

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

CONSTRUCCION DE VIVIENDAS CON ADOBE,
(RECOMENDACIONES PARA SU HABITABILIDAD)

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

MANUEL DE JESUS MORALES MORALES

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1,997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08

T(4102)

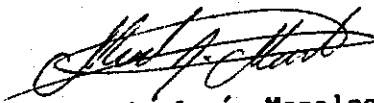
C.H

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

CONSTRUCCION DE VIVIENDAS CON ADOBE,
(RECOMENDACIONES PARA SU HABITABILIDAD)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de 28 de enero de 1,994.



Manuel de Jesús Morales Morales

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS
VOCAL PRIMERO:	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO:	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL TERCERO:	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL CUARTO:	BR. VICTOR RAFAEL LOBOS ALDANA
VOCAL QUINTO:	BR. WAGNER GUSTAVO LOPEZ CACERES
SECRETARIO:	ING. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO:	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR:	ING. JUAN MIGUEL RUBIO ROMERO
EXAMINADOR:	ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO
EXAMINADOR:	ING. BUENAVENTURA CORONADO CASTILLO
SECRETARIO:	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



Guatemala, 18 de noviembre de 1,996.

Ingeniero
Javier Quiñonez de la Cruz
Jefe del Area de Materiales
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Quiñonez,

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de tesis titulado "CONSTRUCCION DE VIVIENDAS CON ADOBE, (recomendaciones para su habitabilidad)", realizado por el estudiante universitario Manuel de Jesús Morales Morales, para el cual, el suscrito fue nombrado asesor del mismo.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Morales Morales, reviste especial importancia pues proporciona importante información técnica para la construcción segura de viviendas con adobe reforzado.

Después de la revisión del mismo considero que se ha cumplido con el proyecto de investigación programado, por lo que de mi parte, queda aprobado el presente trabajo de tesis para su impresión y publicación.

Atentamente,


Ing. Jorge Mario Morales G.
ASESOR



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



Guatemala,
6 de agosto de 1,997

Ingeniero Jack Douglas Ibarra,
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil,
Facultad de Ingeniería.

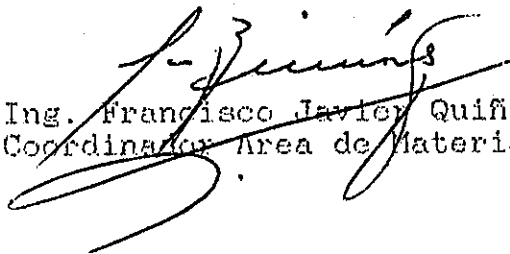
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de tesis CONSTRUCCION DE VIVIENDAS CON ADOBE (Recomendaciones para su Habitabilidad), desarrollado por el estudiante universitario Manuel de Jesús Morales Morales, quien contó con la asesoría del Ingeniero Jorge Mario Morales.

Considero que el trabajo cumple con los objetivos para los cuales fué planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑANZA A TODOS"


Ing. Francisco Javier Quiñones
Coordinador Area de Materiales

FJQ/lpc

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

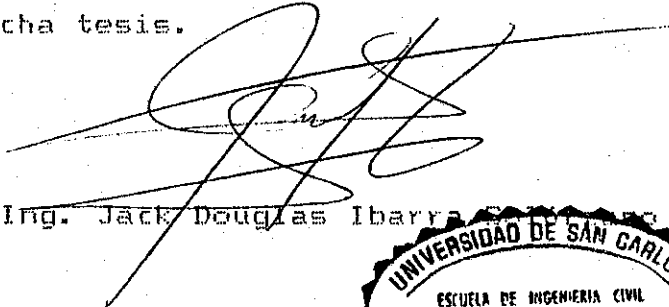


FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del asesor Ing. Jorge Mario Morales González y del Coordinador del Área de Materiales Ing. Francisco Javier Quiñónez, del trabajo de tesis del estudiante Manuel de Jesús Morales Morales, titulado CONSTRUCCION DE VIVIENDAS CON ADOBE, (RECOMENDACIONES PARA SU HABITABILIDAD), da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra



Guatemala, agosto de 1,997.

JDIS/bbdeb.




FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

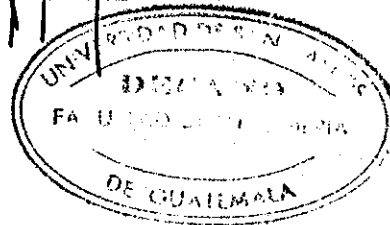
El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis **CONSTRUCCION DE VIVIENDAS CON ADOBE, (RECOMENDACIONES PARA SU HABITABILIDAD)**, del estudiante Manuel de Jesús Morales Morales, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
" DECANO

Guatemala, agosto de 1,997

/bbdeb.



ACTO QUE DEDICO A:

- MIS PADRES:** Manuel Morales Alvarez
Sabina Morales de Morales
por todo el amor y el apoyo a lo largo de
mi vida.
- MI HERMANA:** Maria del Carmen Morales Morales
- MI NOVIA:** Karina Sanchez Schaad
- MIS PRIMOS:** En especial a Pablo, Juan Carlos, Augusto,
Luis Adolfo, Enrique y Sarita por los
momentos inolvidables.
- MIS FAMILIARES:** Tios y Tias, con mucho cariño.
- MIS AMIGOS:** Jadenon, Fernando, Ike, Enrique, Victor,
Juan Carlos, Carlos y Oscar.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios, que me dió la vida, e iluminó mi camino para lograr los éxitos alcanzados.

- Ingeniero Jorge Mario Morales Gonzalez por la desinteresada colaboración que me brindó con su asesoría y apoyo en la realización del presente trabajo.

- Ingeniero Francisco Javier Quiñón de la Cruz por la supervisión prestada.

- Mis amigos y compañeros, que compartiendo el mismo anhelo de alcanzar una meta deseada, me brindaron, con su amistad, el apoyo necesario para salir adelante.

- Todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para la realización de este trabajo.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

INDICE

	PAGINA
<i>INTRODUCCION</i>	<i>I</i>
<i>OBJETIVOS</i>	<i>II</i>
<i>ANTECEDENTES</i>	<i>III</i>
<i>JUSTIFICACION</i>	<i>IV</i>

CAPITULO

PARAMETROS BASICOS DE ALBAÑILERIA DEL ADOBE

1.1	Definición General	1
1.1.1	El adobe	1
1.2	Análisis geofísico y mecánico de las unidades.....	1
1.3	Adherencia y fricción entre unidades y mortero.....	2
1.4	Ensayo de prismas.....	3
1.5	Propuesta de los parámetros de fricción y adherencia	6
1.6	Resultado de pruebas en prismas sobre el tipo mortero.....	8
1.7	Resultado de ensayo a unidades	9

CAPITULO 2

TIERRAS RECOMENDABLES PARA HACER ADOBE

2.1	Análisis de suelos.....	11
2.2	Elaboración de los adobes.....	12

CAPITULO 3

ESTABILIZACION DE TIERRAS PARA HACER ADOBES

3.1	Definición	17
3.2	Tipos de estabilización química	17
	3.2.1 Estabilización con Hidróxido de calcio (cal).....	17
	3.2.2 Estabilización con cemento Portland	19
3.3	Estabilización con productos asfálticos	21
3.4	Estabilización mecánica	22
	3.4.1 El reordenamiento de las partículas	22
	3.4.2 Cambios esperados en las propiedades del suelo.....	22
3.5	Adobe tradicional.....	23
	3.5.1 Ventajas y desventajas de su uso	23
3.6	El adobe mejorado mediante estabilización mecánica.....	24
	3.6.1 Forma de fabricación	24
	3.6.2 Ventajas y desventajas de su uso	25

3.7	El adobe mejorado mediante estabilización con cal	26
3.7.1	Definición	26
3.7.2	Observaciones	26
3.7.3	Ventajas y desventajas de su uso	26

CAPITULO 4

TECNICAS DE CONSTRUCCION CON ADOBE

4.1	Mampostería sin refuerzo	29
4.1.1	Adobe sin refuerzo	29
4.2	Mampostería reforzada	30
4.2.1	Adobe reforzado con caña de castilla	30
4.2.1.1	Construcción de muros	31

CAPITULO 5

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

5.1	Ubicación de la vivienda	32
5.2	Cuidados en la ubicación	32
5.3	Terrenos nivelados	32
5.4	Los cimientos y muros	32
5.5	El ancho de las excavaciones para cimientos	32
5.6	El concreto ciclopeo	33
5.7	Uso de la cal	33
5.8	Sobrecimiento de concreto	33
5.8.1	Sobrecimiento del ancho del muro	33
5.8.2	Haciendo un sobrecimiento	33
5.9	Las uniones entre los adobes	34
5.10	El traslape	34
5.11	Colocación del adobe	34
5.12	Aplastamiento del muro	34
5.13	Reglas a seguir en los muros	34
5.13.1	Las esquinas	34
5.13.2	La longitud del muro	34
5.13.3	Altura máxima	35
5.13.4	El ancho de un vano	35
5.13.5	El dintel	35
5.14	Refuerzo horizontal	35
5.15	Los muros que reciben cargas del techo	36
5.16	El peso del techo	36
5.17	Cómo repartir la carga del techo	36
5.18	Uso de aleros.....	36
5.19	Simetría en el diseño	37
5.20	Efecto de corte	37

5.21	Cómo evitar los cortes	37
5.22	Contra fuertes en las esquinas	38
5.23	Qué es lo que no debe hacerse	39

CAPITULO 6

REQUISITOS ESTRUCTURALES DE DISEÑO

6.1	Definición	41
6.1.1	Las estructuras de adobe	42
6.1.2	En cuanto a zonas sísmicas	42
6.2	Requisitos sismoresistentes	42
6.2.1	Ubicación adecuada	42
6.2.2	Material resistente	42
6.2.3	Construcción ligera	43
6.2.4	Estructura simple	44
6.2.5	Rigidez inicial	44
6.2.6	Distribución uniforme	44
6.2.7	Estructura redundante	46
6.2.8	Detalles constructivos apropiados	47
6.2.9	Equilibrio adecuado de rigidez y resistencia entre elementos y conexiones	47
6.2.10	Cimentación adecuada	48

CAPITULO 7

CONDICIONES DE HABITABILIDAD

7.1	Orientación	49
7.1.1	El clima	49
7.1.2	El sol	50
7.2	Confort térmico	51
7.3	Permeabilidad	52
7.4	Salubridad	52
7.5	Aislamiento acústico	54

CAPITULO 8

RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

8.0	Recomendaciones mínimas	55
-----	-------------------------------	----

CAPITULO 9

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA

9.1	Aspectos generales	57
9.2	Propuesta de prototipo	57

9.3	Dimensionamiento	60
9.3.1	Planta acotada	61
9.4	Diseño estructural	62
9.4.1	Identificación de muros para cálculo	63
9.4.2	Memoria de cálculo	64
9.4.3	Plano de la primera hilada	74
9.4.4	Plano de la segunda hilada	75
9.4.5	Tipos de adobe	76
9.4.6	Detalles de amarre	77
9.4.7	Detalles de fijación a cumbrera	78
9.4.8	Detalle de techo	79
9.5	Plan de construcción del prototipo	80
9.5.1	Chapeo del área a construir	80
9.5.2	Nivelación y trazo de ejes del terreno	80
9.5.3	Zanjeo	81
9.5.4	Consturcción del cimiento	82
9.5.5	Levantado de muros	83
9.5.6	Colocación de solera de remate	84
9.5.7	Colocación de techo	85
9.5.8	Colocación de ventanas	86
9.5.9	Colocación de puertas	87
9.5.10	Acabado de muros	87
 CONCLUSIONES		V
RECOMENDACIONES		VI
BIBLIOGRAFIA		VIII

INTRODUCCION

La tierra, primer material de construcción del mundo, la antigua mezcla de polvo y agua que también se conoce como barro; contra la idea de que el barro no sirve sino para erigir cabañas primitivas, ante la apremiante necesidad de contar con viviendas baratas en todo el mundo, a hecho que los ingenieros vuelvan a enfocar su atención en las ventajas de la tierra. Casi siempre los ingredientes básicos se encuentran en el sitio de construcción, lo cual ahorra buena parte del costo de transporte de materiales así como economiza la materia prima básica.

El adobe, es un material que se ha utilizado por el hombre desde tiempos muy remotos, en diferentes regiones del mundo y que a su vez su uso y su empleo ha sido transmitido de generación tras generación, hasta llegar a nuestros días.

Muchos países utilizaron el adobe y lo siguen utilizando, con la aplicación de diferentes técnicas según la región.

Con la evolución del hombre se ha procurado mejorar la calidad de vida, y para lograrlo, uno de los factores se enfoca a las mejoras en la construcción de vivienda, el cual ha sido, si no el más importante, uno de los más grandes factores, que con su evolución sirve para soportar los fenómenos naturales que la puedan afectar.

Desgraciadamente, la construcción con tierra, en sus métodos diversos, ha sido siempre utilizada sin ninguna base de especificaciones técnicas, constituyendo un serio problema por su comportamiento frágil durante un terremoto. Una de las principales causas de pérdidas de vidas en el mundo ha sido por fallas de edificios de este tipo. Uno de los más dramáticos ejemplos fue el terremoto de Guatemala de 1976 donde colapsaron aproximadamente 250,000 casas de tierra, muriendo más de 25,000 personas. Es por eso que en este documento se proponen recomendaciones mínimas de diseño y construcción de materiales y de viviendas utilizando el adobe.

Se han recopilado de diferentes estudios, las herramientas, la información y la ayuda necesaria, para poder construir, desde un adobe, hasta una vivienda, más eficiente y segura.

Se propone un modelo prototipo de vivienda, para ser utilizado como recomendación y ejemplo de aplicación de las diferentes técnicas que dan como resultado, una construcción, económica, confortable y segura.

OBJETIVOS

El objetivo general es que toda persona que tenga este documento, pueda conseguir, en el la guía que necesita. Aprovechar el adobe segun su necesidad y regirse a través de recomendaciones propuestas extraídas de muchos estudios realizados a este material.

Brindar toda la información que se necesita del adobe y que sirva de apoyo o herramienta, para ejecutar la obra o investigación en particular que se desee realizar.

Recomendar a toda persona que quiera utilizar el adobe, el procedimiento más adecuado que llene con entera satisfacción los aspectos de seguridad y de bienestar, al mismo tiempo de optimizar los recursos naturales, para la fabricación y el empleo del adobe en la construcción de viviendas.

Proponer un modelo de vivienda para que sirva de ejemplo y se ponga en práctica todo lo recopilado sobre el adobe; con los cálculos necesarios y con la mejor optimización de este material.

ANTECEDENTES

El hombre desde el principio de la creación se vió en la necesidad de buscar protección y ésta la fue obteniendo a través de la misma naturaleza, al experimentar con diferentes recursos naturales, fué descubriendo que algunos recursos prestaban bien sus servicios o cumplían con los objetivos que se requerían, pero cuando el hombre buscaba nuevas tierras se miraba en la necesidad de buscar o construir otro resguardo. Experimentando con nuevos recursos naturales de la región donde se encontrara, o utilizando los materiales que éste ya conocía, transportándolos de un lugar a otro, dándose cuenta que existía un elemento que se encontraba por cualquier lado donde fuera, este material era la tierra.

En su afán de encontrar refugio contra animales salvajes, así como de los diversos fenómenos atmosféricos y climatológicos, el hombre ha utilizado la tierra para la construcción de su vivienda desde tiempos remotos. Debido a que ésta se encuentra en abundancia y resulta de fácil manejo, el hombre con el tiempo fue conociendo las ventajas y desventajas de cada tipo de suelo y fue creando una diversidad de instrumentos y técnicas para la construcción de viviendas.

El material la tierra, es cada vez más olvidado por los profesionales, debido a que siempre el profesional ha buscado nuevas técnicas para poder desempeñar un papel de mayor seguridad en sus construcciones y que al mismo tiempo sea más rápido y práctico y obtener así los beneficios apropiados.

El material del adobe, se ha utilizado por muchos años atrás, y la utilización de este recurso llega a todos los continentes. En algunos lugares más empleado que en otros lados, dependiendo del tipo de cultura y el grado de desarrollo que tengan las ciudades.

Uno de los ejemplos claros es la forma en que se trabaja la tierra para construir. Europa es un continente que tiene muy poca actividad sísmica, por lo tanto no es tan necesario el refuerzo, como una construcción en el continente americano que se encuentra en una zona altamente sísmica.

Un país en vías de desarrollo, necesita de todos sus recursos para salir adelante. La construcción con tierra y específicamente el adobe es una de las mejores garantías para la construcción de viviendas, de tal manera que en un corto período de tiempo se pueda confiar en la calidad de las viviendas.

Existen en Guatemala y en otros países en vías de desarrollo una gran demanda de vivienda, y como la demanda es inmensa hace enfocar que uno de los caminos es la construcción con materiales naturales no procesados, como lo es el adobe y con técnicas apropiadas llegar a tener una vivienda duradera.

JUSTIFICACION

La gran necesidad de tener una vivienda en Guatemala, obliga a buscar mecanismos que lleguen a resolver esta demanda. Los materiales convencionales para construcción cada vez son más costosos, existiendo normas para la construcción, estrictamente para la utilización de estos materiales.

La demanda de la vivienda en gran parte del área rural de Guatemala puede resolverse mediante la utilización correcta y apropiada de los recursos naturales que existen en la región, donde se desee o se necesite construir la vivienda.

La construcción con el adobe, es una muy buena solución al problema que se encara. Los materiales que se utilizan para su elaboración se encuentran en el lugar y con una orientación adecuada se puede obtener grandes beneficios.

De esta idea surge la creación de un documento, que sirva a los profesionales, a técnicos y particulares, como la guía que tanto se necesita. En este documento se encontrará como poder elaborar un adobe de diferentes calidades, hasta cómo poder emplearlo en el momento de construir una vivienda.

La misma necesidad provoca crear recomendaciones sobre bases firmes, que se deben seguir en el momento de emplear el adobe, y así obtener confort, seguridad y belleza. Adicionalmente se muestra un ejemplo donde es aplicado el cálculo que se debe seguir para el diseño de una vivienda.

Todas las recomendaciones, son creadas con el fin de estandarizar los procedimientos, ya que para llegar a proponer recomendaciones, se han realizado una serie de ensayos.

1. PARAMETROS BASICOS DE ALBANILERIA DEL ADOBE

1.1 DEFINICION GENERAL.

Cuando se mencionan parámetros básicos de albanilería de adobe es cuando se refiere a las propiedades y cualidades que posee este material.

1.1.1 EL ADOBE:

El adobe se define como una masa de tierra mezclada a veces con fibras o con otro tipo de materiales, moldeado en forma prismática y secado al aire, que se emplea en la construcción de paredes o muros.

El adobe resulta de moldear la tierra arcillosa, a la cual se le agrega agua, paja, u otro material estabilizante que se conozca, su secado se realiza en una área bien ventilada, pero protegida de los rayos solares para evitar agrietamientos indeseables.

El adobe como material de construcción se emplea en la elaboración de paredes o muros.

Las construcciones de adobe no son tan utilizadas para la construcción de muros de gravedad ni para muros que resistan un sismo. Con los estudios realizados se sabe que para esto existen algunas técnicas para hacer que los muros soporten determinada carga, utilizando un techo liviano para que éste no produzca esfuerzos muy grandes a los muros. (1)

El adobe es un material aislante y su principal propiedad es su bajo costo en construcción. Tomar en cuenta, que con los materiales que está elaborado, presenta limitaciones en su aplicación, ya que, su resistencia mecánica es reducida y se erosiona fácilmente por acción de los agentes atmosféricos.

Debido a este problema se han realizado estudios con adobes estabilizados física, mecánica y químicamente; comparándose con adobes tradicionales. (2)

La experimentación con los diferentes tipos de adobes sirven de base para definir sus límites de utilización.

1.2 Análisis geofísico y mecánico de las unidades.

Las pruebas que definen estas características se pueden resumir de la siguiente forma:

1.2.1 Ensayo de unidades.

El ensayo que se les realiza a las unidades son; ensayo de flexión, ensayo de compresión, y ensayo de absorción capilar.

1.2.2 Ensayo de prismas o muretes.

Los ensayos que están comprendidos son los siguientes: ensayo de flexión, ensayo de compresión, y ensayo de corte diagonal.

1.2.3 Ensayo en muros a escala natural.

Consiste en realizar los mismos ensayos que en los prismas, pero con la diferencia de que son muros reales.

Las pruebas físicas consisten en determinar el peso, volumen y densidad de las unidades y las pruebas mecánicas son las de flexión, compresión y corte.

1.3 Adherencia y fricción entre unidades y mortero

Todo muro de albañilería se halla sometido a cargas verticales, (concentradas y peso propio) y laterales (sismo, viento y explosión); pero debido a la gran rigidez que sus componentes ofrecen en los planos de aplicación de las mismas, estas son resistidas por el muro. (Referencia extraída de la tesis "Parametros de fricción y adherencia en albañilería de adobe" escrita por Edgar Humberto Reyes Trinidad.

El CORTE RESISTENTE, comprende la componente tangencial de la adherencia y la componente tangencial debido a la fricción.

Siempre el comportamiento de un muro de albañilería bajo la aplicación de cargas laterales y gravitacionales, está condicionado por la calidad de sus componentes, y por la del mortero, ya que éste puede variar notablemente la resistencia del muro.

Cuando se realiza el ensayo de un prisma, y se producen fisuras diagonales que en una forma escalonada acompañan las juntas entre adobe, es decir, ocurren deslizamientos entre unidades y mortero debido a la baja adherencia entre ambos, se trata de una falla por esfuerzo tangencial en las juntas producido por cargas laterales al plano del muro.

Se conoce con el nombre de Tensión Diagonal, a un ensayo que se produce con cargas laterales que ocasionan grietas diagonales en el muro, las cuales atraviezan unidades y mortero, es decir, no ocurren deslizamientos de juntas debido a la buena adherencia entre adobe y mortero. Los prismas que se crean para efecto de estudio, y que simularán los datos de un muro de tamaño real, está formado con tres unidades, una sólo en la parte inferior, luego dos medios adobes, y por último una sólo en la parte superior.

1.4 ENSAYO DE PRISMAS.

Al realizar con prismas o elementos contruidos con pocas unidades, es posible en algunos casos predecir el comportamiento de los muros, este tipo de ensayo simplifica enormemente la realización de la prueba en muros a escala natural. Tal es el caso de la determinación de los parámetros de fricción y adherencia adobe-mortero, para lo cual se propone que se utilicen prismas de tres unidades.

La resistencia a corte de un muro se ve afectada directamente por la calidad del mortero y por la calidad de la unidad. Un buen mortero es aquel que proporciona una alta y fuerte adherencia entre unidades.

En el año de 1985 se realizó un estudio de tesis de Parámetros de fricción y adherencia en albañilería del adobe, por el Ing. Reyes Trinidad. En la selección se establecieron 11 tipos de morteros, 10 de los cuales son estabilizados y uno sólo con barro, como parámetros de comparación.

Los morteros se clasificaron en 3 grupos, la finalidad de realizar tres grupos es que en una fase se ensayan dos grupos y en la segunda fase se ensaya un último grupo. Para la primera fase de ensayos, el grupo No. 1 contempla morteros compuestos de cal y talpetate, el grupo No. 2 los morteros compuestos de fibra (pino o paja) y talpetate; en la segunda fase se forma el grupo No. 3 que es la combinación de los morteros de mejor calidad de los grupos No.1 y No.2 de la primera fase, obteniendose un mortero formado a base de fibra cal y talpetate.

TABLA No. 1

CLASIFICACION DE MORTEROS

Para la primera fase de ensayos

GRUPO No. 1

MORTERO	COMPONENTES	PROPORCION (EN PESO)
1	CAL-TALPETATE	0:1
2	" "	1:3
3	" "	1:4
4	" "	1:7
5	" "	1:9

TABLA No. 2

GRUPO No.2

MORTERO	COMPONENTES	PROPORCION
6	FIBRA TALPETATE	Vol. Max. Pino Adm./Vol. Talpetate
7	" "	Vol. Min. Pino Adm./Vol. Talpetate
8	" "	Max. Paja Adm./Vol.talp.
9	" "	Mim. Paja Adm./Vil.talp.

Para la segunda fase de ensayos utilizar lo datos de la tabla No. 3

TABLA No. 3

GRUPO No. 3

MORTERO	COMPONENTES	PROPORCION
X	FIBRA-CAL-TALP.	----- SD -----
Y	FIBRA-CAL-TALP.	----- SD -----

La palabra SD, significa, que no existe una proporción establecida.

Previamente a la elaboración de prismas, a los morteros del grupo No.1, se les efectuaron pruebas de consistencia y para el efecto se adoptó el ensayo de la Norma A.S.T.M. C109, con la cual se determinó la cantidad de agua que permitía la mejor trabajabilidad (adecuada pastocidad en la mezcla), así como su porcentaje de flujo. En los morteros con fibra no fué posible realizar esta prueba por no estar normalizada para esta clase de mortero.

Luego de realizar los ensayos de los prismas, en los morteros del grupo No.1, compuestos de cal-talpetate se observó que a menor cantidad de aglomerante en los morteros, la fricción disminuía y la adherencia aumentaba, siendo mayor la adherencia en el mortero de proporción 1:9; sin embargo su coeficiente de fricción es muy bajo. En adherencia le sigue el de proporción 1:4, el cual posee un coeficiente de fricción aceptable, el mortero de proporción 1:3 supera en fricción al 1:4; pero está bajo en adherencia que el más rico (1:3) y sobre todo porque resulta ser un mortero económico y con mejores características de adherencia y fricción.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

En los morteros del grupo No.2, compuestos de fibra y talpetate, se observó un marcado aumento de la adherencia con respecto a los morteros del grupo No. 1, siendo mayor en el mortero con volumen máximo de pino. Para las mezclas de pino-talpetate se seleccionó el mortero con mayor adherencia (proporción en volumen 1:8), y en las mezclas de paja-talpetate la selección se hizo, con un mortero de proporción en volumen de 1:16.

El resultado de comparación entre los adobes del grupo No. 2 demuestra que la proporción 1:16 de paja-talpetate, es de mejor calidad que la de 1:8 de pino-talpetate.

