 0.3 seg.

En consecuencia para viviendas típicas de adobe de dos pisos, se justifica usar un coeficiente sísmico elástico,  $C$ , de 0.4 que corresponde a estructuras cuyos períodos de vibración son menores o iguales a 0.3 segundos.

## DETERMINACION DE LAS FUERZAS SISMICAS

Considerando para el modelo presentado:

$Z = 1.0$ ;  $U = 1.0$ ;  $S = 1.0$ ;  $C = 0.4$ ;  $R_D = 1.5$ , y aplicando el Reglamento Peruano de Diseño Sismo-Resistente:

$$F_2 \rightarrow \begin{matrix} W_2 = 17.7 \text{ Tn.} \\ V_2 = 7.07 \text{ Tn.} \end{matrix}$$

$$H = 0.267 P = 0.267 (52.99) = 14.15 \text{ Ton.}$$

$$F_2 = 7.07 \text{ Ton.}$$

$$F_1 \rightarrow \begin{matrix} W_1 = 35.3 \text{ Tn.} \\ V_1 = 14.15 \text{ Tn.} \end{matrix}$$

$$F_1 = 7.08 \text{ Ton.}$$

Fuerzas Sísmicas  
Fig. N° 3

## RECOMENDACIONES

- 1 Realizar investigaciones en muros a escala natural para determinar en forma más precisa los esfuerzos admisibles de compresión promedio y sus desviaciones.

Estas investigaciones tendrán además, por finalidad encontrar:

- El factor  $\phi_r$  de variabilidad de resistencia del prototipo al modelo (especimen). Estas experiencias se realizan en muros a escala natural, tratando de simular las condiciones reales de apoyo, confinamiento, cargas, etc.
- El factor  $\phi_e$  de variabilidad por excentricidad del prototipo al modelo. Estas experiencias tendrán por finalidad encontrar este factor representativo del grado de restricción de los techos en sus bordes y la influencia de la excentricidad de las cargas en el agrietamiento.
- El factor  $\phi_l$  de variabilidad por esbeltez. Se deberán programar una serie de experiencias con la finalidad de determinar este factor.

- 2 Efectuar experiencias con la finalidad de determinar en forma más precisa los esfuerzos cortantes admisibles promedio y sus desviaciones en los muros de viviendas de adobe de dos pisos.

- 3 Realizar construcciones típicas de adobe de dos pisos, en diferentes regiones sísmicas del país y ubicadas sobre diferentes tipos de suelo. Estas experiencias tendrán, por finalidad fundamental conocer más la influencia de estos factores en la respuesta sísmica de estas construcciones.

# **MANUAL PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS DE ADOBE**

**Ing. Roberto Morales Morales  
Dr. Rafael Torres Cabrejos  
Ing. Luis A. Rengifo  
Ing. Carlos Irala Candiotti**

# INDICE

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES
2. PRINCIPALES CAUSAS DE LAS FALLAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE
3. SELECCION DE LA TIERRA
  - 3.1 Suelos apropiados
  - 3.2 Pruebas de selección
  - 3.3 Estabilización de suelos
4. FABRICACION DEL ADOBE
  - 4.1 Dimensionamiento del adobe
  - 4.2 Preparación del barro
  - 4.3 Mezclado
  - 4.4 Moldeo
  - 4.5 Secado y almacenamiento
  - 4.6 Control de calidad
5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS
  - 5.1 Ubicación y preparación del terreno
  - 5.2 Cimentación
  - 5.3 Muros
    - 5.3.1 Normas Básicas
      - A) Criterios para el dimensionamiento de muros
      - B) Refuerzos
    - 5.3.2 Tipos de amarre
    - 5.3.3 Albañilería
  - 5.4 Techos
  - 5.5 Revestimientos
6. RECOMENDACIONES BASICAS
7. BIBLIOGRAFIA

## 1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

La tradición de construcciones con tierra esta profundamente arraigada en nuestro país desde la época pre-hispánica y en la actualidad lo podemos constatar observando nuestro valioso patrimonio cultural, constituido por testimonio de construcciones como las ruinas de Chan-Chan, Paramonga, Pachacámac, etc.

Durante la colonia y comienzos de nuestra vida republicana, la construcción con adobe constituyó el principal sistema constructivo de palacios, solares y viviendas populares; que todavía funcionan como tales, desafiando a los rigores del tiempo y movimientos sísmicos sin sufrir daños significativos.

Sin embargo, construcciones más recientes de adobe han sido la causa de numerosas pérdidas de vidas, porque ofrecen una seguridad permanente ante los movimientos sísmicos. Esto se debe a que la técnica tradicional de construcción con adobe, se ha perdido y se la utiliza en forma empírica y sin asistencia técnica.

Por dichos motivos, es necesaria la divulgación de los avances que se han alcanzado en el mejoramiento de la técnica tradicional durante los últimos quince años, gracias a los esfuerzos de investigación experimental realizados en la Universidad Nacional de Ingeniería con el apoyo del Ministerio de Vivienda a través del Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI) y de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID), y en los últimos años con el apoyo del Gobierno de Japón a través del Instituto de Investigación de Edificaciones (BRI).

Actualmente en la UNI, se dispone de procedimientos de análisis y diseño sismo-resistente para edificaciones de adobe de una y dos plantas. Durante los años 1970 a 1978 se realizaron ensayos experimentales correspondientes a edificaciones de un piso que son congruentes con los resultados de los métodos analíticos. Estas investigaciones han sido la base para la elaboración de las normas vigentes de construcciones de adobe.

Debido a la aguda crisis económica por la que atravieza nuestro país y a la gran demanda de viviendas, estamos seguros que la construcción con adobe constituye una de las alternativas viables de solución.

Esta publicación del Manual para la Construcción de VIVIENDAS DE ADOBE es la segunda edición del trabajo publicado en 1985.

La UNI a través del CISMID de la Facultad de Ingeniería Civil dentro de su programa de Proyección Social, presenta este Manual con el objeto de divulgar las recomendaciones técnicas mínimas que se deben considerar en la construcción de viviendas económicas y sismo-resistentes de adobe.

LOS AUTORES

Lima, Marzo de 1993.

## 2. PRINCIPALES CAUSAS DE LAS FALLAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE

Las causas principales por las cuales se producen las fallas en las edificaciones de adobe son las siguientes. (ver Fig. 5).

- Construcción de edificaciones de adobe en terrenos blandos.
- Construcciones de más de un piso que no son aptas para soportar sismos.
- Mala calidad del adobe en lo que se refiere a la materia prima utilizada y a la técnica de producción.
- Dimensionamiento inadecuado de los adobes, especialmente en su altura, que en la mayoría de los casos es demasiado grande.
- Traba horizontal insuficiente entre los adobes, principalmente cuando estos son colocados de cabeza, motivado casi siempre por el mal dimensionamiento de los adobes.
- Trabas inadecuadas y deficientes en los encuentros de muros, que producen juntas verticales continuas de tres y más hiladas.
- Deficiente mano de obra en la colocación de adobes.
- Dimensionamiento incorrecto de los muros: poco espesor y excesivo largo y alto (Figs. 1 y 4).
- Deficiente confinamiento y/o arriostre de los muros.
- Vanos de puertas y ventanas muy anchos y deficiente empotramiento de los dinteles.
- Muchos vanos y pocos llenos en la distribución de un paño de un muro.
- Poca o ninguna protección de los muros contra su debilitamiento por el fenómeno de la erosión.
- Uso exagerado de muros de soga.
- Falta de rigidez horizontal de los techos.
- Inadecuada longitud de aleros de los techos para proteger los muros de las lluvias.
- Techos muy pesados y soluciones constructivas deficientes en su empalme con los muros de adobe.

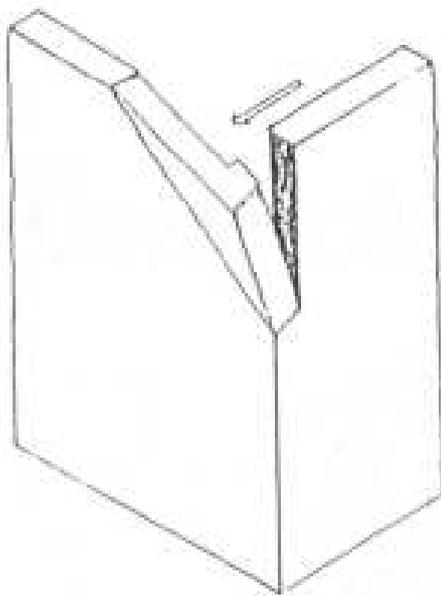


FIG. 1  
FALLA POR  
TRACCION-

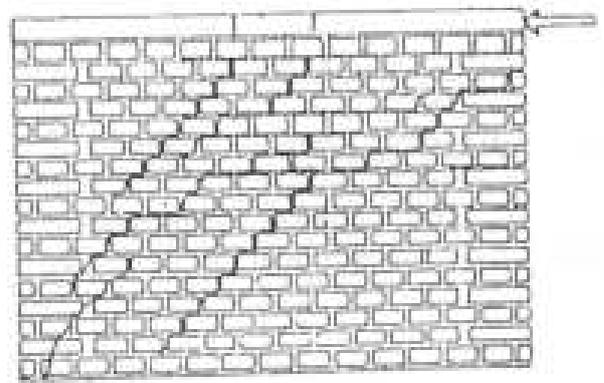


FIG. 2 FALLA POR CORTE -

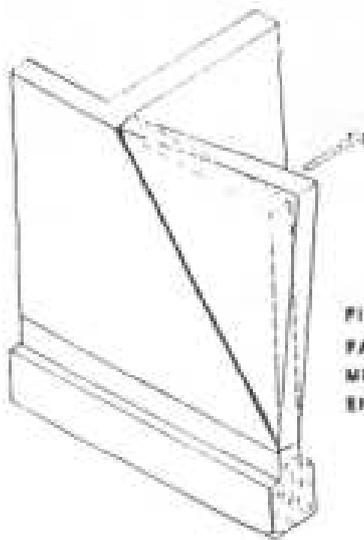


FIG. 3  
FALLA POR FLEXION:  
MURO ARRIOSTRADO  
EN DOS BORDES

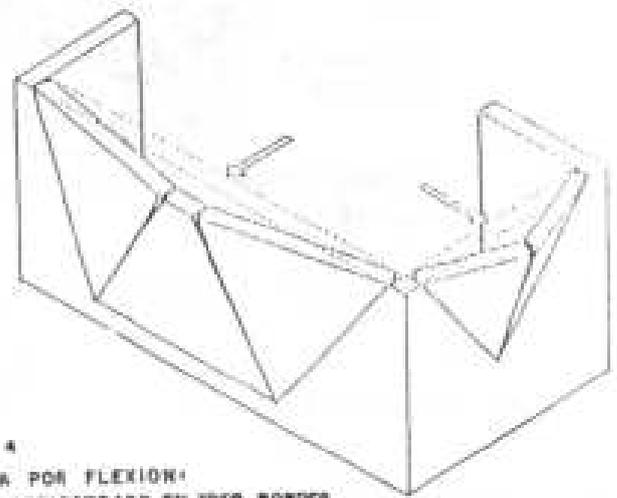


FIG. 4  
FALLA POR FLEXION:  
MURO ARRIOSTRADO EN TRES BORDES.

