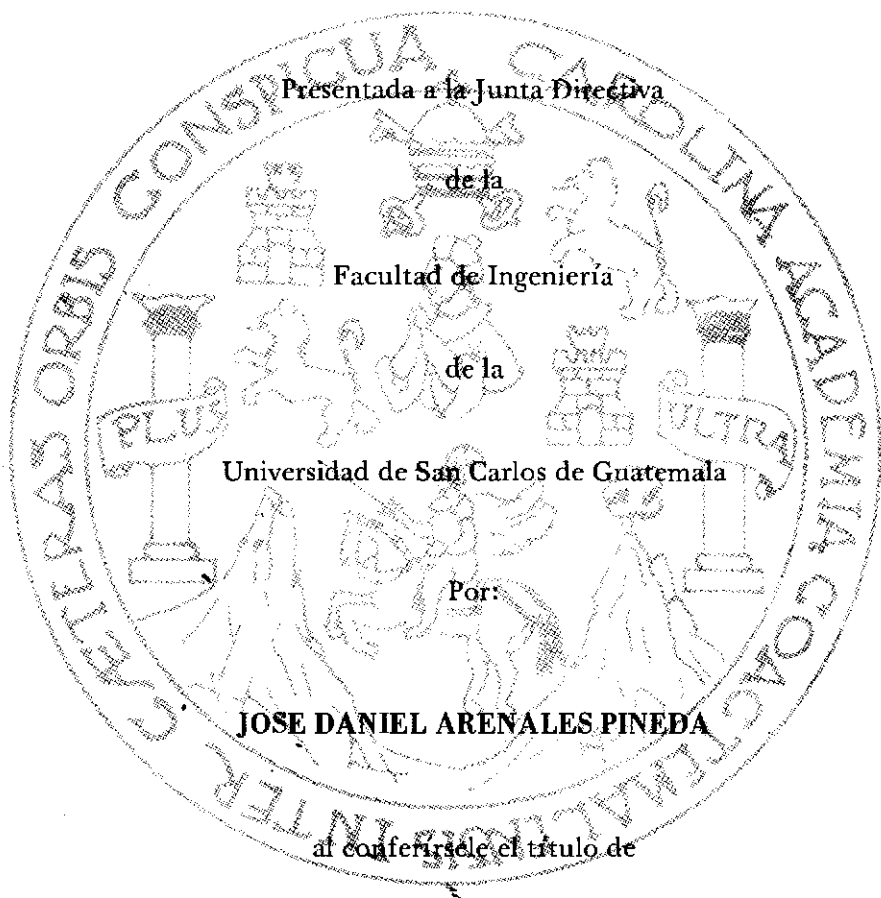


08T(429)C
MFN: 1383

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
GUATEMALA CENTRO AMERICA

CONSIDERACIONES SOBRE METODOS DE CONSTRUCCION
CON ADOBE ESTABILIZADO

TESIS



Presentada a la Junta Directiva

de la

Facultad de Ingeniería

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

JOSE DANIEL ARENALES PINEDA

af conferirle el título de

INGENIERO CIVIL

Guatemala, marzo de 1,977

TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

**JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano:	<i>Ing. Raúl Molina Mejía</i>
Vocal Primero:	Ing. Julio Campos Bonilla
Vocal Segundo:	Ing. Julio Roberto Barrios
Vocal Tercero:	Ing. Leonel Aguilar Girón
Vocal Cuarto:	Br. Jorge Guzmán Botrán
Vocal Quinto:	Br. Felipe A. Berganza
Secretario	Ing. Carlos Cabrera G.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Raúl Molina Mejía
Examinador:	Ing. Carlos Calderón Campos
Examinador:	Ing. Domingo Samayoa Flores
Examinador:	Ing. José Luis Robles F.
Secretario:	Ing. Carlos Cabrera G.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la Ley de la Universidad de San Carlos, presento a vuestra consideración previo a optar el título de Ingeniero Civil, mi trabajo de tesis titulado:

**“CONSIDERACIONES SOBRE METODOS DE CONSTRUCCION
CON ADOBE ESTABILIZADO”**

Tema que me fue asignado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

ACTO QUE DEDICO

A Dios Todopoderoso

Eterna Gratitud

A Mis Padres

Daniel Arenales A.

Celia Pineda A.

A mi Abuelo

Pedro Pineda Zavala

A mis Hermanos

A la Facultad de Ingeniería

RECONOCIMIENTO

A mis Catedráticos

Ing. Joaquín Lottmann

Ing. Jacinto Quan Chú

Por su guía y consejos durante mis estudios.

Al Ing. Domingo Samayoa

Por su asesoría en el presente trabajo.

Al Ing. Jorge Mario González

Por su colaboración en la realización del presente trabajo.

A la señorita Mélida Muralles

Por mecanografiar el presente trabajo.

A mi compañero de estudios

Ing. Inf. Julio Rodas.

CONTENIDO

CAPITULO	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. DIFERENTES TIPOS DE SUELO EN GUATEMALA	2
2.1 Clasificación y Características de los suelos	2
2.2 Formación de los Suelos	2
2.3 Propiedades Físicas de los Suelos	2
2.4 Estados y Estructuras de un Suelo	3
2.5 Tamaño y forma de las Partículas del Suelo	4
2.6 Clasificación de los Suelos en la República de Guatemala.	5
3. FABRICACION DE LADRILLOS DE SUELO ESTABILIZADO	
3.1 La Selección del Suelo como Material de Construcción	9
3.1.1 Muestreo del Suelo en la Región a Construir	10
3.1.2 Prueba de Sedimentación	11
3.1.3 Prueba de Sales	12
3.1.4 Prueba Olfativa	12
3.1.5 Prueba de Brillantez	12
3.1.6 Análisis Granulométrico	12
3.1.7 Límites de Consistencia	13
3.2 Fabricación de Adobe	14
3.2.1 Procedimiento Manual	14
3.2.2 Procedimiento Mecánico	15
3.3 Prueba en el Campo y en el Laboratorio para Determinar su Calidad	16
3.3.1 Resistencia a la Compresión	16
3.3.2 Absorción	17
3.3.3 Erosión	17
3.3.4 Módulo de Ruptura	18
3.3.5 Resultados de Ensayos Efectuados en el Laboratorio.	19
4 ESTABILIZACION E IMPERMEABILIZACION DE LADRILLOS DE ADOBE	
4.1 Estabilizadores	21
4.1.1 Cemento Portland	21
4.1.2 Cal	22
4.1.3 Asfalto	22
4.1.4 Otros Estabilizadores	24
4.2 Lo que se espera de los estabilizadores	24
4.3 Cantidad de Estabilizador a Emplearse	24

5	REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES EN LA CONSTRUCCION	27
5.1	Diseño contra Sismos	27
5.2	Reglamentos	27
5.3	Cimientos	27
5.4	Paredes	28
5.5	Ventanas	29
5.6	Dinteles	29
5.7	Puertas	29
5.8	Paredes Divisorías	29
5.9	Instalación de Agua y Electricidad	29
5.10	Pisos	30
5.11	Techos	30
5.12	Acabado y Pintura	30
6	CONSTRUCCION MONOLITICA	31
6.1	Métodos Empleados	31
6.1.1	Métodos del Cajón	31
6.1.2	Método del Adobe Vaciado o de Lodo y Concreto	31
6.1.3	Método Ingles de Arcilla y Paja	31
6.1.4	Método de la Tierra Comprimida	31
6.2	Procedimiento de Construcción	32
6.3	Formas de Apisonar la Tierra	33
6.3.1	Pisones de Mano	33
6.3.2	Pisones Neumáticos	34
7	DETALLES TIPICOS DE CONSTRUCCION CON ADOBE ESTABILIZADO	
7.1.1	Detalles de Techo y Pared	35
7.1.2	Detalles Típicos de las Ventanas	35
7.1.3	Detalles de Construcción y Sección Transversal	36
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
	BIBLIOGRAFIA	37

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Este trabajo no es un manual sobre métodos de construcción con tierra, sino pretende describir en términos generales las clases de suelo que se encuentran en diversas regiones y que se utilizan; por ser la tierra un material de construcción de bajo costo, siempre disponible y su aplicación está basada en una larga y cimentada tradición.

La construcción con tierra se sigue usando en la actualidad para casa habitación urbana y rural, por lo que es muy importante el mejoramiento de los métodos de construcción con este elemento, utilizando para este fin, los conocimientos científicos para convertir la tierra en un material de construcción estable y duradero mediante la aplicación de estabilizadores para obtener las recomendaciones técnicas mínimas que se deben tener en toda construcción.

Un aspecto que no se debe ignorar es que el clima y los materiales disponibles varían tanto en cada lugar que la decisión final de construir una casa con tierra o con otro material descansará en el propio criterio del constructor.

Espero que los resultados obtenidos de este trabajo sean de algún valor para aquellos que buscan información sobre las investigaciones y resultados acerca de estos métodos de construcción.

CAPITULO 2.

DIFERENTES TIPOS DE SUELO EN GUATEMALA

2.1 Clasificación y Características de los suelos:

Como recordaremos un sistema de clasificación de suelos es un ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen propiedades similares con el propósito de dar facilidades para estimar las propiedades de un suelo por comparación con suelos de la misma clase, cuyas propiedades se conocen y facilitan al ingeniero un método preciso para la descripción del suelo; sin embargo, son tantas las propiedades diferentes de los suelos que interesan al ingeniero y tantas las combinaciones de estas propiedades, que cualquier sistema de clasificación único parece impracticable.

Tomando en cuenta lo anterior y siendo indispensable tenerla, usaremos dos de los sistemas más satisfactorios de agrupar los suelos cuando se utilice en trabajos de construcción. El primero es el que se sigue en el Departamento de Caminos Públicos de los Estados Unidos (Sistema ASSHO) y el segundo es el sistema Unificado de Clasificación de Suelos desarrollado por A. Casagrande; para los fines que se persiguen, bastará con mostrarlos en la tabla 1 y diagrama 1, donde se indican brevemente las principales características de cada grupo.