El grupo No.3 de mezclas quedó conformado por los morteros denominados X e Y, los cuales son una combinación del mortero No.3 del grupo 1, con los morteros No.6 y No.9, el grupo 2, obteniendose las siguientes proporciones:(Ver tabla No.4)

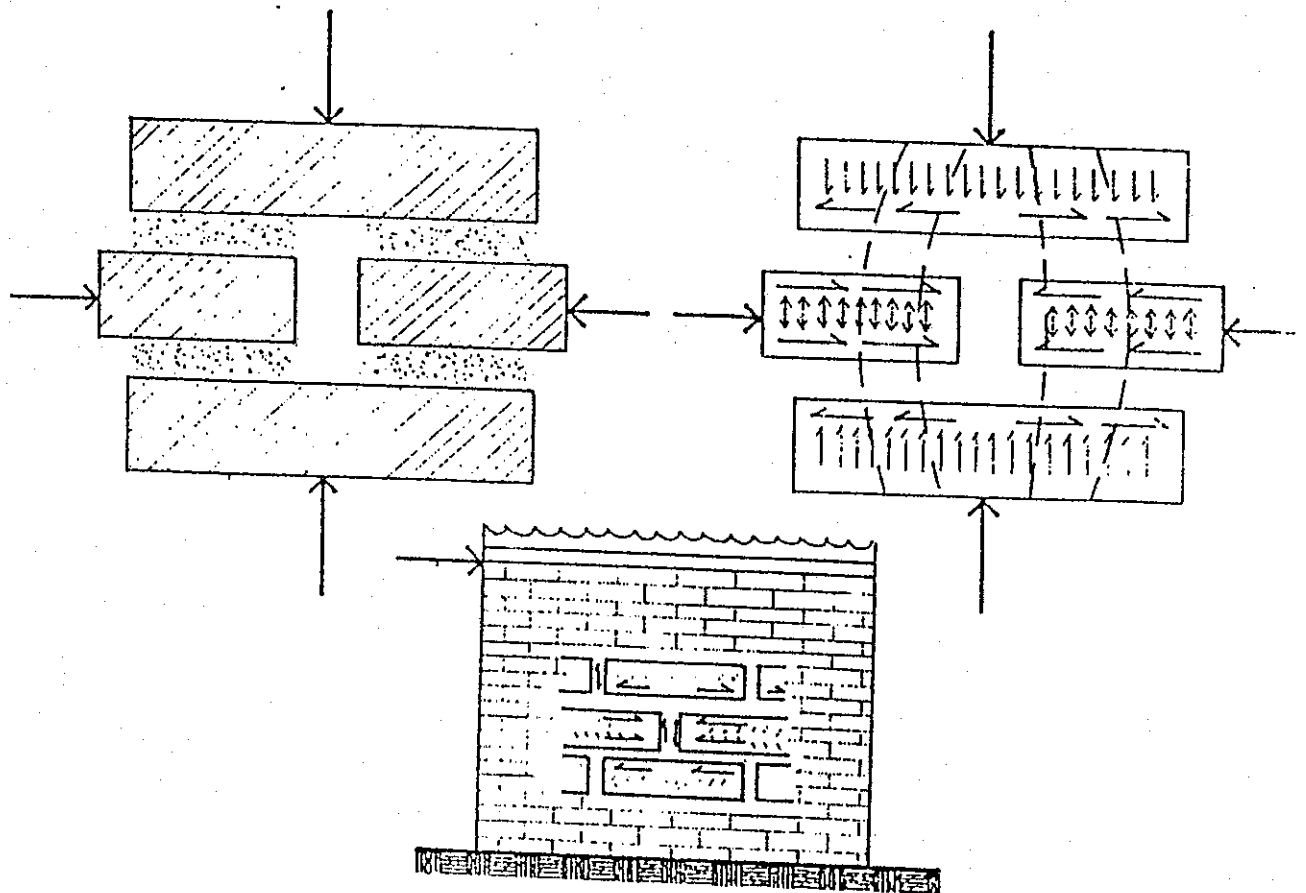
TABLA No.4

MORTERO	PROPORCION (en volumen)	COMPONENTES
X	1:3:8	PINO-CAL-TALPETATE
Y	1:6:16	PAJA-CAL-TALPETATE

En la realización de los ensayos, antes de llegar a la falla del prisma se observaron fisuras verticales en los adobes y de corte en adobes y mortero (ver figura No.1).

El prisma falló en general cuando ocurría deslizamiento en uno de los medios adobes centrales. Al levantar el adobe superior del prisma fallado, se observó en los morteros del grupo No.1, agrietamiento en las orillas del prisma, también se notaba la poca adherencia desarrollada entre adoba y mortero. En el grupo No.2 se observó poco agrietamiento del mortero y buena adherencia entre adobe y mortero; ya que era difícil desprender ambas partes, en los morteros del grupo No.3 también se observó este fenómeno, así como el de unidades falladas por cortante, debido a la buena resistencia y adherencia del mortero.

FIGURA No. 1
(ENSAYO DE PRISMAS)



1.5 Propuesta de los parámetros de fricción y Adherencia.

1.5.1 En el año de 1,985, se estableció en una tesis de graduación una propuesta de fricción y adherencia del adobe, editada por el Ingeniero Civil, Edgar Humberto Reyes Trinidad, la cual da a conocer con los siguientes datos: (ver tabla No.5)

TABLA No. 5

Mortero	Componentes	Proporción	coef. de fricción	Valor de Adherencia (kg/cm ²)
1	Cal-Talpetate	En Peso 0:1	0.69	0.08
2	Cal-Talpetate	1:3	0.65	0.27
3	Cal-Talpetate	1:4	0.62	0.32
4	Cal-Talpetate	1:7	0.60	0.20
5	Cal-Talpetate	1:9	0.57	0.42
6	Pino-Talpetate	En volumen 1:8	0.55	0.81
7	Pino-Talpetate	1:16	0.56	0.31
8	Paja-Talpetate	1:8	0.60	0.62
9	Paja-Talpetate	1:16	0.62	0.60
X	Pino-Cal-Talp.	1:3:8	0.57	1.19
Y	Paja-Cal-Talp.	1:6:16	0.61	0.81

1.6 RESULTADO DE PRUEBAS EN PRISMAS SOBRE EL TIPO DE MORTERO.(ver tabla No.6)

TABLA No.6

TIPO DE MORTERO	ESFUERZO DE COMPRESION (kg/cm ²)	ESFUERZO DE TENSION (kg/cm ²)	AGUA REAL (%)
1	12.42	---	20.00
2	13.31	---	31.25
3	11.34	---	32.17
4	12.94	---	29.43
5	10.85	---	27.80
6	10.08	2.41	20.00
7	8.66	2.25	21.53
8	9.37	2.82	21.83
9	11.75	2.44	24.03
X	11.37	2.86	25.00
Y	12.59	2.94	22.50

Como se puede apreciar, los resultados demuestran que las proporciones del grupo No. 1, obtienen mejores resultados en los ensayos y por lo cual se concluye que las proporciones de este grupo son de mejor calidad, contra las proporciones de los otros dos grupos.

1.7 Resultados de ensayos a unidades

Se cuenta con tres referencias para formar una tabla que indica el adobe de mejor calidad, observarlo en la tabla No.7.

TABLA No. 7

REF.	FLEXION kg/cm ²	COMPRESION kg/cm ²	%ABSOR.	TIPO DE MEZCLA
a.	5.20	55.90	NT	FINOS: ARENA=80:20
b.	5.22	42.37	18	ARCILLA: ARENA=80:20
a.	4.60	54.00	NT	FINOS: ARENA=60:40
b.	3.59	34.20	15	ARCILLA: ARENA=60:40
c.	2.97	30.54	24	SOLO TALPETATE
c.	6.49	37.73	30	TALPETATE+15%CEMENT CEMENT.=1:1=CAL:PUZ.
c.	9.21	72.81	26	TALPETATE+5% DE CAL
c.	10.03	60.00	31	TALPETATE+15% DE CAL
a.	3.70	54.10	NT	80:20 + 5% DE CAL
a.	8.40	74.00	NT	80:20 + 10% DE CAL

Las referencias citadas, son el estudio de muchas unidades de adobes con diferentes proporciones para llegar a determinar los datos anteriores, siendo éstas las siguientes:

- a) ESTABILIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE ADOBES
Galli Chavarría, Eric. Tesis de graduación de
Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de
Guatemala, Guatemala, 1986.
- b) EL ADOBE COMO UNA SOLUCION AL PROBLEMA HABITACIONAL
Sagone Aycinena, Jesús.
Trabajo de tesis, ingeniero civil.
Universidad Regiomontana. Monterrey, N.L.
Mexico, 1983.

- c) ADOBES DE TIERRA COMPACTADA ESTABILIZADA CON PUZOLANA Y CAL, Gonzalez Prado, Guinder Roberto. Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1988.

NOTAS:

Todos los datos que aparecen en la tabla anterior, corresponde a adobes de 38 cm x 38 cm x 8 cm, compactados dinámicamente por impacto, ensayados a una edad de 28 días.

Los porcentajes que aparecen en la última columna (CARACTERÍSTICA DEL ADOBE), son dados en peso (referente a la cantidad de suelo a estabilizar).

La palabra NT significa que no existen datos sobre absorción en la referencia "a".

2. TIERRAS RECOMENDABLES PARA HACER ADOBES.

Para clasificar una buena tierra para construcción, se puede guiar por su apariencia y su color, aunque es mejor hacer unos adobes de muestra y hacerlos pasar por ciertas pruebas de laboratorio.

Para que la tierra esté clasificada con el objeto de construir es necesario que contenga arena y arcilla.

Existen varios materiales, y métodos para estabilizar la tierra para construcción, adheriendo productos como fibras, jugos de ciertas plantas, productos industriales como ácidos, resinas, sales y otros.

Entre los productos industriales, el asfalto, el cemento y la cal son bastante comunes, pudiendose utilizar con facilidad.

Entre los componentes básicos de suelos que forman los adobes en el medio, se encuentran:

La arena: cuya clasificación está entre los suelos finos que pasa en un 50% el tamiz No. 4. y cuyas partículas varían entre 2mm y 0.05mm de diámetro, tiene una característica muy importante que es la de comprimirse al recibir una carga en su superficie.

Se ha observado que el componente del suelo que más influye en la resistencia es el porcentaje de arenas, se puede incrementar la resistencia aumentando este material hasta un 60 % y que, a partir de este punto, la resistencia no aumenta sino que se produce una pérdida de trabajabilidad y puede ocasionar demasiadas contracciones y rajaduras en los adobes.

La composición físico-química de un suelo determinado no se puede generalizar, por cuanto, además de costoso, resulta poco práctico en algunas zonas del país.

La granulometría debe ser la apropiada, menos del 45% del material debe pasar por el tamiz No.200 y tampoco debe ser mayor que 5mm.

La arcilla: tiene un color que varía de gris oscuro a negro. La arcilla en forma general es un suelo que posee una característica que lo diferencia de otros; por la resistencia que presenta aún con esfuerzos exteriores nulos.

Así mismo, la resistencia de la arcilla varía por límites muy amplios, dependiendo de lo bajo o alto que sea el contenido de agua del suelo, así como dentro de otras causas de su estructura.

Las arcillas al tener un gran contenido de agua presentan una baja resistencia.

Limos: el limo consiste en partículas minerales naturales muy pequeñas de 0.002 pulgadas (0.05 mm), las cuales carecen de plasticidad y tienen poca o ninguna resistencia en seco.

El limo tiene que estar en cantidades proporcionales para que el suelo sea apto para construir.

Material Selecto: es un material ligeramente arenoso que igual a la arcilla hace las veces de cemento y es muy usado en nuestro medio para la construcción de adobes. Algunas veces presenta un color rojizo o gris claro.

2.1 ANALISIS DE SUELOS.

El material debe tener natural y adecuada proporción de arena y arcilla. No existe una clasificación de suelos que determine con exactitud una selección estándar ya que es tan variable como las distintas clases de tierra que existen.

No se puede determinar qué porcentaje de arcilla y arena debe ser recomendable, pero en informaciones obtenidas, pareciera que el contenido de arena debe ser mayor al de arcilla sin que sobrepase un 60%. Debe establecerse un balance entre materiales componentes de un suelo ya que ni las arcillas, ni arenas puras son adecuadas para la elaboración de adobes.

La humedad es muy importante, es necesario hacer un muestreo del material para definir la plasticidad de la mezcla en la práctica.

Es de tomar en cuenta que la mezcla debe realizarse muy bien antes de confeccionar los adobes; debiéndose dejar reposar las mezclas bajo techo.

2.2 ELABORACION DE LOS ADOBES

El proceso que los fabricantes siguen para la elaboración de dichos adobes es el siguiente: para realizar la masa a emplear se mezclan bien tres tipos de tierra, le agregan a la mezcla agua a criterio, hasta que el fabricante considera que la misma está totalmente humedecida, dejándola así durante 24 horas.

Transcurridas estas 24 horas toma una bachada de la masada original con la cual empieza a trabajar agregándole cal y agua según su criterio el cual está basado en su experiencia, hasta lograr una mezcla trabajable, después acarrea con una carretilla de mano parte de esta bachada hasta la galera donde elabora los adobes. En esta galera coloca el molde respectivo sobre el suelo que está más o menos parejo. El molde debe encontrarse bien mojado para que no se pegue el material de que estará hecho el nuevo adobe en sus paredes al llenar éste y así evitar que al remover el mismo se destruya la nueva unidad.

El llenado de los moldes lo hace con las manos, de manera tal que evite que queden espacios sin llenar dentro del mismo; luego de fabricar una unidad, el fabricante procede a limpiar el molde de sus paredes interiores.

Una vez elaborado un adobe, lo deja en la posición en la cual fue elaborado, es decir, sobre el suelo de la galera, durante ocho días, transcurrido este tiempo, procede a colocarlos en la posición denominada de canto y deja transcurrir nuevamente ocho días, luego procede a apilarlos; los adobes se encuentran listos para su uso.

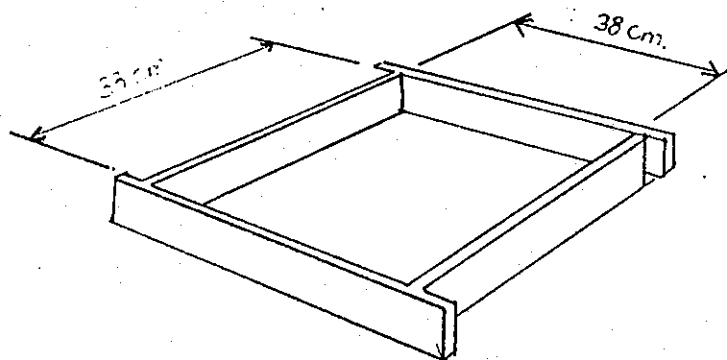
El tamaño de los adobes depende del lugar de fabricación, ya que se usa en distintos lugares; sus dimensiones varían de un lugar a otro, pero se recomienda elaborarlos de forma cuadrada.

Algunas de las dimensiones de los adobes en el medio se encuentran comprendidas aproximadamente en:

Adobe tabique con 10 x 20 x 40 cm.

Adobe común de 10 x 28 x 40 cm.

Adobe mejorado 8 x 38 x 38 cm.



La elaboración de adobe constituye uno de los procesos más simples. Los aspectos históricos y geográficos de este proceso son extremadamente variados, por lo que resulta una casi infinita variedad de procedimientos de producción. Sin embargo se puede esquematizar dicho proceso según el siguiente diagrama:

AGUA	MATERIA PRIMA	ESTABILIZADOR
Suministro	^ Excavación	Adquisición
Almacenamiento	Almacenamiento	Almacenamiento
Proporcionamiento	Proporcionamiento	Proporcionamiento

* Mezclado

Moldeado

Curado

Secado

Almacenamiento Final

* La estabilización hace esta operación necesaria

^ Puede obviarse según el caso particular

En el esquema de elaboración del adobe, arriba presentado, se puede introducir la maquinización, a modo de asegurar una alta calidad del producto final así como su rapidez, lo que resulta obviamente más caro que hacerlo a mano totalmente. Aquí se hace hincapié en el método de producción sin máquinas debido a que en Guatemala éste es el proceso que generalmente se da.

Excavación:

El material básico para hacer el adobe se obtiene de bancos que están próximos al área donde se elaborarán, a modo de evitar que los costos suban. Si el material del terreno donde se construirá es apropiado, pues de allí mismo se obtendrá, siempre que haya abundancia del mismo.

Almacenamiento:

Este se hace en lugares donde el material no esté sujeto a condiciones de tiempo que lo dañen, por ejemplo, viento que lo disperse o lluvia que lo empape.

Proporcionamiento:

Inicialmente se miden las cantidades de cada elemento que lleva la mezcla. Dichas cantidades están directamente dependientes de la proporción a utilizar, la cual ha sido previamente establecida. Hay que hacer notar que el material en esta etapa de proporcionamiento debe estar previamente tamizado o uniformizado.

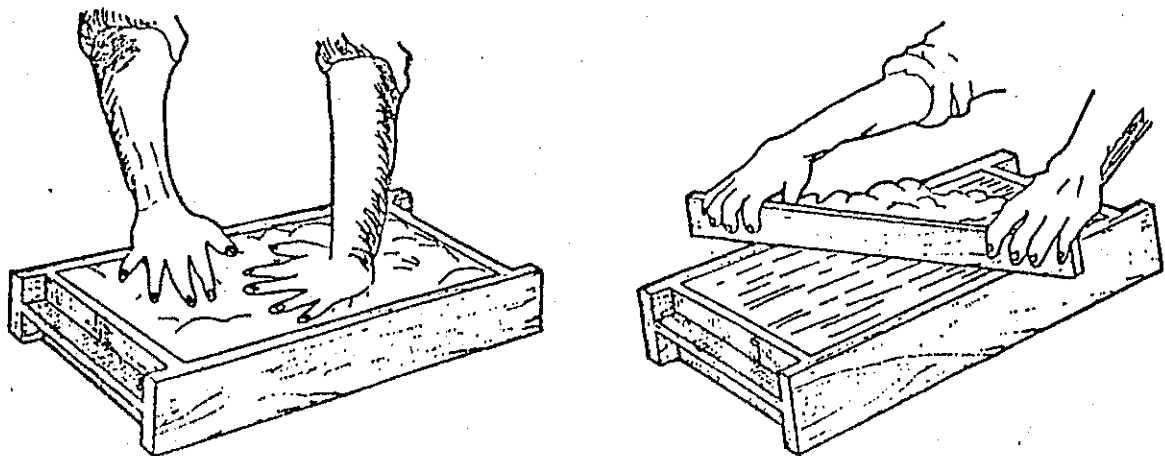
Mezclado:

En este paso se unen todos los materiales que conforman el producto final. Tener cuidado que el mezclado sea completo a modo de que no existan grumos de uno u otro material sino que todo sea uniforme.



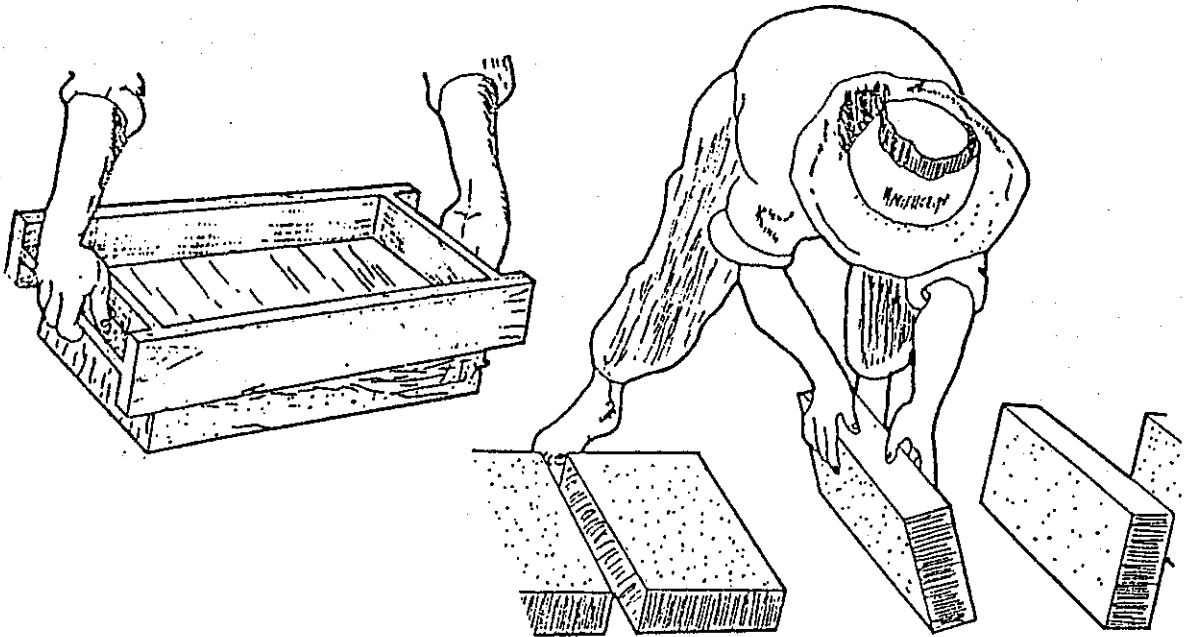
Moldeado:

Colocar la mezcla en el molde, rellenar bien las esquinas. Ahora, es en esta etapa de "moldeado" en que se procede a la compactación con un mazo o pisón o bien por medio de otros instrumentos. Al terminar su elaboración se quita el molde; para evitar que éste se pegue al adobe se le debe limpiar con un trapo húmedo y espolvorearle arena antes de cada uso.



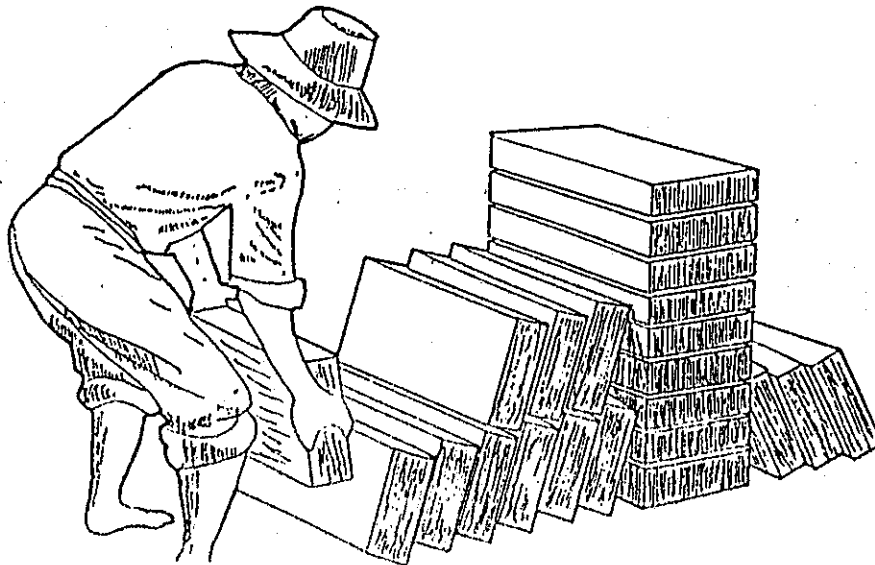
Curado y secado:

Después de quitar el molde, se deja el adobe durante dos o tres días secándose en la mejor posición y lugar donde fue moldeado; luego se coloca de canto para que haya una mejor circulación de aire y se produzca un secado uniforme. Ahora bien; en el caso de adobes estabilizados con cal y puzolana, es necesario conservar su humedad, así como que estén a una temperatura más elevada que la del ambiente para que haya una buena reacción puzolánica, lo que tiene un efecto especial en su resistencia y durabilidad.



Almacenamiento final:

A las tres semanas se pueden cargar, apilar y almacenar. Esto debe hacerse en un lugar protegido a modo que no estén sujetos a las inclemencias del tiempo.



3. ESTABILIZACION DE TIERRAS PARA HACER ADOBES

3.1 Definición

Se denomina por estabilización al proceso de someter a ciertos tratamientos a los suelos naturales y tratar con ello de mejorar sus cualidades, de manera que puedan soportar las condiciones adversas de clima y uso, y que puedan rendir todo el tiempo que de ellos se espera.

Como ya se sabe existen muchos métodos y formas de estabilización química de suelos, pero la finalidad a alcanzar es la de informar sobre los métodos y formas más utilizados en Guatemala, encontrándose los siguientes: (3)

- Estabilización con Cal
- Estabilización con emulsiones asfálticas
- Estabilización con cemento
- Otros.

3.2 Tipos de Estabilización Química.

3.2.1 Estabilización con Hidróxido de Calcio (Cal).

El uso de la cal en la construcción es una práctica muy antigua; claro es el ejemplo que con su uso se puede mejorar la calidad del material, sin embargo en caminos ha sido bastante restringida no obstante todas las bondades que ofrece. A pesar de eso su empleo la mayoría de veces su empleo ha sido puramente empírico, como a sucedido en casos de la historia. La cal proviene de la descomposición mediante el calor del carbonato de calcio (CaCO_3) en la cal viva (CaO) y en anhídrido carbónico (CO_2). Mediante el agregado de agua la cal viva se transforma en Ca(OH)_2 o sea el hidróxido de calcio, el cual se conoce comunmente como cal apagada.

3.2.1.1 Efectos producidos en un suelo.

En un suelo estabilizado con Cal, se ha podido observar, por medio de distintos estudios al respecto realizados en universidades de los Estados Unidos, que realiza una serie de cambios en las propiedades del suelo (Plasticidad, densidad y resistencia).

Plasticidad: En el caso de suelos altamente plásticos la cal generalmente aumenta o incrementa ligeramente el índice de plasticidad. Por la reducción de la plasticidad de suelos plásticos, la cal tiende a hacer del suelo un tanto desmenuzable y de más fácil manejo en el campo.

Densidad: La cal generalmente causa una reducción en la máxima densidad compactada y un aumento en el contenido óptimo de agua.

La cal aumenta la resistencia de casi todo tipo de suelos y entre las investigaciones realizadas, se han recopilado los siguientes cambios que sufren las propiedades del suelo, teniendo en cuenta que son las más importantes:

1. El índice de plasticidad cae pronunciadamente algunas veces hasta la cuarta parte del valor original. Esto se debe a que el límite líquido decrece y el límite plástico se incrementa.
2. El suelo sufre aglomeraciones decreciendo la fuerza que liga las partículas sustancialmente.
3. La Cal (y el agua) acelera la desintegración de los terrones de arcilla durante el mezclado.
4. La Cal ayuda en el secado de suelos húmedos rápidamente, acelerando de este modo la compactación.
5. La dilatación y la contracción, características de los suelos de arcilla, se reduce marcadamente.
6. Después del curado, el esfuerzo de compresión no confinado, aumenta considerablemente, algunas ocasiones hasta 40 veces el valor original.
7. Los valores de sostenimiento de cargas o valor soporte aumentan sustancialmente.
8. El esfuerzo de tensión o flexión aumenta marcadamente.
9. Las capas de suelo estabilizado con cal forman una barrera resistente al agua, impidiendo la penetración del agua que se encuentra debajo por capilaridad.

3.2.1.2 Tipos de suelo para los que es apropiado su uso.

La principal característica de la cal, por la cual es utilizada como estabilizante, es la serie de cambios tanto físicos como químicos que producen en un suelo. En el caso específico de las arcillas, la reacción química es doble; primero se aglomeran las finas partículas de arcilla en forma ordinariamente desmenuzables del tamaño de los limos o arena, completo este fenómeno es llamado cambio de base. Por lo descrito anteriormente se dice que la cal reacciona mejor con suelos plásticos que contengan bastante arcilla.

3.2.2 Estabilización con cemento Portland.

La estabilización de suelos con cemento portland es una de las más utilizadas en la actualidad. Las prácticas relativas a su uso datan del año 1917, cuando J.H. Amies patentó un procedimiento de mejoramiento del suelo en base a mezclarse proporciones variables de cemento tipo portland. Desde ese entonces su uso se ha extendido por todo el mundo, utilizándose varias clases de cemento, aunque por sus cualidades predomina el cemento Portland. Entre los proyectos de estabilización con cemento se encuentran: la elaboración de bloques (terracretos), sub-base para pavimentos rígido y flexible, protección de presas de tierra, área de parqueos, etc.(3)

3.2.2.1 Modificación de las características del suelo.

El proceso que se lleva a cabo en la mezcla del suelo-cemento, es más mecánico que químico, por lo que la modificación con cemento no es muy importante ni se usa para suelos finos ya que se requerirán porcentajes muy altos de cemento, caso contrario a lo que sucede con la cal.

Un suelo modificado con cemento, es aquel que ha sido tratado sin llegar al endurecimiento, reduciendo su plasticidad, decreciendo el contenido de humedad y la capacidad de cambios de volumen, además de aumentar su valor soporte y su resistencia a corte.

Modificación de suelos finos; la modificación de suelos arcillosos-limosos es usada para incrementar su valor de soporte o resistencia, reducir su plasticidad (LL decrece y el LP se incrementa), reducir sus cambios de volumen e incrementar su trabajabilidad.

3.2.2.2 Estabilización.

Al igual que en el caso de la cal, la literatura existente sobre la mezcla suelo-cemento trata o menciona únicamente a la estabilización, ya que se supone en ésta se reúnen las dos reacciones, la modificación del suelo y su endurecimiento.

La estabilización es el equilibrio que brinda resistencia y firmeza, a través, de una reacción puzolánica en la que los elementos silíceos y los aluminicos reaccionan con componentes cálcicos para formar elementos cementantes.