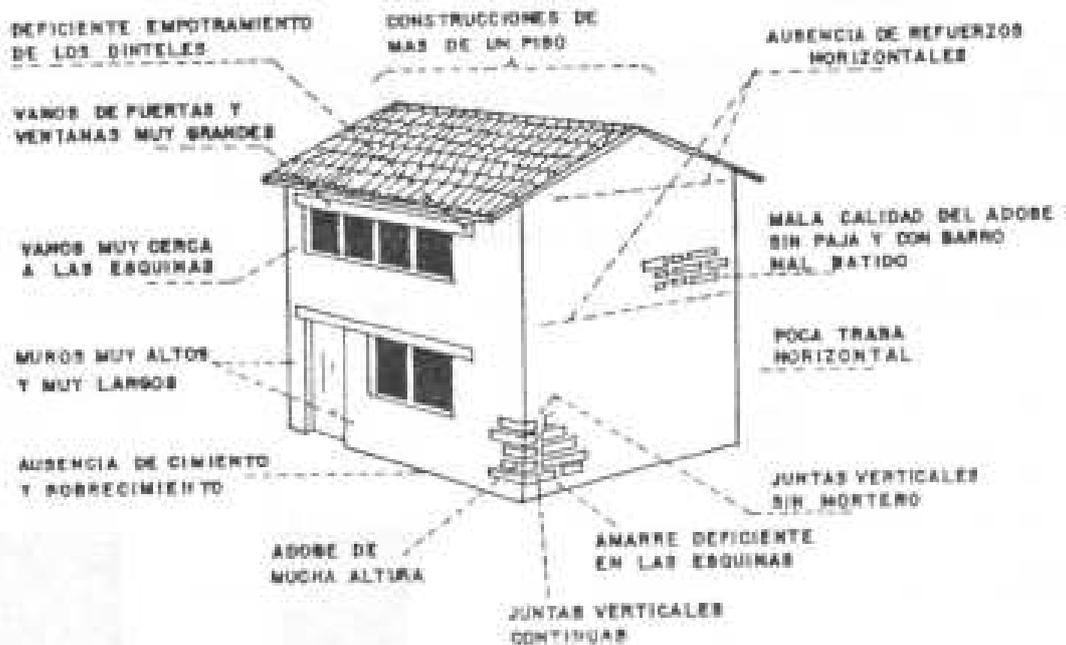
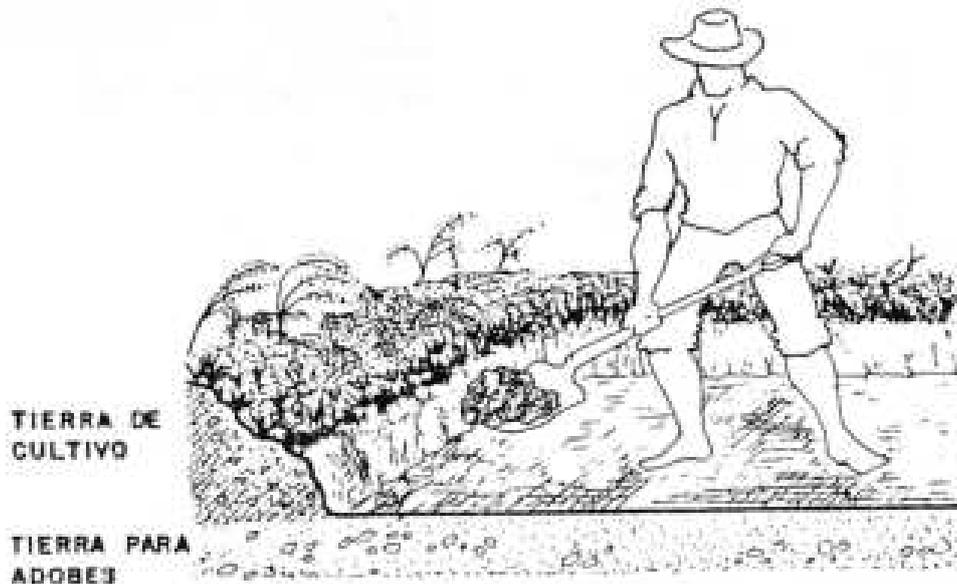


FIG. 5 PRINCIPALES CAUSAS DE LAS FALLAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE.

### 3. SELECCION DE TIERRAS

#### 3.1 SUELOS APROPIADOS

La tierra para fabricar adobes debe estar formada por 25 a 45% de limos y arcilla y el resto de arena. La proporción máxima de arcilla será del 15 al 17%. La tierra no debe ser de cultivo y debe



Se pueden identificar fácilmente las tierras inadecuadas por su color o sabor:

Tierra con materia orgánica: color negruzco.

Tierra salitrosa: color blanquecino y sabor salado

#### 3.2 PRUEBAS DE SELECCION

Son pruebas cuyo resultado nos dará a conocer la calidad de la tierra analizada y si es apropiada para fabricar adobes.

Una vez seleccionada la cantera mediante las pruebas que a continuación se indican; es recomendable, antes de proceder a la producción masiva de adobes, fabricar adobes de prueba y efectuar el control de calidad correspondiente (según 4.6).

##### PRUEBA GRANULOMETRICA (Prueba de la botella)

Sirve para determinar la proporción de los componentes principales (arena, limos y arcilla) de la tierra.

Llenar con tierra tamizada (utilizar tamiz No. 4) una botella de boca ancha de un litro de capacidad hasta la mitad de su altura.

Llenar la parte restante con agua limpia.



Agitar vigorosamente la botella hasta que todas las partículas de la tierra estén en suspensión.



Poner la botella sobre una mesa y esperar que todas las partículas de arena reposen al fondo. Las partículas de arena reposarán inmediatamente. Las partículas de limos y arcilla durante algunas horas.

Finalmente medir las capas para determinar la proporción de arena y limos con arcilla. Se recomienda que la cantidad de arena fluctue entre 1.5 a 3 veces la cantidad de limos y arcilla. Por ejemplo, si tenemos una altura de 3 cm con limos y arcilla, la altura de arena deberá estar comprendida entre 4.5 a 9 cm



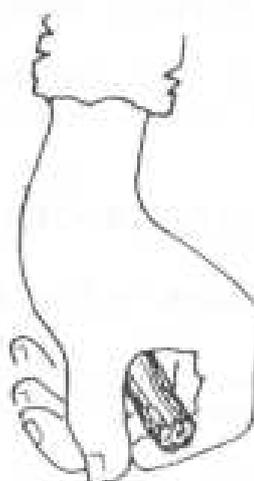
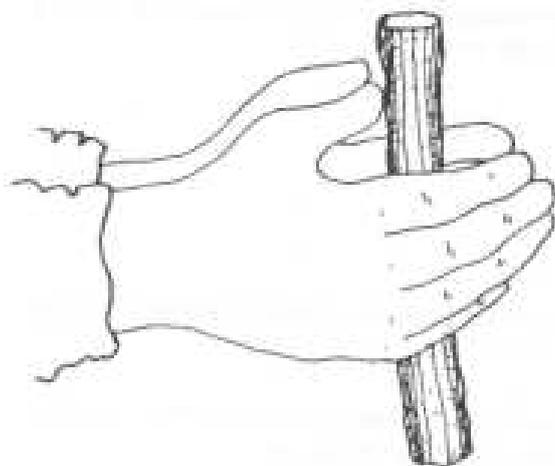
AGUA  
LIMO Y  
ARCILLA  
ARENA

### PRUEBA DE PLASTICIDAD (Prueba del rollo)

Sirve para determinar la calidad de la tierra y nos permite saber si ésta es arcillosa, arenosa o arcillo-arenosa.

Consiste en formar con tierra humedecida un rollo de 1.5 cm de diámetro, suspenderlo en el aire y medir la longitud del extremo que se rompe.

Se presentan 3 casos:



TIERRA ARENOSA (INADECUADA)

Cuando el rollo se rompe antes de alcanzar los 5 cm

- TIERRA ARCILLO-ARENOSA (ADECUADA)

Cuando el rollo se rompe al alcanzar una longitud entre 5 y 15 cm

- TIERRA ARCILLOSA (INADECUADA)

Cuando el rollo alcanza una longitud mayor de 15 cm

### PRUEBA DE RESISTENCIA (Prueba del disco)

Consiste en amazar tierra húmeda y elaborar 5 discos de 3 cm de diámetro por 1.5 cm de espesor. Dejarlos secar 48 horas y luego tratar de romperlos.

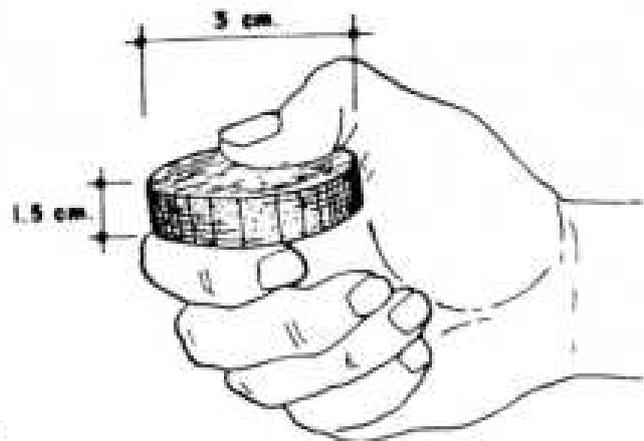
Se presentan dos casos:

- BAJA RESISTENCIA (INADECUADA)

Cuando el disco se aplasta fácilmente

- MEDIA O ALTA RESISTENCIA (ADECUADA)

Cuando el disco se aplasta con dificultad o se rompe con un sonido seco



## 3.3 ESTABILIZACION DE SUELOS

La arcilla en presencia de la humedad experimenta cambios de volumen que son necesarios controlar: aumenta cuando tiene agua y disminuye cuando se seca. Este fenómeno origina la erosión de los adobes y por lo tanto, la pérdida de estabilidad y resistencia de los muros.