2.2 Formación de los Suelos:

Dentro de las causas de formación de los suelos podemos mencionar algunos factores como: la acción volcánica, los agentes atmosféricos, corrientes de agua y cambios de temperatura los cuales atacan constantemente la superficie de la corteza terrestre, transformando en tierra hasta las rocas más duras; este proceso continúa indefinidamente aunque muy lentamente como para ser notado; en lo que se refiere a la descomposición química de las rocas, ocurre debido a la combinación de minerales, ya sea con oxígeno (oxidación) o con agua (hidratación).

2.3 Propiedades Físicas de los Suelos:

La mezcla de partículas de suelo con grandes cantidades de agua es prácticamente una suspensión con tierra, es decir, que la tierra es insoluble en el agua, pues únicamente una pequeña cantidad de las sales que contiene el suelo es capaz de formar una verdadera solución química.

Como las partículas de suelo son de tamaño tan diferentes su asentamiento en una suspensión no es uniforme; lo anterior nos indica que las partículas más gruesas se asentarán más rápidamente que las finas, las cuales pueden permanecer en suspensión casi indefinidamente. La relación entre la velocidad de asentamiento y el diámetro de una partícula en agua inmóvil fue dada por Stokes, por primera vez en 1945; sin embargo estudios posteriores han revelado que la Ley de Stokes puede aplicarse a partículas dentro de un límite de tamaño de 0.0002 m.m. a 0.2 m.m. aproximadamente. El proceso de sedimentación puede ser influido por la acción de los electrólitos, tales como el amoníaco, sosa cáustica, sal común, cal, pues éstos suprimen las cargas eléctricas que llevan consigo las finas partículas de suelo, lo cual provoca que choquen y formen conjuntos o flóculos, que siendo más grandes, se asientan más rápidamente.

2.4 Estados y Estructura de un Suelo:

Si una muestra de arcilla se sumerge en agua, se observa que ésta se desintegra y si la cantidad de agua es suficiente, puede transformarse mezclándola en una masa densa más o menos uniforme parecida a un fluido; se puede decir entonces que está en "estado líquido". Al secar la masa ésta se vuelve más densa y dura y cuando alcanza cierto contenido de humedad llamado límite líquido (L.L.) pierde su capacidad de fluir como un líquido, pero puede ser moldeada fácilmente y conservar su forma; se puede decir entonces que la masa ahora está en "estado plástico". Al perder más humedad esas propiedades también se pierden y al llegar a cierto contenido de humedad llamado límite plástico (L.P.) la masa se parte cuando se moldea y se dice entonces que la muestra se encuentra en un "estado semisólido". Si la masa se seca aún más, ésta pasa gradualmente del estado semisólido al "estado sólido".

Los límites descritos anteriormente se determinan en el laboratorio de suelos por métodos que expresan el o/o de humedad correspondiente a cada estado. Estos límites junto a otras propiedades de los suelos de las que no se mencionarán aquí por no corresponder a la naturaleza de este trabajo, permiten predecir hasta cierto punto el funcionamiento en el campo de las pruebas hechas en el laboratorio.

En lo que respecta a su estructura, se puede decir que una masa de suelo está compuesta de partículas de suelo y vacíos que hay entre ellas, llenos de humedad o gases (en su mayoría aire) o ambos. La forma en que están arregladas las partículas que constituyen una masa de suelo caracteriza su "estructura", por ejemplo el volumen de los espacios vacíos en la arena fina es más grande que aquellos de la arena gruesa y aún es más grande el volumen de estos espacios en suelos límosos o arcillosos. En la figura 1 se muestra una disposición hipotética de las partículas gruesas y finas en una arcilla, según el Prof. Casagrande.

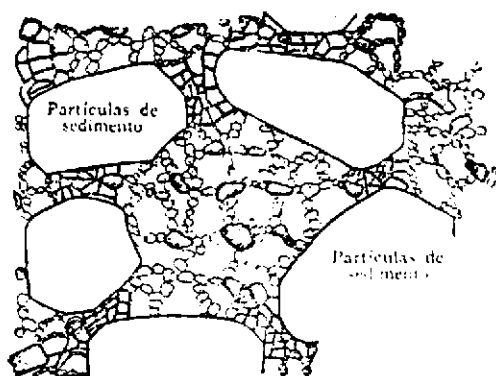


FIGURA No. 1

2.5 Tamaño y Forma de las Partículas del Suelo:

El tamaño de las partículas de un suelo ha sido establecido en forma un tanto arbitraria, la clasificación que se mencionará en esta oportunidad es la dada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y se representa en la tabla No. 2.

Tabla No. 2

Fracción	Tamaño de las partículas (m.m)		
Grava Fina	2.0	—	1.0
Arena Gruesa	1.0	-----	0.5
Arena Mediana	0.5	-----	0.25
Arena Fina	0.25	-----	0.10
Arena Muy Fina	0.10	-----	0.05
Limo	0.05	-----	0.005
Arcilla	0.005	-----	y menor

La materia en suspensión con partículas más finas que 0.0001 m.m. (1/10 de micra) se denomina "coloidal" en química. Se da por sentado, cuando se trata de una investigación de suelos, que las partículas de suelos más finas que 0.002 m.m. (2 micras) poseen propiedades coloidales.

Las arenas y gravas están compuestas de granos y partículas que son redondas o angulares y el promedio de diámetro de estos granos pueden medirse con cierto grado de exactitud.

Las partículas de arcilla tienen forma de escamas o laminillas y, por consiguiente el concepto de "diámetro" no puede aplicarse. El término "diámetro equivalente" de una partícula de tierra significa el diámetro de una esfera hipotética hecha del mismo material que se hunde en el agua con la misma velocidad que las partículas de suelo en cuestión.

TABLA 1
Clasificación de Suelos de la Administración
de Caminos Públicos de los Estados Unidos. (AASHTO)

Clasificación general	Grupo	Descripción general	Análisis de tamiz Porcentaje que pasa:			Características generales		Características de fracción que pasan el N° 40		Índice de grupo*	
			No. 10	No. 40	No. 200	Límite líquido	Índice de plasticidad	Límite líquido	Índice de plasticidad		
Materiales Granulares (35% o menos del total de la muestra pasan el N° 200)	A _{1-a}	Mezcla bien clasificada que consiste en su mayor parte de fragmentos de piedra o grava con o sin un aglutinante de material fino, no plástico o poco plástico.	50 max	30 max	15 max				6 max	0	
	A _{1-b}	Mezcla bien clasificada que consiste en su mayor parte de arena gruesa con o sin un aglutinante de tierra como en el A _{1-a} .		50 max	25 max						
	A ₂₋₄ A ₂₋₅	Consiste de grava, arena gruesa y limo.						40 max 41 min	10 max	0	
	A ₂₋₆ A ₂₋₇	Similar al A ₂₋₄ y A ₂₋₅ excepto que la porción fina contiene arcilla plástica del grupo A ₄ o A ₅ .			35 max			40 max 41 min	11 min	4 max	
	A ₃	Arena fina de playa o de desierto con una pequeña cantidad de limo no plástico. Incluye también depósitos de corrientes que contienen mezclas de arena fina mal clasificada y cantidades limitadas de grava y arena gruesas.		51 min	10 max				no plástico	0	
Materiales limo-arcillosos (más del 35% del total de la muestra pasan el N° 200)	A ₄	Suelo limoso moderadamente plástico o no plástico. También incluye mezclas de suelo fino limoso, arena y grava.				10 a 40	10 max	40 max	10 max	8 max	
	A ₅	Similar al A ₄ excepto que contiene material micáceo o diatomeo. Puede ser ligeramente elástico.				41 min	10 max	41 min	10 max	12 max	
	A ₆	Suelo de arcilla plástica. También incluye mezclas de suelo fino arcilloso, arena y grava. Alto cambio de volumen entre el estado húmedo y seco.			36 min	18 a 40	11 a 35	40 max	11 min	16 max	
	A ₇	A ₇₋₆	Similar al A ₆ y puede ser elástico así como puede estar sujeto a alto cambio de volumen.				41 min	≤ LL-30	41 min	11 min	20 max
		A ₇₋₅						≥ LL-30			

* Índice de Grupo = 0.2a + 0.005ac + C_u/d.

- a = Aquella porción del porcentaje que pase el tamiz N° 200, más grande que el 35 y que no exceda del 75, expresada como un número positivo completo (1 a 40).
- b = Aquella porción del porcentaje que pase el tamiz N° 200, más grande que el 15 y que no exceda del 55, expresada como un número positivo completo (1 a 40).
- c = Aquella porción del límite líquido numérico, más grande que el 40 y que no exceda del 60, expresada como un número positivo completo (1 al 20).
- d = Aquella porción del índice de plasticidad numérico, más grande que el 10 y que no exceda del 30, expresada como un número positivo completo (1 a 20).

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL DIAGRAMA

- 1.- Determinese el por ciento de grava (menor de 3" - 76.2 m.m. y retenidas por la malla #4) arena (que pasa la malla #4 y es retenida por la malla #200) y limas (que pasan la malla #200).
- 2.- Si el muestra tiene 50% o más de finos, úsese para clasificar la gráfica de plasticidad.
- 3.- Si la muestra tiene 50% o más de grava y arena, localícese el punto de intersección de las coordenadas "por ciento de grava" y "por ciento de arena". Úsese la gráfica de plasticidad para la porción que pasa la malla #40 (cuando la muestra contenga 5% o más de finos) y un coeficiente de gradación para grava y arena (cuando la muestra contenga 12% o menos de finos) para completar la clasificación.
- 4.- COEFICIENTES DE GRADUACION

a.- Si el 50% o más de la fracción gruesa retenida (en la malla #200) es grava:

$$G_u > 4 \text{ y } \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}} \text{ Entre 1 y 3}$$

gm si no se cumplen las condiciones anteriores.