3.2.2.3 Tipos de suelos para lo que es apropiado.

Generalmente, el cemento puede ser utilizado en casi cualquier tipo de suelo, aunque su uso no siempre resulta económico ya que cada tipo requerirá una adecuada cantidad de cemento para su estabilización, operación que es complicada debido a las variaciones en la naturaleza del terreno y frecuentemente, no queda otro recurso que mezclar las diferentes clases de suelos en ciertos lugares, para reducir a un mínimo los cambios en el material.

La materia orgánica puede interferir con la hidratación del cemento, ya que los ácidos orgánicos poseen una gran avidéz por los iones de calcio que liberan la acción original del cemento y los captan, dificultando la acción aglutinante del propio cemento o la estabilización de las partículas laminares de arcilla. También es nociva la presencia en el suelo de sulfatos de calcio de magnesio y otras sustancias ávidas del agua, pues privan a los aglomerantes de la humedad necesaria para su función. (3)

Las características mínimas que debe satisfacer un suelo para que los resultados sean verdaderamente satisfactorios son:

- a) Límite Líquido menor que 50%.
- b) Límite Plástico menor que 18%.
- c) Material que pasa al tamiz No. 200 debe ser menor que el 50%.
- d) El contenido de materia orgánica no debe sobrepasar el 1 - 2%.

Algunas arcillas muy plásticas que se salen de los límites anteriores, han podido ser estabilizadas con cemento mediante un tratamiento previo con un 2 - 3% de cal hidratada, con lo cual se logra dar al suelo mayor trabajabilidad y abatir su plasticidad.

Además, las arcillas requieren mayor cantidad de cemento y generalmente, es necesario pulverizar los terrones que existan para que se mezclen bien con el cemento, es por ello que la estabilización de suelos arcillosos resulta siempre más costosa en todo sentido que en los suelos arenosos.

3.3 Estabilización con productos Asfálticos.

Los materiales bituminosos han sido empleados con éxito para estabilizar tierras o arenas, y para impermeabilizar materiales graduados similares a las bases no tratadas, pero con más materiales plásticos finos. El proceso es puramente mecánico y consiste en cubrir las partículas con el material asfáltico sin que exista o se produzca reacción química.

Son tres los tipos de productos que se han utilizado en este tipo de estabilización:

- a) Productos Bituminosos, que son sistemas anhídridos de hidrocarburos totalmente solubles en bisulfo de carbono.
- b) Productos asfálticos, procedentes de la destilación y refinamiento del petróleo o asfaltos naturales.
- c) Productos residuales de la destilación destructiva de la materia orgánica, tales como el carbón, ciertos aceites, lignitos, turbas y alquitranes.(3)

3.3.1 Tipos de suelos para los que es apropiado su uso.

Prácticamente, todos los tipos de suelos responden a la estabilización con asfalto, incluyendo las arcillas más compresibles y activas, pero los mejores resultados se obtienen sin duda con arenas y gravas arenosas, materiales a los que el asfalto, de cohesión e impermeabilidad. La granulometría del suelo no es esencial, pero se obtienen mejores resultados con los suelos que llenan los siguientes requisitos:

- a) Más del 50% del material debe ser menor que el tamiz No.4.
- b) De 35 a 100% del material debe ser más fino que el tamiz No. 40.
- c) El retenido en la malla No. 200 debe estar comprendido entre el 10 y 50%.
- d) El límite de la fracción fina debe ser menor que el 40%.
- e) El índice de plasticidad de la fracción fina debe ser menor que el 18%.

Si el suelo llena los requisitos anteriores se obtendrá el efecto deseado de unión e impermeabilidad de las partículas, ya que se llenarán perfectamente los vacíos del suelo.

La concentración de materia orgánica y sales con alto valor de PH, son contraindicadas, pues perjudican mucho la adherencia entre el suelo y el asfalto. Las arcillas muy plásticas presentan dificultades en ser tratadas con asfalto, debido a problemas de mezclado y al alto contenido de asfalto que requieren.

3.4 ESTABILIZACION MECANICA.

La estabilización mecánica comprende dos métodos para mejorar las características del suelo:(3)

3.4.1 El reordenamiento de las partículas.

Es lo que se llama corrientemente como compactación y es el método más antiguo e importante de todos los métodos, así como también dependiendo del tipo de problema puede resultar el más económico, ya que por sí solo, da al suelo características necesarias en la construcción de gran diversidad de obras.

Se entiende por compactación de los suelos a el incremento artificial de su peso específico seco por medios mecánicos. La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter el suelo a técnicas convenientes que aumentan su densidad relativa seca, disminuyendo sus vacíos.

3.4.2 Cambios esperados en las propiedades del Suelo.

Como se mencionó se requiere un aumento en la resistencia y disminución en la capacidad de deformación, reduciendo los vacíos que en el suelo existen, dicho efecto se puede producir de varias maneras; reorientación de las partículas, fractura de los granos o de las ligaduras entre ellas, seguida por reorientación y la flexión de las partículas y sus capas absorbidas. La energía que se gasta en el proceso depende del tipo de partículas que componen el suelo y de la manera como se aplica el esfuerzo de compactación.

En suelos cohesivos la compactación está acompañada principalmente de la flexión y reorientación. A medida que la humedad de un suelo aumenta, la cohesión disminuye, la resistencias se hace menor y el esfuerzo más efectivo. Las propiedades de los suelos cohesivos pueden ser muy variables dependiendo si la compactación se efectúa a un contenido de humedad mayor o menor que el óptimo, aún cuando se alcance el mismo peso específico seco.

Generalmente la resistencia aumenta con el aumento de peso específico, aunque este aumento va disminuyendo a medida que se acerca al límite de saturación. La compresibilidad disminuye el aumento del peso específico (o la disminución de la relación de vacíos) y la disminución de la humedad de compactación.

3.5 ADOBE TRADICIONAL.(3)

3.5.1 Ventajas y Desventajas de su uso.

3.5.1.1 Ventajas.

1. La materia prima par su elaboración es de fácil obtención pues las personas que lo fabrican pueden obtenerla en un lugar cercano a donde van a construir.
2. Su elaboración es bastante rápida y no se necesita demasiada mano de obra.
3. Su densidad es baja.
4. El terreno sobre el que se fabrica exige pocos requerimientos, como ser plano, seco y sólido.

5. La inversión necesaria para su elaboración es baja, dado que no necesita demasiados moldes, uno por operador.

3.5.1.2 Desventajas.

1. La selección del banco es de manera empírica y en algunos casos es muy arbitraria, ya que se opta no por el que ofrezca mayores ventajas o cualidades, sino por el que se encuentre más cercano.

2. El material se trabaja saturado en agua.

3. Existe una contracción fuerte debido a la pérdida de agua durante el secado, teniendo como consecuencia directa el apareamiento de grietas.

4. Como resultado de que no existe una compactación del material, se obtiene un adobe de constitución porosa.

5. Como consecuencia de esa porosidad del adobe, la absorción de agua es de fácil saturación y ante los fenómenos climatológicos y atmosféricos se produce, de forma notable la erosión de los mismos.

6. Por los aspectos anteriores, se hace obligatoria su protección contra la interperie con un repello o con un buen encalado, lo cual aumenta los costos de la vivienda.

7. Las dimensiones de los adobes varían de un lugar a otro dependiendo del criterio del que lo fabrica.

3.6 EL ADOBE MEJORADO MEDIANTE ESTABILIZACION MECANICA.

3.6.1 Forma de Fabricación.

La fabricación de estos bloques requiere moldes de madera dura y cepillada, para que tengan una buena durabilidad, debido al mal trato a que serán sometidos.

Para que los adobes no se peguen a los moldes, éstos deben estar bien limpios, y además se les debe echar aceite quemado o en su defecto espolvoreárseles arena fina.

Los moldes deben estar colocados sobre una superficie plana, sólida y superficialmente dura, para evitar que haya vibraciones a la hora de apisonar y evitar que el adobe se agriete.

La mezcla se echa en el molde y se va apisonando por capas, tres en total, de 1/3 de la altura de cada una, teniendo el cuidado de echar en cada uno poco más de mezcla en las esquinas, para evitar que formen vacíos en las mismas. Para el apisonado se utilizan dos tipos diferentes de apisonadores: Uno grande de aproximadamente 14 libras de peso, con el cual se le dan 25 golpes, distribuidos uniformemente en toda la superficie de cada capa. El otro apisonador es más pequeño y de unas 6 libras de peso, que se utiliza en las esquinas y los bordes que no pudieron ser apisonados con el otro por la limitación que implica su tamaño, tratando de obtener una compactación uniforme. Se debe tener cuidado al terminar de compactar la última capa, de quitar el excedente de material, utilizando para ello una reglita o una paleta, con la cual también se logra que la altura del adobe se mantenga uniforme.(3)

En seguida se procede a desarmar los moldes para sacar los adobes; tener cuidado al despegar cada una de las partes del molde, para no dañar las orillas y esquinas de los adobes.

El cuidado que requieren los adobes es el siguiente; a los quince días de elaborados se deben parar sobre uno de sus bordes longitudinales, lográndose con ello que se pueda secar uniformemente de los dos lados. A las tres semanas de curado, ya se puede cargar y apilar para su correspondiente almacenaje.

Se hace estrictamente necesario que el adobe sea secado completamente a la sombra, pues el sol directo les produce fallas en su estructura por el rápido evaporamiento del agua, también deben protegerse de la lluvia y de la humedad elevada.

3.6.2 Ventajas y Desventajas de su uso:(3)

3.6.2.1 Ventajas.

1. El material a utilizar es de mejor calidad, debido a que existe una adecuada selección del banco.
2. Debido a que hay una previa trituración del material, se logran una mejor distribución de los finos.
3. Gracias a que existe un Análisis de Laboratorio de los materiales, se logran obtener los porcentajes óptimos para el diseño de la mezcla de finos y arena.

4. El gasto de agua es menor, ya que la mezcla se trabaja con el contenido óptimo de humedad, el cual se ha determinado con anterioridad por medio de un estudio de compactación.

5. Al utilizarse el contenido óptimo de humedad, se logra que la contracción y el agrietamiento de los adobes sea mínimo porque no hay excesos de agua, y gracias también al método de apisonamiento que hace que no existan demasiados vacíos.

6. Su resistencia a pruebas mecánicas de laboratorio (flexión y compresión) es considerablemente alta, ya que sobrepasa ampliamente a los adobes tradicionales.

7. La absorción de agua es menor, dada la disminución de los vacíos, lo cual viene a alargar su vida útil.

8. La pudrición del pino o de la paja se minimiza como consecuencia de la ausencia de oxígeno y la poca penetración de agua.

9. Las dimensiones del adobe son más prácticas, ya que fueron dadas en base a pruebas que se realizaron con anterioridad.

3.6.2.2. Desventajas.

1. La selección del banco, hace más dificultosa la obtención y posible traslado del material, en algunos casos.

2. La trituración del material, la remoción de partículas gruesas, y la elaboración del adobe demanda un mayor consumo de energía y tiempo que para el adobe tradicional.

3. Es necesario capacitar la mano de obra.

4. Su peso en relación a su volumen es más alto que el del adobe tradicional, debido a su mayor densidad y también al mayor consumo de materiales.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

3.7 EL ADOBE MEJORADO MEDIANTE ESTABILIZACION CON CAL

3.7.1 Definición.

Es una mezcla de suelos finos y arena, cuya proporción es la misma que con la que se obtuvo el adobe mejorado por estabilización mecánica, solamente que ahora se incluye un porcentaje de cal.

3.7.2 Elaboración.

Se utilizan los mismos moldes y el mismo sistema de apisonado que para el adobe estabilizado mecánicamente; los apisonadores también son los mismos. Lo que se puede notar es que los adobes estabilizados con cal son más fáciles de despegar de los moldes que los demás tipos.

3.7.3 Ventajas y Desventajas de su uso.(3)

3.7.3.1 Ventajas.

1. La escogencia del material es hecha de la misma forma que para el adobe mejorado, es decir que se ha buscado un banco adecuado a los requerimientos planteados.
2. Existe una mejor distribución de la cal con la mezcla de finos y arena, dado que estos materiales fueron triturados previamente en seco.
3. Además de los ensayos del laboratorio de suelos, el material es sometido a ensayos químicos para determinar su composición, lo cual permite conocer cuales serían sus reacciones con la cal, lográndose con ello el porcentaje más adecuado a la misma.
4. A pesar de que el gasto de agua es levemente mayor que el del adobe mejorado, sigue siendo mucho menor que el del adobe tradicional.
5. Ya que se hacen estudios previos de compactación, se logra trabajar con un porcentaje óptimo de humedad.
6. Gracias al agregado de la cal, el adobe se vuelve más liviano.
7. El secado del adobe es más uniforme, con lo que se logra una contracción menos violenta, desapareciendo aún mas la formación de grietas.

8. Su resistencia a pruebas mecánicas de laboratorio (flexión y Compresión) es mayor que la del adobe tradicional.

9. Las orillas del adobe soportan mejor el manejo y traslados que el adobe mejorado.

10. La cal viene a aumentar la cohesión entre las partículas, facilitando grandemente el proceso de apisonamiento, disminuyendo el tiempo de moldeo.

11. El adobe estabilizado con cal resiste mejor el contacto directo con el agua, comprobado con pruebas de succión.

3.7.3.2 Desventajas.

1. El hecho de que existe un nuevo elemento en la mezcla (La cal) es un factor que incrementa los costos.

2. Tiene las mismas desventajas que tiene el adobe estabilizado mecánicamente en comparación con el adobe tradicional.

4. TECNICAS DE CONSTRUCCION CON ADOBE

Según el censo de 1,981, o cuarto censo de habitación se estableció que el tipo de material que predomina en la paredes exteriores es el adobe; ocupando en el área rural un 30.39%. Y se ha podido establecer que en muchos casos la cimentación no se utiliza, ya sea por desconocimiento de su función, ignorancia o falta de materiales y recursos.

4.1 MAMPOSTERIA SIN REFUERZO.

4.1.1 Adobe sin refuerzo.

En Guatemala se ha utilizado el adobe para construir como principal material; al realizar diferentes tipos de viviendas, entonces un muro es de carga, cuando soporta su propio peso y está además sometido a carga vertical.

Un muro es de corte, cuando resiste fuerzas horizontales aplicadas en su plano. Un tabique es un muro de no más de tres metros de altura, que soporta simplemente su propio peso y además, delimita ambientes.

Los investigadores sugieren efectuar cimientos bien trazados y muros perfectamente a escuadra, nivelados y con verticalidad a plomada. Las excavaciones para cimientos debe tener una profundidad mínima de cuarenta centímetros y un ancho que como mínimo sobrepase el doble del ancho del muro. Es conveniente que se cimiente el muro en concreto ciclopeo, además se deben proteger las primeras hiladas de adobe con un sobrecimiento de concreto de igual ancho que el muro.

Los muros de carga se pueden levantar con unidades colocadas de punta o soga para paredes intermedias pero no se aceptan muros con unidades colocadas de canto, la forma de levantar los muros es semejante a la de los muros de ladrillo.

Un grupo de tres hombres colocan de 300 a 350 adobes en un muro en una jornada de ocho horas.

Además de esto, se recomienda que lo muros sean en altura menor a ocho veces su espesor. Si las paredes no poseen contrafuertes, su longitud no debe sobrepasar en veinte veces el espesor del muro y, obviamente, no debe construirse de dos niveles.

Se recomienda hacer dinteles encima de los vanos para puertas y ventanas, para sostener el muro sobre el hueco. Se estima que muros protegidos contra la humedad pueden llegar a tener una duración entre 25 y 40 años, por lo que se recomienda darles un revestimiento.

Una de las recomendaciones más usuales, en Guatemala, es la de hacer este dintel con un trozo de madera a especie de refuerzo horizontal, esta madera puede ser rústica, semilabrada, madera aserrada o malla soldada, de acuerdo a la posibilidad del lugar.

Los muros de viviendas deben orientarse, perpendicularmente para una adecuada sustentación de manera que actúen unos como contrafuertes de otros.

Utilizar un mortero de muy buena calidad para tener una mejor adherencia entre las unidades, lo cual contribuirá a la resistencia del muro, el mortero a emplear es el que mejores resultados demostró en el capítulo uno, donde se encuentran los parámetros de albañilería de el adobe.

4.2 MAMPOSTERIA REFORZADA.

Se ha encontrado que existen algunas técnicas para reforzar el adobe, entre las cuales se menciona refuerzo con caña de castilla, bambú o madera.

El bambú, es recomendable utilizar sus tallos cortados con edad entre tres y ocho años, ya que durante esta época el bambú tiene sus mejores cualidades físicas para soportar flexión, tensión y compresión.

La caña, generalmente la caña que se utiliza es la de maíz, la cual es muy barata y asequible, pero solo dura cuatro años. A veces se usa la caña brava, que es sólida en su interior y por lo tanto dura entre ocho y diez años, pero es muy cara.

4.2.1 ADOBE REFORZADO CON CAÑA DE CASTILLA.

Para construir con esta técnica es necesario elaborar los adobes o mandarlos a hacer con una mezcla adecuada, para obtener adobes de calidad. El adobe que se emplee puede ser de forma cuadrada o rectangular, tener en consideración que una mitad del adobe tiene que ser previsto con un agujero perforado de aproximadamente dos pulgadas en el centro de dicha mitad.

4.2.1.1 Construcción de muros.

El refuerzo en la estructura con dichos muros de la siguiente manera: se colocan pines a cada 0.60 m o según dato de cálculo, utilizando para ello la caña de castilla, tomar en cuenta que los adobes fueron contruidos con un hoyo como ya se explicó, se funden los pines en el cemento con una separación igual a 2.5 unidades de adobe, se comienza a colocar hiladas de adobe, una después de la otra, usando como mortero adherente entre las unidades el material del cual está hecho el adobe, previamente humedecido.

El agujero que tienen los adobes debe permitir el paso de los nudos y uniones que tiene la caña de castilla y así producir el efecto de pineado. Luego de insertar el adobe en la caña y unirlo con mortero a la hilada, previamente colocada, se procede a rellenar los lados del agujero con el mismo mortero de unión y, así sucesivamente, hasta llegar a la altura deseada, procediendo, luego a colocar los dinteles de madera, que son los usualmente usados, si es que el muro lleva una ventana. Los dinteles son de madera, porque sirven para reforzar los tramos largos de adobe que están, simplemente apoyados en sus extremos y soportando una carga distribuida encima, ya que en tramos continuos la capacidad de carga del mismo es baja.

Como la capacidad de soportar flexión del adobe en tramos largos, simplemente apoyados, es prácticamente nula, es necesario colocar refuerzo horizontal.

La dificultad que presenta este método está en que el adobe tiene que levantarse hasta la altura que tiene el extremo superior de la vara de castilla.

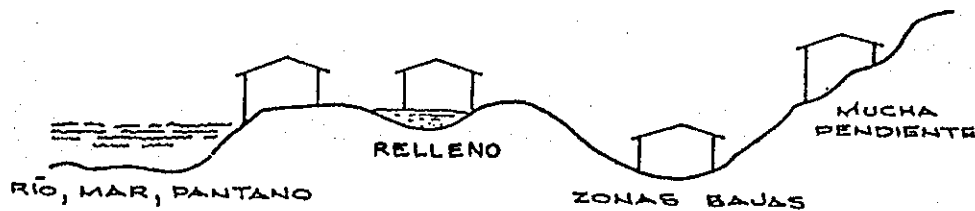
Verificar que los agujeros en donde se encuentra la caña de castilla, estén bien rellenos con mezcla para hacer adobe o mortero, y tener el cuidado de que las hiladas colocadas estén bien niveladas y a plomo. (1)

5. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Cuando se refiere a recomendaciones constructivas es para dar mención, de cómo construir una casa de adobe adecuadamente, principiando desde cómo elegir el terreno adecuado, hasta la colocación del techo. Pasando por las distintas fases que se suscitan en la construcción de una vivienda. (6)

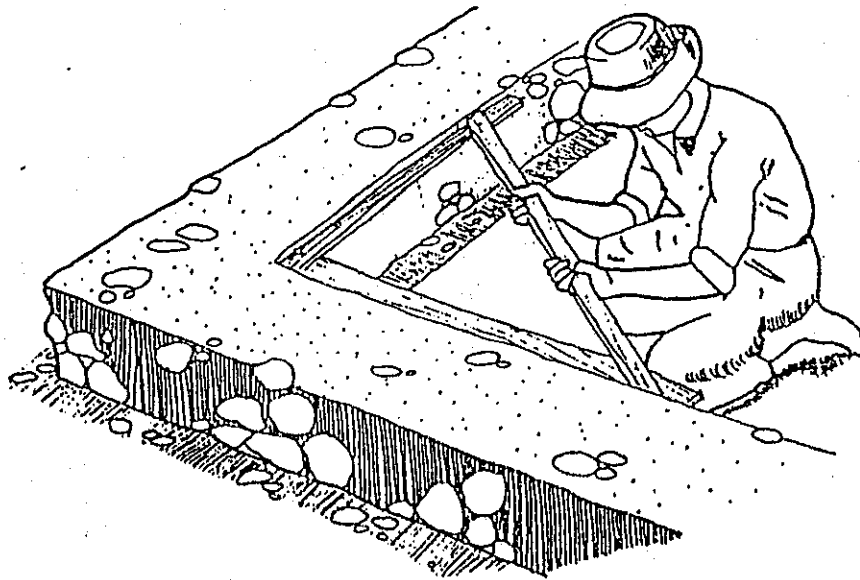
a. Debe elegirse, como ubicación correcta de la vivienda, un terreno seco, sólido y plano, de preferencia ligeramente elevado con respecto al suelo adyacente y fuera del sitio de barrancos.

b. Debe evitarse la proximidad a los pantanos, mar o ríos; las zonas de relleno, las zonas bajas, y los terrenos con mucha pendiente, esto es con el hecho de evitar problemas de deslaves, hundimientos, etc.



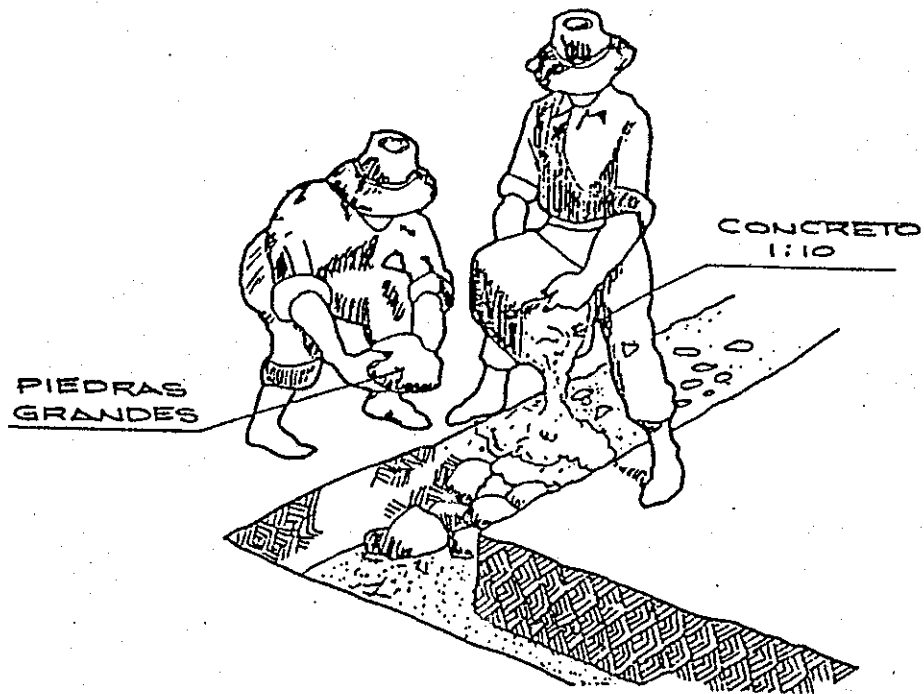
c. La construcción debe efectuarse perfectamente nivelada.

d. Los cimientos y muros deben estar perfectamente a escuadra.

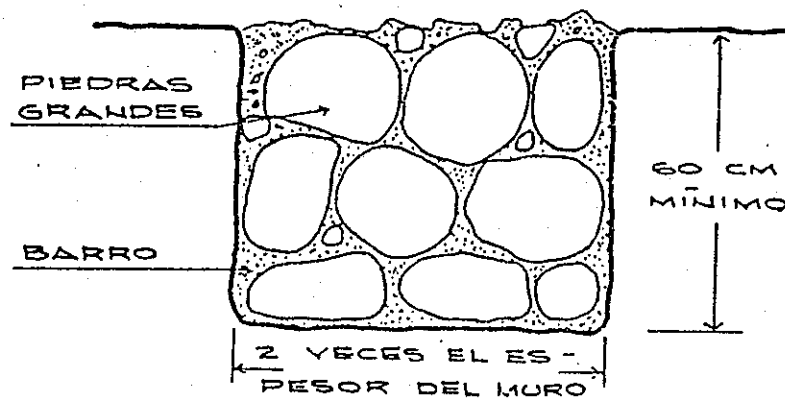


e. El ancho de las excavaciones para cimientos, debe ser como mínimo una vez y media el espesor del muro. Se debe excavar hasta llegar a terreno firme; de lo contrario, es preferible excavar entre 40 a 60 centímetros de profundidad.

f. Los cimientos se deben hacer de preferencia de concreto ciclopeo. El concreto ciclopeo no es más que la relación de una parte de cemento, cuatro partes de arena y seis partes de grava. También una relación de una parte de cemento con diez partes de piedra.



g. Cuando no se dispone cemento, puede emplearse cal y como último recurso, pueden construirse con piedras grandes asentadas con barro, siempre que el ancho del cimiento sea dos veces el espesor del muro y su profundidad no inferior a 60 centímetros.

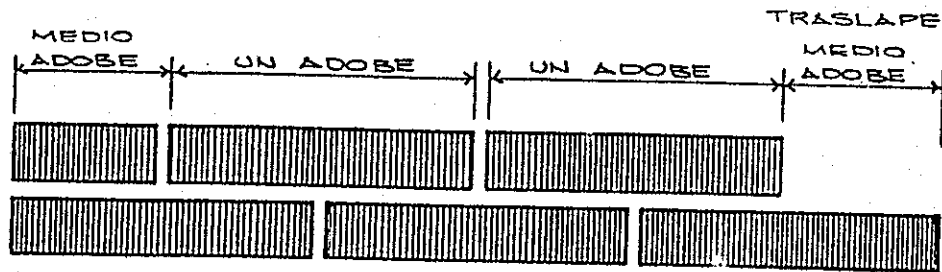


h. Hay que proteger de la erosión las primeras hiladas de adobe, lo cual se consigue de la siguiente manera:

1. Colocando un sobrecimiento de concreto, del mismo ancho del muro.
2. Haciendo un sobrecimiento de piedra mediana con mortero de cemento o cal.

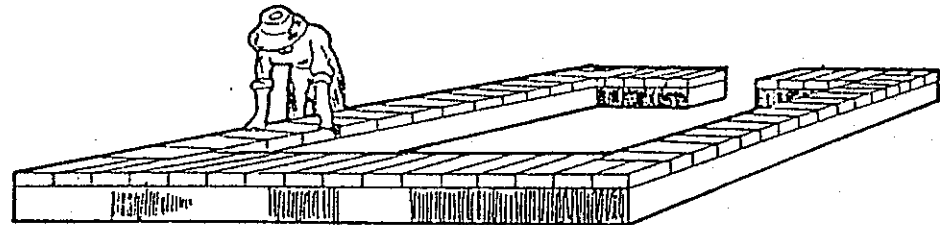
i. Las uniones entre los adobes, tanto horizontales como verticales, se hacen con el mismo barro del adobe y su espesor debe ser de dos centímetros. El mortero de pega se puede mejorar agregándole cemento; tomando en consideración 1 a 2 partes para 20 partes de tierra. Mezclándolo bien en seco antes de añadirle el agua.

j. Todos los adobes deben quedar trabados con un traslape de medio adobe, al realizar el levantado de muro.



k. Los adobes se colocan en hiladas horizontales, siguiendo el contorno total que tendrá la vivienda, de tal modo que la construcción crezca pareja.

l. Para evitar el aplastamiento del muro por su propio peso, la altura máxima por día, no debe ser mayor a un metro.