En nuestro medio, se utilizan como estabilizadores para impermeabilizar el adobe: los siguientes productos industriales: asfalto (en una proporción de 1 a 3%), cemento (10 a 12%) o cal (15 a 20%). Estos productos mejoran la calidad del adobe, pero elevan su costo de 3 a 5 veces más. Una alternativa es utilizar estabilizadores, únicamente en la tierra que será destinada al tarrajeo de muros.

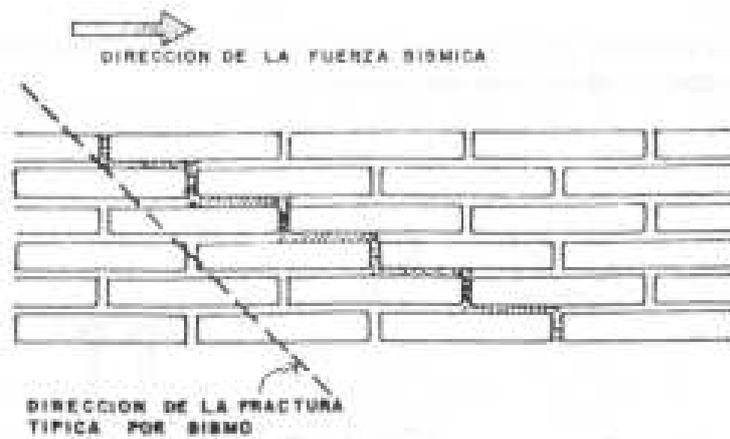
Otra alternativa de disminuir los costos, sería utilizar estabilizadores de procedencia vegetal, que constituyan recursos locales de las zonas en que se los apliquen.

## 4. FABRICACION DEL ADOBE

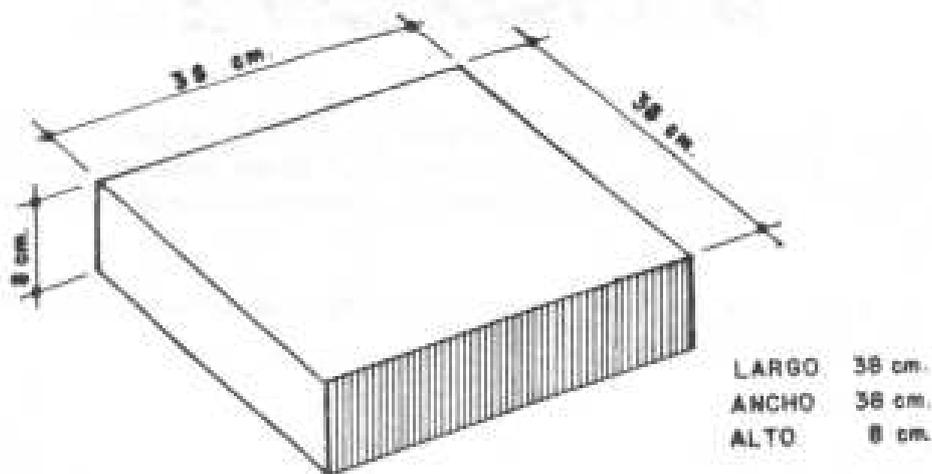
### 4.1 DIMENSIONAMIENTO DEL ADOBE

En vista de que las dimensiones de los adobes son variadas, sólo es conveniente dictar sobre este tema algunas recomendaciones de carácter general.

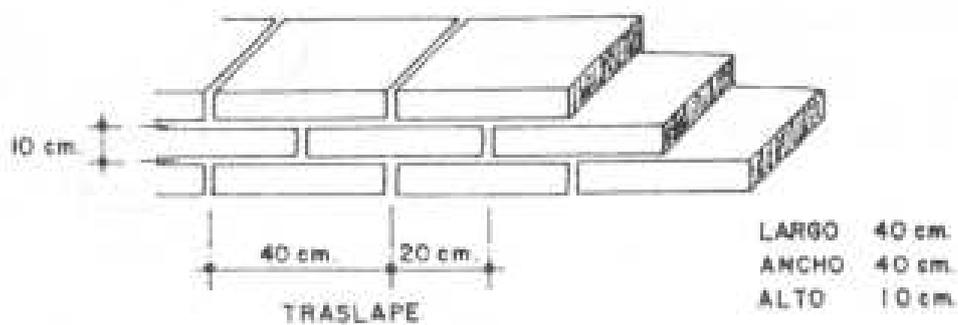
- La longitud no debe ser mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega. Tanto la longitud como el ancho tendrán una dimensión máxima de 40 cm.
- La altura no debe ser mayor de 10 cm en lo posible.
- La relación entre la longitud y la altura debe ser aproximadamente de 4 a 1 para permitir un traslape horizontal en proporción 2 a 1, lo cual brinda seguridad ante el efecto de corte producido por los sismos.



Por facilidades constructivas y de comportamiento mecánico se recomienda la forma cuadrada del adobe y las dimensiones más adecuadas para su fabricación son:



pues al añadir el mortero de pega con espesor promedio de 2 cm, sus dimensiones finales de trabajo serían:



## 4.2 PREPARACION DEL BARRO

- Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm u otros elementos extraños.
- Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas, lo cual facilitará el mezclado

### 4.3 MEZCLADO

Agregar al barro la cantidad de agua necesaria y realizar el mezclado con lompas y rastrillos o con los pies, pisando y caminando enérgicamente.

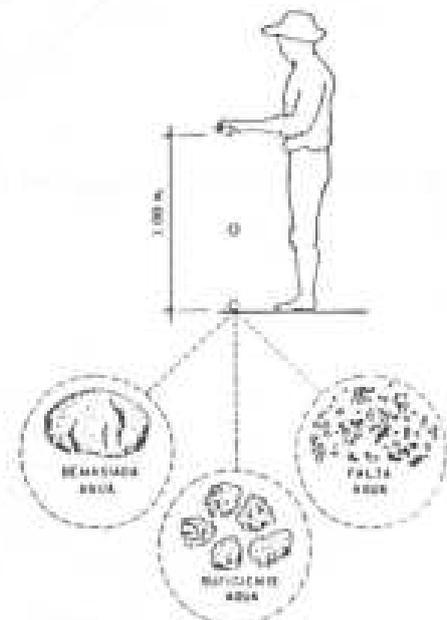


- Agregar a la mezcla materias inertes compuestas de fibras de paja o pasto seco con una proporción del 20% en volumen. En caso, de utilizar asfalto como estabilizador, incorporarlo a la mezcla antes de la paja y mezclarlo adecuadamente hasta que desaparezcan las manchas de asfalto.
- Antes de realizar el moldeo, se recomienda verificar la humedad correcta de la mezcla mediante la siguiente prueba:

Tomar un puñado de la mezcla y formar una bola

Dejarla caer al suelo desde una altura de un metro.

Si se rompe en pocos pedazos grandes, hay suficiente agua; si se aplasta sin romperse, hay demasiada agua; y si se pulveriza en muchos pedazos pequeños, falta agua.



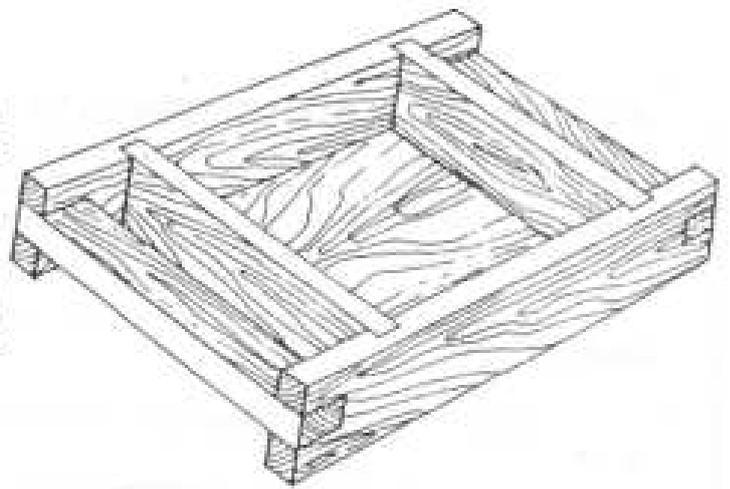
### 4.4 MOLDEO

El moldeo puede ser el tradicional, utilizando moldes sin fondo y vaciando la mezcla en el molde directamente sobre el tendal, o también utilizando moldes con fondo, que permite producir adobes mas uniformes, mas resistentes y de mejor presentación.

El fondo del molde debe hacerse con un acabado rugoso y con ranuras de aproximadamente 2 mm en los extremos.

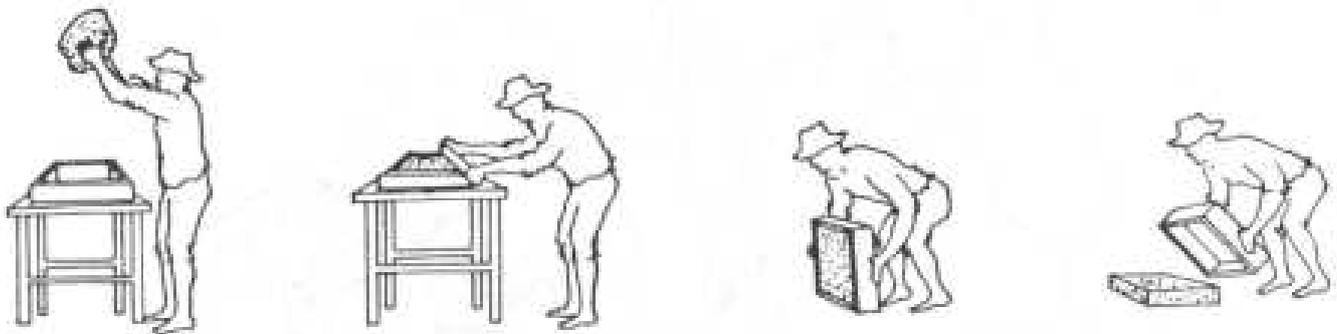
Los moldes serán de madera cepillada de buena calidad; puede prolongarse su vida útil protegiendo los bordes con zuncho metálico.

Para la fabricación de los moldes debe considerarse el encogimiento del adobe durante el secado, el cual puede determinarse con adobes de prueba, de tal manera que el adobe seco corresponda a las dimensiones previstas en el diseño.