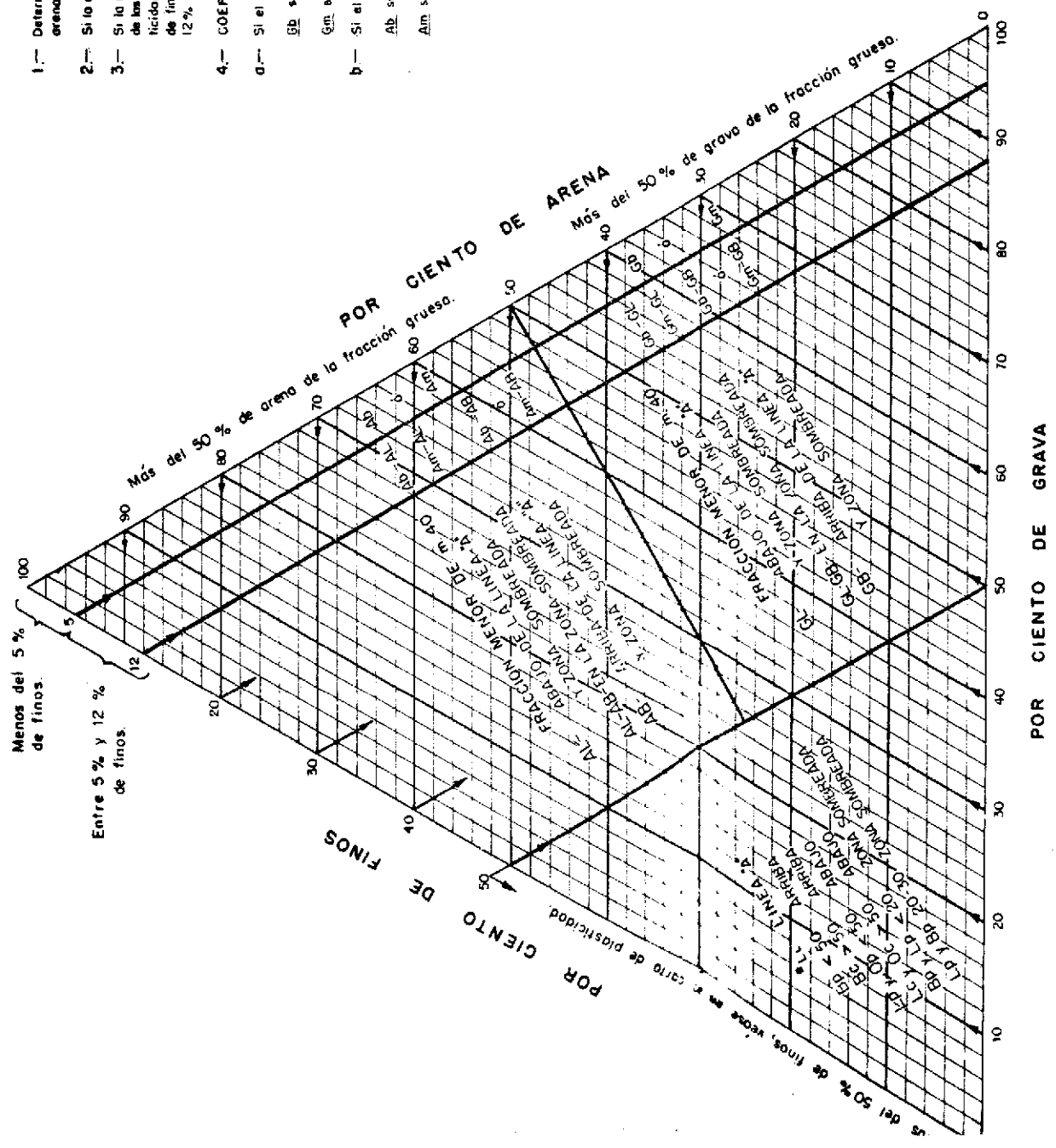
b.- Si el 50% o más de la fracción gruesa es arena:

$$A_u > 6 \text{ y } \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}} \text{ Entre 1 y 3}$$

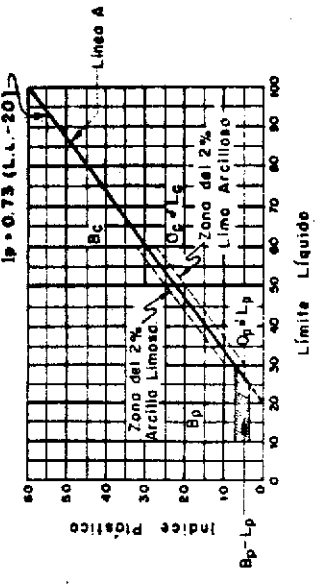
Am si no se cumplen las condiciones anteriores.

SIGNIFICADO DE LOS SIMBOLOS

- G --- Grava
- A --- Arena
- L --- Lima
- B --- Arcilla
- O --- Suelos orgánicos.
- T --- Turba
- b --- Bien graduado.
- m --- Mal graduado
- p --- Poca compresible
- c --- Compresible



GRAFICA DE PLASTICIDAD



TRIANGULO DE IDENTIFICACION

La forma de materia coloidal no se conoce con exactitud y algunos investigadores la visualizan como si fuera un papel arrugado, por lo tanto, se intenta olvidar el concepto diámetro como se aplica a las partículas del suelo y reemplazarlo por el de "velocidad de precipitación". Los suelos existentes son mezclas de las fracciones indicadas en la tabla No. 2.

2.6 Clasificación de los Suelos en la República de Guatemala:

La elaboración de mapas de clasificación de suelos a nivel preliminar, de conocimiento semidetallado y detallado, es de vital importancia para la evaluación y planificación de programas de desarrollo agrícola, así como para el tipo de cimentación a usar en cualquier construcción.

Guatemala cuenta actualmente con un mapa de suelos a nivel de reconocimiento de todo su territorio, preparado por el Ing. Charles S. Simmons y colaboradores en el año de 1959 y revisado en 1970. En la figura No. 2 se localizan las varias series de suelos existentes en la República.

Mapa basado en el estudio de reconocimiento de los Suelos de Guatemala.

En lo que se refiere a la génesis de los suelos se puede observar que en el país se presentan 11 grandes grupos.

1. Suelos Desarrollados sobre Rocas Calcareas a Elevaciones Bajas:

En la mayor parte de lugares los suelos son jóvenes arcillosos, de color café y gris muy oscuros. Los suelos de las sabanas son principalmente maduros con subsuelos arcillosos de color café rojizo. Estos suelos parecen haber sido desarrollados de sedimentos aluviales o marinos muy profundos que ocupan lo que se puede llamar formación Karst Ahogado. En estas áreas emergen pequeños cerros redondeados calcareos de suelos antiguos. Incluidos en esta región hay muchas áreas de suelos desarrollados sobre pizarra, caracterizándose por tener superficies grises de arcillas o franco arcilloso y subsuelo de arcilla café amarillento.

2. Suelos desarrollados sobre Depósitos Marinos a Elevaciones Bajas:

Estos suelos pudieran ser clasificados como lateríticos. La textura del suelo superficial es franco limoso de color café amarillento claro, y los subsuelos son arcillas de color café amarillento a café rojizo; los suelos superficiales son poco profundos, de 3 a 20 cms. y los subsuelos hasta 1.0 m. de espesor.

Debajo de este subsuelo se encuentran arcillas hasta 5.0 m. de profundidad que llegan al material original.

3. Suelos Desarrollados sobre Material Fluvio Volcánico Reciente a Elevaciones Bajas:

Los suelos al oeste de esta área son arcilla de color café rojizo y en la parte este, son suelos franco arenoso, franco y franco arcilloso, de color gris oscuro a café oscuro.

4. Suelos Desarrollados sobre Serpentinita y Rocas Asociadas a Elevaciones Medianas:

Los suelos desarrollados sobre serpentinita y rocas asociadas como la riolita amorfa y roca calcárea son relativamente extensos en Guatemala y parecen ser el resultado de la serpentización de rocas máficas, poco profundos de textura arcillosa y de color café o café rojizo.

5. Suelos Desarrollados sobre Rocas Calcáreas a Elevaciones Medianas:

Dentro de ellos se encuentran los molisoles y suelos maduros, su textura es arcillosa, de color negro, y con un espesor de menos de 30 cms. Los suelos maduros están caracterizados por suelos superficiales de color café muy oscuro de 15 a 60 cms. de espesor, que descansan sobre subsuelos arcillosos, de color rojo cafésáceo o bién amarillo cefasáceo; en su mayoría la roca madre se encuentra a menos de 2.0 m. de profundidad, sin embargo, en algunos lugares se encuentran los suelos hasta de 3.0 m. de espesor.

6. Suelos Desarrollados sobre Esquistos a Elevaciones Medianas:

Esta área ha recibido muchos depósitos de ceniza volcánica, especialmente al pie de los cerros y en valles o terrazas aluviales a lo largo de los ríos. En muchas de estas terrazas aluviales los suelos son arcillas de color gris muy oscuro de hasta 30 cms. de espesor, los subsuelos son de color gris o café y en algunos sitios el calcio se encuentra en hilos o concreciones a profundidades de 50 cms. o más.