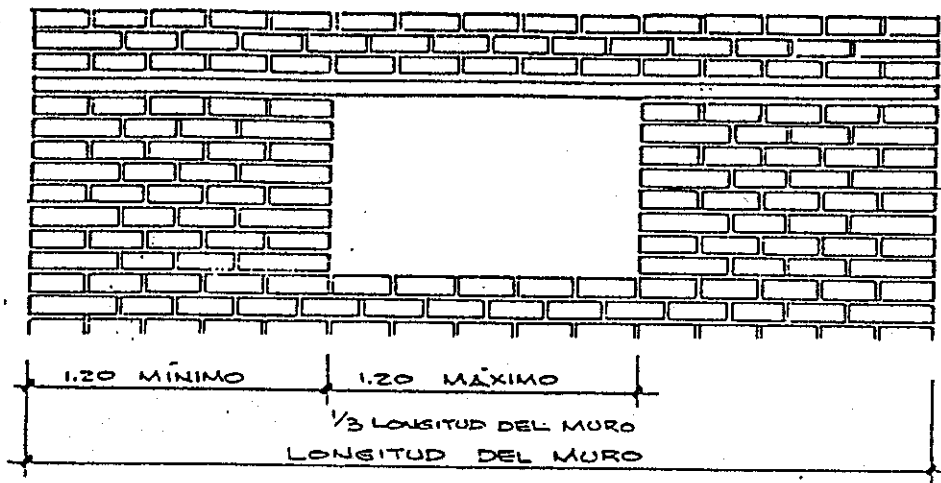


m. En los muros, se debe tener en cuenta que debido a parámetros realizados seguir este tipo de reglas:

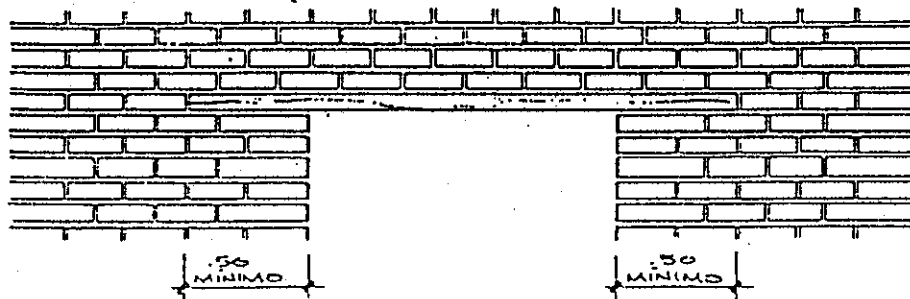
1. No es recomendable hacer esquinas en ochavo, es decir, procurar que las esquinas cumplan con 90 grados.

2. La longitud de un muro, tomado entre dos muros perpendiculares a él, no debe ser mayor que 10 veces su espesor. Cuando se necesita una longitud de muro mayor, se debe reforzar con un contrafuerte vertical intermedio.

3. La altura máxima de los muros no debe ser mayor que 8 veces su espesor.
4. El ancho de un vano no debe ser mayor de 1.20 m. La distancia entre una esquina con un vano debe ser inferior a 1.20 m. y la suma de los anchos de vanos en una pared no deben ser mayor que la tercera parte de su longitud



5. El empotramiento de un dintel aislado no debe ser inferior a 50 centímetros.



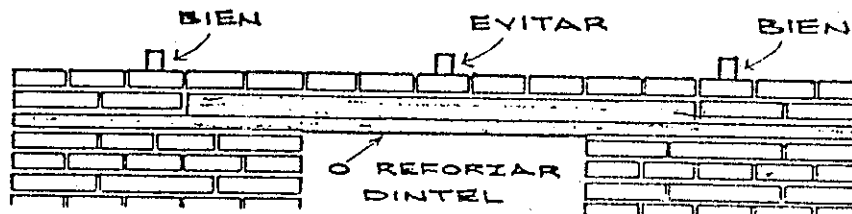
- n. En la parte superior de los muros, se debe colocar un refuerzo horizontal continuo o cadena de amarre que en lo posible debe coincidir con los dinteles de las puertas y ventanas. Encima de la solera se colocará un mínimo de dos hiladas más.

Todo el conjunto debe ir permanentemente unido en las esquinas para evitar que se abra y se debe recubrir con el mismo barro que se utiliza para asentar los adobes. Según los materiales que se encuentren en la región, esta cadena de collarín puede ser:

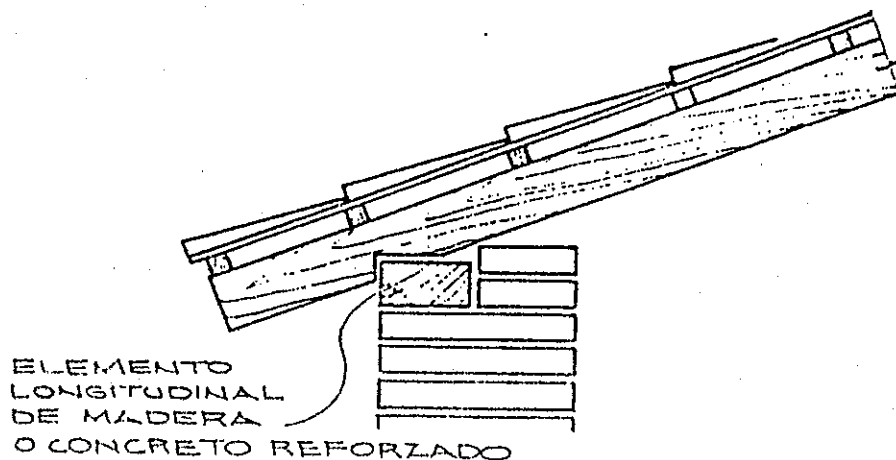
1. En madera rústica semilabrada con diagonales como refuerzos en las esquinas.
2. En madera rústica semilabrada, en paralelo con empalmes a media madera.
3. En madera aserrada en sección de 5 x 10 centímetros.
4. En malla soldada rectangularmente dentro de una junta de unión.

o. Los muros que reciben cargas del techo deben tener menos de 4 hiladas por la parte de abajo y más de dos hiladas encima del collarín o corona de amarre.

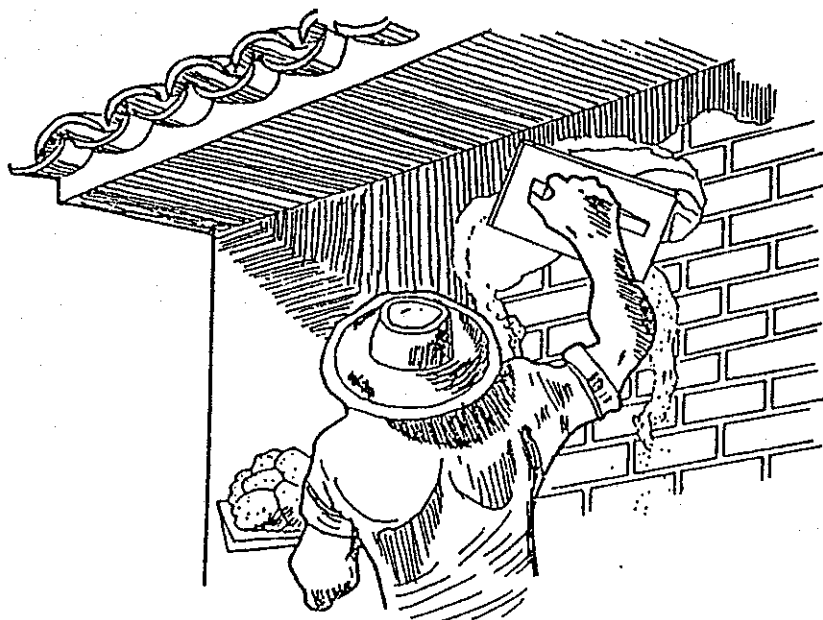
p. En lo posible el techo debe ser liviano y su pendiente no debe ser muy exagerada. En caso de que una viga del techo descansa sobre una abertura de puerta, deberá reforzarse el dintel. (6)



q. Para repartir la carga del techo sobre el muro de adobe, se debe colocar sobre éste un elemento longitudinal de madera o concreto reforzado.

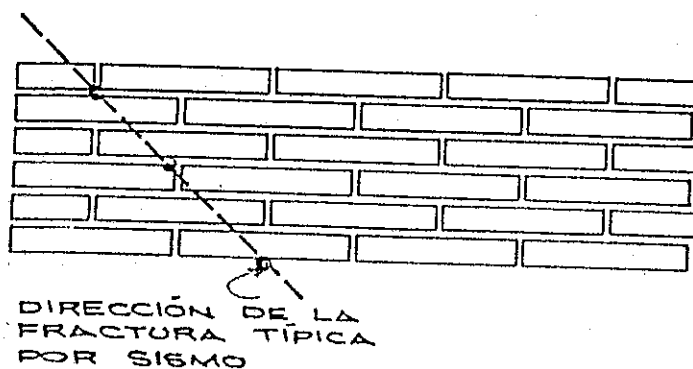


r. Se recomienda el uso de aleros o volados del techo, para proteger los muros del agua de lluvia, así como el revestimiento de los muros con un repello de barro. (6)



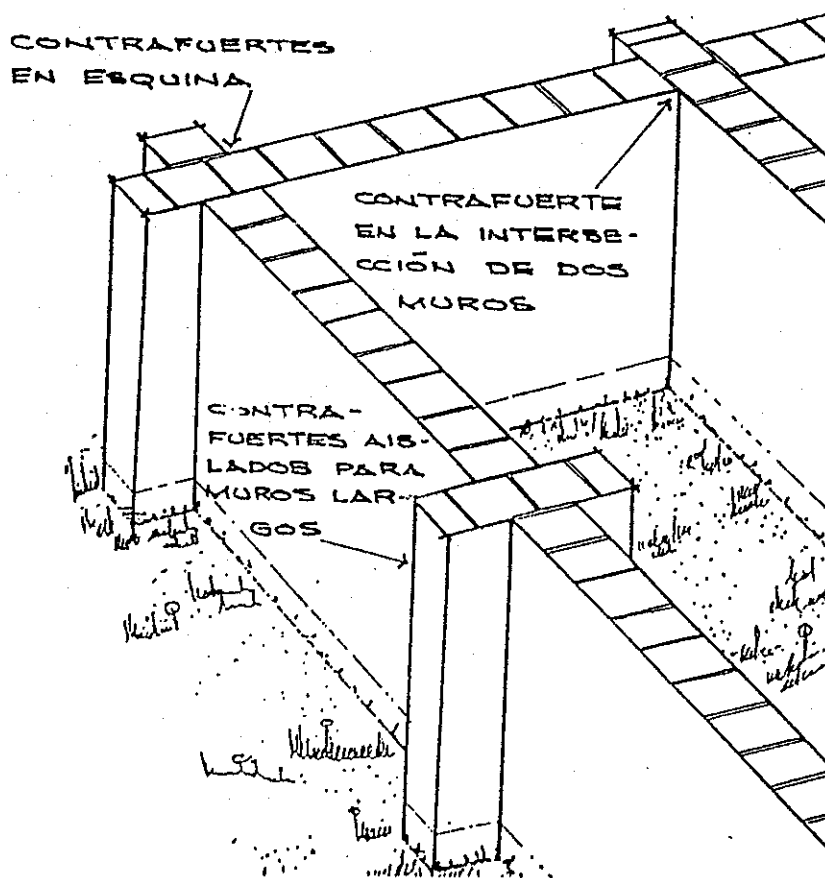
s. Se recomienda que la forma de el diseño de la casa o vivienda sea cuadrado como la mejor opción, ya que su simetría permite repartir las fuerzas sísmicas de igual manera en todas sus partes. Otra solución al diseño es la forma rectangular y la peor forma para diseñar una casa es de escuadra, ya que el momento que produce un sismo hace que las fuerzas sísmicas no se repartan igual en todas las paredes de la casa o vivienda.

t. El utilizar un adobe cuadrado brinda la seguridad ante el efecto de corte producido por los sismos.



u. Se recomienda que para evitar los cortes y desperdicios del material en obra, se realice la fabricación de medios adobes de 38 x 18 x 8 cm.

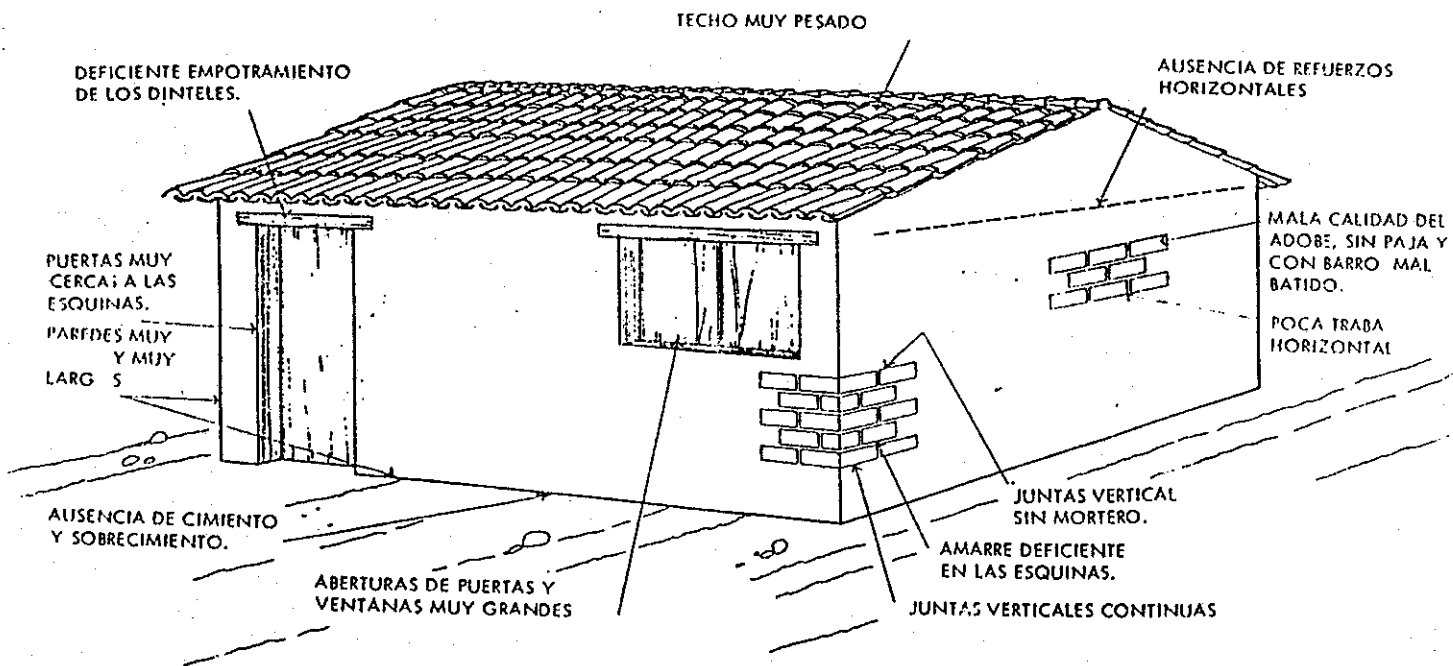
v. Se recomienda añadir contrafuertes en las esquinas, en intersecciones de muros y contrafuertes aislados cuando los muros son muy largos, para darle así mayor seguridad y rigidez a la construcción. Además permite la facilidad de ampliar la vivienda cuando se necesite.



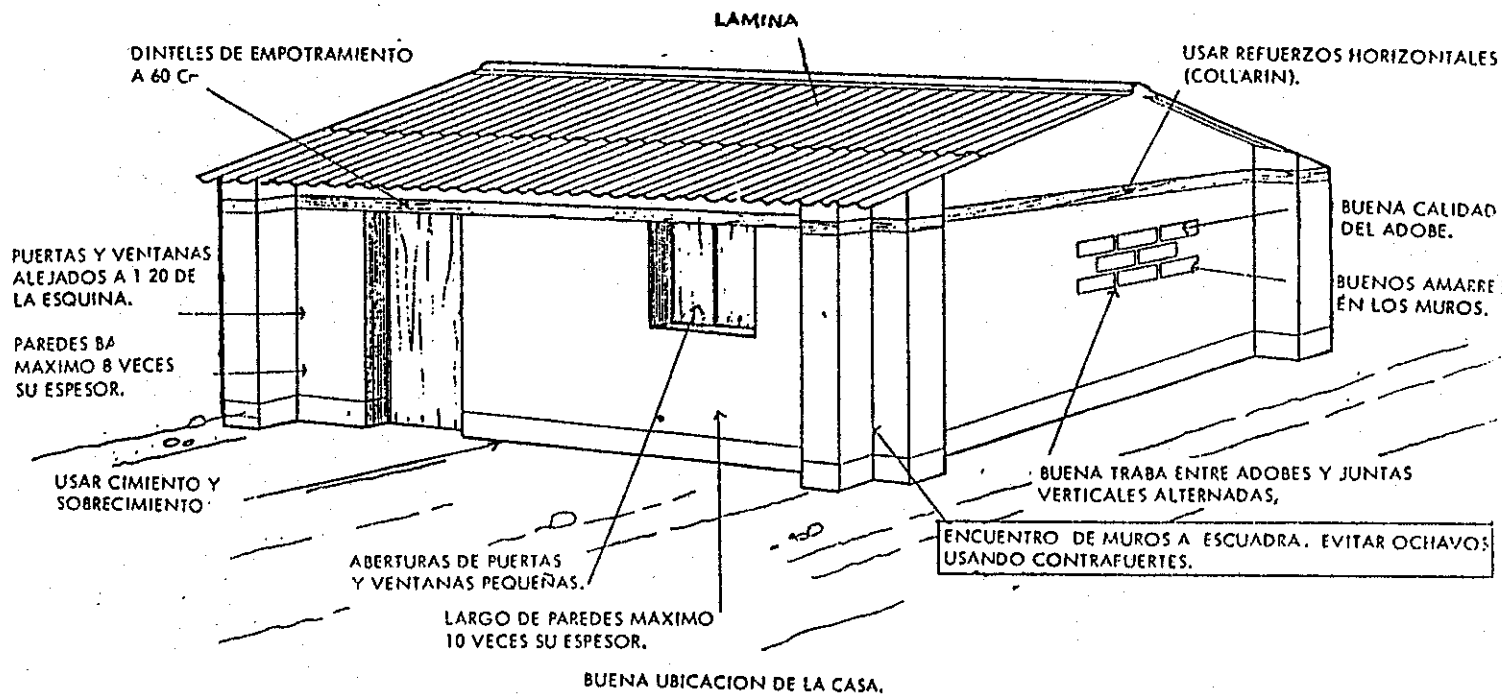
w. Es recomendable hacer énfasis que lo que se ha explicado en este documento, ha tenido pruebas o ensayos que ha llevado concluir que por el momento son las que mejores recomendaciones sobre métodos constructivos brindan contra la imperancia de los fenómenos naturales.

Como medida de comparación se ha realizado la graficación de lo que no se debe hacer con lo que se recomienda realizar y así obtener un juicio que brinde mayor seguridad.

Una mala casa construida con adobe:(6)



Una buena construcción con adobe tradicional, bajo recomendaciones, se puede apreciar en la siguiente figura comparativa con la anterior:



6. REQUISITOS ESTRUCTURALES DE DISEÑO

6.1 Definición.

Guatemala, está localizada en una zona tropical en donde se ve afectada por movimientos sísmicos, que en la mayoría de casos es la que más desastres ocasiona.

Es necesario tener investigaciones sobre el comportamiento de las construcciones de adobe y la manera de hacerlas seguras al construirlas.

El mayor número de casos de pérdidas de vidas y daños materiales ocasionados por los sismos se producen en viviendas rústicas de tierra, ubicadas en lo que se ha venido denominando el "tercer mundo".

Al ser éstas las zonas más desfavorecidas de la tierra, tienen necesidad de utilizar una serie de materiales de construcción que no son, en principio tan apropiadas como pudieran ser lo que se utilizan con las tecnologías más desarrolladas, como el acero, el hormigón, etc.

Los movimientos sísmicos se producen tanto en las zonas de rozamiento entre las placas que chocan, como en las zonas donde las placas se separan, coincidiendo estas últimas normalmente con zonas internas de los grandes mares u océanos.(7)

Los parámetros que definen el movimiento sísmico tienen una gran aleatoriedad y además la base estadística registrada es aún muy escasa, por lo que normalmente esta acción se suele definir por medio de los denominados espectros de respuesta.

Estos pueden definirse al tenerse varios osciladores simples con periodos t diferentes, recopilar estos datos puede dar resultados que formarán una curva, conocida como curva de espectro de respuesta.

Haciendo uso de la base estadística sobre movimientos sísmicos existente, se han determinado los espectros de respuesta de un buen número de sismos. Si se obtiene una media de los diversos espectros, se puede simular un sismo no muy lejano.

En ellas se observa que la aceleración máxima que produce la acción sísmica sobre el oscilador simple puede ser superior o inferior a la aceleración máxima del suelo, según sea el período propio de vibración de éste.

De esta curva se obtiene importantes conclusiones sobre el comportamiento sismorresistente de las estructuras de adobe y de las cuales se pueden mencionar: (7)

1. Las estructuras de adobe, tradicionalmente muy rígidas, poseen unos periodos de vibración relativamente bajos, por lo que entran de lleno en la zona donde la amplificación de los movimientos sísmicos es importante, por lo tanto las posibilidades de destrucción son mayores.

2. Existen zonas sísmicas donde la forma de los espectros de respuesta es bastante diferente de la ejemplificada, y son zonas limitadas con un suelo de características muy particulares.

De esto resulta un principio imprescindible al adoptar medidas de diseño sismorresistente al construir estructuras de adobe en zonas sísmicas de alto riesgo.

Para llegar a saber si la tierra es un material sismorresistente, es necesario hacer un análisis de las posibilidades del material y los procedimientos constructivos.

6.2 Requisitos sismorresistentes.

El grado de protección sismorresistente que posee una estructura depende del grado de cumplimiento de una serie de requisitos específicos que podrían resumirse de esta manera: (7)

6.2.1 UBICACION ADECUADA.

Es de mucha importancia que la estructura a diseñar, sea ubicada en un lugar apropiado, sobre un terreno estable y resistente en condiciones sísmicas.

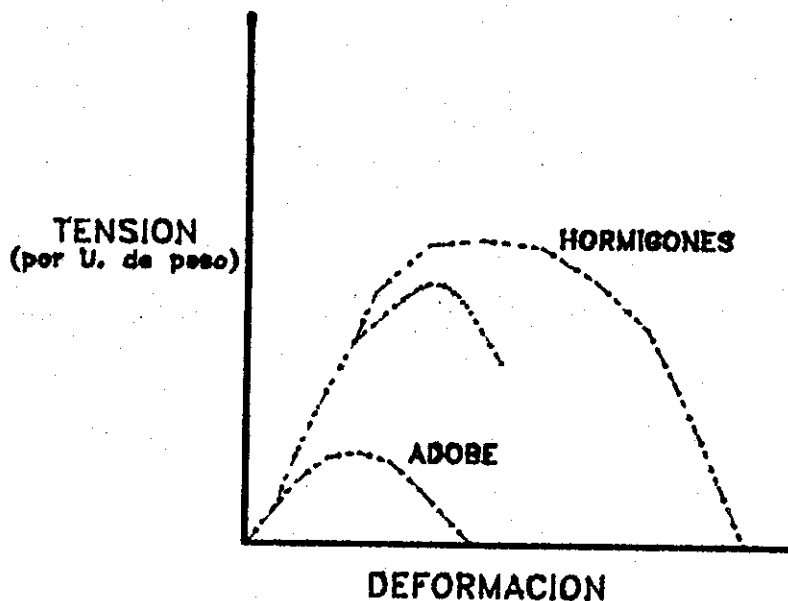
Cuando se habla de construcciones de tierra adquieren gran importancia; en tiempos actuales y en grandes ciudades urbanas, las viviendas de adobe se ubican en los peores lugares, en lo barrancos, en terrenos de relleno donde existen corrientes de agua. Resultando estos suelos para su uso menos rentables y de más fácil adquirir para las personas de bajos recursos, utilizándolos para construir su vivienda.

6.2.2 Material Resistente.

Para obtener un mejor comportamiento sísmico la resistencia y la rigidez por unidad de peso del material debe ser la mayor posible. Poseer un factor de amortiguamiento elevado; obtener un comportamiento estable ante cargas cíclicas y presentar una fácil adaptabilidad a las formas que se requieran.

El adobe no es el candidato ideal que reúna estas cualidades, pero llegando a utilizar un adobe estabilizado y de excelentes cualidades, como el de algunos bloques de adobe mostrados en lo largo del documento, se puede partir de ellos y tratar de diseñar lo mejor posible.

El adobe no resiste tracciones ni presenta un buen comportamiento ante la carga cíclica alternada, como se aprecia en la figura en donde se compara con otro material de construcción. (7)



6.2.3 Construcción ligera. No masa innecesaria.

Este aspecto posee una gran importancia en el diseño sismorresistente. Las fuerzas sísmicas son fuerzas reactivas (inerciales) y, como tales, dependen de la aceleración del movimiento y de la masa del objeto que se mueve. Por lo tanto entre menor sea la masa, menor será la fuerza sísmica presente.

Independientemente de esto, las estructuras no deben tener que soportar masas innecesarias (depósitos de agua, techumbres excesivamente pesadas, etc.), ya que dada a su baja resistencia, estas estructuras suelen ser pesadas, con muros de espesores considerables. La masa existente no suele ser innecesaria pero es, de todos modos, proporcionalmente muy elevada.

6.2.4 Estructura simple.

Por los datos que se obtenidos a través de los años, se observa que los daños producidos por un terremoto sobre las construcciones demuestra que, cuanto más simple sea la obra mejor es su comportamiento sísmico.

Parte de esto se debe a que es más fácil comprender el comportamiento sísmico global de una estructura sencilla frente al de una más compleja. Otra parte se debe a que es más fácil proyectar y construir una obra sencilla.

Para que las construcciones de adobe sean sismorresistentes, éstas como prioridad deben ser de un nivel, debido a que con este material se es muy difícil asegurar la correcta transmisión de acciones horizontales de una a otra planta. Y está reconocido por algunas normas de construcción que rigen en bastantes países.

No es recomendable la formas de plantas en "L", "H", "T" o en "+" debido a que no se pueden garantizar el comportamiento de una estructura de adobe cuando diversas partes de la misma vibran de una manera diferente. (7)

La rigidez lateral de los muros debe ser lo más uniforme posible, lo cual es algo dificultoso de encontrar debido a la existencia de huecos provocados por las ventanas y las puertas.

La estructura debe ser simétrica en cuanto a la ubicación de masas y rigideces en dos direcciones perpendiculares, esto significa que se necesita que el centro de rigideces coincida con el centro de masas.

6.2.5 Rigidez inicial.

Las estructuras de Adobe son más bien rígidas y normalmente se ubican sobre suelos de características similares a los de la propia obra.