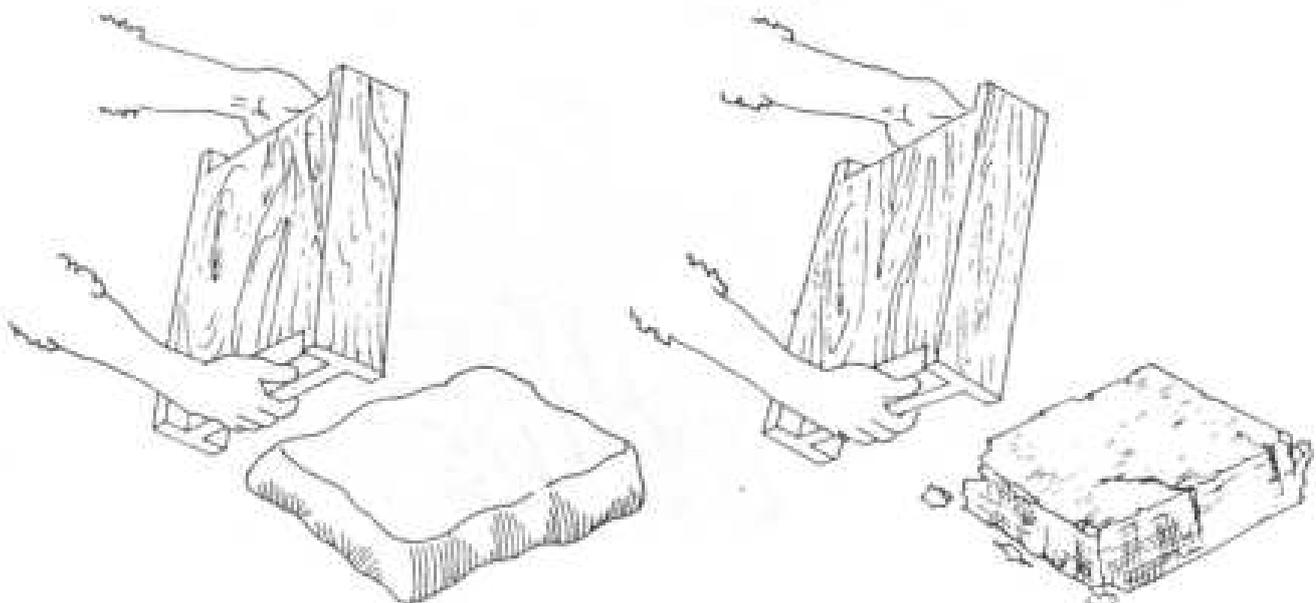


El moldeo se efectúa de la siguiente manera:

- Lavar el molde y esparcir arena fina en sus caras interiores antes de cada uso.
- Formar una bola con el barro y tirarla con fuerza al molde. Esta debe ser suficientemente grande para llenar toda la capacidad del molde, porque no deberán hacerse rellenos posteriores.



- Para cortar los excesos de mezcla y emparejar la superficie utilizar una regla de madera.
- Desmoldar con suaves sacudidas verticales.
- Si al retirar el molde el adobe se deforma o se comba es porque el barro tiene mucha agua. Si el adobe se raja o se quiebra es porque el barro está muy seco.

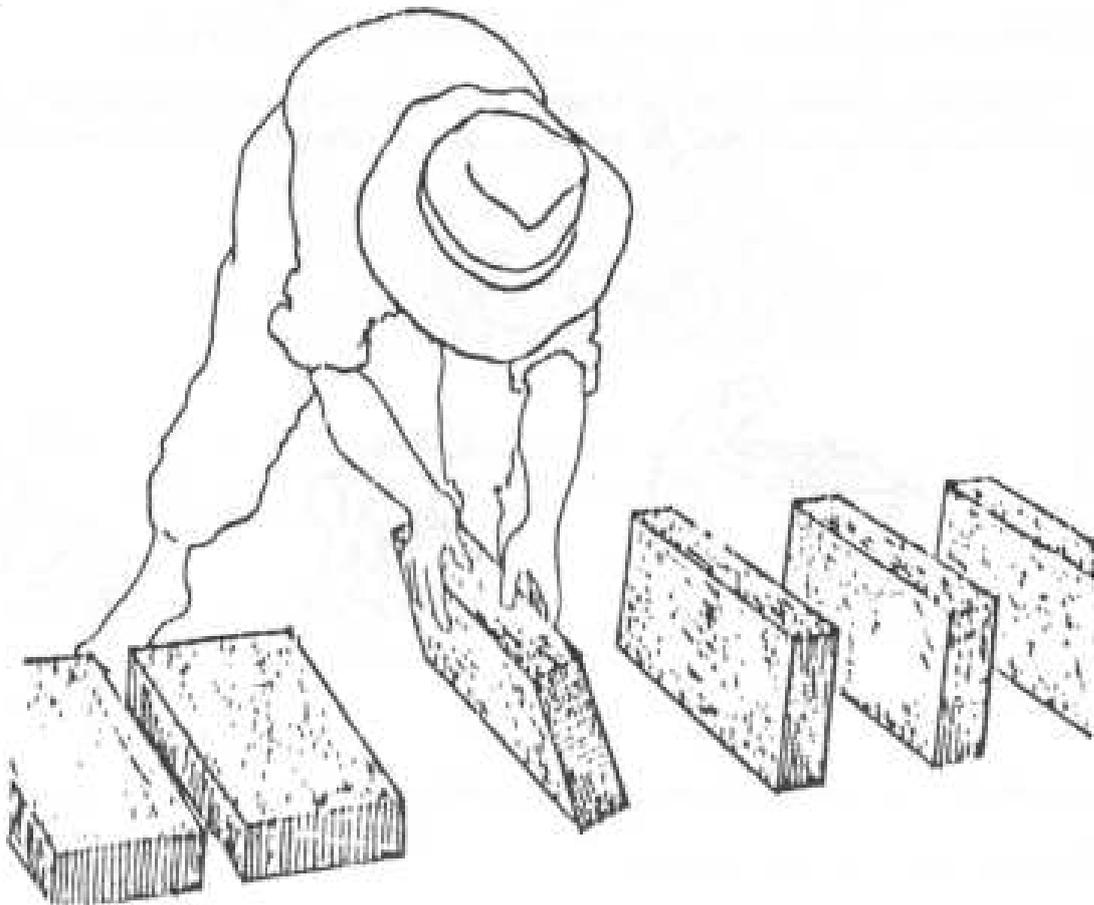


## 4.5 SECADO Y ALMACENAMIENTO

Para el secado de los adobes, utilizar una superficie horizontal, limpia y libre de impurezas orgánicas o sales. Este tendal deberá poder albergar la producción de una semana, tendrá que ser techado en épocas muy calurosas o lluviosas.

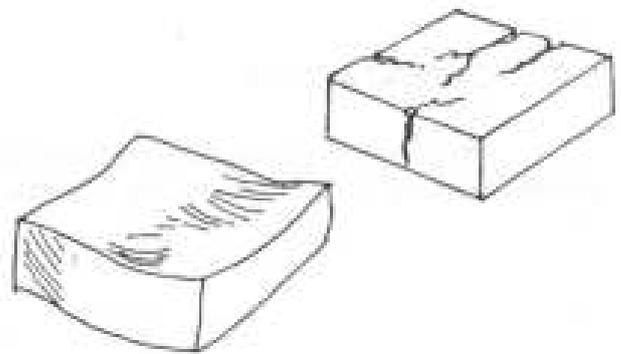
Espolvorear arena fina sobre toda la superficie del tendal para evitar que se peguen los adobes.

Luego de 3 días los adobes se podrán poner de canto y al cabo de una semana se deberán apilar.

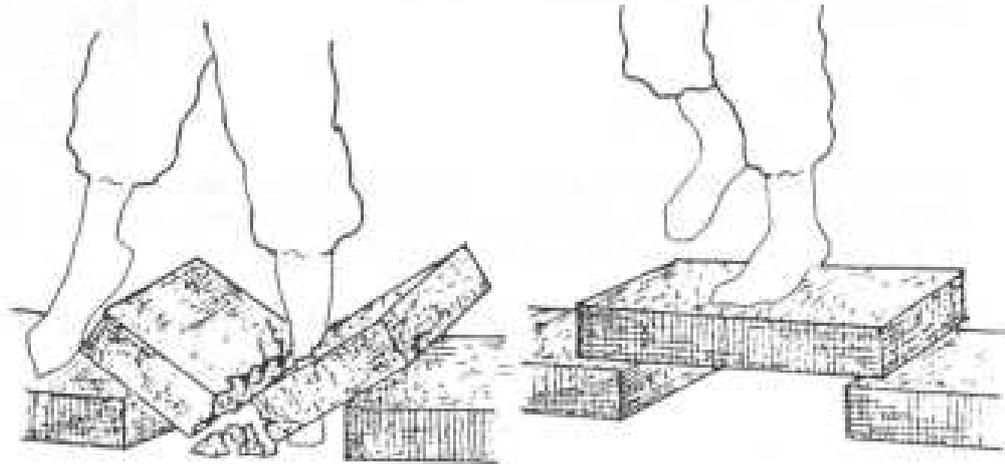


## 4.6 CONTROL DE CALIDAD

Si a las 4 semanas el adobe de prueba presenta grietas o deformaciones, se debe agregar paja al barro.



Si a las 4 semanas el adobe de prueba no resiste el peso de un hombre se debe agregar arcilla al barro.



## 5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

### 5.1 UBICACION Y PREPARACION DEL TERRENO

#### UBICACION DEL TERRENO

El terreno de cimentación debe corresponder en lo posible a suelo firme (suelo Tipo I de las Normas Básicas de Diseño Sismo-resistente), no se construirán en suelos blandos (suelo Tipo III) ni en terrenos cuya capacidad portante sea menor de  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ .

Debe evitarse construir en zonas próximas a los pantanos, ríos, mar, en zonas de relleno y zonas de contacto; tampoco se construirán en zonas bajas, ni en terrenos con mucha pendiente.



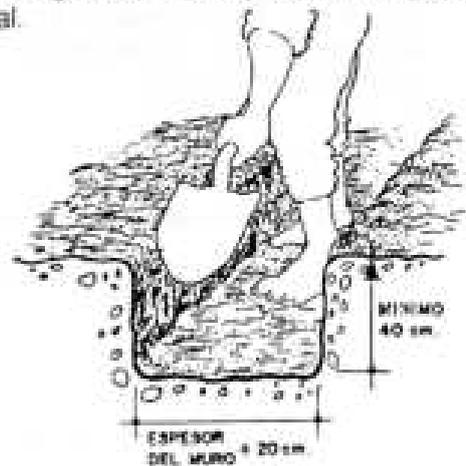
#### PREPARACION DEL TERRENO

Las actividades preliminares de una construcción con adobe son las comunes a toda obra: limpieza, nivelación y trazado.