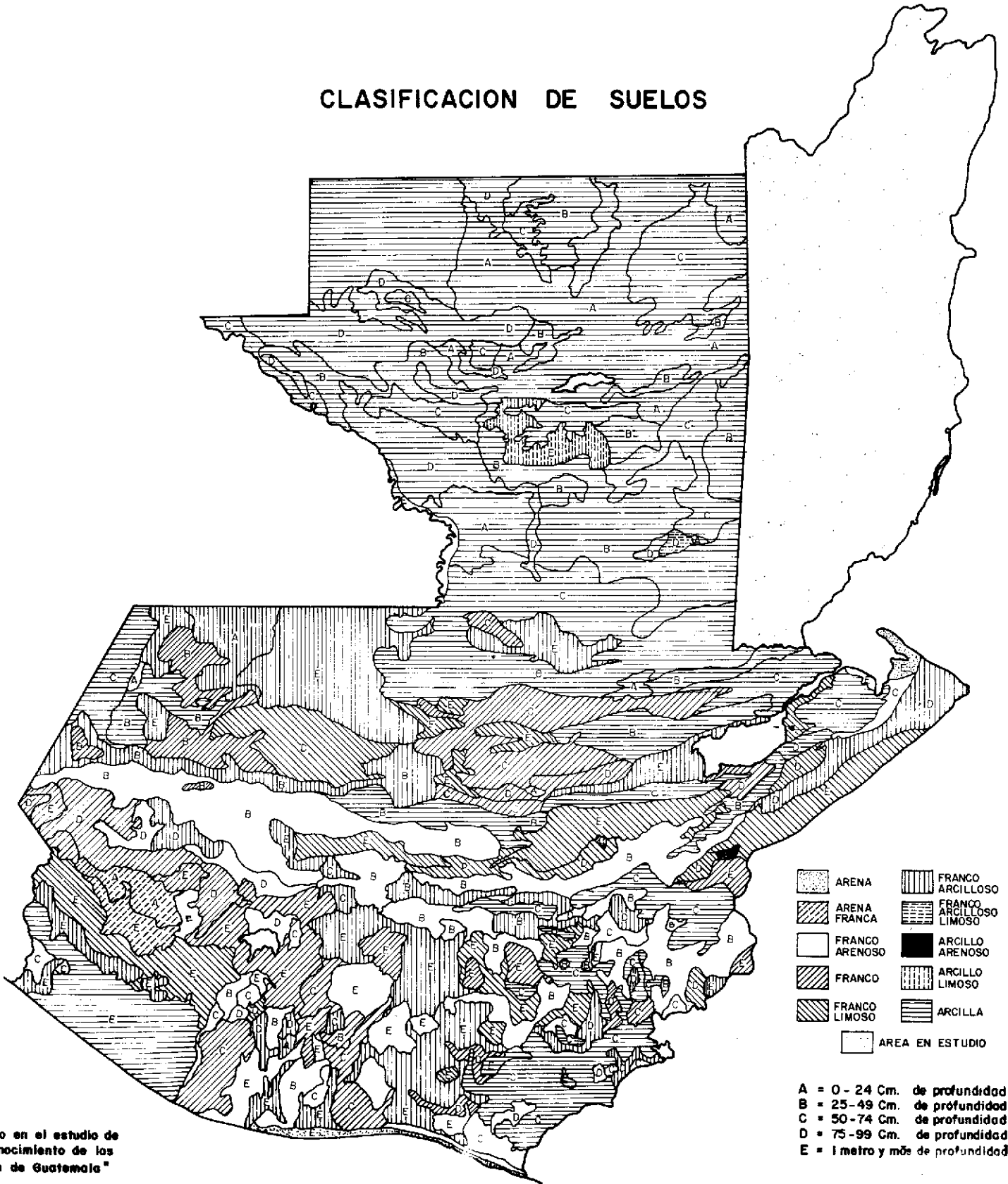
7. Suelos Desarrollados sobre Ceniza Volcánica a Elevaciones Medianas:

Son suelos poco o muy poco profundos en los casos en donde la erosión ha sido muy severa por cultivos de laderas. La textura del suelo superficial es franco y franco arcilloso, hasta profundidades de 26 cms. Los subsuelos son de textura franco-arcilloso de color café claro a café amarillento que promedian hasta 1.0 m. de espesor.

8. Suelos Desarrollados sobre Material Fluvio Volcánico, Reciente a Elevaciones Medianas:

Esta área está formada por abanicos aluviales traslapados, de material arrojado por los volcanes en épocas relativamente recientes. Los suelos son jóvenes y profundos y la textura del suelo superficial es franco a franco arcillosa, de color oscuro y de un espesor que varía de 30 a 50 cms. Los subsuelos son de textura franco arcillosa a franco, de color café amarillento de profundidad variable de 1.0 a 2.0 m.

CLASIFICACION DE SUELOS



	ARENA		FRANCO ARCILLOSO
	ARENA FRANCA		FRANCO ARCILLOSO LIMOSO
	FRANCO ARENOSO		ARCILLO ARENOSO
	FRANCO		ARCILLO LIMOSO
	FRANCO LIMOSO		ARCILLA
	AREA EN ESTUDIO		

- A = 0 - 24 Cm. de profundidad
- B = 25 - 49 Cm. de profundidad
- C = 50 - 74 Cm. de profundidad
- D = 75 - 99 Cm. de profundidad
- E = 1 metro y más de profundidad

Basado en el estudio de "Reconocimiento de los Suelos de Guatemala"

9. Suelos Desarrollados sobre Rocas Calcáreas a Elevaciones Altas:

Son suelos pseudo-alpinos y un 20% del área está constituido por Molisoles. Los suelos más profundos tienen una superficie franco y franco arcilloso de color café oscuro de más o menos 30 cms. de espesor. Los subsuelos son de textura franco arcillosa, de color café amarillento de más o menos 1.0 m. de espesor. En valles no profundos de esta área se ha concentrado arena volcánica fina dando origen a suelos similares a los descritos.

10. Suelos Desarrollados sobre Ceniza Volcánica a Elevaciones Altas:

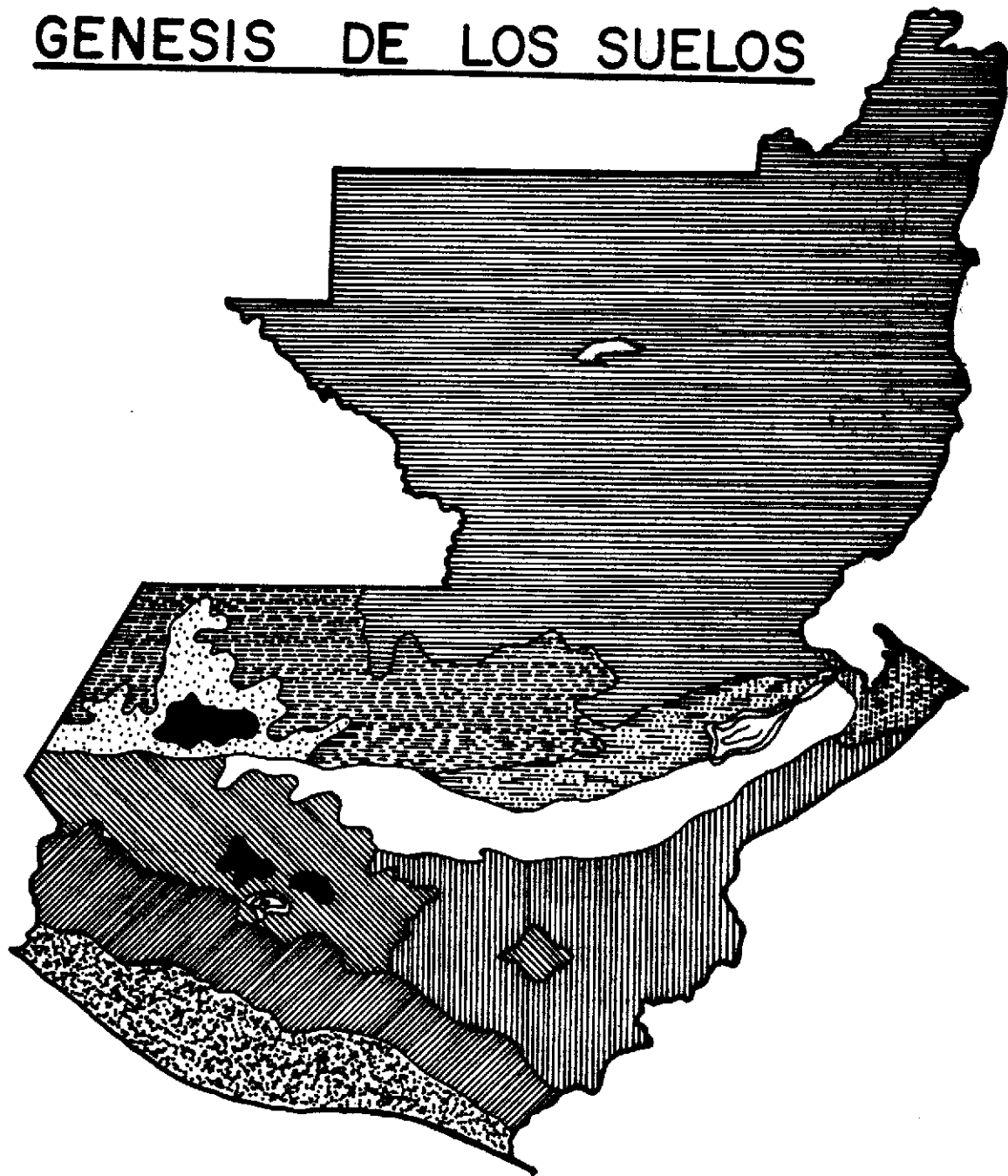
El relieve es muy variable presentando planicies ondulantes, valles rellenos, barrancos profundos con paredes casi verticales y montañas muy quebradas. Los suelos son de color café, pseudo alpinos, de textura franca a franco arcillosa para los suelos superficiales y con un espesor de 25 a 50 cms.; los subsuelos son de textura franco arcillosa, color café rojizo que llegan hasta más de 1.0 m. de profundidad.







11. Suelos Alpinos:






En el mapa se localizan 3 áreas: la de mayor superficie hacia el norte es la roca calcárea y las 2 pequeñas al sur de origen volcánico, los suelos son de color café muy oscuro a negro, de textura franco y con un espesor de 30 cms. a 1.0 m. En muchos lugares no existe subsuelo y donde lo hay es de textura franco arcillosa y de color café amarillento.

Estos grupos se representan en la figura No. 3.

GENESIS DE LOS SUELOS



-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE ROCAS CALCAREAS A ELEVACIONES BAJAS.
-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE DEPOSITOS MARINOS. A ELEVACIONES BAJAS.
-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE SERPENTINITA Y ROCAS ASOCIADAS A ELEVACIONES MEDIANAS.
-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE ROCAS CALCAREAS A ELEVACIONES ALTAS
-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE ROCAS CALCAREAS A ELEVACIONES MEDIANAS.
-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE ESQUISTOS A ELEVACIONES MEDIANAS

-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE CENIZA VOLCANICA A ELEVACIONES MEDIANAS.
-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE MATERIAL FLUVIO-VOLCANICO RECIENTE A ELEVACIONES MEDIANAS.
-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE CENIZA VOLCANICA A ELEVACIONES ALTAS.
-  SUELOS DESARROLLADOS SOBRE MATERIAL FLUVIO-VOLCANICO RECIENTE A ELEVACIONES BAJAS.
-  SUELOS ALPINOS

CAPITULO 3.