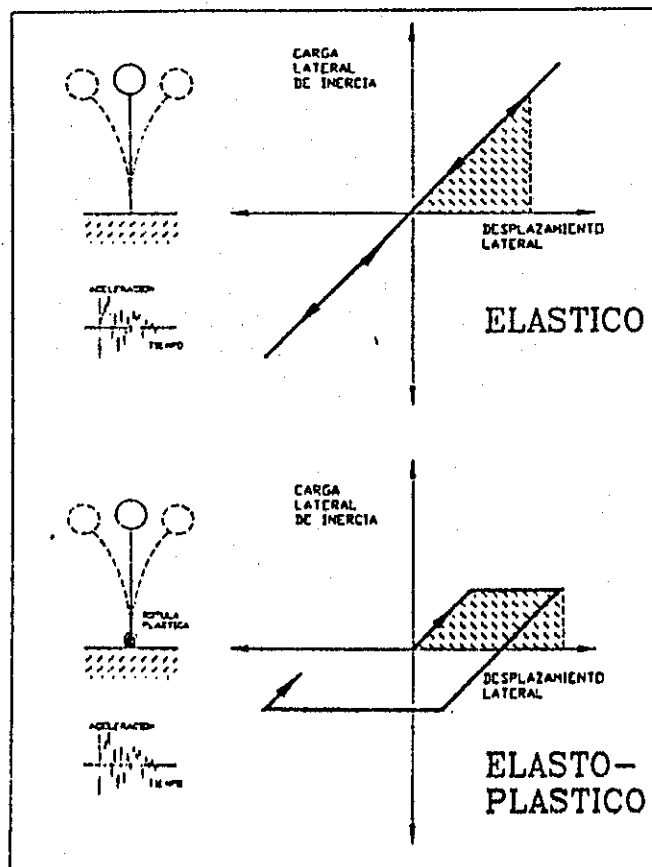
Los problemas de los elementos no estructurales como el adobe suelen ocasionar diferentes complicaciones pero estos pasan a ser secundarios; ya que lo que interesa es que pasen a ser completamente rígida, ya que es difícil conseguir con adobe, una estructura flexible y estable ante cargas cíclicas, alternadas, es decir, una estructura tenaz.

6.2.6 Distribución uniforme de rigidez.

Los sismos en la construcción son capaces de descubrir todos los puntos estructuralmente débiles en cualquier estructura.

Los cambios se producen normalmente por los cambios de resistencia, rigidez o ductilidad de los elementos de la estructura.

Se sabe que un comportamiento puramente elástico permite a la estructura regresar a su estado original, mientras que un comportamiento elastoplástico presenta una deformación que no es capaz de regresar a su estado original. (7)



Un muro de adobe resiste bien las cargas contenidas en su plano, pudiendo presentar fallos por las uniones de mortero y no por el adobe en sí.

Lo que es más factible es dimensionar los muros y hacerlos lo suficientemente grandes como para que la resistencia sísmica, en su plano, sea la adecuada. No obstante, para ello es necesario mejorar su comportamiento rigizando los muros con marcos en donde sean más necesarios.

El problema básico del muro empieza, no obstante, cuando la acción sísmica actúa fuera de su plano. El problema se debe a la baja resistencia a tracción del material, por lo que, por ejemplo, en un muro de esquina la tracción será tan fuerte que el material no resistiría por mucho tiempo esta carga.

Para evitar este tipo de fallos existen tradicionalmente dos soluciones, apoyar y reforzar. Reforzar el adobe es difícil y caro. Por lo cual la solución obvia implica disponer muros en dos direcciones, convenientemente entrelazados entre sí y suficientemente próximos, de manera que no permitan la existencia de grandes luces horizontales en el muro.

Las fuerzas sísmicas, pueden obligar a un tipo de deformación global que el adobe sea incapaz de soportar.

Este tipo de deformación indica la particular importancia que posee el techo en la resistencia sísmica de estas construcciones. Un techo suficientemente rígido podría evitar que estas deformaciones llegasen a ser excesivas al rigidizar el comportamiento conjunto de la estructura.

El problema de la rotura de esquinas reside en que eliminan la rigidización lateral que ejercen los muros transversales por lo que, después de la rotura, ambos muros se hallan en unas deficientes condiciones de resistencia ante cargas fuera de su plano. (7)

6.2.7 Estructura redundante.

Para realizar un sistema de defensa en toda la estructura se tiene que diseñar para cualquier tipo de problema. Una buena estructura sismorresistente es una figura lo más redundante posible, para que cuando ocurriera un fallo en una de sus partes, el resto de la estructura podría ser capaz de adaptarse a la nueva situación y seguir resistiendo.

Aunque se presente una estructura estáticamente indeterminada y sus propiedades son muy interesantes, se requiere además que posea un comportamiento dúctil, tenaz y estable ante cargas cíclicas alternadas.

Con las estructuras de adobe, una solución para obtener redundancia en el comportamiento de éstas es, como se ha mencionado, la rigidización de la estructura por su techo.

Los techos pueden ser rígidos o flexibles. Un techo flexible será, con toda probabilidad, más ligero que uno rígido, lo que implica menos masa y menos acciones inerciales. Sin embargo no asegurará el comportamiento de la estructura como un todo.

Es necesario que la estructura trabaje de una forma global, lo más compacta posible, pues ésta es la única manera de asegurar que si se produce un fallo local en alguna parte de la estructura, el resto de la misma sea capaz de asistir a la zona dañada.

Una solución más lógica es, aparentemente, conseguir una integración perfecta entre el techo como una caja, con lo que su comportamiento sismorresistente sería mucho mayor.

Otra solución es hacer uso de un techo flexible y ligero pero enganchar los muros con una solera de coronación. (7)

6.2.8 Detalles constructivos apropiados.

Una estructura tiene que ser construida con sus detalles correctos para un buen funcionamiento según el comportamiento sísmico previsto.

No es factible garantizar el comportamiento dúctil adecuado del adobe, al menos con la fiabilidad con la que puede realizarse con otros materiales.

Para conseguir un funcionamiento de la estructura de tierra como una caja, es necesario asegurar un buen comportamiento de las trabas y uniones, y esto es muy difícil de conseguir, especialmente en la unión entre muro y techo.

6.2.9 Equilibrio adecuado de rigidez y resistencia entre elementos y conexiones.

Una cadena se rompe siempre por el eslabón más débil, por lo tanto es inútil utilizar elementos estructurales dúctiles o resistentes si la conexión entre ellos es deficiente.

La falta de anclaje y de buenas uniones entre los muros de adobe entre sí y con el techo suele ser la causa primaria de los fallos de estas estructuras frente a sismos.

Es muy importante que la resistencia sísmica de la estructura debe existir en todos los sentidos, sin que existan direcciones más desfavorables.

Este problema se plantea con cierta frecuencia en las estructuras de adobe debido a la presencia de puertas y ventanas y, en general, a huecos en los muros.

6.2.10 Cimentación adecuada.

Un diseño sismorresistente eficiente es aquel que combina una armonía entre el cimiento y la estructura, es decir que exista un comportamiento integral y compatible mientras dura el movimiento sísmico y una compatibilidad en rigidez y resistencia entre ambas.

En el caso del adobe posee especial importancia el encontrar una forma de unión adecuada entre los muros y el suelo para evitar deslizamientos de aquellos.

La posibilidad de deslizamiento es ciertamente elevada debido a la masa y rigidez del sistema y a la baja resistencia al esfuerzo cortante del material.

Las estructuras de adobe poseen un defecto de erosionabilidad por las aguas de escorrentía. Las aguas de lluvia pueden socabar los muros o disminuir su sección justo en la base de éstos haciendo que sea precisamente esa sección la parte más débil del conjunto y facilitando la desconexión entre la cimentación y la estructura.

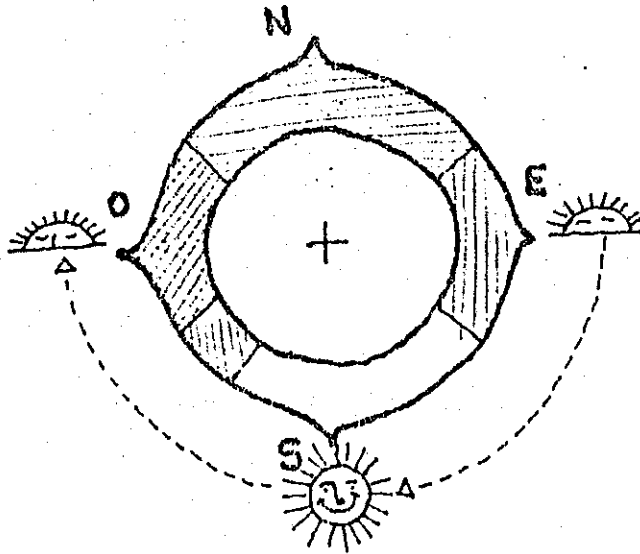
Si la cimentación no es suficientemente impermeable, el agua puede penetrar fácilmente, por capilaridad, en los muros de adobe, reduciendo notablemente su resistencia mecánica.

Por tales motivos es necesario construir con especial esmero y para ello sugerir trabajar con un material como un concreto aunque se coloque un concreto pobre en la mezcla. (7)

7. CONDICIONES DE HABITABILIDAD

7.1. ORIENTACION.

La orientación es un factor muy importante que depende del tipo de clima y lugar en que se encuentre el proyecto donde va a construirse. una casa de este material y por tal motivo se tiene que ubicar de excelente manera los diferentes ambientes que formarán el proyecto. (8)



La figura 7.1 y la tabla 7.1 demuestran el lugar donde se debe orientar los ambientes para obtener una buena distribución.

ATIVIDAD	ORIENTACION							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
DORMIR	x	x	x	x	x	x		
SOCIAL				x	x	x		
FAMILIAR				x	x	x	x	
VIVIR				x	x	x	x	
COCINAR		x	x	x	x			
JUGAR				x	x	x		
ESTUDIAR		x	x	x	x	x	x	x
TRABAJAR		x	x	x	x	x	x	x
DESAYUNAR			x	x				
ALMORZAR				x	x	x		
CENAR			x	x	x	x	x	
GUARDAR	x	x					x	x

7.1.1 El clima.

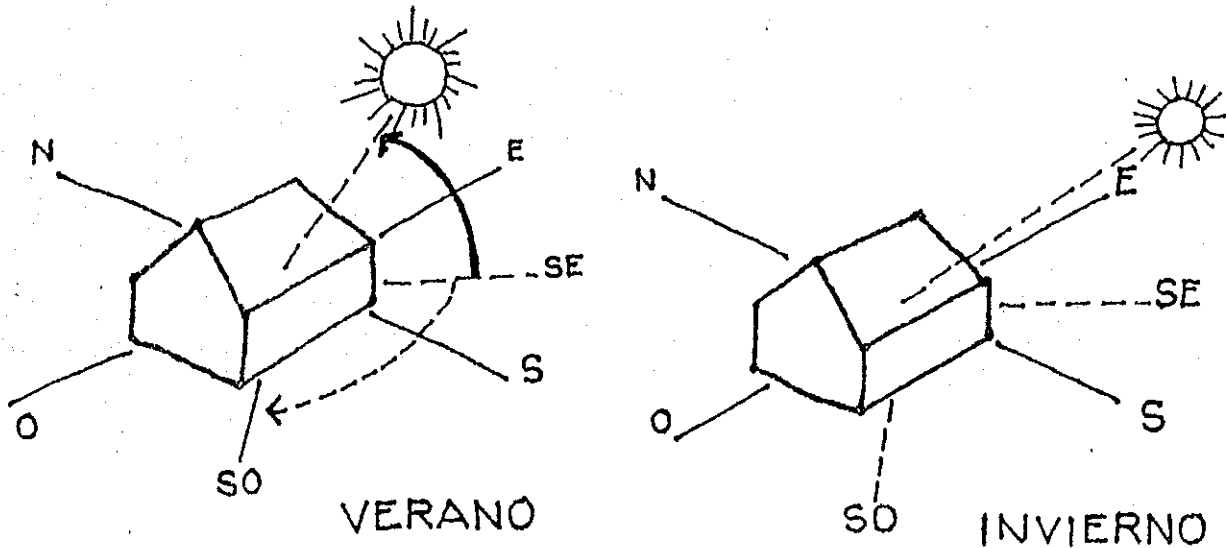
El sol, el viento, la temperatura, etc., afectarán la localización de ambientes y se debe proteger en algunas ocasiones de las condiciones climáticas o aprovecharse de otras.

Para lograr un buen diseño es vital el conocer el clima de el sitio a construir para que el tipo de techo, ventanería, voladizos o aleros ayuden a crear confort a los futuros habitantes del proyecto a realizar.

El sol proporciona energía gratuita durante periodos fríos, pero en otras épocas causa exceso de calor.

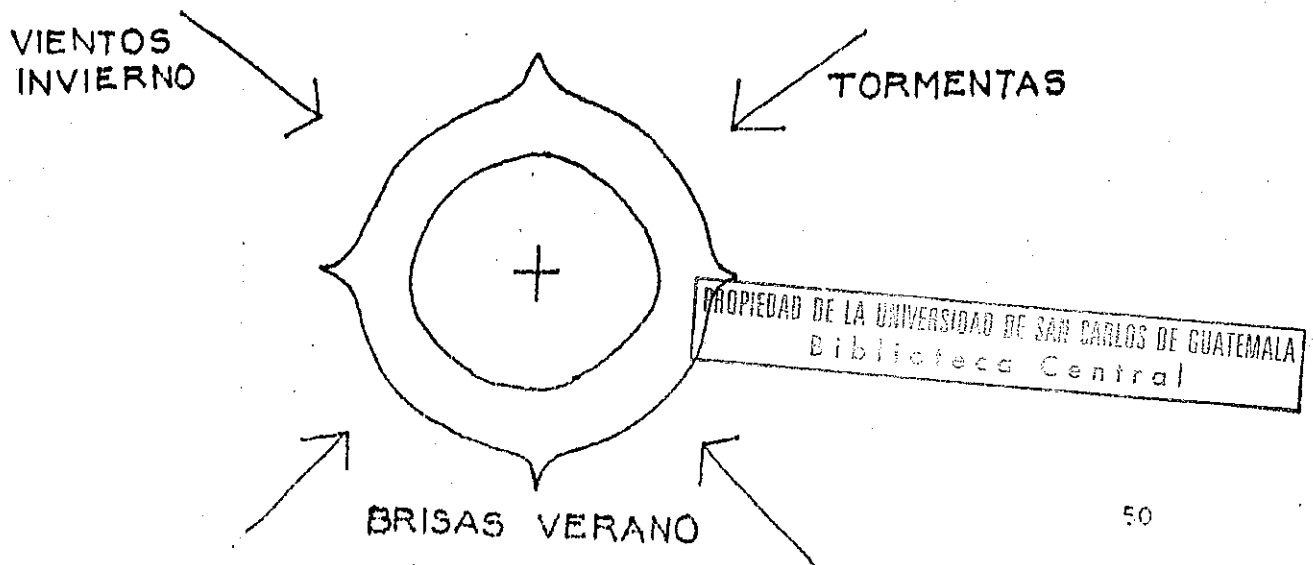
A pesar de que el sol siempre nace, alcanza el cenit y se pone en los mismos puntos de la brújula, varía geográficamente, estando más alto en el cielo en las latitudes al sur y más bajo en las latitudes al norte.

Además hay variaciones en las estaciones; el sol está más alto durante el verano y más bajo en el invierno.(8)



El viento quita el calor durante los periodos fríos, pero ayuda a controlar el calor indeseable en las épocas cálidas. En el hemisferio los vientos prevalecientes soplan de oeste a este. Pero las variaciones regionales de estación hacen aparecer vientos cálidos y húmedos del sur, y vientos fríos y secos que soplan desde el norte.

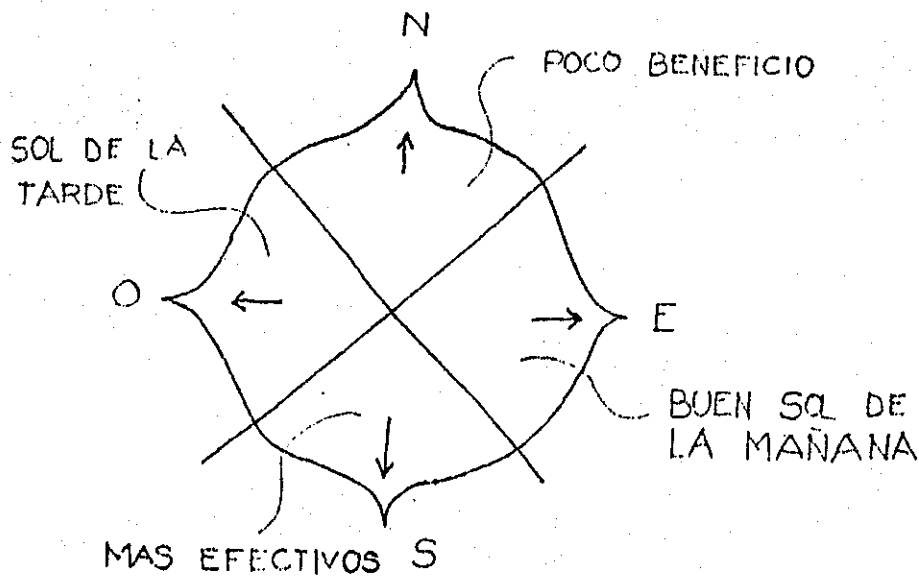
El ingeniero debe analizar cómo las características físicas del sitio se ven afectadas por las condiciones climáticas generales o cómo estas características del terreno modifican las condiciones del clima.(8)



7.2. CONFORT TERMICO:

Las casas de adobe logran ser seguras, confortables y silenciosas; en ellas no hay hornos o ruidos por el control del aire condicionado, solamente un ambiente silencioso.

Con respecto al confort térmico, la esencia de las casas de adobe es la masa térmica, es decir su peso propio. Las características del adobe son siempre bien conocidas porque siempre se cumplen, ya sean en temporadas calidas o en temporadas templadas. Caliente en el invierno, fresco en el verano como algunas de sus características. Durante el invierno y cuando el sol es menor, las paredes absorben el calor de la tierra y la radiación solar, acumulándose en el interior durante el transcurso de la noche.



A la inversa, en el verano, las paredes absorben de forma directa la energía de los rayos solares, ellos absorben el exceso de calor, en los espacios de salida y durante el día este calor sale de la pared hacia afuera, mientras que en el interior permanece fresco durante la noche. Además el adobe provee la circulación del área.

Además si existe calor o frío, la alta masa térmica es inherente a las casa de Adobe lo que las hace más seguras y mucho mejor en eficiencia al usarlas. Básicamente la tierra y el sol. Son los dos componentes primarios en un sistema solar, que ha trabajado increíblemente por milenios, haciendo las casas de una dirección correcta, con un sentido amplio, y con ventanas que puedan ser abiertas apropiadamente, se puede repellar y crear sombras a las paredes adecuadamente, proveiendo una ventilación natural y las jardineras colocadas acertadamente pueden descubrir el milagro de los años.

En conclusión saber el comportamiento de el sol en diferentes sitios o lugares es muy importante, para así poder elegir en qué posición se debe orientar la vivienda según las necesidades y gustos: (8)

Los sitios orientados hacia el sur son cálidos.

Los sitios orientados hacia el norte son fríos.

Los sitios orientados hacia el este reciben el calor del sol de la mañana.

Los sitios orientados hacia el oeste reciben a menudo el caliente sol de la tarde.

7.3. PERMEABILIDAD:

Se entiende que permeabilidad es el paso de humedad a través del mismo material, en el adobe se puede observar que según los datos obtenidos en ensayos se afirma que es un material muy permeable y que necesita de un revestimiento para evitar la permeabilidad.

El Adobe es un material compuesto de barro, en su mayor parte y que se puede mezclar con otros compuestos para estabilizarlo y obtener así uno mejor, el cual a su vez es puesto a secar en sombra, en un promedio de cuatro semanas para su endurecimiento. Explicando lo mencionado se determina que el agua es un material capaz de arruinar una estructura de adobe y debido a esto es necesario utilizar un revestimiento que le dará la característica necesaria de impermeabilidad en una construcción, utilizando para ello materiales como un repello de arena blanca y cal, o un repello de arena amarilla y cal en todas las paredes de la construcción. (8)

Una casa seca brinda mayor confort, salud, seguridad e higiene que una casa húmeda sin revestimiento en sus paredes.

7.4. SALUBRIDAD:

Para describir el concepto de salubridad, es necesario conocer primero qué es salud; la cual se describe como el estado anímico mental, espiritual y físico en el cual el organismo se realiza normalmente sin la ayuda de fármacos.

Si se sabe que es salud, se puede decir que salubridad es un lugar que presenta un ambiente agradable digno de manifestar un estado de salud en todo momento, al sentirse ajeno de las impurezas.

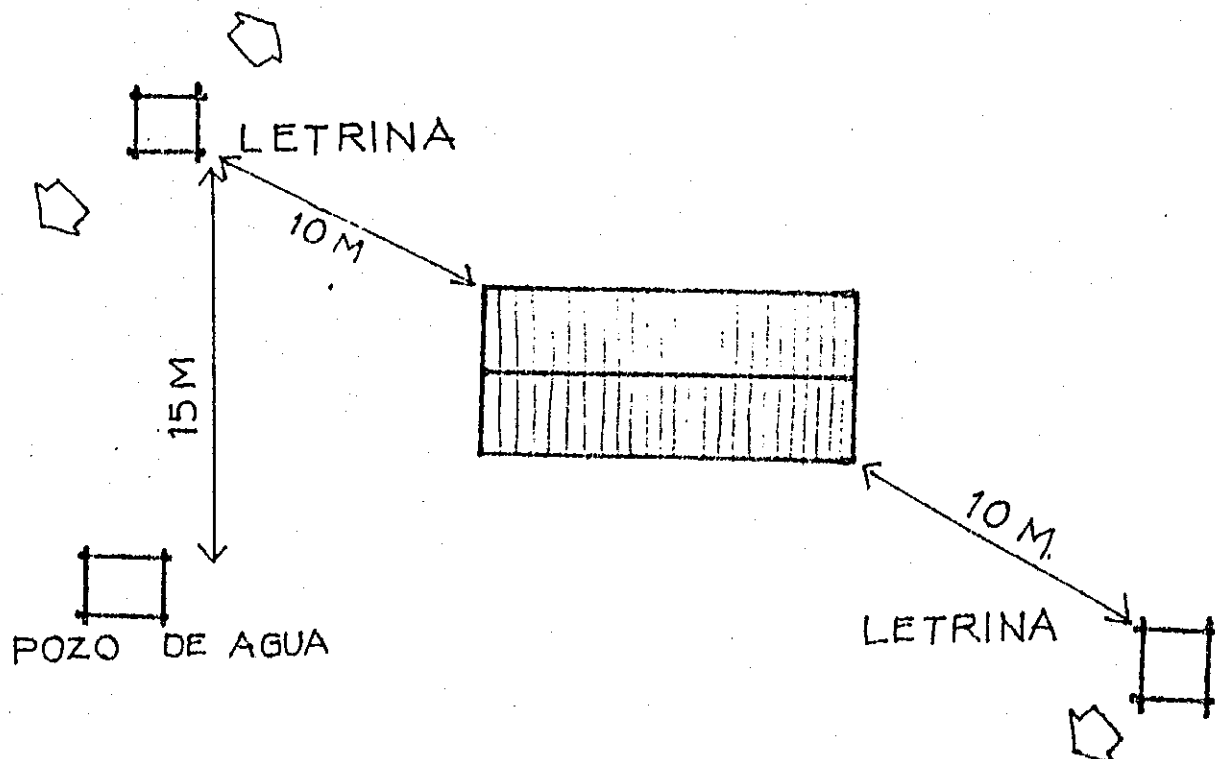
Una vivienda de adobe, o de otro material, presenta esta característica dependiendo del uso, mantenimiento y distribución de ambientes para la cual ha sido diseñada.

Por ejemplo si en una vivienda se instala dentro de ella un servicio sanitario, se debe estar seguros de que esté bien ubicado y que tenga la ventilación adecuada, para que éste no transmita un sentir impuro en los demás ambientes.

Por otra parte una vivienda de adobe impermeabilizada a través de un repello con cal brinda la seguridad necesaria de que no se produzcan hongos en las paredes ni humedad que transmita insalubridad en los diferentes ambientes al ser habitada.

Una vivienda de adobe brinda la salubridad necesaria, al igual que otra construcción fabricada con block o ladrillo, en todo caso, si se le trata adecuadamente.

Es muy importante tomar en cuenta que la salubridad de una vivienda de adobe, la brindará la distancia adecuada a la cual se recomienda separar las letrinas de la vivienda como también de la distancia a la cual se coloca el pozo de agua potable. (8)



7.5 Aislamiento Acústico:

Se sabe que acústica es la ciencia que estudia la propagación de las ondas sonoras, por lo tanto cuando se refiere al aislamiento acústico es específicamente; el impedir que las ondas sonoras se transmitan tan fácilmente a través de los cuerpos u objetos que conforman las paredes del ambiente.

Al tomar en cuenta que el Adobe es tierra apelmazada y algunas veces estabilizadas y bien cuidada se convierte en un elemento duro y resistente, el cual no permite que se propagen las ondas a través de una unidad, tomando en cuenta el grosor del bloque.

Esto da como resultado una casa, por lo general, bien silenciosa ya que el sonido será absorbido. Las ondas sonoras no son tan capaces de atravesar los muros y la convierte así en una casa que aísla el sonido de excelente forma. (8)

8.0 RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

Las recomendaciones mínimas se les da un enfoque de reglas a las cuales uno está sujeto al momento de aplicarse, es decir, se sugieren como restricciones o limitaciones que se basan para su creación en la experimentación de diferentes procesos y diferentes métodos, llegando a obtenerse parámetros que servirán para la comparación y la determinación de qué es más funcional, confiable y estético; según sea el caso que se esté analizando.

A partir de lo mencionado en este documento se proponen una serie de recomendaciones que han sido elaboradas a través de la investigación:

- a. Se recomienda hacer una correcta selección del material a utilizar, para la elaboración de las unidades de adobe, a través de las técnicas de clasificación, ya sea por un método empírico en el lugar como primera selección o directamente en el laboratorio.
- b. No utilizar tierras que contengan mucha arena o mucho compuesto orgánico, de lo contrario se obtendrá una mala mezcla para hacer adobes.
- c. La mezcla para hacer adobe, debe dejarse reposar bajo techo, antes de ser utilizada en la elaboración de las unidades de adobe.
- d. Se recomienda aplicársele a los moldes para hacer adobes, aceite quemado u otro material que permita desencofrar las unidades, luego de secarse la mezcla.
- e. Utilizar el mismo procedimiento para fabricar todas las unidades de adobe que se deseen, para lograr una producción uniforme y con las mismas características.
- f. El mortero, debe ser del mismo tipo de material con que esta hecho el adobe, para lograr un muro de mejores características.
- g. Humedecer bien el molde, para así evitar que la mezcla que sirve para hacer adobes, se pegue en el molde de madera.
- h. Llenar el molde con las manos y así evitar que queden vacíos en la mezcla.
- i. Dejar el adobe en el lugar donde se hizo por un espacio de tiempo de ocho días, luego se colocará de canto por espacio de ocho días más, antes de poderlos utilizar.
- j. Utilizar algún material o proceso estabilizador para mejorar las condiciones del adobe.