## 5.2 CIMENTACION

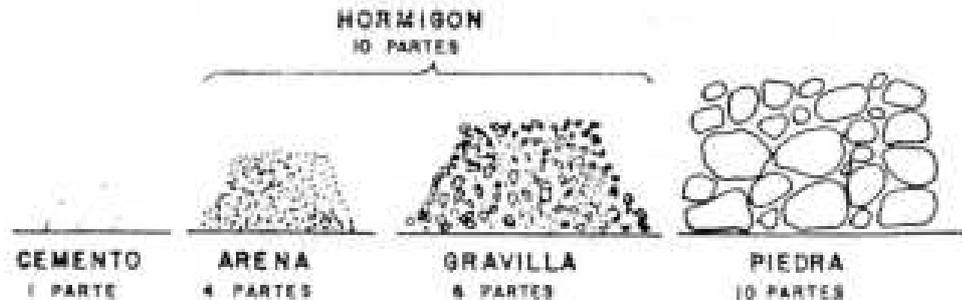
Los cimientos y sobrecimientos para los muros de adobe siguen el mismo proceso de ejecución constructiva que se realiza para una cimentación convencional.

- La zanja para el cimiento debe tener una profundidad mínima de 40 cm y ser por lo menos 20 cm mas ancha que el muro a construirse.

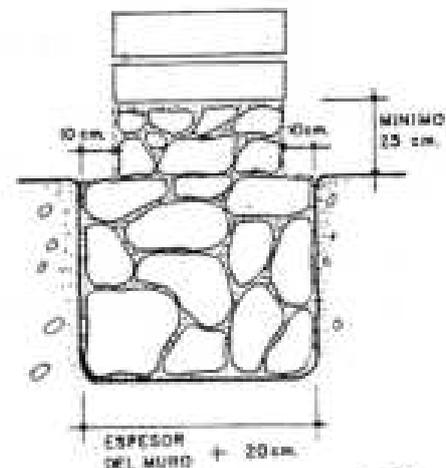


- Los cimientos se deben hacer de preferencia de concreto ciclópeo. Las proporciones en volumen de los materiales que se deben utilizar son: 1 de cemento por 10 de hormigón, es decir 1 bolsa de cemento por 5 carretillas de hormigón.

Se debe añadir la mayor cantidad posible de piedra grande, que normalmente constituye la tercera parte del volumen del cimiento.

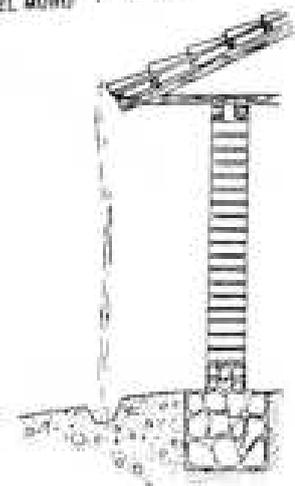


- El sobrecimiento será de concreto ciclópeo y tendrá una altura mínima de 25 cm. sobre el nivel del suelo para proteger las primeras hiladas de adobe de la erosión provocada por las lluvias. Las proporciones en volumen de los materiales que se deben utilizar son: 1 de cemento por 8 de hormigón, es decir 1 bolsa de cemento por 4 carretillas de hormigón.



- Para el refuerzo de los muros se pueden usar materiales locales (madera, caña u otros); estos deberán anclarse en la cimentación.

- En zonas lluviosas se recomienda la construcción de un pequeño canal de 15 cm. de profundidad por 20 cm. de ancho para desaguar el agua de lluvia que cae de los techos.



## 5.3 MUROS

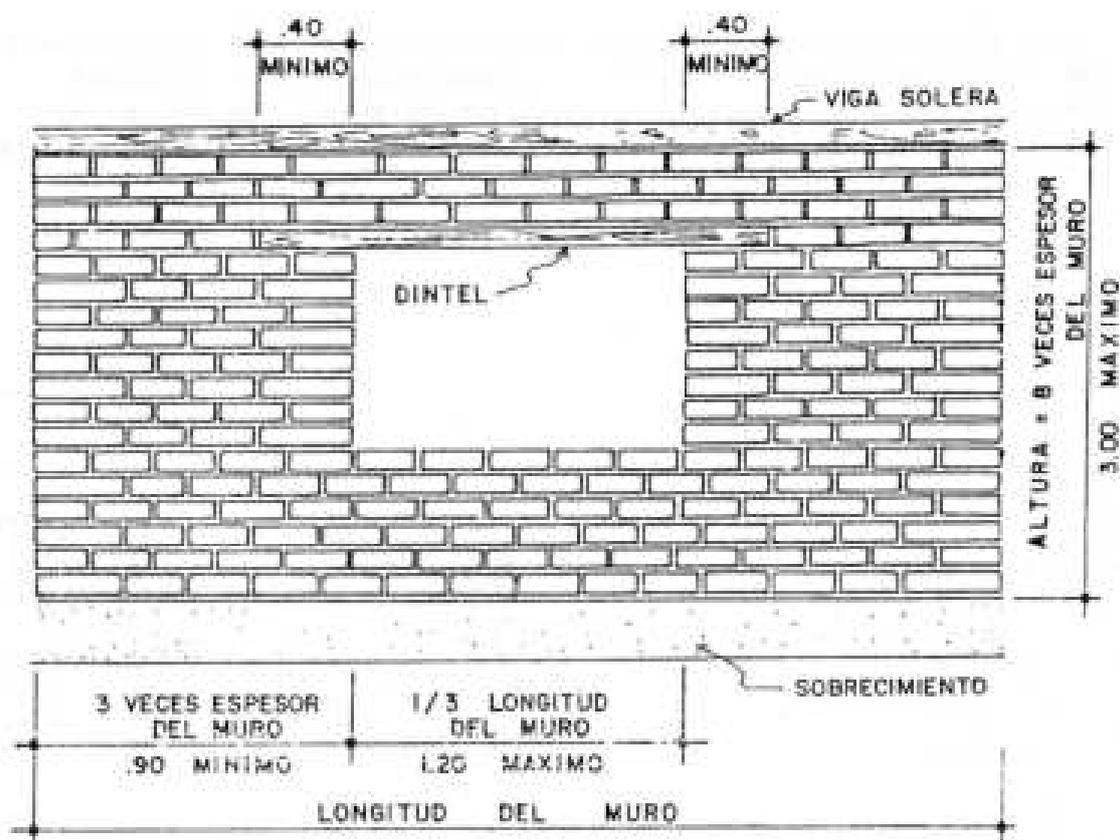
### 5.3.1 NORMAS BASICAS

#### A) CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE MUROS

- La longitud de un muro tomado entre dos contrafuertes o dos muros perpendiculares a él, no debe ser mayor que 10 veces su espesor.

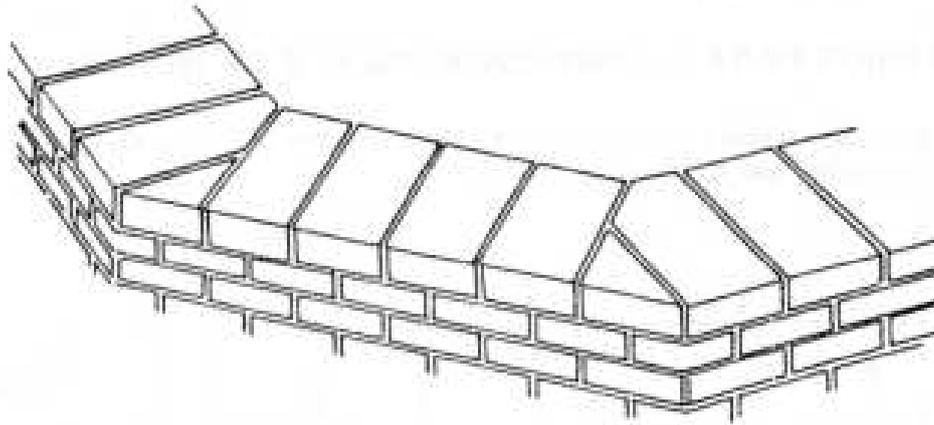


- La altura máxima de los muros no debe ser mayor que 8 veces su espesor.



- Todos los vanos deberán estar centrados. El ancho de un vano no debe ser mayor que 1.20 mts. La distancia entre una esquina y un vano no debe ser inferior a 3 veces el espesor del muro y como mínimo 0.90 m. La suma de los anchos de vanos en una pared, no debe ser mayor que la tercera parte de su longitud. El empotramiento de un dintel aislado no debe ser inferior a 40 cm.

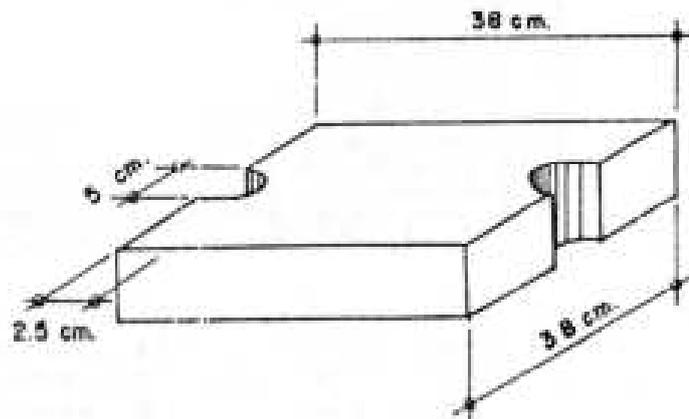
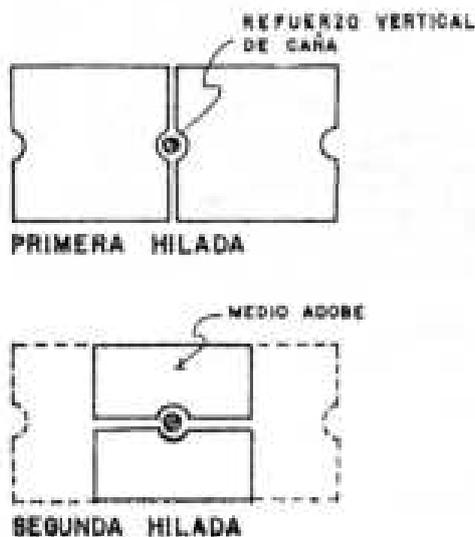
No es recomendable hacer esquinas en ochavo.