FABRICACION DE LADRILLOS DE SUELO ESTABILIZADO

En la fabricación de ladrillos de suelo estabilizado hay 3 pasos a seguir:

- 1o. Selección del suelo
- 2o. Fabricación
- 3o. Pruebas en el campo y laboratorio para determinar su calidad.

3.1 La Selección del Suelo como Material de Construcción:

No todas las tierras sirven para la fabricación de adobes, muchas no forman adobes con la suficiente fuerza, por ejemplo: Una tierra muy arenosa es débil, lo mismo que una cenagosa u orgánica. Se puede decir que la mejor tierra para fabricar adobes debe ser una mezcla estable y uniforme, de bastante resistencia y muy diferente a la arcilla de adobe que se encuentra en muchas regiones que se incha y extiende cuando se humedece, y se encoge mucho al secarse formando grietas.

Como regla práctica se puede decir que los suelos más apropiados son los que tienen del 55o/o a 75o/o de arena y 25o/o a 45o/o de finos (limo y arcilla), el porcentaje de arcilla varía entre 15o/o a 17o/o y no debe exceder de 18o/o, además el suelo no debe contener materia orgánica ni sales en un porcentaje mayor del 0.5o/o. Las pruebas a seguir para la selección en el campo son las siguientes:

3.1.1 Muestreo del Suelo en la Región a Construir:

Es conveniente que la tierra provenga de algún lugar lo más cercano posible a la construcción. Teniendo presente que los suelos ofrecen variantes aún en una zona reducida, se perforan varios agujeros en una zona suficientemente extensa para proporcionar toda la cantidad que se precise.

El equipo necesario para efectuar este muestreo es el siguiente:

- Pala de postear con extensiones
- Lleve Stilison (para tubos) para quitar y colocar las extensiones.
- Pala de mano
- Piochas o zapapicos (para quitar la capa superficial u orgánica)
- Etiquetas (para identificación del suelo)
- Costales de lona o cajones de madera
- Pedazo de lona más o menos 2.0 m. X 2.00 para muestras de tierra.

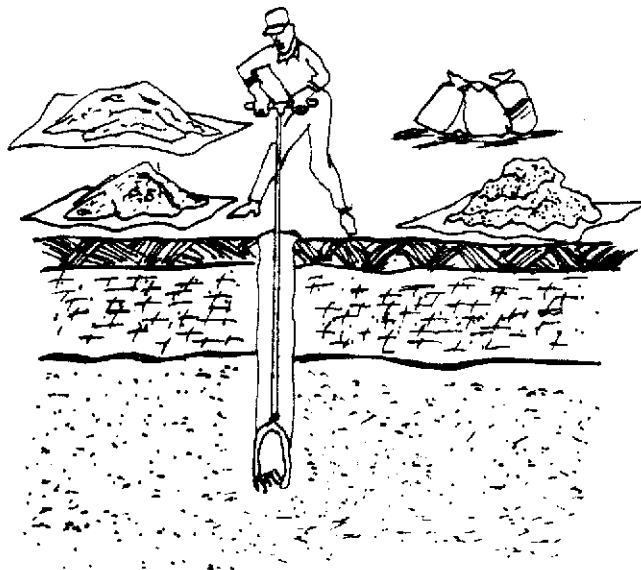
La figura No. 4 muestra como se hace esta operación.

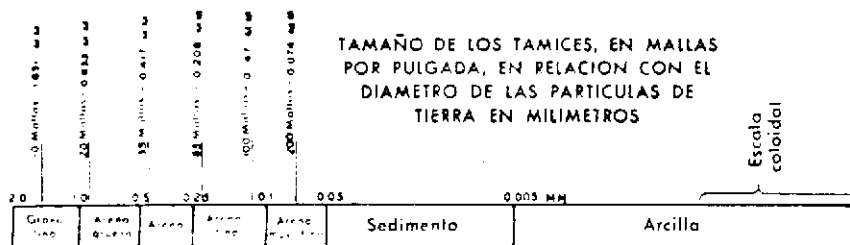
3.1.13 **Muestreo del Suelo en la Región a Construir:** Es conveniente que la tierra provenga de algún lugar lo más cercano posible a la construcción. Teniendo presente que los suelos ofrecen variantes aún en una zona reducida, se perforan varios agujeros en una zona suficientemente extensa para proporcionar toda la cantidad que se precise.

El equipo necesario para efectuar este muestreo es el siguiente:

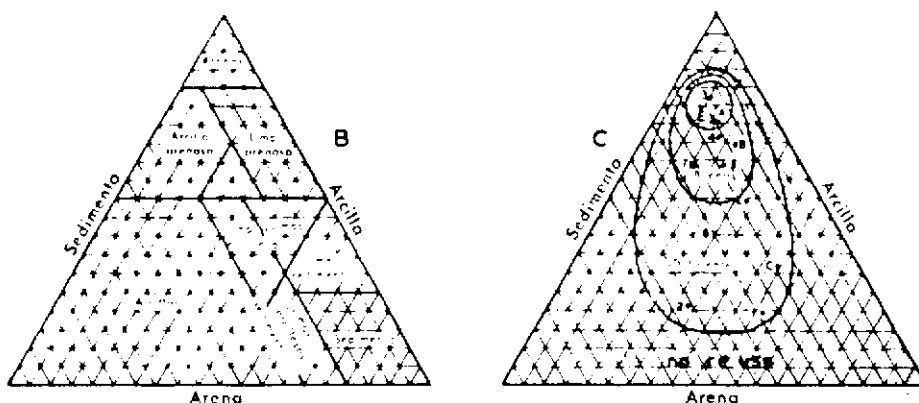
- Pala de postear con extensiones
- Llave Stillson (para tubos) para quitar y colocar las extensiones.
- Pala de mano
- Piochas o zapapicos (para quitar la capa superficial u orgánica)
- Etiquetas (para identificación del suelo)
- Costales de lona o cajones de madera
- Pedazo de lona más o menos 2.0 m. X 2.00 para muestras de tierra.

La figura No. 4 muestra como se hace esta operación.





A



A. La gráfica en forma de barra ilustra la clasificación de la textura de la tierra que es utilizada por la Oficina de Suelos del Departamento de Agricultura de E.U.A. B. Clases de tierras basadas en las cantidades relativas de arcilla, tierra de aluvión y arena. C. Resultados de ciertas pruebas de tierra. Los contornos indican la conveniencia para la construcción con tierra. Observe que las mejores mezclas contienen altos porcentajes de arena.

3.1.2 Prueba de Sedimentación:

Rellenar un cilindro, botella o tubo de vidrio de 40 a 45 cms. de altura con suelo, hasta llegar a $1/3$ de la altura.

- Agregar agua hasta que se complete $2/3$ de la altura.
- Agitar bien el recipiente.
- Poner en reposo el recipiente y esperar que se depositen en el fondo los ingredientes sólidos. La velocidad de sedimentación varía de acuerdo al tamaño de las partículas y el orden en el cual se asientan las partículas es siguiente:
- Arena gruesa al fondo.
- Arena media.
- Arena fina.
- Limo
- Arcilla en la parte superior.

Hacer un estimado del o/o de cada material con el mayor grado de precisión posible.

3.1.3 Prueba de Sales:

La presencia de carbonatos se determina dejando caer en una muestra de suelo una gota de solución de ácido nítrico al 5o/o, si se produce efervescencia es indicación de que hay carbonatos.

La presencia de cloruro o sulfatos se determina haciendo pasar a través de un papel filtro, una solución de suelo con agua destilada. El líquido filtrado se coloca en una probeta de vidrio y se le agrega una solución de nitrato de plata al 2o/o. Si se produce un precipitado blanco en el fondo de la probeta, es señal que el suelo contiene sulfatos o cloruros y será necesario efectuar ensayos de laboratorio para determinar si las sales exceden los máximos admisibles.

3.1.4 Prueba Olfativa:

Los suelos orgánicos huelen a rancio, principalmente cuando se acaban de excavar. El mismo olor tienen los suelos orgánicos secos cuando se humedecen y calientan.

3.1.5 Prueba de Brillantéz:

Tómese un poco de tierra seca o húmeda y frótese con la uña o la parte plana de una navaja, si la tierra contiene sedimento o arena, aunque el resto sea arcilla, la superficie permanecerá opaca. Un suelo que contiene bastante porcentaje de arcilla adquirirá brillantéz. Una forma sencilla para evaluar y seleccionar el suelo a utilizarse en la fabricación de adobes es utilizando el siguiente formato.

3.1.6 Análisis Granulométrico:

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que la componen. A partir de la distribución de los granos de un suelo, es posible formarse una idea aproximada de otras propiedades del mismo.

Según su composición, la granulometría puede determinarse por medio de tamices y/o el método del hidrómetro o combinación de ambos. El análisis mecánico se concreta a segregar las partículas por medio de tamices que definen el tamaño de la partícula. El método del hidrómetro se basa en la aplicación de la ley de Stokes a una esfera que cae libremente en un líquido.

El análisis combinado o total, consiste en la aplicación de los métodos antes citados, a las porciones gruesas y fina de un mismo material. El equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente:

- Juego de tamices: No. 4, 10, 40, 100, 200, fondo y tapadera.