- k. Utilizar para lograr un mejor comportamiento en la estructura de adobe, materiales de refuerzo para resistir las diferentes reacciones de corte y de flexión en los muros.
- l. Utilizar en las construcciones de adobe, cimientos y sobrecimientos, muros perfectamente a escuadra, nivelados, con verticalidad, a plomo.
- m. Las excavaciones para los cimientos deben tener una profundidad mínima de cuarenta centímetros, y un ancho como mínimo que sobre pase al doble del muro.
- n. Utilizar en el cimiento material de piedra con agregados de concreto como mínimo en la mezcla. Además se deben proteger las primeras hiladas de adobe con un sobrecimiento del mismo ancho del muro.
- ñ. No se deben utilizar las unidades de adobe colocadas de canto, solamente se aceptan ser colocadas de punta o de soga.
- o. Los muros de adobe no deberán tener una altura mayor a ocho veces su espesor.
- p. Los muros de adobe no deberán exceder una longitud máxima de veinte veces su espesor, si éste no posee refuerzo o contrafuertes en su longitud.
- q. Se recomienda realizarse, dinteles en todos los huecos que posean los muros para así poderse sostener.
- r. Los muros de adobe deberán protegerse contra la humedad, dándoles algún tipo de revestimiento, y así lograr una gran duración.
- s. Es necesario conocerse principalmente el tipo de clima que existe en el lugar donde se efectuará el proyecto, para darle a éste una buena orientación bajo las condiciones que lo afecten.
- t. Se recomienda dimensionar el proyecto de acuerdo con el tamaño y necesidades de la familia, siempre guardando, en la medida de lo posible, la simetría en el diseño.
- u. Realizar un análisis estructural del proyecto a construir.
- v. Contar con un buen plan de trabajo para el mejor desarrollo de la obra.
- w. Se recomienda colocarse los pines de caña de castilla a una profundidad, no menor a 20 centímetros, y separadas a la distancia que determine el cálculo.
- x. Colocar como cubierta de la construcción, una estructura liviana pero que cumpla y brinde toda la seguridad deseada.

9. DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA

9.1 ASPECTOS GENERALES.

El objetivo que se pretende alcanzar es dar un procedimiento que pueda ser desarrollado por una persona que desee construir una casa de adobe con la mejor seguridad posible, tomando más que todo referencia de las recomendaciones propuestas para su mejor desempeño.

El prototipo de vivienda que se desarrollará más adelante es el de una vivienda sencilla de bajo costo, pero siempre siguiendo con las mejores condiciones de habitabilidad, para una familia no muy numerosa.

La construcción debe orientarse de acuerdo a la región donde se localiza, la topografía del terreno, el clima, la humedad imperante, etc.

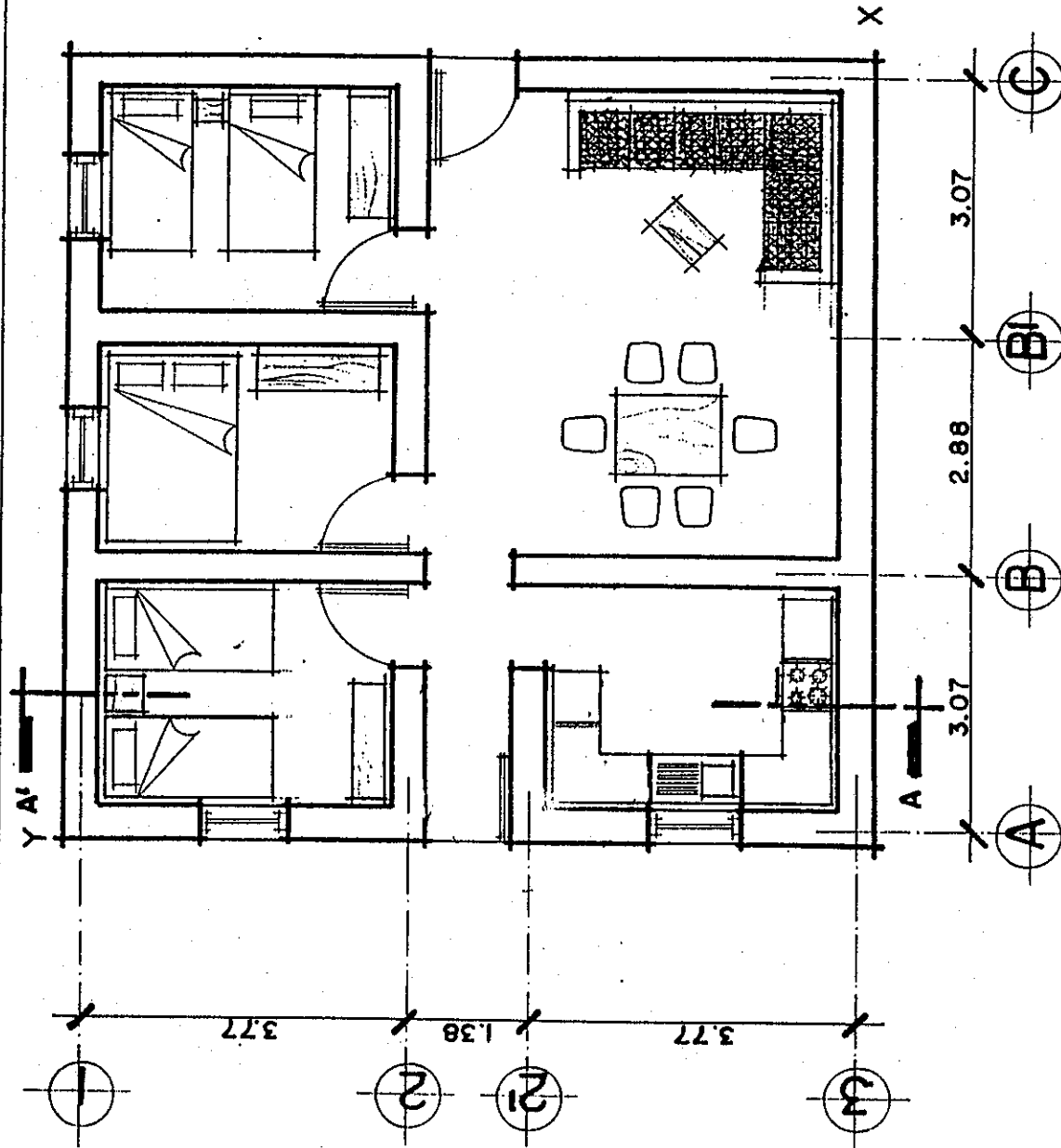
Antes de comenzar a desarrollar, el cálculo y la construcción de la vivienda es muy importante determinar, las cualidades que tiene cada material antes de ser usados, siguiendo las recomendaciones mínimas propuestas como una guía. Contar con un plan de trabajo para saber el orden que deben de llevar las actividades que se emplearan para la construcción de la vivienda.

9.2 Propuesta de prototipo.

Se propone un modelo de vivienda que se encuentra formado por bloques de adobe estabilizado con cal a un 10% para construir sus muros y como refuerzo se utilizará la caña de castilla, este material tiene la ventaja que adquiere una buena adherencia con el adobe y resiste muy bien los diferentes esfuerzos que se le puedan presentar.

La caña de castilla es un material que se produce en bastantes regiones del país, por lo tanto puede ser que varien sus características, dependiendo la región de donde provenga y la edad que tenga en el momento de cortarse. El Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizó ensayos con probetas de caña de castilla, para obtener datos técnicos del material que se utilizaron en la elaboración de la tesis "Uso de caña de castilla como refuerzo en mampostería de adobe", en la cual se tomaron muestras de caña con uno, dos y tres años de edad obteniéndose buenos resultados en tensión como lo son; 691 kg/cm², 939 kg/cm² y 849 kg/cm² respectivamente. Concluyendo que la caña de castilla tiene un mejor comportamiento cuando tiene dos años pero disminuye su resistencia cuando empieza a envejecer.

(ver plano de planta amueblada plano de elevaciones y secciones)



GRAFICA 9.2.1

CAPITULO:

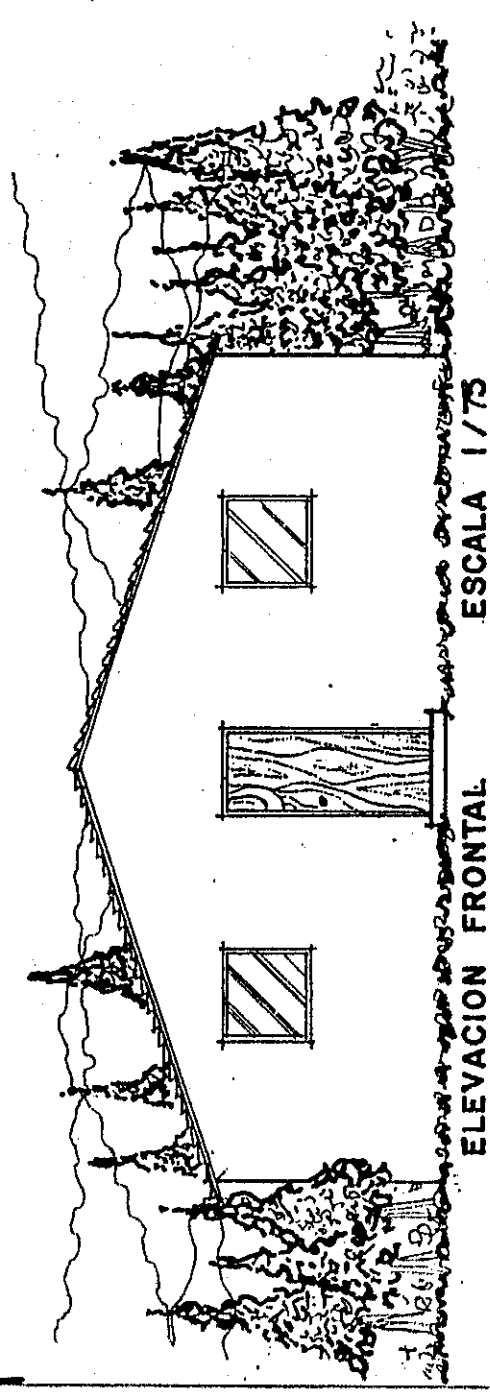
RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

FUENTE: ELABORACION PROPIA

TEMA: PLANTA AMUEBLADA

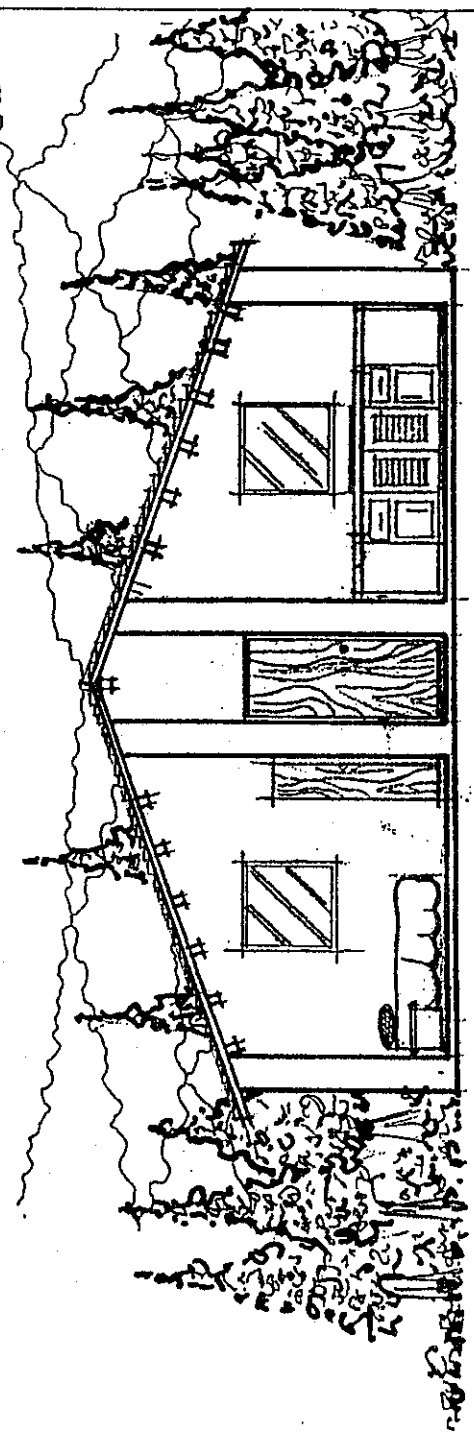
TITULO: VIVIENDA PROTOTIPO

ESCALA: 1:75



ELEVACION FRONTAL

ESCALA 1/75



SECCION A-A1

ESCALA 1/75

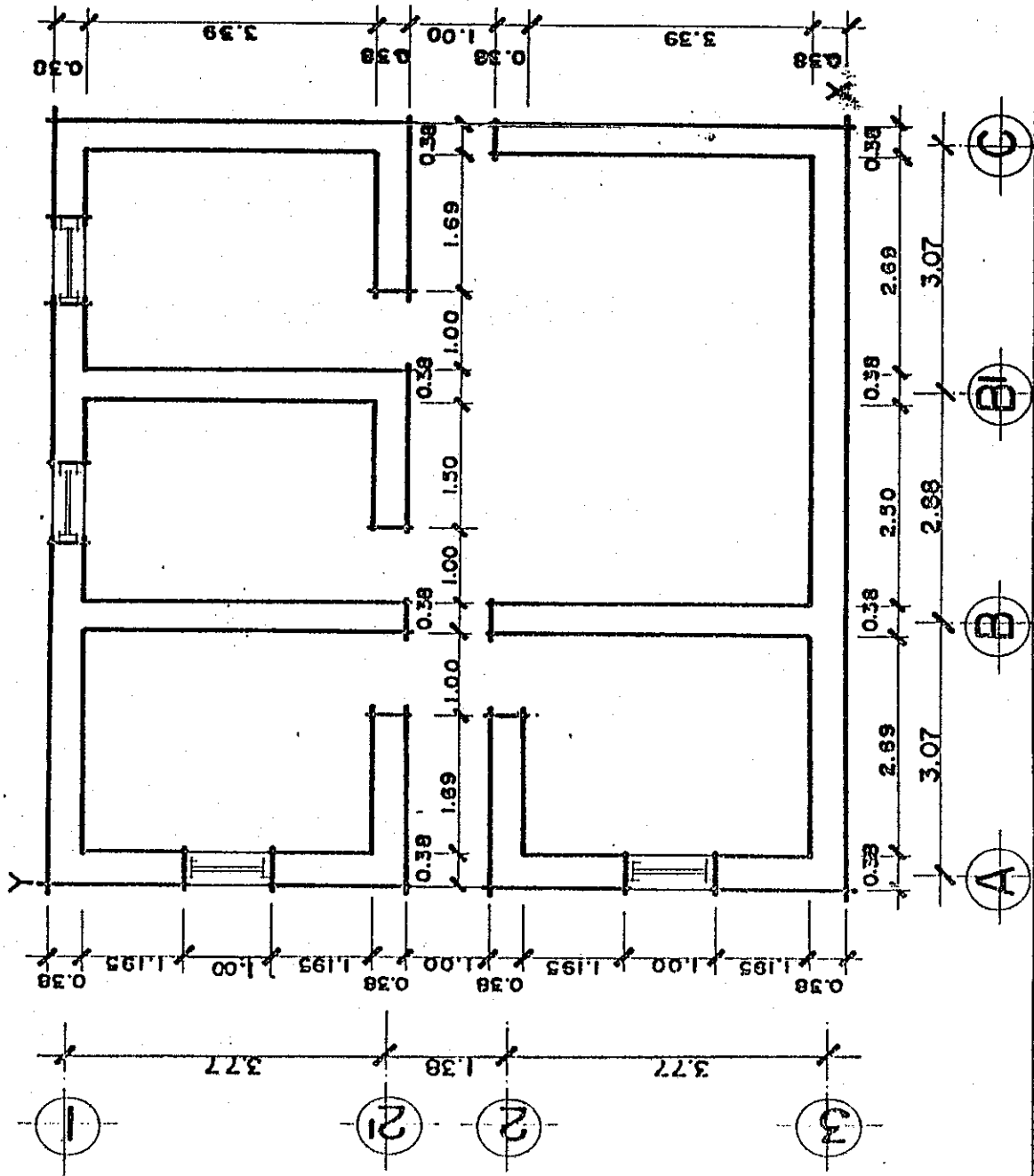
GRAFICA 9.2.2	CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION	FUENTE: ELABORACION PROPIA
TEMA: PLANO DE ELEVACION Y SECCION	TITULO: VIVIENDA PROTOTIPO	ESCALA: 1/75

La caña de castilla a utilizar, debe ser cortada y dejarse por lo menos dos meses de secado bajo sombra. Debido a que la caña de castilla es un material muy absorbente hay que tener cuidado de dejarla sumergida por lo menos 36 horas, para que tenga la humedad suficiente y así no se tengan problemas de que ésta absorba la humedad que guardan los otros materiales que constituyen la mampostería y además así le permita ser más trabajable para hacer empalmes y uniones del material.

9.3 Dimensionamiento.

Es darle el tamaño adecuado a la vivienda tomando en cuenta las necesidades de la familia que las habitará y sus posibilidades de construirla. Hay que tener en mente que siempre el mejor comportamiento estructural se produce en figuras geométricas de igual simetría.

A continuación se presenta la planta acotada del prototipo a seguir.



GRAFICA: 9.3.1

CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

FUENTE: ELABORACION PROPIA

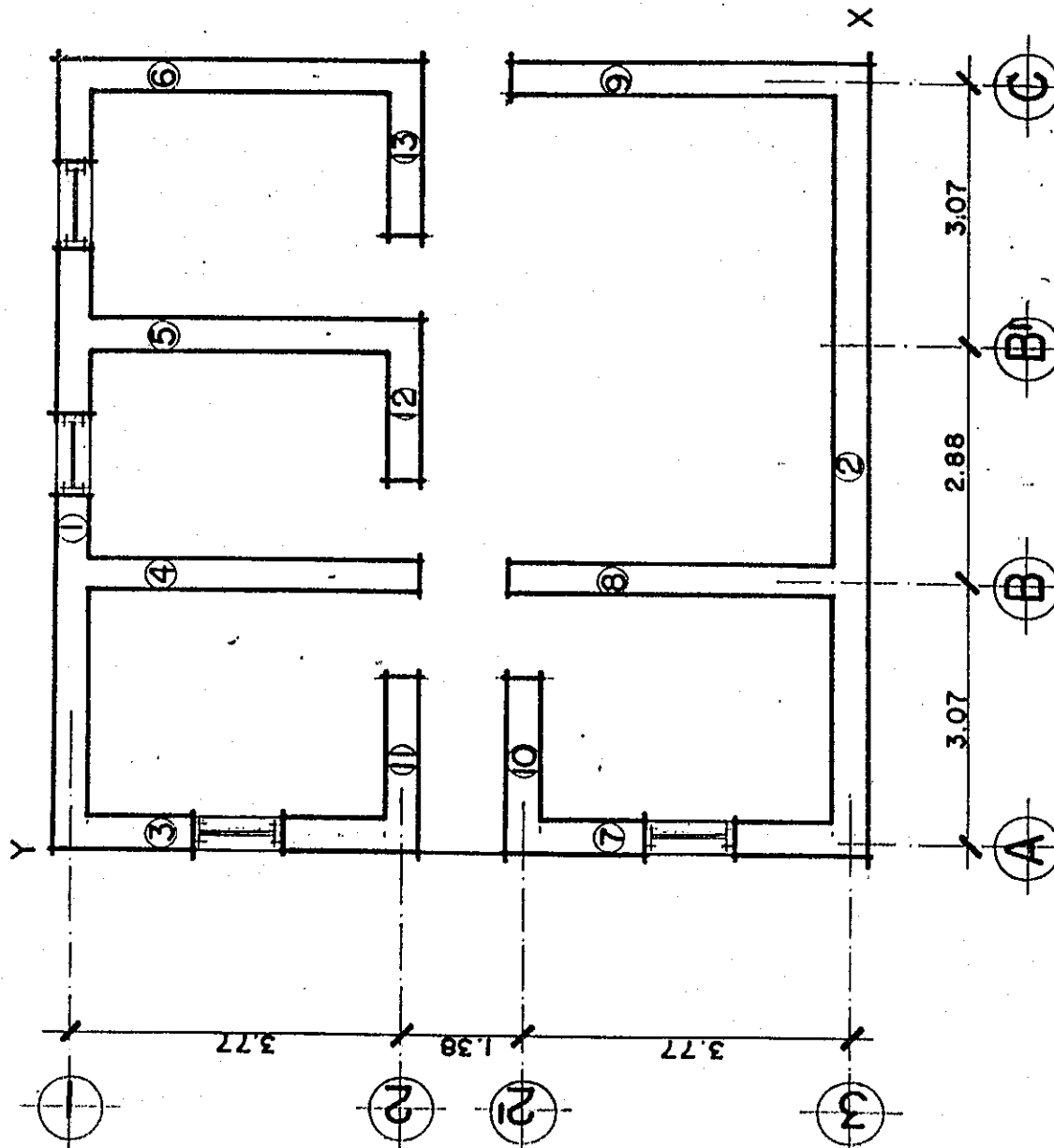
TEMA: PLANTA ACOTADA

TITULO: VIVIENDA PROTOTIPO

ESCALA: 1:75

9.4 Diseño Estructural.

Para el diseño estructural de la vivienda se deben asignar los ejes "X" y "Y" a la planta y numerar los muros que la conforman con sus respectivas medidas, para luego realizar los cálculos que se muestran, posteriormente a los cálculos se aprecia la planta de la primera hilada, de la segunda hilada, plano de detalles del techo y plano de detalles de amarres o juntas.



GRAFICA 3.4.1	CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION	FUENTE: ELABORACION PROPIA
TEMA: IDENTIFICACION DE MUROS PARA CALCULO	TITULO: VIVIENDA PROTOTIPO	ESCALA: 1:75

Calculando la rigidez de cada muro

$$h = 2.40 \text{ m} \quad t = 0.38$$

$$R = \frac{t \times E}{(h/L)^3 + 3(h/L)}$$

E= EXCENTRICIDAD DEL MURO

Muro	L	h/L	t	RxE
1	9.450	0.254	0.380	0.488
2	9.450	0.254		0.488
3	4.000	0.600		0.188
4	4.000	0.600		0.188
5	4.000	0.600		0.188
6	4.000	0.600		0.188
7	4.300	0.558		0.206
8	4.300	0.558		0.205
9	4.300	0.558		0.206
10	2.000	1.200		0.071
11	2.000	1.200		0.071
12	2.000	1.200		0.071
13	2.320	1.040		0.089

Calcular el centro de corte de muros en sentidos X e Y

En sentido Y

Muro	Rx E	X	Xi x R
3	0.188	0.000	0.000
7	0.206	0.000	0.000
4	0.188	3.600	0.677
8	0.206	3.600	0.742
5	0.188	5.450	1.025
6	0.188	8.700	1.636
9	0.206	8.700	1.792
	$\Sigma 1.182$		$\Sigma 5.872$

En sentido X

Muro	Ry E	Y	Yi x R
2	0.488	0.000	0.000
10	0.071	3.600	0.256
11	0.071	5.000	0.355
12	0.071	5.000	0.355
13	0.089	5.000	0.445
1	0.488	8.700	4.246
	$\Sigma 1.278$		$\Sigma 5.657$

$$Y_{ccmm} = 8.872/1.182 = 4.97$$

$$X_{ccmm} = 5.657/1.278 = 4.43$$

Calculando Centro de Masa de Muros

Muro	L	Xi	Yi	XL	YL
1	9.450	4.530	8.920	42.810	84.290
2	9.450	4.530	0.000	42.810	0.000
3	4.000	0.000	6.920	0.000	27.680
4	4.000	3.020	6.920	12.080	27.680
5	4.000	5.920	6.920	23.680	27.680
6	4.000	9.070	6.920	36.280	27.680
7	4.300	0.000	1.960	0.000	8.430
8	4.300	3.020	1.960	12.990	8.430
9	4.300	9.070	1.960	39.000	8.430
10	2.000	0.810	3.920	1.620	7.840
11	2.000	0.810	5.320	1.620	10.640
12	2.000	5.110	5.320	10.220	10.640
13	2.300	8.160	5.320	12.240	12.240
	$\Sigma 51.8$			$\Sigma 235.35$	$\Sigma 261.66$

$$X_{cmm} = 235.35/51.80 = 4.54$$

$$Y_{cmm} = 261.66/51.80 = 5.05$$

Calculando Centro de Masa de Techo

Asumiendo centro Geométrico

$$X_{cmt} = 4.75, \quad Y_{cmt} = 4.65$$

Centro de Masa Techos - Muros

$$\text{Peso Armadura} \quad 150 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso Lámina} \quad \underline{12 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{Carga Muerta} \quad 162 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} \quad 100 \text{ kg/m}^2$$

Peso Techo:

$$100 + 162 = 262 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{techo} = 262 \text{ kg/m}^2 * 10.00 \text{ m} * 10.00 \text{ m} =$$

$$W_{techo} = 26200 \text{ kg}$$

W muro: Se asume un adobe promedio de 38 cm x 38 cm x 8 cm con un peso de 20 kg la unidad. 32 adobes forman, 1 m².

Por lo tanto,

$$W_{muro} = 640 \text{ kg/m}^2 * 2.40 * 51.80 = 79,564.80$$

$$W_{total} = W_{techo} + W_{muro} = 105,767.80$$

$$X_{cm \ T+M} = \frac{4.54(79564.80) + 4.725(26200.00)}{105,764.80}$$

$$X_{cm \ T + M} = 4.59 \text{ m}$$

$$Y_{cm} T + M = \frac{5.05(799564.80) + 4.65(26200.00)}{105,764.80}$$

$$Y_{cm} T + M = 4.95$$

Calculando Carga lateral

$$P_x = P_y = (0.30)(0.33)(2.00)(1.30)W_t = 0.26W_t$$

$$P_x = P_y = 0.26(105764.80 \text{ kg}) = 27498.84 \text{ kg}$$

Momento de Volteo

$$M_v = P_x * h = 27498 * 2.40$$

$$M_v = 65,997.21 \text{ kg-m}$$

Calculando excentricidades de la carga lateral con sismo en X

$$e'_y = Y_{cm} - Y_{ccm} T + M = 4.97 - 4.95 = 0.02$$

$$e_{min} = 0.05 * 9.30 = 0.465$$

$$T_{px} = 27498.84 * 0.465 = 12786.96 \text{ Kg-m}$$

Calculando excentricidad de la carga lateral con sismo en Y

$$e'_x = X_{cm} - X_{ccm} T + M = 4.43 - 4.59 = 0.16$$

$$e_{min} = 0.05 * 9.45 = 0.472$$

$$T_{py} = 27498.84 * 0.472 = 12979.45 \text{ Kg-m}$$

Momento de Volteo

$$M_{vx} = M_{vy} = 277498.84 * 2.40$$

$$M_{vx} = M_{vy} = 65997.21 \text{ Kg--m}$$

Calculando la distribución de la carga lateral

$P_x = P_y = 27498.84 \text{ Kg}$

$T_{px} = T_{py} = 12786.96 \text{ Kg-m}$

En sentido X:

Muro	RyE	(Yi-Xccm)	RyE Xi ²	Ry/ΣRy*Py	YiRye/jp)*Tp	Fi
2	0.488	4.430	9.580	10,500.330	807.110	11,307.440
10	0.071	0.830	0.050	15,277.130	22.000	15,289.130
11	0.071	0.570	0.020	15,277.130	15.100	15,282.230
12	0.071	0.570	0.020	15,277.130	15.100	15,292.230
13	0.089	0.570	0.030	19,150.020	18.930	19,168.450
1	0.488	4.270	8.900	10,500.330	777.940	11,278.270
	Σ 1.278		Σ 18.6			

En Sentido Y

Muro	RxE	(Xi-Yccm)	RxE Yi ²	XiRxe/jp)*Tp	(Rx/Σ Rx)Px	Fi
3	0.188	4.970	4.640	348.850	4,373.750	4,722.600
7	0.206	4.970	50.900	382.240	4,792.520	5,174.760
4	0.188	1.370	0.350	96.150	4,373.750	4,469.900
8	0.206	1.370	0.390	105.340	4,792.520	4,897.860
5	0.188	0.480	0.040	33.690	4,373.750	4,407.440
6	0.188	3.730	2.620	261.840	4,373.750	4,635.590
9	0.206	3.730	2.870	286.840	4,792.520	5,079.360
	Σ 1.18		Σ 15.65			

Sabiendo que

$$J_p = (\sum R_x E Y_i^2 + \sum R_y E X_i^2)$$

$$J_p = 15.65 = 18.60 = 34.25$$

Calculando la distribución del momento de volteo

Sentido X

Momento de volteo $M_v = 65997.21 \text{ Kg-m}$

Muro	$R_y E$	$M_i(\text{Kg-m})$
2	0.488	25,200.810
10	0.071	3,666.510
11	0.071	3,666.510
12	0.071	3,666.510
13	0.089	4,596.050
1	0.488	25,200.810
	$\Sigma 1.278$	

$$M_i = R_i / \Sigma R_i * M_v$$

Sentido Y

Momento de volteo $M_v = 65997.21 \text{ Kg-m}$

Muro	$R_x E$	$M_i(\text{Kg-m})$
3	0.188	10,497.010
7	0.206	11,502.050
4	0.188	10,497.010
8	0.206	11,502.050
5	0.188	10,497.010
5	0.188	10,497.010
9	0.206	11,502.050

$$M_i = R_i / \Sigma R_i * M_v$$

Datos finales del análisis de los muros

Muro	Corte (kg)	Momento (kg-m)
1	11,278.270	25,200.810
2	11,307.440	25,200.810
3	4,722.600	10,497.010
4	4,469.900	10,497.010
5	4,407.440	10,497.010
6	4,635.590	10,497.010
7	5,174.760	11,502.050
8	4,897.860	11,502.050
9	5,079.360	11,502.050
10	15,299.130	3,666.510
11	15,292.230	3,666.510
12	15,292.230	3,666.510
13	19,168.950	4,596.050

Diseño de un muro

Tomar un $F'm = 53.70 \text{ Kg/cm}^2$ de un adobe promedio, se recomienda la proporción 80:20 + 10% de cal (en la tabla No.7 de la sección 1.7, se encuentran los valores de los adobes a compresión), y una caña de castilla con $F_y = 691 \text{ Kg/cm}^2$, perteneciente al valor más bajo con un año de edad.