## B) REFUERZOS

Las construcciones de adobe serán reforzadas para resistir adecuadamente las solicitaciones sísmicas. El refuerzo en los muros será horizontal y/o vertical.

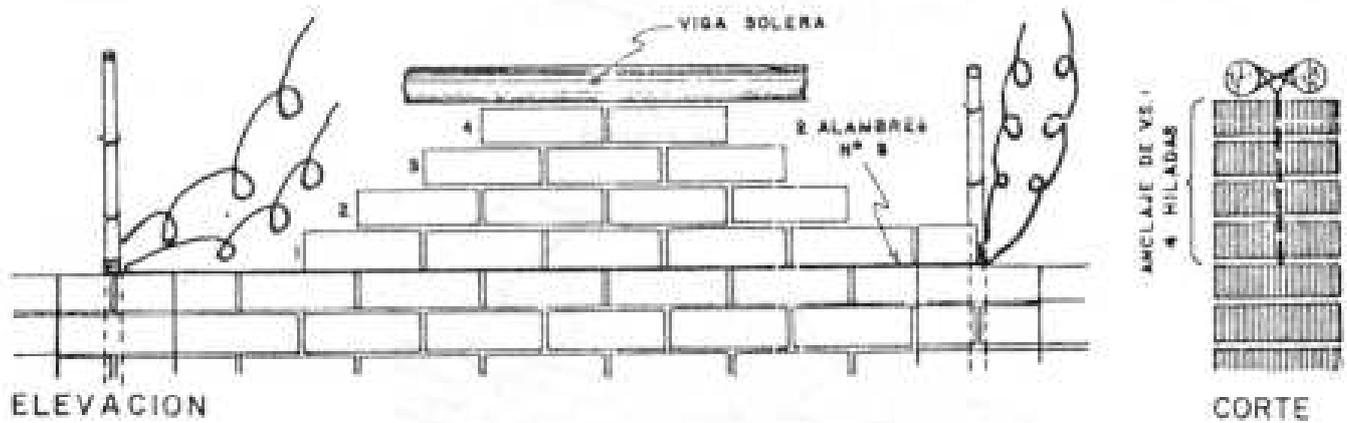
- Como refuerzo horizontal de muros se puede utilizar: caña o similares en tiras colocadas horizontalmente cada 4 hiladas como máximo, cocidas en los encuentros. Se reforzará la junta que coincide con el nivel superior e inferior de todos los vanos. Deberán coincidir los niveles superiores de los vanos (puertas y ventanas).
- Como refuerzo vertical, se deberán colocar cañas ya sea en un plano central entre unidades de adobe, o en alveolos de mínimo 5 cm. de diámetro dejados en los bloques. En ambos casos se asegurará la adherencia rellenando los vacíos con mortero. El refuerzo vertical de caña deberá estar anclado a la cimentación y fijado a la solera superior. Se usará caña madura y seca.



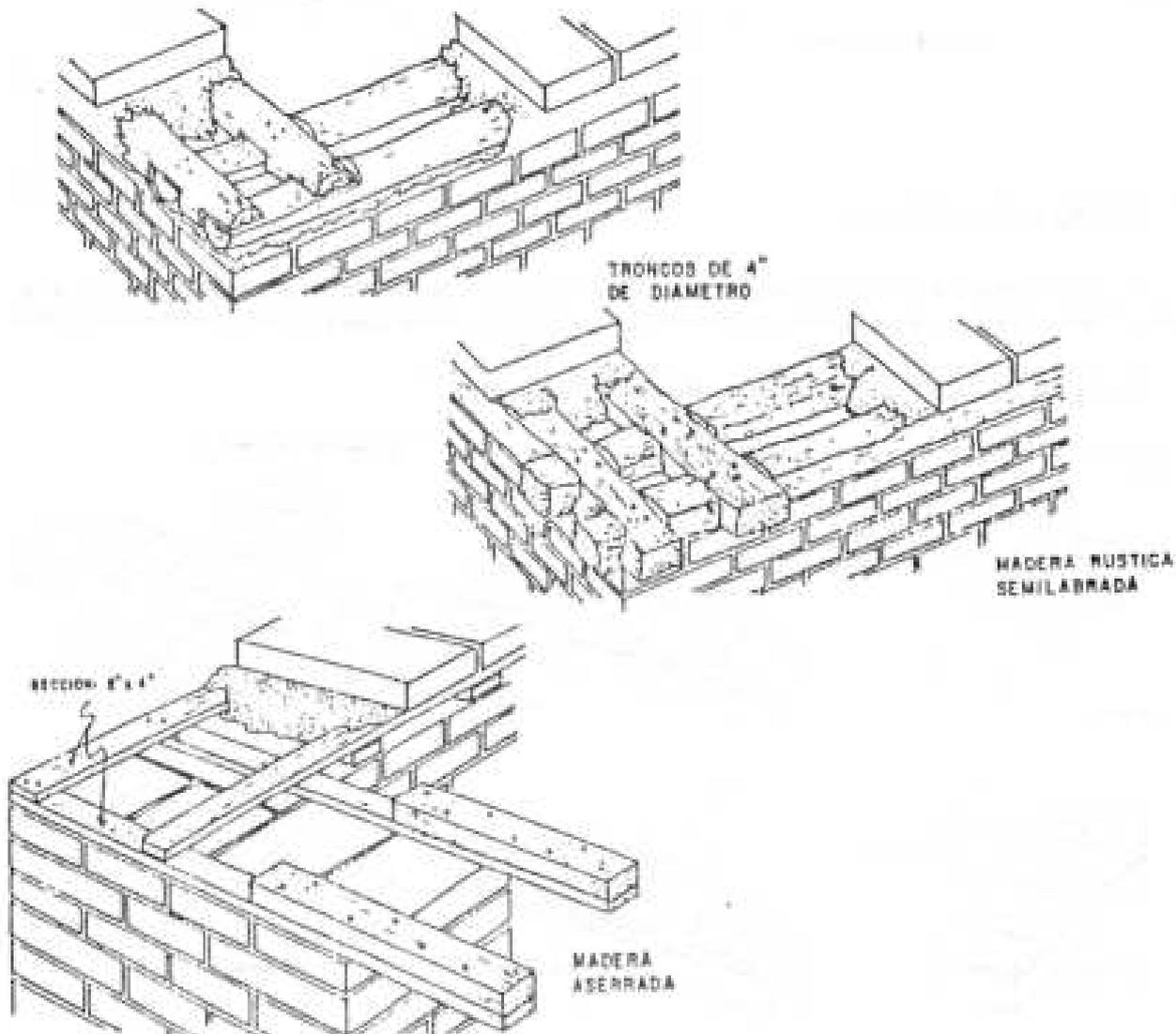
- En la parte superior de los muros se colocará necesariamente una viga solera que en lo posible debe coincidir con los dinteles de puertas y ventanas.

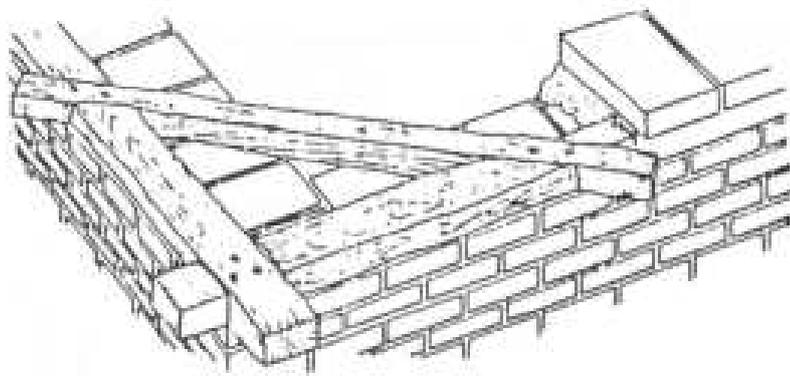
En todos los encuentros las vigas soleras en un mismo nivel estarán firmemente unidas para evitar que se abran. En los tímpanos en su parte mas alta se colocará adicionalmente otra viga solera.

La viga solera se anclará al muro. En el caso de usar refuerzos verticales, se podrá realizar el anclaje de la viga solera, tal como se muestra en la siguiente figura.

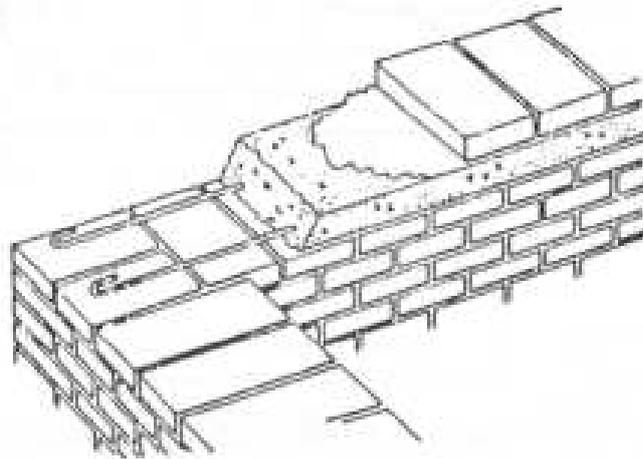


Según los materiales que se encuentren en la región, esta viga solera puede ser, tal como se muestra en la siguiente lámina.