Formato para la Selección de Suelos

Fecha _____ Tomada por _____

Lugar (descripción exacta) : _____

Profundidad de la muestra: 1 - 12" _____ 12-24" _____ A más de 24" _____

Existencia de adobes en la cercanía? ___ Calidad de los adobes _____

Color del suelo _____ De los adobes existentes _____

La vegetación indica suelos con sales? _____

Cantidad de suelo disponible _____

Profundidad _____

Uniformidad _____

Textura: Limo _____ Arena _____ Arcilla _____ Piedra _____ Cernido _____

Clase de transporte y distancia al lugar de uso _____

Se puede fabricar bloques en este sitio? _____

Espacio para secar los bloques _____

Posibilidad para obtener agua _____

Facilidades de transporte _____

Pruebas de campo: _____ 1 Presentación de carbonatos _____

Prueba de sales 2 Ph n° _____

3 Cloruros de sulfatos _____

4 Sulfatos _____

Prueba de asentamiento: Arcilla _____

Limo _____

Finos _____

Medianos _____

Gruesos _____

Partes secas _____

Ciclos de humedecido y secado _____

Observación en el mezclado

Facilidad de mezclar _____

Humedad relativa y vientos _____

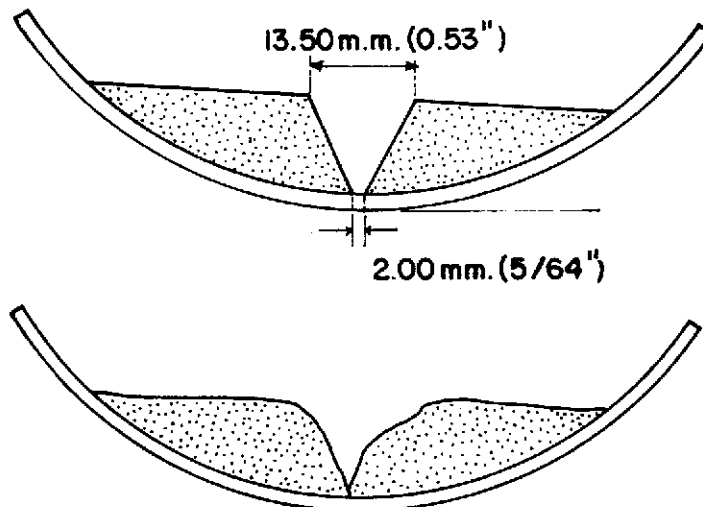
Información sobre los bloques secados en formas separadas:

Resistencia a la compresión / módulo de ruptura / absorción / erosión.

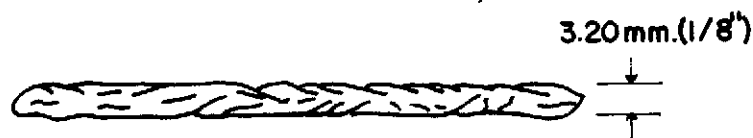
- Balanza de torsión o eléctrica en 0.1GR.de aproximación.
- Horno de temperatura constante de 105°C.
- Cápsula de 25 cms. de diámetro.
- Brocha.

3.1.7 Límites de Consistencia:

Las pruebas de los límites de consistencia o de Atterberg son sencillas y nos proporcionan en forma general si los suelos contienen mucha arcilla y si ésta los perjudicará. Esta prueba incluye el límite líquido (L.L.) y el límite plástico (L.P.), de los cuales se obtiene un valor llamado índice de plasticidad $I.P. = L.L. - L.P.$ El límite líquido lo fija el contenido de agua (expresado en por ciento del peso seco), que debe tener un suelo remoldeado para que una muestra del mismo, en que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos, se cierre sin resbalar en su apoyo.



El límite plástico lo fija el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo, de aproximadamente 3.2 m.m. de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa, no absorbente que puede ser una placa de vidrio.



El equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente:

- Dispositivo de A. Casagrande para determinar el L.L. incluyendo ranurador.
- Espátulas
- Cápsula de porcelana
- Tamíz No. 40
- Horno a temperatura constante de 105°C .
- Balanza de 3 brazos y aproximación de 0.01 gr.
- Recipientes metálicos para muestras.
- Placa de vidrio.

3.2 Fabricación de Adobe:

3.2.1 Procedimiento Manual:

Aunque el método de mezclar los ingredientes mediante rastrillos, palos y los pies se ha usado por muchos años, no se recomienda por que no se asegura el mezclado total que se requiere para un bloque estabilizado de buena calidad, una de las pocas ventajas que se le puede poner a su favor, es que requiere una inversión y adiestramiento mínimo, por lo cual su uso podría considerarse donde abunda la mano de obra y donde no se dispone de suficientes recursos económicos.

Los bloques estabilizados pueden ser fabricados en diferentes dimensiones de acuerdo a los espesores de pared y tipo de construcción. Los moldes para la fabricación de bloques estabilizados generalmente son hechos de madera con 2, 3, o 4 compartimientos, según el tamaño de los bloques que se desee producir.

El área sobre la que se va a moldear los bloques debe ser lisa y nivelada; las precauciones que se adopten en este sentido permitirán obtener un espesor de bloques uniformes y por consiguiente la cara inferior de los bloques resultará lisa y uniforme. Es aconsejable también, que se coloque sobre el suelo nivelado una capa de arena, paja o preferentemente papel para obtener una buena superficie de moldeado que permitirá fácilmente despegar los bloques del suelo después de secados.

Es importante obtener superficies lisas en la cara superior de los bloques, si se utiliza agua en exceso ésta penetrará en el bloque y causará rajaduras.

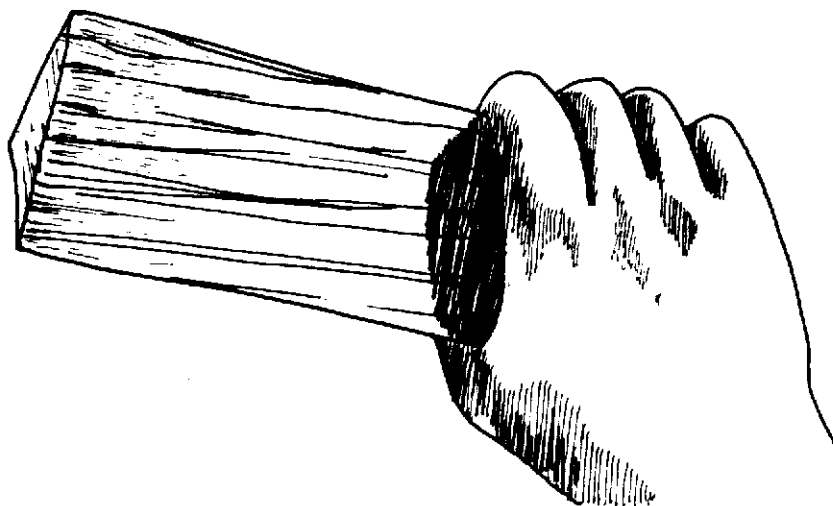
3.2.2 Procedimiento Mecánico:

El equipo mecánico de mezclado permite considerable ahorro de tiempo y mano de obra y asegura un mezclado total de los materiales y calidad uniforme de los bloques. Se puede utilizar mezcladoras de motor como las de eje horizontal o de mortero. Las mezcladoras de concreto no son adecuadas para producir bloques estabilizados.

El mezclado con una máquina apropiada permite obtener bloques más densos, más fuertes y más estables, que la que se obtendría por mezcla manual o por otros métodos. La mezcladora debe instalarse en un lugar cercano al área de moldeo y a la fuente de abastecimiento del material.

El suelo y el agua son depositados en la mezcladora y mezclados hasta que la masa obtenga una resistencia plástica densa; luego se agrega la cantidad correcta de estabilizador y se mezcla totalmente con el suelo hasta que no se observen manchas de éste, y se le agrega más agua para lograr una consistencia de moldeo más fluida, pues si la mezcla es muy seca, será muy difícil que llenen totalmente los moldes y los bloques presentarán superficies ásperas e irregulares. Utilizando la proporción adecuada de agua, los bloques se moldearán fácilmente y presentarán superficies uniformes.

Para determinar si la mezcla ha alcanzado una consistencia adecuada de moldeo, se forma una ranura en la mezcla con un trozo de madera cortado en forma de V. Si los costados de la ranura no son lisos será necesario agregarle más agua, mientras si los costados son lisos y sobresalen ligeramente, la mezcla tiene una consistencia adecuada, si la ranura se cierra la mezcla tiene demasiada agua.



Sin embargo, la prueba definitiva de la consistencia se obtiene en el momento de moldear los bloques. Cuando se levanta el molde la mezcla debe asentarse ligeramente sin llegar a tocar el bloque adyacente.

Un sistema continuo de mezclado es preferible al mezclado por tandas pues permite ir descargando el material ya mezclado, mientras que en el otro extremo de la mezcladora se va cargando el suelo, agua y estabilizante. En la figura siguiente se muestra una mezcladora que suministra continuamente suelo mezclado para la producción de bloques.

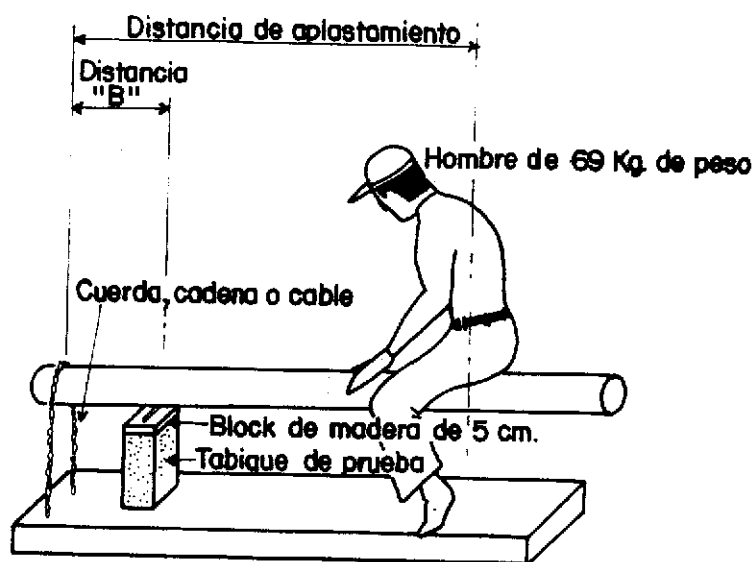
3.3 Pruebas en el Campo y en el Laboratorio para Determinar su Calidad:

3.3.1 Resistencia a la Compresión:

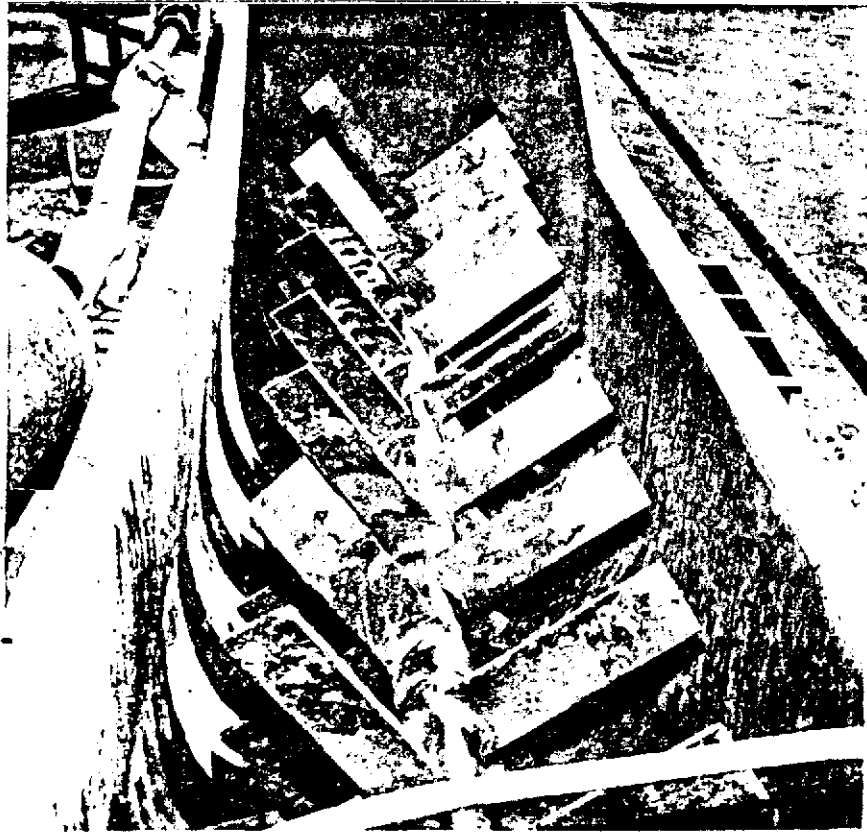
La resistencia de los suelos se determina por aplastamiento (resistencia a la compresión) más que rompiéndolos por tracción (resistencia a la tensión).

Para evaluar los bloques se deben escoger un promedio de 4 bloques ya curados y bien secos y que tengan las dimensiones iguales a las que van a ser usados en la construcción y estas dimensiones no deben ser menores de $7\frac{1}{2}$ " (56.25 plg²), generalmente deben tener el doble de largo que de ancho.

Una forma de aplicar y medir la carga para aplastar los tabiques es utilizando la máquina universal que le aplica una fuerza de 0.5"/min. en forma progresiva. También será posible efectuar pruebas de compresión en una forma sencilla como se representa en la siguiente figura.

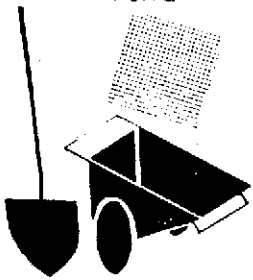


Los tabiques deberán probarse siempre, aplicándoles la carga en el sentido de su mayor dimensión.



Los siguientes diagramas indican el equipo necesario para el desarrollo de una producción en gran escala.

Equipo para proveer tierra



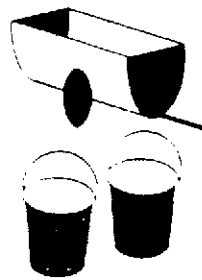
Carretilla, pala

Equipo de Medida



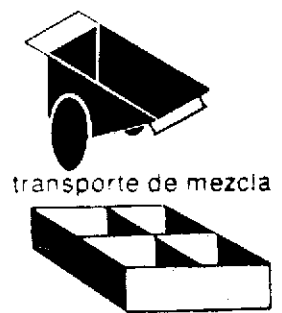
Tolva de Carga

Equipo de mezcla



Mezcladora portátil. Baldes

Equipo de Moideo y



transporte de mezcla

Carretilla y moldes

3.3.2 Absorción:

Esta prueba indica la rapidéz con que los tabiques absorven agua y si ésta permitirá que se esponjen. Para realizar esta prueba se toman 5 bloques de cada mezcla de suelos.

El equipo y accesorios para realizar esta prueba son los siguientes:

- Una bandeja poco profunda que pueda contener unos 2.5 cms. de agua y suficiente tamaño para colocar en ella todos los tabiques a la vez; en el fondo de ésta se coloca una malla gruesa o un emparrillado para que los tabiques descansen en él, con el objeto de que estén siempre sumergidos en 3 mm. de agua; para lograr ésto se hace un agujero en un lado de la bandeja al nivel correcto y haciendose que gotee un poco de agua en la bandeja para tener la seguridad de que las muestras siempre están sumergidas exactamente en los 3 mm. de agua.
- Malla fina (como la que se emplea contra los insectos) la cual va colocada entre los tabiques y el emparrillado para evitar que las muestras débiles al desmoronarse, caigan al fondo de la bandeja.
- Una regla de 30 cms. dividida en cms. y mm.
- Un reloj
- Una balanza
- Depósito de agua limpia

Esta prueba empieza en el instante en que la muestra toca el agua, al ir absorviéndola se observará que las rodea una línea de humedad. Transcurrido una hora se mide con la regla la altura de la línea de agua sobre el borde inferior del tabique, como no suele ser recta, ni estar a nivel se buscará el mejor promedio de la altura hasta el m.m. más aproximado.

Para percatarse de que si el tabique se esponja, se mide el lado más largo del mismo, hasta el m.m. más cercano antes de empezar la prueba; al terminarla se mide de nuevo el tabique en el mismo lugar.

Un buen momento de probar la resistencia de los tabiques será al finalizar esta prueba, porque es entonces cuando estarán en su condición más débil, ésto es lo que se conoce con el nombre de resistencia húmeda del tabique.

3.3.3 Erosión:

Esta prueba demuestra como soportará los tabiques una lluvia copiosa y violenta, y para llevarla a cabo se utiliza un promedio de 3 bloques.

Para efectuar esta prueba se necesita:

- Regulador de presión
- Indicador de presión (manómetro)
- Ducha de 4" la cual se conecta a una tubería de agua con presión.

Se ponen los adobes enteros a 7" de la ducha de manera que el agua se dirija horizontalmente contra el bloque por un período de dos horas y a una presión de 20 lbs/pulg². Después de tenerlos soportando la ducha durante este tiempo se quitan y examinan, midiéndose la profundidad de los agujeros que se hayan formado o de la erosión de la superficie. También se anota el tiempo que hayan tardado cualquiera de todos en desmoronarse o deshacerse totalmente por efecto de la ducha. Como interpretación de los resultados observados de esta prueba podemos decir que: Si en la región donde se habita la cantidad de lluvia anual es menor de 51 cm/año, los tabiques serán apropiados si muestran agujeros de 6 a 13 m.m. de profundidad.

Si se habita en una región donde la precipitación pluvial es de 51 a 127 cm/año, los adobes no deberán mostrar agujero alguno, lo único que es de esperarse es que aparezcan ligeramente ásperos.

Si los tabiques no reúnen estos requisitos, conviene estudiar las posibles soluciones, entre las que se pueden mencionar:

- Variar la cantidad de arena en la mezcla del suelo
- Emplear un revestimiento en la superficie de los tabiques.

3.3.4 Módulo de Ruptura:

Para realizar esta prueba se utiliza un promedio de 5 bloques y puede efectuarse utilizando una máquina estática para cargar, en la cual se aplica una fuerza a razón de 0.05 plg/min. a 500 lbs./min., hasta que el bloque se rompa. También se puede llevar a cabo de una manera sencilla: los bloques seleccionados se colocan sobre apoyos situados a 2" de los bordes (de largo); una barra de acero de 2" de diámetro es colocada en la cara superior que esté paralela a las barras de apoyo. El módulo de ruptura puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{3 \times \text{fuerza} \times \text{largo}}{2 \times \text{Ancho} \times 2 (\text{profundidad})}$$

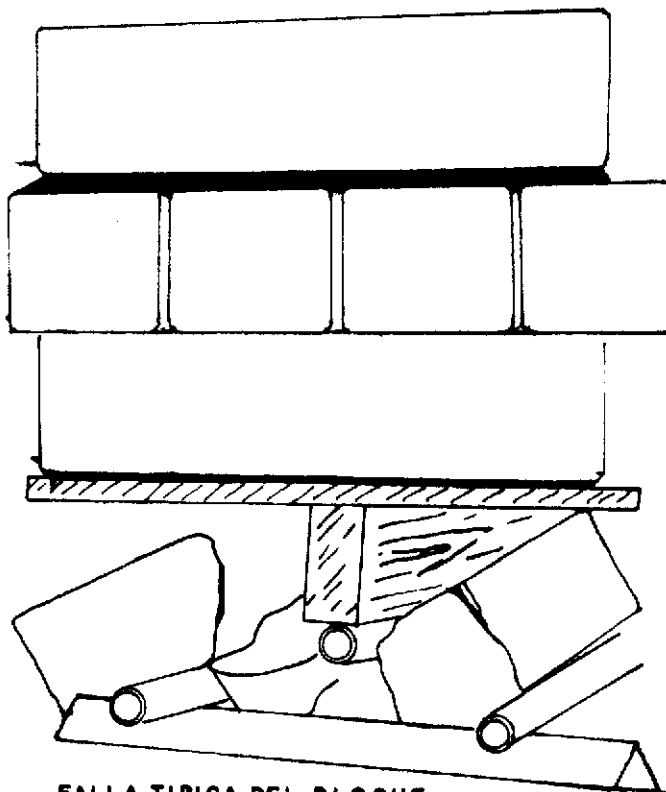
En las siguientes figuras se observan 2 aspectos de como se realiza en la forma manual.

De los ensayos mencionados anteriormente se pueden establecer las siguientes especificaciones recomendables para la fabricación de bloques estabilizados.

- Resistencia a la compresión: debe resistir un promedio de 300 lbs/plg² y máximo 1 de 5 puede ser menor de 250 lbs/plg².



ENSAYO PARA DETERMINAR EL MÓDULO DE RUPTURA: APLICACION DE CARGA



FALLA TIPICA DEL BLOQUE

Un ejemplo de formato utilizado para ensayos de adobes estabilizados es el siguiente.