El módulo de elasticidad será igual al de la madera con $0.5 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$

Se asume un corte $F = 19168.95 \text{ Kg}$

Se asume un momento $M = 25200.81 \text{ Kh-m}$

Longitud del muro = $L = 9.50 \text{ m}$

Espesor del muro = $t = 0.38 \text{ m}$

Altura del muro = $h = 2.40 \text{ m}$

Una carga distribuida = $W = 2620 + 1536 = 4156 \text{ Kg/m}$

Refuerzo a Compresión:

$$f_a = W/100 t$$

$$f_a = 4156/(100 * 38) = 1.09 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_a = 0.20 * f_m * (1 - (h/40t)^3)$$

$$F_a = 0.20 * 53.7 * (1 - (2.40/(40*38))^3) = 10.74 \text{ kg/cm}^2$$

$F_a > f_a$ Esto representa que el refuerzo es significativo y lo cubre el refuerzo mínimo .

Refuerzo a corte:

Sección de caña de castilla diámetro aproximado 1"

$$A = 5.07 \text{ cm}^2$$

$$f_v = 1.5 * F / (100 l * t) = 1.5 * 19168.54 / (100 * 38 * 9.5) = 0.79$$

$$f_v = 0.20 f_m = 0.20 * 53.70 = 10.74$$

Debido a que $F_v > f_v$

Calcular el refuerzo necesario

$$v = A_v * f_s * d/s \quad v = 1.5 F$$

$$A_v/s = v / (f_y * d)$$

$$v = 1.5 * 19168.54 = 28752.81$$

$$A_v/s = 28752.81 / (691 * 950)$$

$$A_v = 0.0445 \quad \text{Se asume solera} = 1.20 \text{ m}$$

$$A_v = 0.0445 * 120 = 5.28 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto significa que al colocar 2 cañas de Castilla horizontales se está colocando 10.14 cm^2 de refuerzo, que es más de lo que se necesita para ambas soleras.

Refuerzo a Flexión

$$f_b = 6 * M (t * l^2)$$

$$f_b = 0.33 * f_m$$

$$f_b = 6 * 25200.81 * 100 / 8 * 950)^2$$

$$f_b = 0.44 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_b = 0.33 * 53.70 = 17.72$$

si $F_b > f_b$

Entonces el refuerzo es el mismo, el código UBC para muros recomienda un valor ρ_o mínimo de 0.0007

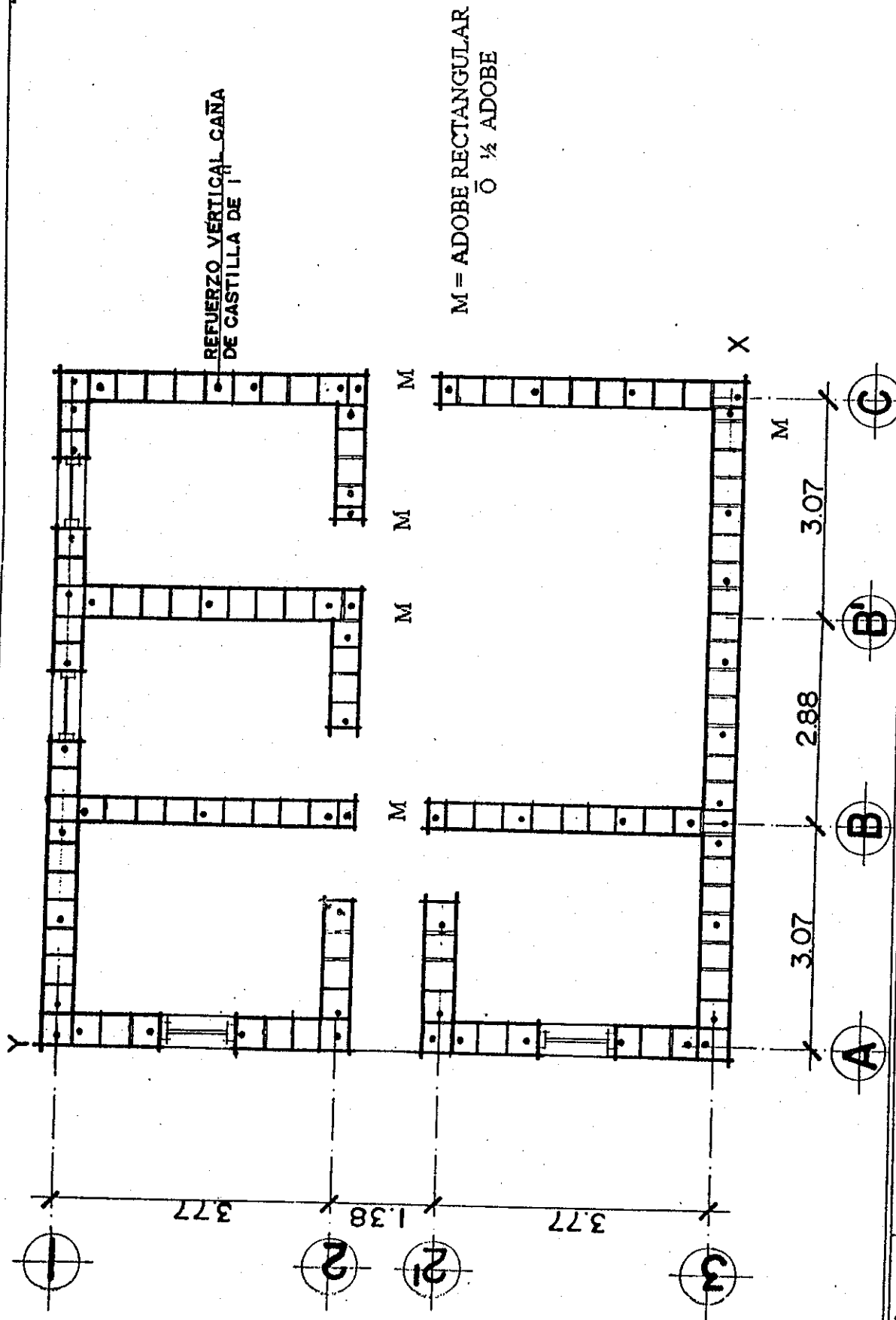
Por lo tanto

$$A_s = \rho_o * b * d$$

$$A_s = 0.0007 * 38 * 950$$

$$A_s = 25.27 \text{ cm}^2$$

Refuerzo vertical pin de caña de Castilla colocada a cada 1.14 m



GRAFICA: 9.4.3

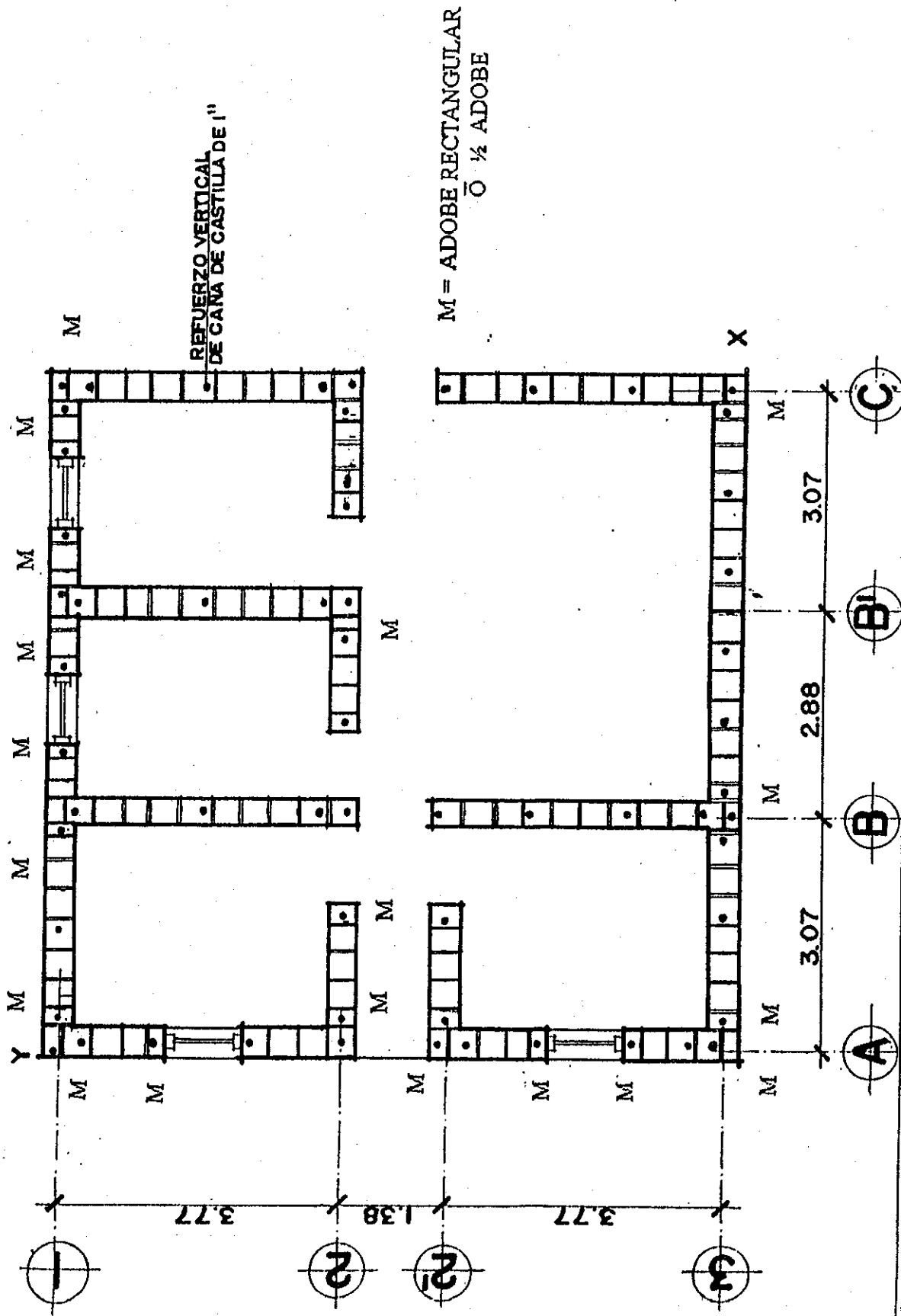
CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

FUENTE:

ELABORACION PROPIA
ESCALA: 1:75

TEMA: PRIMERA HILADA (EMPLANTILLADO)

TITULO: VIVIENDA PROTOTIPO



GRAFICA: 9.4.4.

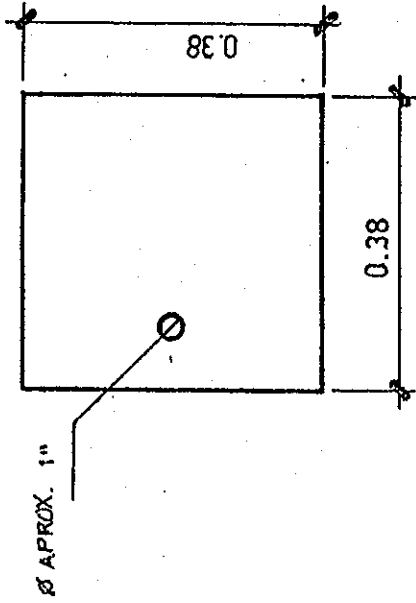
CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

FUENTE: ELABORACION PROPIA

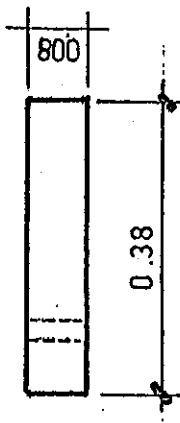
TEMA: SEGUNDA HILADA (EMPLANTILLADO)

TITULO: VIVIENDA PROTOTIPO

ESCALA: 1:75

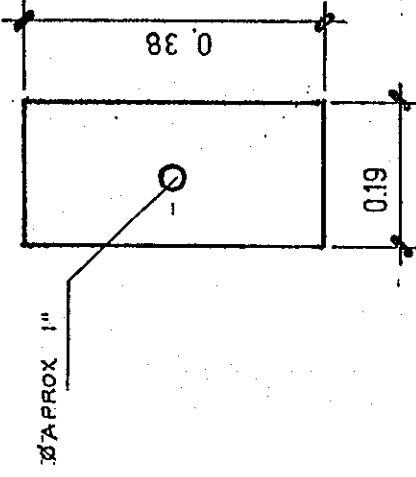


PLANTA

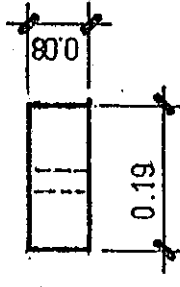


ELEVACION

ADOBE CUADRADO



PLANTA



ELEVACION

ADOBE RECTANGULAR
(MEDIO ADOBE)

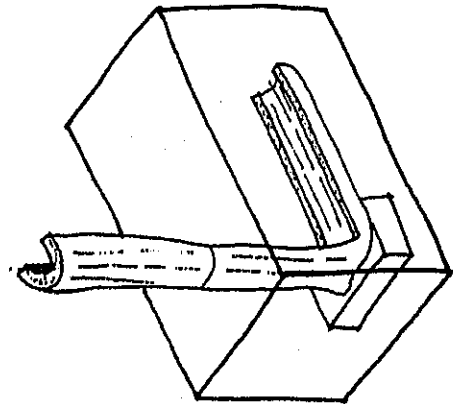
GRAFICA 9.4.5 CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

FUENTE: ELABORACION PROPIA

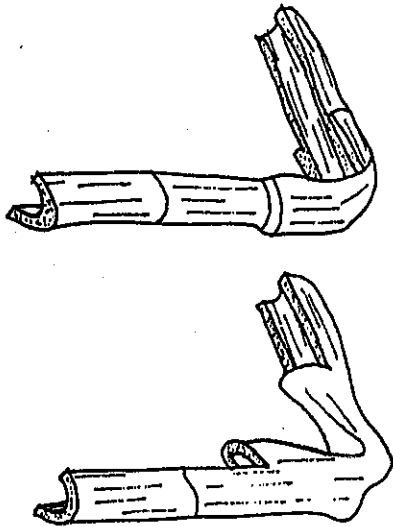
TEMA: TIPOS DE ADOBES A EMPLEAR

TITULO: VIVIENDA PROTOTIPO

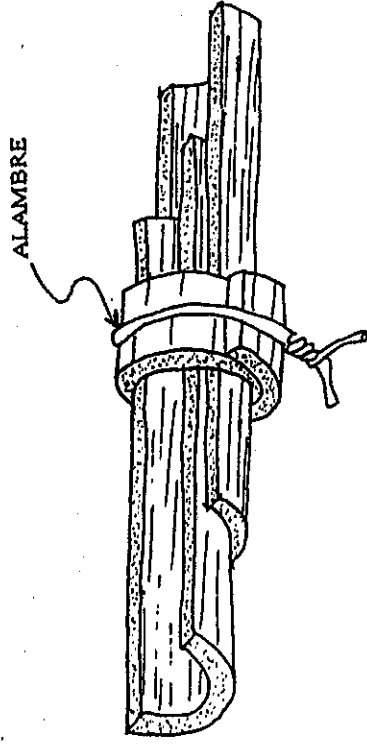
ESCALA: 1:75



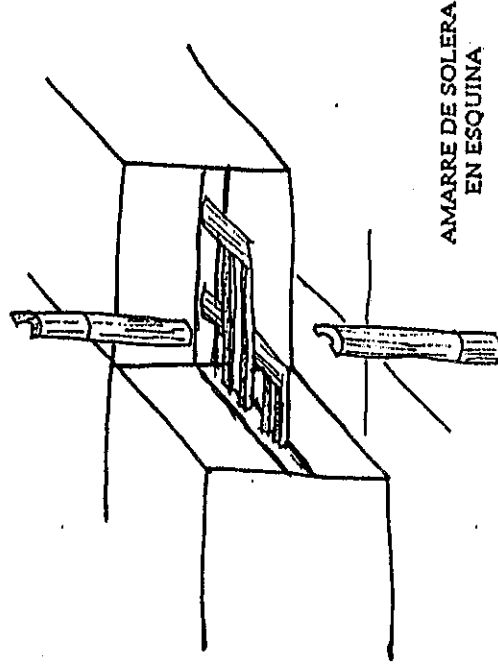
APOYO DE PIN
DESDE EL CIMIENTO



TIPOS DE DOBLESCES



AMARRE CONTINUO
PARA TRASLAPE



AMARRE DE SOLERA
EN ESQUINA

GRAFICA: 3 4 6

CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

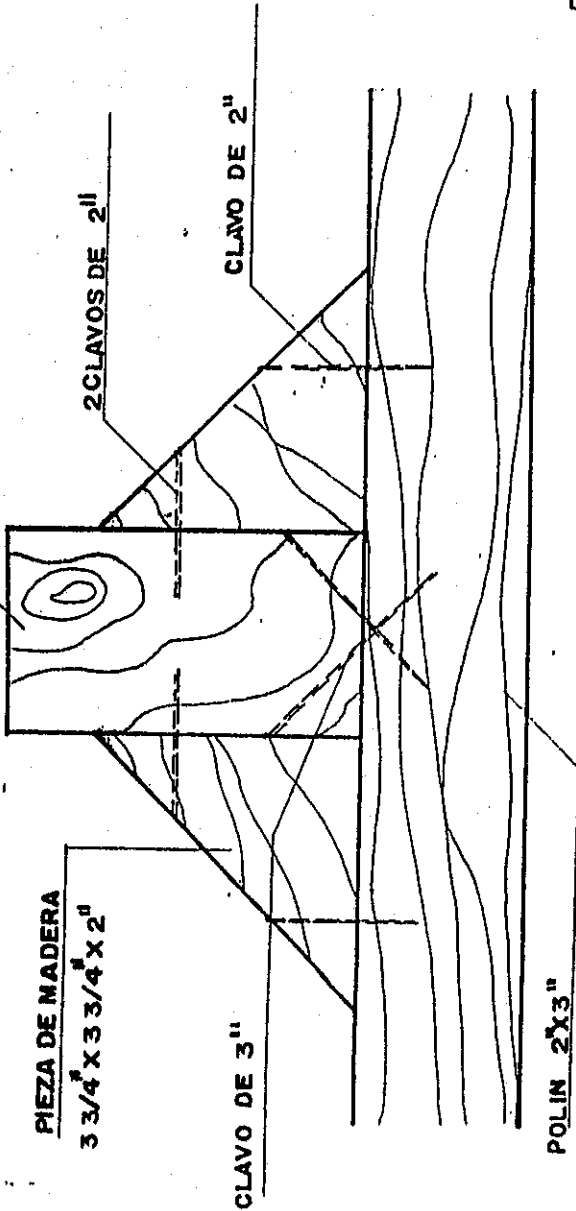
FUENTE: ELABORACION PROPIA

TEMA: DETALLES DE AMARRE

TITULO: DETALLES ESTRUCTURALES

ESCALA: SIN ESCALA

VIGA DE MADERA 5 1/2 x 3/4"



PIEZA DE MADERA
3 3/4 x 3 3/4 x 2"

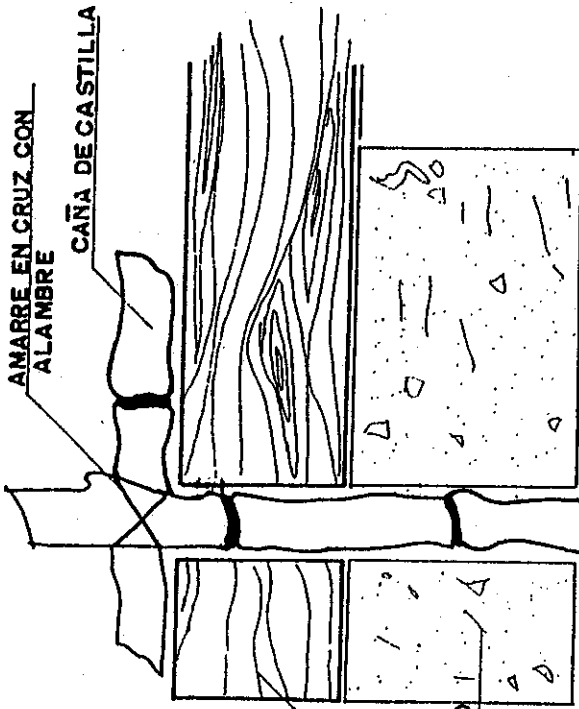
2 CLAVOS DE 2"

CLAVO DE 3"

CLAVO DE 2"

POLIN 2x3"

DETALLE DE FIJACION DE VIGA A POLIN



AMARRE EN CRUZ CON
ALAMBRE

CAÑA DE CASTILLA

POLIN CON AGUJERO
DE 1"

ADOBE CON AGUJERO
DE 1"

DETALLE FIJACION DE POLIN A MURO

GRAFICA: 9.4.7 CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

TEMA: DETALLES FIJACION DE CUBIERTA	TITULO: DETALLES ESTRUCTURALES	FUENTE: ELBORACION PROPIA
		ESCALA: SIN ESCALA

LAMINA PERFIL 10 DE
DURALITA

VIGA DE MADERA DE PINO
RUSTICO

COSTANERA DE MADERA
DE 2 X 3

PARED DE ADOBE

POSICION DE ELEMENTOS

LAMINA DE 6 PIES

LAMINA DE 8 PIES

LAMINA PERFIL 10
DURALITA

POLIN DE MADERA DE PINO
DE 2 X 3

PENDIENTE

VIGA DE MADERA DE
PINO RUSTICO

COSTANERA DE 2 X 3
MADERA PINO RUSTICO

PARED DE ADOBE

SECCION TIPICA DE TECHOS

GRAFICA: 9.4.8

CAPITULO: RECOMENDACIONES MINIMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

FUENTE:
ELABORACION PROPIA

TITULO: DETALLES ESTRUCTURALES

TEMA: DETALLE DE ARMADO TECHO

ESCALA: SIN ESCALA

9.5 Plan de construcción del prototipo.

Para que el proceso constructivo sea el más adecuado se deben realizar las siguientes actividades:

- 9.5.1 Chapeo del area a construir.
- 9.5.2 Nivelación y trazo de ejes del terreno.
- 9.5.3 Zanjeo.
- 9.5.4 Construcción del cimiento.
- 9.5.5 Levantado de Muros.
- 9.5.6 Colocación de solera de remate
- 9.5.7 Colocación del techo.
- 9.5.8 Colocación de ventanas.
- 9.5.9 Colocación de puertas.
- 9.5.10 Acabado de muros y terminación del proyecto.

9.5.1 Chapeo del area a construir.

La primera actividad que se realiza para la construcción de la vivienda es el chapeo, es decir, cortar toda la maleza y arbustos, posteriormente efectuar el destronque y desenraizamiento de todo arbusto grande que exista en el terreno donde se desea construir, así como también la evacuación de, piedras y rocas de gran tamaño.

La importancia de este renglón es significativa porque le da mayor vida útil a las herramientas, que se usan para el zanjeo; evita que en un futuro se estropee el trabajo hecho con el piso a base de suelo, debido al retoño de algún arbusto que hubiese sido pasado por alto. Además evita problemas cuando se esté efectuando la nivelación y compactación del piso interior de la vivienda.

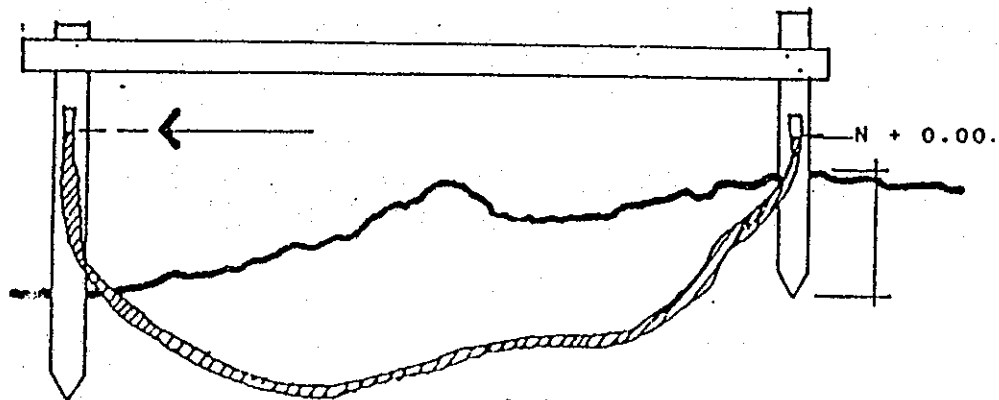
9.5.2 Nivelación y trazo de ejes del Terreno.

Para poder efectuar esta actividad es necesario valerse del puente que es una estructura de madera que se forma con dos reglas de madera vertical y una horizontal. La función de éste es dar la base para la nivelación del terreno y trazo de los ejes de la vivienda.

La colocación del puente y el trazo de los ejes es una operación simultanea, debido que éstas dan la ubicación donde se construirá el prototipo, esta se realiza con cal sobre el terreno, así pues el trazo delimita la ubicación del puente.

Para realizar la nivelación del terreno se escoge una estaca del puente que se utilizará como guía; tomándose ésta como patrón para pasar niveles a las siguientes estacas, una a una, utilizando para el efecto una manguera de niveles. Debiendo ser esto último, preferentemente, durante las primeras horas de la mañana para evitar datos falsos o herrados en las lecturas del nivel base en la primera estaca, para dejar definida la altura del piso compactado del módulo. Un ejemplo de esto puede observarse en la figura 9.5.2.A, que se muestra a continuación.