MADERA RUSTICA SEMILARRADA CON  
DIAGONALES COMO REFUERZO DE ESQUINAS

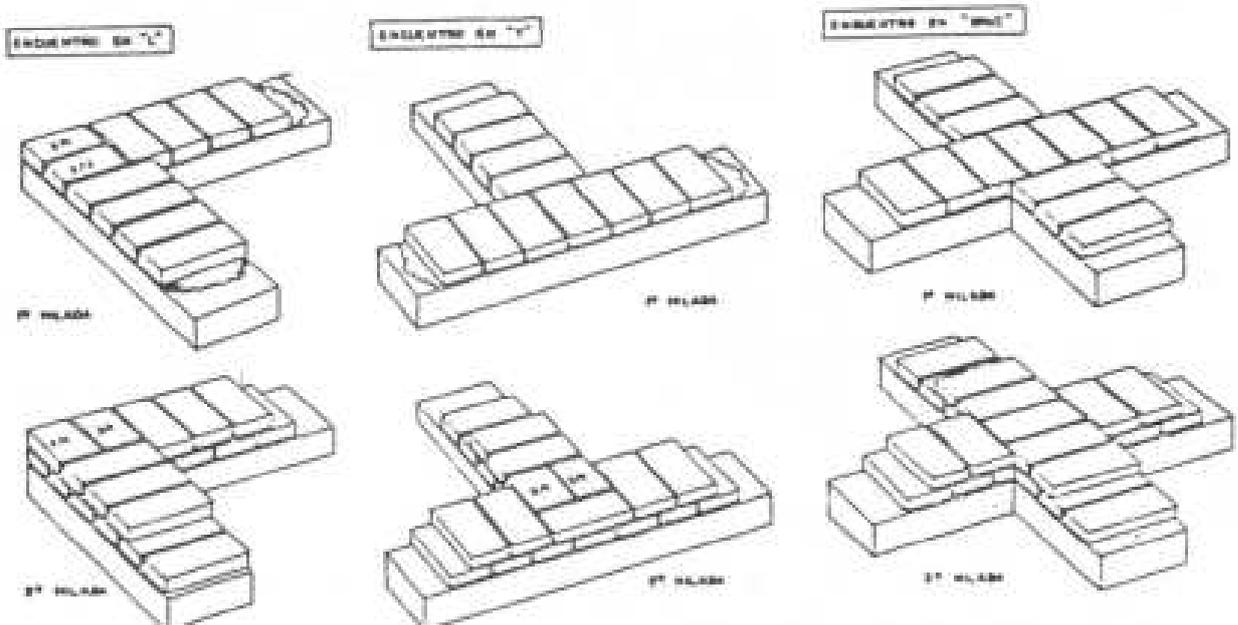


CONCRETO ARMADO

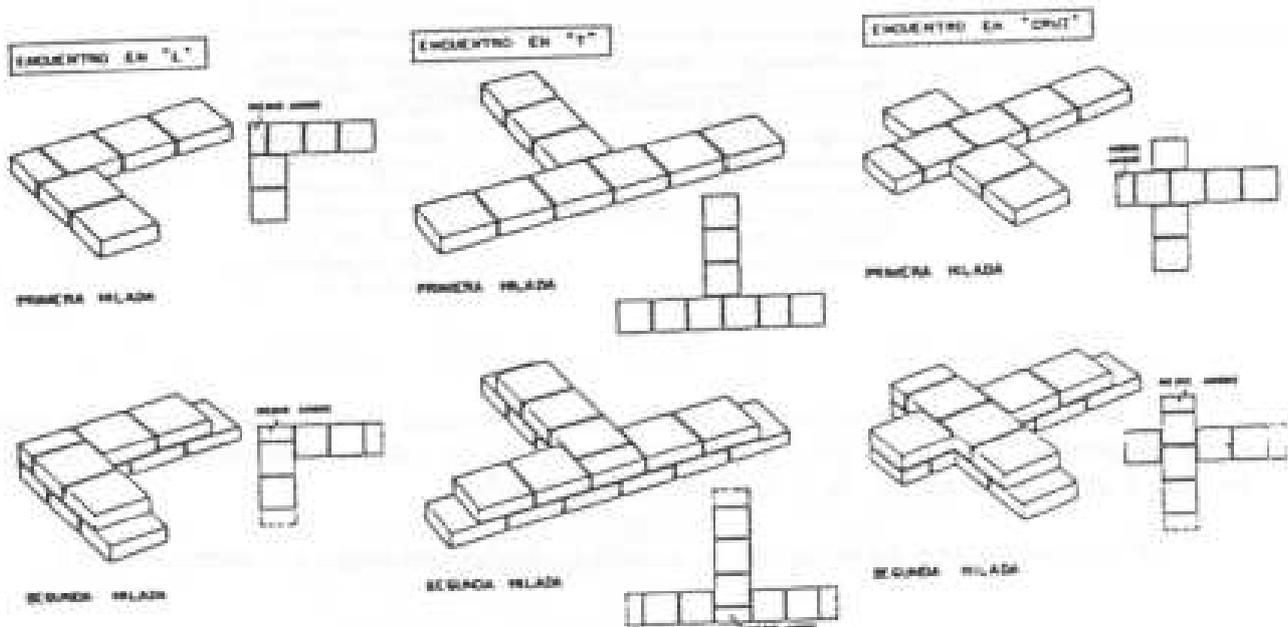
### 5.3.2 TIPOS DE AMARRE

Según la forma del adobe, ya sea rectangular o cuadrado, tendremos distintos tipos de amarre. Los adobes deben quedar perfectamente trabados en todas las situaciones de encuentros de muros.

- a) El amarre de cabeza se utiliza con adobes rectangulares.



b) Con el adobe cuadrado se utiliza un solo tipo de amarre.



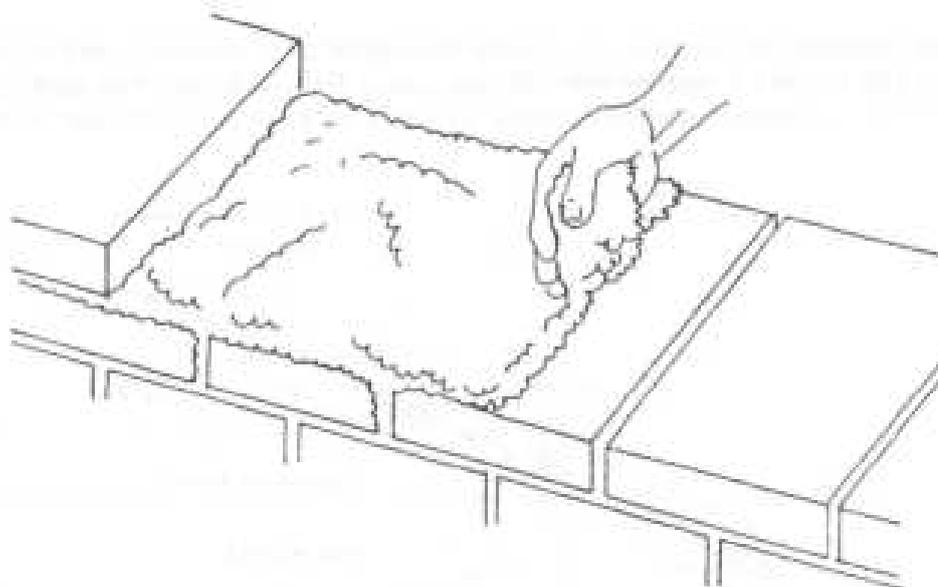
### 5.3.3 ALBAÑILERIA

El asentado de los adobes sigue procedimientos similares a otras albañilerías.

Los adobes deberán haber completado su proceso de secado, ser limpiados y mojados antes del asentamiento para que no absorban el agua del mortero y haya una buena adherencia entre el adobe y el mortero.

El mortero se prepara con barro y paja en forma similar a la mezcla que se utiliza para la fabricación de adobes. Las proporciones en volumen de los materiales son 1 de barro por 1 de paja o pasto seco.

Las juntas horizontales y verticales no deberán exceder de 2 cm, y deberán ser llenadas completamente.



Deberán evitarse los empalmes del refuerzo de caña; en casos indispensables tendrán una longitud mínima de 40 cm y serán asegurados con soguilla o alambre No. 16.

Evitar la continuidad de juntas verticales en los vanos.



Para colocar el refuerzo horizontal de caña se distribuye la mitad de la mezcla de asentado sobre los adobes, se colocan las cañas partidas en tiras, se cubre con el resto de la mezcla y se procede a asentar los adobes de la siguiente hilada.

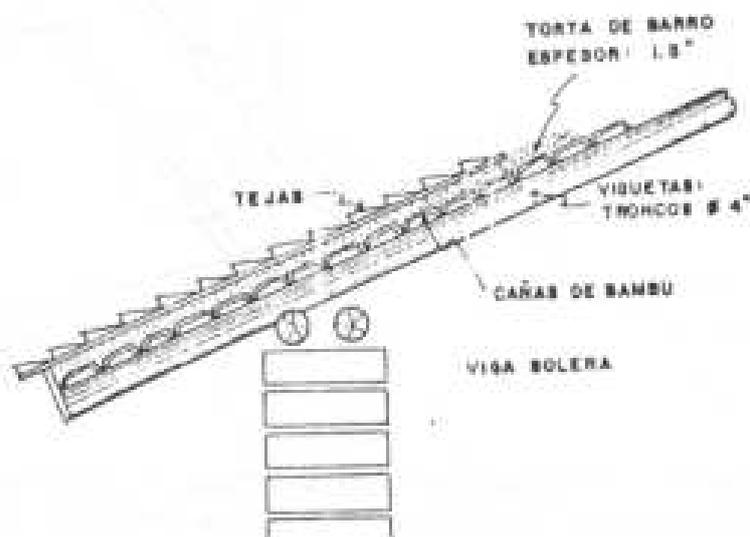
En los encuentros los refuerzos se amarran entre sí, con soguilla o alambre No. 16.

## 5.4 TECHOS

Se recomiendan techos de una o dos aguas. Es importante estudiar la pendiente de los techos y la longitud de los aleros de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar. La pendiente puede variar de 15 a 30% y los aleros perimetrales tendrán una longitud mínima de 50 cm. para impedir que los muros sean humedecidos por el agua de la lluvia.



Los techos deberán ser livianos. El sistema tradicional de la estructura del techo consiste en viguetas de troncos de madera apoyadas sobre la viga solera. Para luces libres de techo comprendidas entre 3.00 y 3.50 mts. se recomiendan troncos de eucalipto de 4" de diámetro con un espaciamiento de 60 a 80 cm.



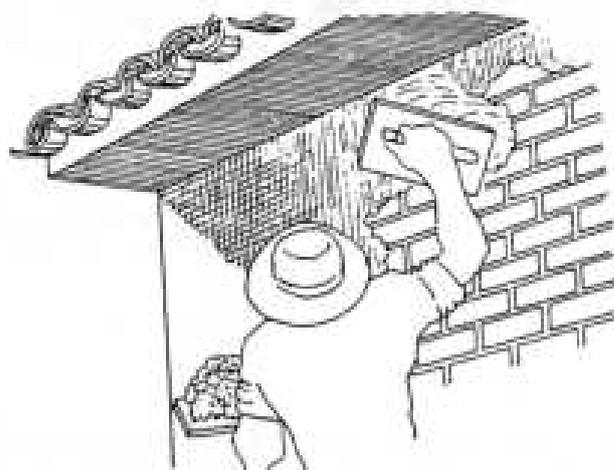
Sobre las viguetas se clavan cañas de bambú partidas y chancadas colocando la parte pulposa hacia abajo para una mejor adherencia del tarrajeo interior.

Sobre las cañas se echa una torta de barro de 1.5" de espesor. El 50% del volumen de esta torta debe contener paja o pasto seco para aligerar el peso y disminuir los agrietamientos.