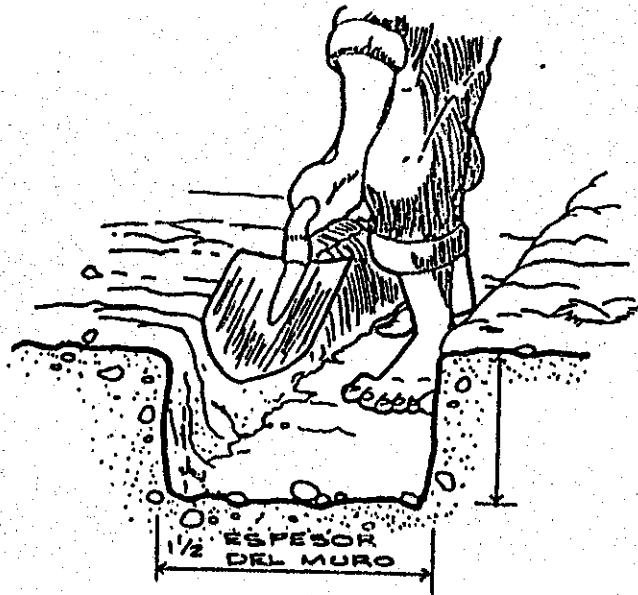
TRASPASO DEL NIVEL ORIGEN



9.5.3 Zanjeo.

Luego de haber efectuado el trazo y nivelación del terreno, se procede a excavar en donde, posteriormente, estarán ubicados los cimientos de la casa, es decir, en toda la longitud de las paredes que se van a levantar.

La zanja deberá tener las siguientes dimensiones: entre 0.50 a 0.60 metros de ancho y de 0.45 a 0.60 de profundidad dependiendo de la clase de suelo que tenga el terreno. En este ejemplo se puede observar claramente en la figura 9.5.3.A; estando seguros que con estas dimensiones se habrá pasado la capa vegetal, llegando a un nivel de cimentación con la capacidad soporte adecuada para resistir las cargas que la construcción aplique sobre el suelo. Luego de esto seguirá la construcción del construir el cimiento de la vivienda.



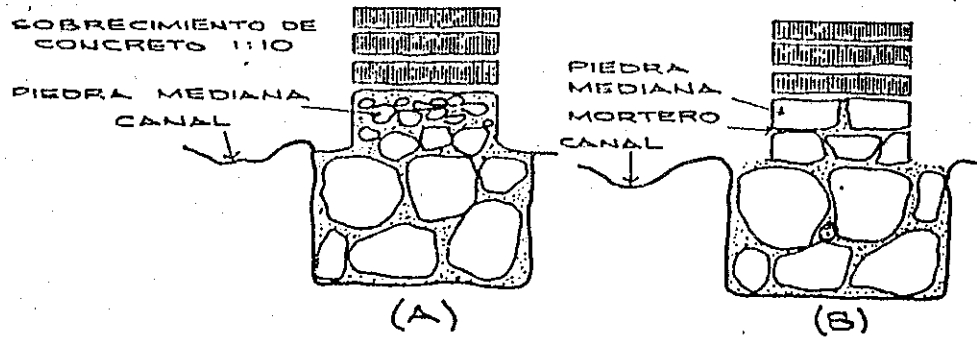
9.5.4 Construcción del cimiento.

Existen en realidad varias formas para realizar cimientos, pero el más indicado es el que brinda mayor economía y seguridad al mismo tiempo; de tal manera que los materiales que generalmente se utilizan son la arena amarilla sin cernir, cal viva y piedra bola.

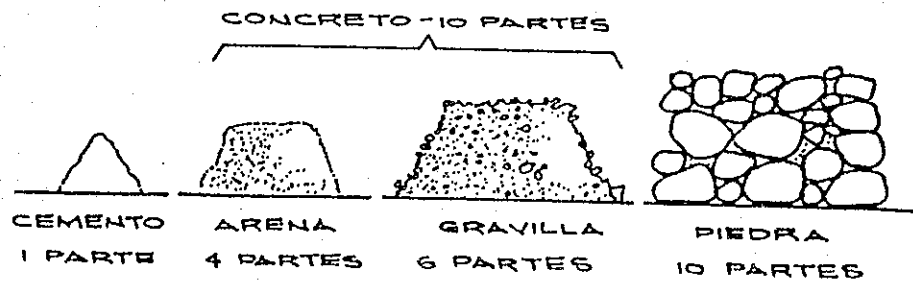
La cal a utilizar es la que ya se mencionó, cal viva que es la más económica y fácil de obtener en el área, la cual se tiene que hidratar, mezclarla con la arena amarilla y se tiene como resultado un material adherente muy homogéneo.

El procedimiento a seguir es muy sencillo, ya que se tiene la mezcla lista de la arena amarilla con la cal, se procede a unirla con la piedra bola, colocándose en capas sucesivas una encima a la otra, ocupando espacios y llenándose los vacíos hasta llegar a 5 centímetros arriba del nivel del suelo.

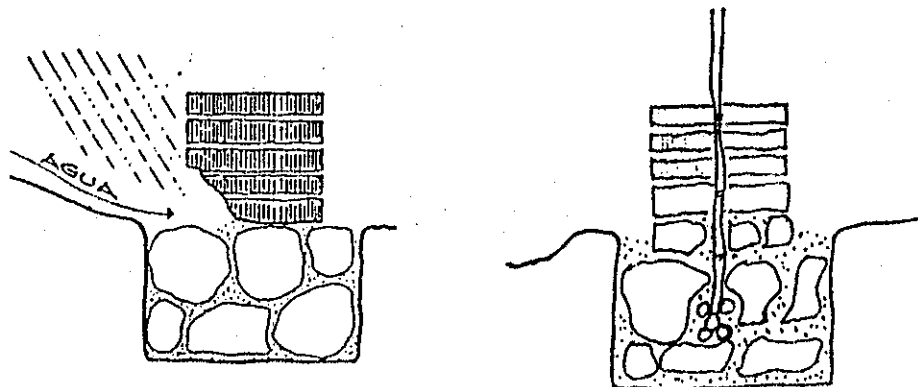
El objetivo de dejar 5 centímetros sobre el nivel del suelo es para prevenir el contacto directo del adobe con el suelo, ya que esto podría provocar grandes desgastes o erosionar las unidades, por el aumento de la humedad. Generalmente se recomienda que se construya un sobrecimiento, el cual se elabora con el ancho de la unidad de adobe y con una altura recomendable de 30 centímetros. Esto puede ser observado en las figuras: 9.5.4.A y 9.5.4.B



PARA PREPARAR CONCRETO CICLOPEO SE TOMA:



Antes de la finalización del cimiento recordar que el diseño es una propuesta de vivienda con refuerzo de caña de castilla. Por lo tanto colocar la caña de castilla fundida desde el cimiento a una profundidad no menor de 20 centímetros y a una separación variable según los datos del cálculo para cada muro. Se ejemplifica este detalle por medio de la figura 9.5.4.C.



9.5.5 Levantado de muros.

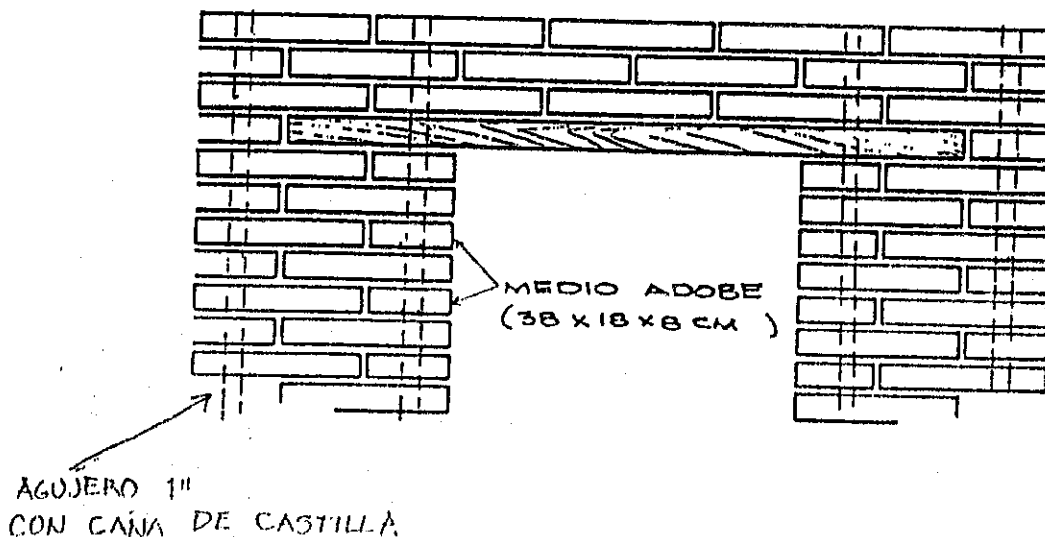
Utilizar como refuerzo para los muros de adobe, la conocida caña de castilla, la cual presenta un buen comportamiento con el adobe, según lo demostrado en la tesis "Construcción de un módulo de adobe reforzado con caña de castilla", de el Ing. Marcos Meyer Martínez, en donde realiza ensayos, determina y concluye, que la caña castilla es uno de los mejores refuerzos para el adobe.

Para poder levantar un muro con refuerzo de caña de castilla es necesario saber, dónde se localizarán los pines de caña de castilla, debido a que éstos irán fundidos en el cemento. En este caso la separación mínima recomendable es de aproximadamente a cada 1.14 metros, lo cual representa a cada 2.5 unidades de adobe.

El adobe que se tomará para la construcción del muro es de una sección cuadrada de 38 x 38, con un agujero en el centro de la mitad del adobe, el diámetro aproximado es de 2 pulgadas; esto es con el fin de lograr pasar los nudos de la caña a través de ellos.

El procedimiento para el levantado es el siguiente; luego de estar fundidos los pines en el cemento se procede a colocar las unidades una por una, usando como mortero adherente entre las unidades el material del cual está hecho el adobe, este mortero debe estar previamente humedecido, para así lograr una buena junta y además se utilizará para rellenar la parte libre que queda entre la caña de castilla y el agujero cuando se introduce por el mismo el adobe.

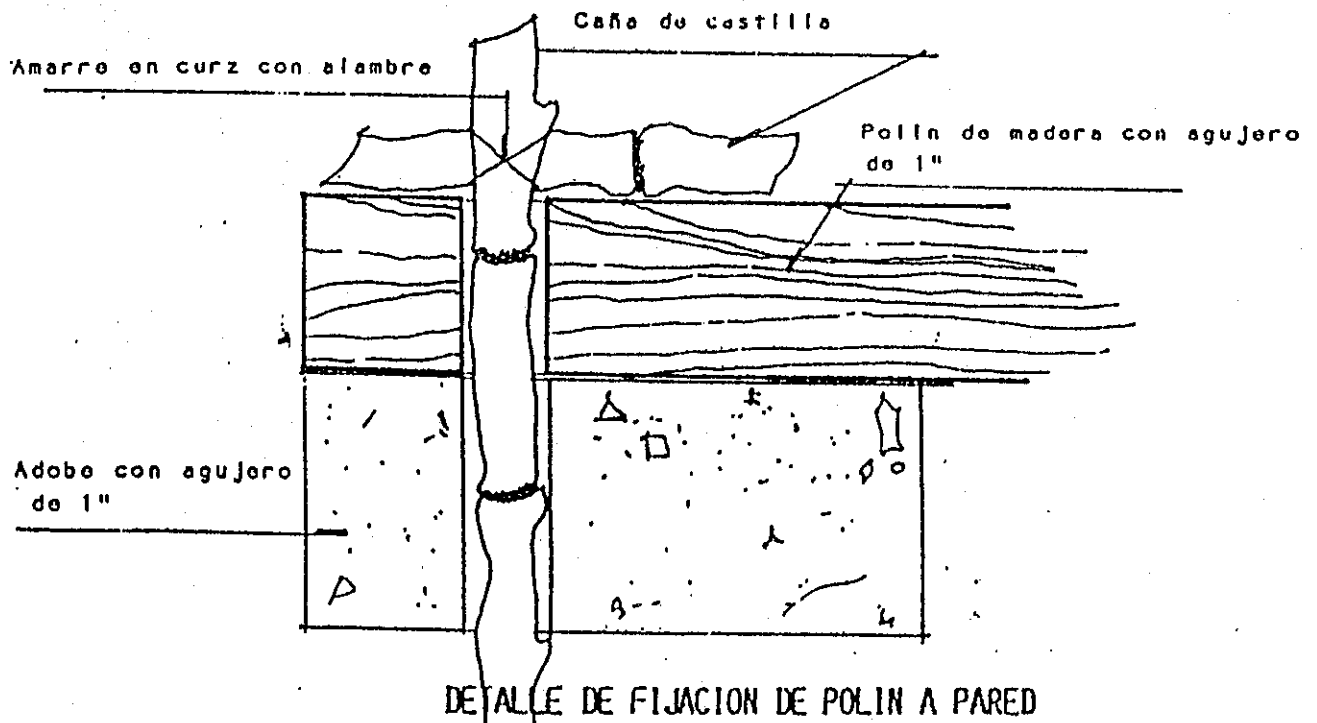
Colocar madera en los vanos de puertas y ventanas, ya que en estos casos los muros de adobe a flexión no resisten tanto y así se asegurará la construcción.



El levantado de un muro de adobe se toma como un levantado tradicional, su única dificultad se presenta cuando hay que levantar cada unidad de adobe que se pinea, hasta la altura superior de la caña de castilla. En el capítulo No. 9 se presentan planos de detalles de secciones típicas de los muros y anclajes que serán muy utilizados para el levantado.

9.5.6 Colocación de solera de remate.

Según el chequeo de los muros se determinó que se necesita dos soleras, una solera a la mitad del muro y otra solera al finalizar el muro. La solera final o de remate, se colocará de preferencia antes de la última hilera, que le dará la altura final del muro, con el objetivo de que el muro termine en una hilera de adobe y el refuerzo se encuentre entre la sisa de unión de los adobes.



9.5.7 Colocación de techo.

Para la colocación del techo se recomiendan dos opciones, colocar lámina galvanizada o lámina de fibro-cemento; aunque en el mercado existen más tipos de lámina, los precios de éstas son más elevados y para diferentes condiciones. La lámina de fibro-cemento resiste mejor el intemperismo, que la lamina de zinc, pero con una pequeña diferencia en economía, y la lamina de zinc tiene entre sus desventajas que se arruina en menos de 10 años por los agentes del clima y térmicamente con el sol es una lámina muy caliente. La lámina que principalmente se debería utilizar por sus ventajas es la de fibro-cemento.

En la parte superior de los muros colocar un durmiente con madera de pino, cuya función será repartir la carga del techo distribuida uniformemente.

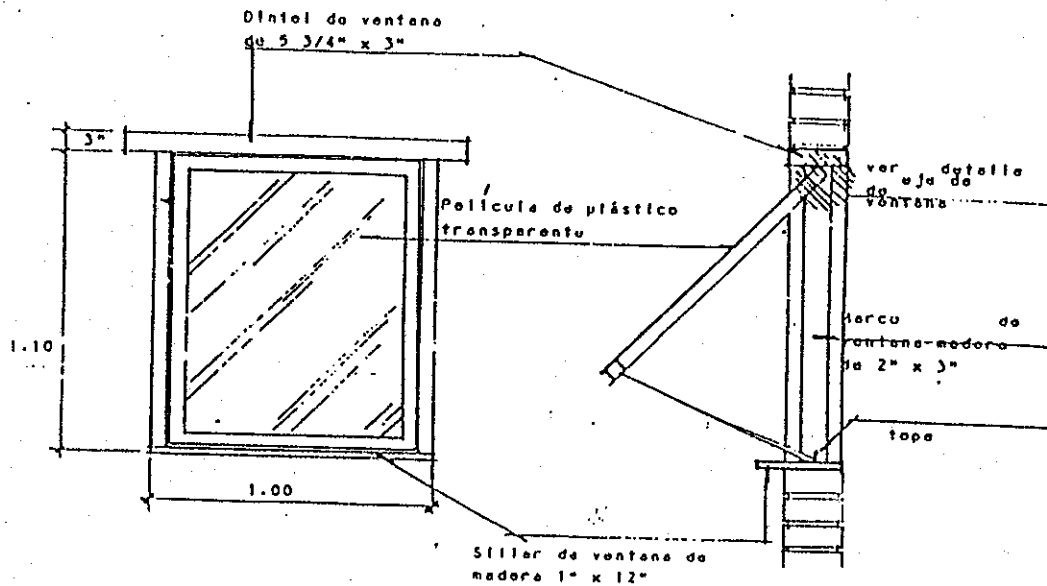
La forma del techo varía según las costumbres de la región, debido a que hay lugares en Guatemala donde los techos son de una agua y hay regiones donde los techos son de dos aguas, en este caso se recomienda el de dos aguas, ya que es una estructura muy liviana y resistente.

Se recomienda utilizar madera de pino rústica, ya que es más fácil de obtener, debido a que es la que más abunda en nuestro país. El techo deberá procurarse que no descansa sobre algún dintel, pero si se diera el caso deberá reforzarse el dintel para así no tener ninguna falla. Se recomienda además que la inclinación de las cubiertas con lámina de zinc tengan una pendiente entre un 25% a un 17%, con una superficie reflectante y que tenga una cámara de aire formada a través de un cielo falso.

9.5.8 Colocación de ventanas.

En una construcción de adobe uno de los principales objetivos es el de dejar un número menor de ventanas que se puedan, cumpliendo con la regla de que no debe ser mayor de 1.20 metros, y no debe ser mayor a $L/3$ del muro el espacio de la ventana, donde L es la longitud del muro.

El refuerzo del dintel de la ventana no deberá ser menor de 50 centímetros sobre el adobe; a continuación observar las siguientes figuras donde se propone un tipo de ventana y un detalle sobre un muro.



9.5.9 Colocación de Puertas.

La puerta que se recomienda es una puerta sencilla, en la cual se utilizará para hacer el marco de la puerta una madera de 2" x 3", dándole el alto y el ancho necesario para cubrir el vano de la puerta con tres visagras de metal que van de acuerdo al grueso de la puerta.

9.5.10 Acabados de muros.

Los acabados de los muros son repellos con cal hidratada y arena blanca o arena amarilla, el repello dará la seguridad de protección contra los agentes del intemperismo, por ejemplo la erosión de las paredes, y además contra roedores que podrían excavar en el muro si se tuviera expuesto.

CONCLUSIONES

1. El adobe no debe contener materias orgánicas en gran cantidad en su composición, ya que éstas reducen su resistencia.
2. La ubicación y la orientación bien adecuada de la vivienda será un factor importante en la seguridad de la construcción.
3. Se ha tomado como referencia un adobe cuadrado para realizar los cálculos del diseño del prototipo, debido a que éste presentó las mejores características individuales en los ensayos realizados.
4. Es muy importante saber qué tipo de materiales se utilizarán en la construcción de la vivienda, porque es necesario conocer las características de cada material, peso, resistencia, durabilidad, etc. ya que estos datos serán indispensables en el cálculo estructural.
5. Realmente no existe una adecuada proporción de arena y de arcilla, sólo se sabe que la arena no puede sobrepasar un 60% porque deja de ser trabajable y no adquiere mayor resistencia, y la arcilla no puede pasar un 60% por que en vez de ganar mayor resistencia ésta se reduce. Se deberá establecer un balance entre los materiales, debido a que el contenido de arena y de suelos arcillosos que existe en diferentes regiones obliga a hacer una proporción diferente, hasta que se considere adecuada para hacer adobes.
6. El dimensionamiento de una vivienda es muy deseable que sea simétrico, ya que el objetivo es tener una construcción redundante, en donde cada una de las partes que la forman resistan la misma carga bien distribuida.
7. El esfuerzo a compresión, al que se sometió el adobe según los cálculos, es soportado por sí mismo, sin la necesidad de usar refuerzo.
8. Para soportar el esfuerzo a corte, se debe colocar una solera intermedia a 1.20 m., conformada con dos cañas de castilla en sentido horizontal.
9. Todo muro de adobe necesita refuerzo a flexión. Por las condiciones en que se efectuó el cálculo, el refuerzo mínimo que necesita es de una caña de castilla a cada 1.14 m.
10. La caña de castilla es más resistente conforme pasan los años, aunque llega a un límite al envejecer y comienza a decaer su resistencia, teniendo una durabilidad de más de veinte años.(1)

RECOMENDACIONES

1. En Guatemala el adobe ha tenido una gran historia en lo que es la construcción, ya que es un material que por su fácil obtención se ha utilizado tanto en el área rural como en el área urbana. Es por eso que el procedimiento que utilizan las personas que fabrican el adobe es prácticamente transmitido de generación en generación, sin tener ninguna tecnología más apropiada que con la que se contaba en ese entonces; la finalidad de este documento es que la persona que realice una construcción con este material, tenga una guía con la cual se pueda dirigir y de esa manera construir más seguro, utilizando técnicas y cálculos apropiados dejando así por un lado el empirismo.
2. Implementar cursos de instrucción a través de las municipalidades, o instituciones que posean programas de desarrollo rural, en los cuales puedan capacitarse personas que difundan las nuevas técnicas que existen para construir estas casas.
3. Concientizar a las personas que las recomendaciones propuestas sean aplicadas, para reducir los riesgos de procedimientos erróneos, que se pueden dar al aplicar nuevas técnicas de construcción.
4. Para la elaboración de adobes es indispensable efectuar un estudio del tipo de suelo que se quiere utilizar, de preferencia con un experto en suelos, para así poder determinar si un suelo posee más arcilla o más suelos finos, o si tiene muchos residuos orgánicos; estableciendo qué tipo de mezcla y estabilización se necesita para formar las unidades. Este examen del suelo se puede realizar de forma práctica y sencilla al hacer algunas pruebas que se describen en este documento.
5. Seguir ordenadamente el procedimiento al cual se hace referencia en este documento para la elaboración de unidades, asegurando el máximo de efectividad las unidades obteniendo una alta calidad; elaborar el mortero con la misma fórmula que se utilice en la mezcla de las unidades, ya que éste servirá para el levantado del muro.
6. Es preferible utilizar el modelo prototipo que se encuentra en este documento para guiarse en los cálculos de algún nuevo diseño o tomar este en cuenta, si cumple con sus necesidades o condiciones de habitabilidad.
7. Se recomienda utilizar para la elaboración de adobes el talpetate con un 5% de cal, debido a que éste en las tablas publicadas, fué el que mejor resultados brindó.
8. El ancho máximo de puertas y ventanas, no debe ser mayor de 1.20 metros o un $\frac{1}{3}$ la longitud del muro donde se desea colocar la ventana y separada un mínimo de 1.20 metros de la esquina.

9. Es necesario colocar refuerzo horizontal sobre los muros de las viviendas, utilizando madera para colocarla o simplemente la caña de castilla, donde se necesita la solera.
10. Es necesario proteger los muros de adobe con repello para que puedan resistir las inclemencias del tiempo, y así no sufran un desgaste demasiado rápido.
11. Los contrafuertes en esquinas y muros largos son de gran seguridad en la construcción de una vivienda.
12. Es muy importante revisar los empalmes con la caña de castilla en un muro de adobe.

REFERENCIAS

- 1) Meyer Martínez, Marcos Manuel: CONSTRUCCION DE UN MODULO DE ADOBE REFORZADO CON CAÑA DE CASTILLA. Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1991.
- 2) Sagone Aycinena, Jesús: EL ADOBE COMO UNA SOLUCION AL PROBLEMA HABITACIONAL, Universidad Regiomontana, División de Ing. y Ciencias Exactas Monterrey N.L. México, 1983.
- 3) Gally Chavarría, Eric; Ruano Alburez, Jorge Mario: ESTABILIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE ADOBES DE LA ALDEA DE AGUA ESCONDIDA, CHICHICASTENANGO, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1986.
- 4) Montúfar Marroquín, Mario Raúl: MUROS DE SUELO ESTABILIZADO CON CAL, APISONADOS REFORZADOS CON CAÑA DE CASTILLA, SOMETIDOS A CORTE, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1986.
- 5) Gonzalez Prado, Guinder Roberto: ADOBES DE TIERRA COMPACTADA CON PUZOLANA Y CAL, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1988.
- 6) Folleto Caritas de Guatemala. MANUAL PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS CON ADOBE.
- 7) Folleto: LA TIERRA MATERIAL DE CONSTRUCCION, de el Instituto Eduardo Toroja, España 1987.
- 8) Quan Morales, Carlos Roberto: INTRODUCCION AL ESTUDIO Y METODOS CONSTRUCTIVOS, Tesis de graduación, de Arquitecto de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1990.

BIBLIOGRAFIA

- Bardou, Patrick, Arzoumanian, Varoujan: ARQUITECTURA DE ADOBE. Editado Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1979.
- CARTILLA PARA LA VIVENDA, Centro Interamericano de Vivienda, Bogotá, Colombia, 1956.
- CARTILLA PARA LA AUTOCONSTRUCCION DE UNA VIVIENDA DE BAJAREQUE, Subsecretaría de Vivienda, Dirección Gral. de promoción y apoyo de Programas a los Estados, México.
- Chaverri Sánchez, Hernan: MATERIALES DE CONSTRUCCION: Pisos; Tesis de graduación de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1990.
- Chiroy Parada, Carlos Eduardo: ESFUERZOS BASICOS A COMPRESION DE LA ALBANILERIA DE ADOBE. Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1986.
- Cytrin, S: CONSTRUCCION CON TIERRA, Centro Reginal de Ayuda Técnica Administración de Cooperación Internacional (ICA), Estado de Israel - Ministerio de trabajo, 1961.
- EARTH FOR HOMES, US Department of Housing and Urban Development Office of International Affairs, Washington D.C. 1974.
- Gally Chavarría, Eric; Ruano Alburez, Jorge Mario: ESTABILIZACION FISICO-MECANICA Y QUIMICA DE ADOBES DE LA ALDEA DE AGUA ESCONDIDA, CHICHICASTENANGO, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1986.
- Gran Enciclopedia del Mundo, Edit. Marín, S.A. Bilbao, España. 1961.
- Guevara Aparicio, Roberto: EVALUACION DE LA FABRICACION DEL ADOBE Y SU CONTROL DE CALIDAD, RECOMENDACIONES PARA NORMALIZAR ENSAYOS, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1985.
- López Xicará, Aparicio Francisco: MUROS DE SUELO-CAL SOMETIDOS A ENSAYOS DE CORTE Y COMPRESION, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1985.
- Marroquín, Hermes; Gándara, José Luis: LA VIVIENDA POPULAR EN GUATEMALA ANTES Y DESPUES DEL TERREMOTO DE 1976; OEA, USAC, 1982.
- Méndez Santisteban, Felipe Ronnie: DETERMINACION DE ESFUERZOS DE CORTE DE LA ALBANILERIA DE ADOBE, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1985.
- Meyer Martínez, Marcos Manuel: CONSTRUCCION DE UN MODULO DE ADOBE REFORZADO CON CAÑA DE CASTILLA, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1991.

- Molina Gallardo, Federico: PISOS DE TIERRA ESTABILIZADOS CON CAL, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1986.

- Montúfar Marroquín, Mario Raúl: MUROS DE SUELO ESTABILIZADO CON CAL, APISONADOS REFORZADOS CON CAÑA DE CASTILLA, SOMETIDOS A CORTE, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1986.

- Reyes Trinidad, Edgar Humberto: PARAMETROS DE FRICCIÓN Y ADHERENCIA EN ALBAÑILERÍA DE ADOBE, Tesis de graduación de Ingeniero Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1985.

- Sagone Aycinena, Jesús: EL ADOBE COMO UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA HABITACIONAL, Universidad Regiomontana, División de Ing. y Ciencias Exactas Monterrey N.L. México, 1983.

- Samayoa Cárdenas, Rudy Manglio: EVALUACION EXPERIMENTAL DEL ENSAYO A COMPRESIÓN EN ADOBE, Tesis de Ing Civil de la USAC, 1986.

- Seminario Latinoamericano de Construcciones Sismo-resistentes de tierra, Universidad Pontificia Católica de Perú, 1983.

- Sistema de Vivienda de Bajo Costo para Guatemala, Laboratory for Experimental Construction, Kassel University, West Germany, Facultad de Arquitectura de la Universidad Francisco Marroquín, Guatemala, CEMAT, 1978.

- Folleto. COMO HACER UNA CASA MAS SEGURA.

- Folleto Caritas de Guatemala. MANUAL PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS CON ADOBE.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central