Para zonas lluviosas, a la torta de barro se le debe añadir asfalto en una proporción de 2% en peso; si no se utiliza asfalto deberá colocarse una cubierta de planchas de asbesto cemento o tejas.

## 5.5 REVESTIMIENTOS

Se recomienda el revestimiento de los muros para protegerlos de la humedad.



Hay diferentes formas de revestir el muro, depende del material que se use y de la forma como se fija al muro. Por ejemplo, la tierra o el yeso se adhieren fácilmente, mientras que el cemento necesita un sistema de fijación.

El material del revestimiento debe ser semejante al material del muro para que se adhiera y no se desprenda. Se recomiendan las siguientes alternativas:

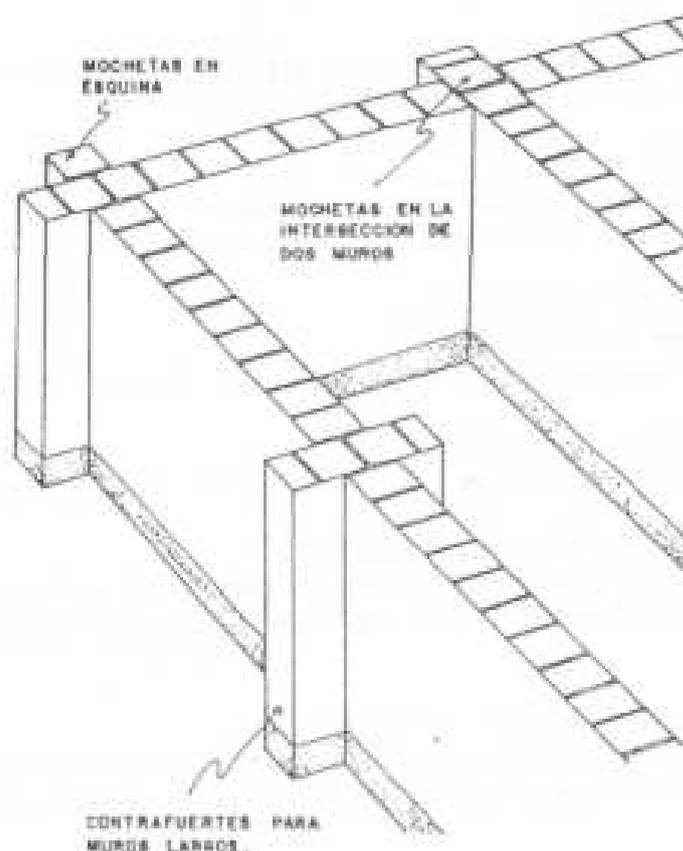
- **REVESTIMIENTO DE TIERRA**  
Se utiliza el mismo barro del muro, con un 50% más de arena y el 2% en peso de paja o pasto seco. Este barro puede estabilizarse con asfalto en una proporción del 2%.
- **REVESTIMIENTO DE YESO CON CAL**  
Primera capa: revestir con tierra.  
Segunda capa: 1 parte de yeso, 1 parte de arena y 1/10 parte de cal.
- **REVESTIMIENTO DE TIERRA CON CAL**  
Utilizar una mezcla compuesta de 5 partes de tierra y 1 parte de cal apagada.
- **REVESTIMIENTO DE TIERRA CON CEMENTO**  
Utilizar tierra arenosa y mezclar 10 partes de tierra con 1 parte de cemento. Emplear un sistema de fijación, que puede ser utilizando juntas hundidas en los muros o una malla metálica (alto costo).
- **REVESTIMIENTO DE ARENA, CEMENTO Y CAL**  
Utilizar una mezcla compuesta de 1 parte de cemento, 1 parte de cal y de 6 a 8 partes de arena. Emplear un sistema de fijación, ya sea una red de alambre o malla clavada.

## 6. RECOMENDACIONES BASICAS

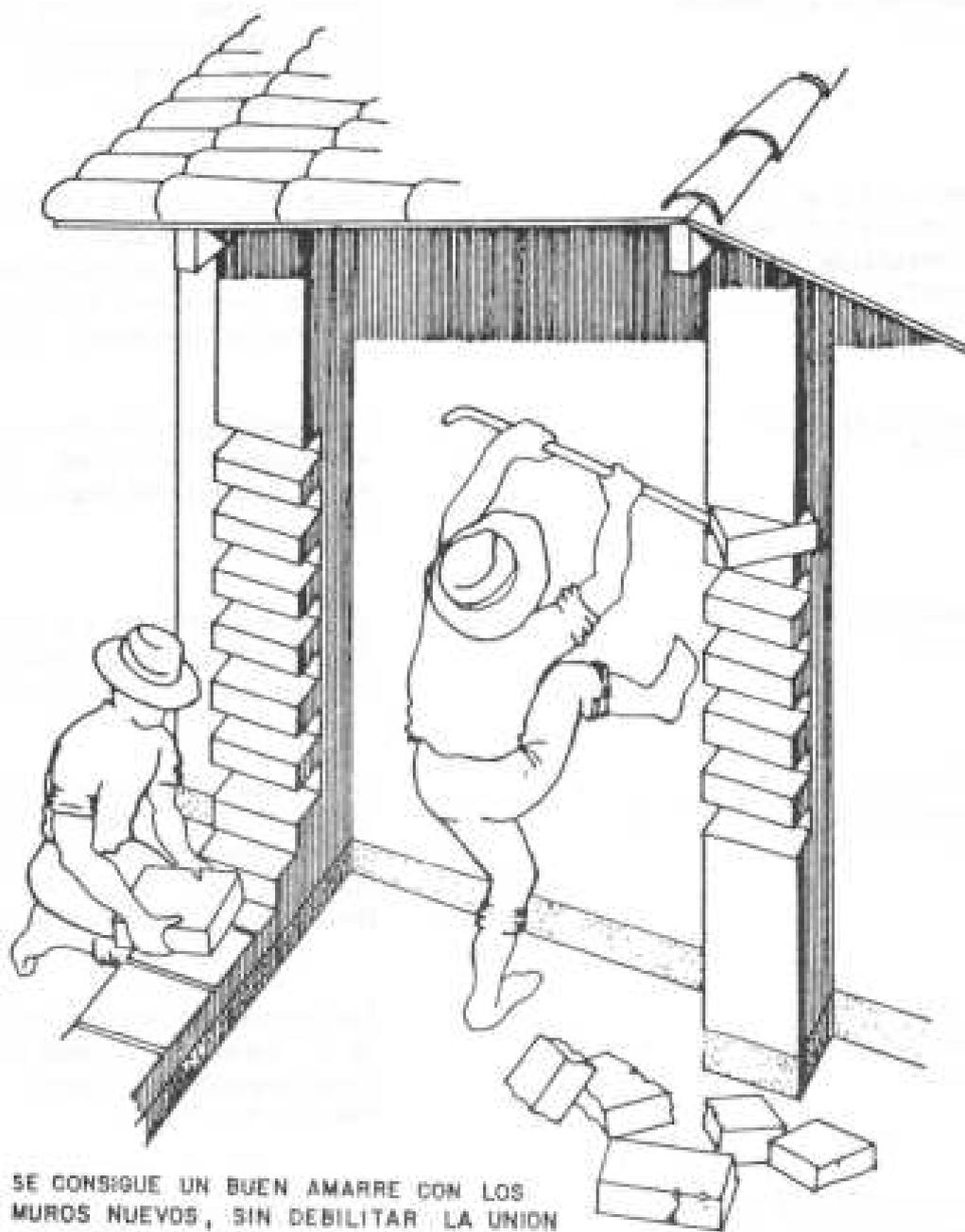


2. De preferencia se debe utilizar adobes cuadrados porque conducen a una solución simple de amarre de encuentros de muros; y permite la incorporación de mochetas, que es una solución para conseguir una mayor longitud de anclaje del refuerzo horizontal; y de contrafuertes, que es una solución para arriostramientos de muros largos.

La longitud mínima de la mocheta será igual al espesor del muro.



Estos contrafuertes facilitan la futura ampliación de la vivienda.



SE CONSIGUE UN BUEN AMARRE CON LOS MUROS NUEVOS, SIN DEBILITAR LA UNION O LA ESQUINA DE LOS MUROS ANTIGUOS.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- YAMASHIRO K., Ricardo  
SANCHEZ O., Alejandro  
MORALES M., Roberto  
1977  
Diseño Sísmico de construcciones de Adobe y Bloque Estabilizado.  
Primera Parte: Propuesta de Normas de Diseño de Construcciones de Adobe y Bloque Estabilizado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- 2.- MORALES M., Roberto  
SANCHEZ O., Alejandro  
YAMASHIRO K., Ricardo  
1977  
Diseño Sísmico de construcciones de Adobe y Bloque Estabilizado.  
Segunda Parte: Un procedimiento de Diseño de Construcciones de Adobe. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- 3.- RENGIFO Z., Luis  
1985  
La Construcción con Tierra. Trabajo de Investigación: el Adobe, la Quincha y el Tapial. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- 4.- IRALA C., Carlos  
1985  
Structural Performance of Adobe Buildings. Bulletin of International Institute of Seismology and Earthquake Engineering. Tsukuba, Japón.
- 5.- CRYRZA  
MINISTERIO DE VIVIENDA  
1971  
Manual para la Construcción de Viviendas de Adobe. M. V. C. - Proyecto Experimental de de Vivienda (PREVI) - Naciones Unidas. Publicado por la Oficina Nacional de Desarrollo Comunal - Dirección de Promoción.
- 6.- HAYS, Alain  
MATUK, Silvia  
1979  
Tecnologías de Construcción con Tierra sin cocer. Albañilería Armada de Bloques de Tierra prensados. Convenio CRATERRE - ININVI. Lima, Perú.
- 7.- MINISTERIO DE VIVIENDA  
Y CONSTRUCCION  
1979  
Adobe: Diseño y Construcción.  
Manual Técnico de la Oficina de Investigación y Normalización (OIN). Lima, Perú.

**Editores:**      **Ing. Antonio Campos Sigüenza**  
**CISMID-FIC-UNI**

**Ing. Oscar Vásquez Huamani**  
**CISMID-FIC-UNI**

**AV. TUPAC AMARU S/N PUERTA N° 7 CAMPUS UNI - LIMA 28 - PERU**  
**APARTADO 1301 - LIMA 100 – P/O BOX 1301. Tel/Fax: 810170**

**Impreso en Talleres Gráficos de Victor Castillo M.**  
**Jr. Andalucía 281 - A. Pueblo Libre- Lima. Tel: 617659**