Ensayado por _____
 Procedencia del Suelo _____
 Tipo de Ensayo _____
 Cantidad y Tipo de Estabilizador _____

Fecha _____
 Dimensiones _____

Ensayo de Absorción

Tiempo

Altura nivel de agua

Peso de los Bloques

1 hora
 4 horas
 1 día
 7 días

1	2	3	4	5

1	2	3	4	5

Resistencia a la Compresión

Bloques Secos

Bloques Húmedos

Area "2
 Area cm2
 Carga total
 Resistencia a la Comp.
 (Kilos x cm2)

1	2	3	4	5

1	2	3	4	5

Módulo de Ruptura - Flexión

Ancho
 Espesor
 Distancia entre apoyos
 Carga total en kilos
 Módulo de Ruptura

1	2	3	4	5

Ensayos de Humedecido y Secado

Ciclos Humedecido y Secado	Observaciones
1	
2	
3	
4	

- Absorción: debe tener un promedio de menos de 2 1/2o/o del peso seco del bloque.
- Contenido de Humedad: no debe pasar del 4o/o por peso.
- Erosión: deben tener un promedio de 1/16 de plg. sin agujeros que se noten.
- Módulo de Ruptura: deben tener un promedio de 50 lbs/plg² y no menor de 30 lbs/plg² cada uno de la serie de 5.
- Encogimiento: no deben tener rajaduras de más de 1/8 de plg. de ancho y no pasar de 3” de largo; éstas no deben ser más de 3.

3.3.5 Resultados de Ensayos Efectuados en el Laboratorio:

A continuación se presentan algunos resultados de ensayos efectuados con muestras de bloques estabilizados con cal, cemento y asfalto, teniendo siempre presente que estos resultados no pretenden en ningún momento dar valores definitivos o categóricos.

Procedencia	Proporción		Peso Natural (kg)	Hecho a	% abs.	Flexión (kg/cm ²) 7 días	Compresión (kg/cm ²) 7 días
	C	Cal Suelo					
Zona 5	1/2	1/2	5.179	máquina	27.39	3.44	20.63
Patzicifa	1	20	5.002	máquina	46.03	0.91	5.55
Chimaltenango	1	10	5.764	máquina	32.09	5.66	32.96
"	1	10	5.568	mano	34.37	2.89	22.30
"	1	10	9.116	adobe	33.59	3.59	28.64
"	1	15	5.514	máquina	41.39	3.83	22.17
"	1	15	5.154	mano	42.26	2.52	15.62
"	1	15	8.819	adobe	42.14	2.24	18.81
San Juan Sact.	1/2	1/2	5.186	máquina	49.67	2.53	21.84
"	1/2	1/2	5.357	mano	53.74	2.81	21.86
"	1/2	1/2	9.075	adobe	-	3.24	23.01
"	1/2	1/2	5.115	máquina	52.91	1.35	12.88
"	1/2	1/2	5.137	mano	52.90	1.37	13.90
"	1/2	1/2	8.754	adobe	-	0.59	14.11
"	1	15	4.873	máquina	45.43	2.91	15.98
San Pedro Sac.	1	10	4.516	máquina	58.10	0.99	6.36
"	1	10	4.344	mano	55.07	0.86	4.94
"	1	10	7.318	adobe	43.40	1.25	9.09

Procedencia	Proporción			Peso natural (kg)	Hecho a	% Abs.	Flexión (kg/cm ²) 7 días	Compresión (kg/cm ²) 7 días
	C	Ca	Suelo					
San Pedro Sac.	1/2	1/2	10	4.560	máquina	61.15	1.64	9.71
"	1/2	1/2	10	4.602	mano	62.37	1.32	8.94
"	1/2	1/2	10	7.442	adobe	60.34	1.43	11.06
Sumpango	1		15	5.972	máquina	-	1.88	34.89
"	1		15	5.570	mano	41.74	1.26	20.06
"	1		15	9.221	adobe	-	1.08	24.69
"	1		20	5.678	máquina	-	1.92	30.06
"	1		10	5.375	máquina	-	2.48	15.86
"	1		10	4.967	mano	-	0.37	8.55
"	1		10	8.530	adobe	-	0.37	10.94
San Juan Sact.	1/2	1/2	20	4.727	máquina	52.49	1.15	8.44
"	1/2	1/2	20	4.702	mano	54.75	0.67	3.76
"	1/2	1/2	20	7.383	adobe	51.98	0.49	5.73
Laboratorio	1		Pomez 10	3.203	máquina	27.96	5.09	20.83
"	1		Pomez 15	3.086	máquina	33.67	2.96	11.82
"	1		7.5	5.729	máquina	20.88	13.13	53.45
"	1		5	4.310	máquina	23.22	3.80	21.85

Procedencia	Proporción						% agua	Agua Glns/saco	Rendimiento			No. ladrillos/ saco	
	Volumen			Peso					Cemento		Cal		
	C	Cal	Suelo	C	Cal	Suelo			M ³ /saco	Saco/M ³			
									M ³ /saco	Saco/M ³	Saco/M ³		
Zona 5	1/2	1/2	15	1	0.73	26.37	29	97.30	1.023	0.977	0.750	1.34	271
Patzicfa	1		20	1		17.58	29	63.68	0.675	1.480			178
Chimaltenango	1		10	1		8.79	22	24.35	0.330	3.000			87
"	1		15	1		13.19	22	36.49	0.485	2.060			128
San Pedro Sac.		1	10		1	12.04	19	15.72	0.326	3.35	0.303	3.30	78
"	1/2	1/2	10	1	0.73	17.58	23	52.00	0.667	1.50	0.487	2.05	176
El Golgota	1/2	1/2	20	1	0.73	35.16	30	130.00	1.350	0.74	0.937	1.01	357
San Juan Sact.	1/2	1/2	15	1	0.73	26.37	23	79.00	1.033	0.97	0.705	1.42	273
"	1/2	1/2	10	1	0.73	17.58	20	69.00	0.649	1.54	0.474	2.11	172
Sumpango	1		20	1	-	17.58	21	75.00	0.702	1.42			186
"	1		15	1	-	13.19	21	34.00	0.479	2.05			127
"	1		15	1	-	13.19	24	40.00	0.495	2.02			231

Muestra No.	Contenido Asfalto (%)	Diámetro (cms.)	Altura (cms.)	Sección (cms. ² .)	Peso (grs.)	Volumen (cms. ³)	Densidad (kg/m ³)	Carga (kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (#/plg ²)
1	0	5.40	4.80	22.90	171	109.92	1555.68	925	40.39	574.35
2	0	5.50	4.82	23.76	171	114.52	1493.19	940	39.56	562.54
3	0	5.45	4.70	23.33	167	109.65	1523.03	865	37.08	527.28
4	0	5.41	4.70	22.99	168	108.05	1554.84	685	29.80	423.76
5	1/2	5.40	4.63	22.90	161	106.03	1518.44	950	41.48	589.85
6	1/2	5.57	4.50	24.37	157	109.67	1431.57	790	32.42	461.01
7	1/2	5.58	4.70	24.45	167	114.92	1453.18	975	39.88	567.09
8	1/2	5.46	4.76	23.41	164	111.43	1471.78	850	36.81	516.37

CAPITULO 4

ESTABILIZACION E IMPERMEABILIZACION DE LADRILLOS DE ADOBE

Muchas clases de suelos pueden usarse para construir paredes de tierra, agregándoles sustancias conocidas con el nombre de estabilizadores. Cualquier suelo puede prepararse hasta el punto de convertirlo en un mejor material de construcción mediante el agregado del estabilizador adecuado.

El agregado de estabilizadores (aún los baratos) significa que la casa costará más, pero el enemigo natural de las paredes de tierra es el agua en una u otra forma y los estabilizadores combaten ese enemigo y se precisan menos en climas y muy secos.

En general se puede decir que los estabilizadores tiene por objeto:

- Pegar o aglutinar entre sí las partículas del suelo para que los tabiques o paredes sean más resistentes.
- Hacer “impermeable” el suelo para que no absorva agua.
- Impedir que el suelo se contraiga y esponje.

4.1 Estabilizadores:

4.1.1 Cemento Portland:

Constituye uno de los mejores estabilizadores de suelos, a la mezcla resultantes se le conoce con el nombre de suelo-cemento. El cemento trabaja mejor con los suelos más arcillosos (si el suelo ha sido analizado a través de pruebas de laboratorio, se puede usar cemento en cualquier suelo que contenga I P=0-12).

El cemento empieza a reaccionar tan pronto como lo toca el agua; por este motivo no se le mezcla con suelos húmedos, sino con suelos totalmente secos antes de agregar el agua. En seguida la mezcla húmeda del suelo y cemento deberá formarse en tabiques o apisonarse rápidamente en la pared; si se espera demasiado el suelo-cemento se endurecerá y no será útil. No debe mezclarse mayor cantidad de la que se vaya a utilizar.

El cemento necesita agua para endurecerse. Como adquiere la mayor parte de su dureza o resistencia a los 7 días, es necesario conservarlo húmedo todo este tiempo; una de las formas de lograrlo es colocando una cubierta impermeable sobre los tabiques o paredes, si no es posible deben cubrirse con costales de cañamazo y rociarse frecuentemente. Después de esta cura a la sombra, déjense secar al sol durante otros 7 días; cuanto más tiempo se conserven húmedos los adobes o paredes de suelo-cemento más fuertes quedarán.

Dentro de las desventajas que se pueden mencionar están que es caro y a veces es difícil conseguirlo en ciertas regiones.

4.1.2 Cal:

Este estabilizador ya sea viva o apagada constituye uno de los mejores estabilizadores de arcillas, pues la cal reacciona con la arcilla del suelo y forma un aglomerante (en suelos analizados en pruebas de laboratorio se puede utilizar cal en suelo con un $IP \geq 12$).

Los suelos que contienen mucha arcilla, generalmente son muy aterronados, pero la cal desbarata los terrones y permite que el suelo se mezcle con más facilidad; en realidad la cal hace que el suelo tome las condiciones adecuadas. Si un determinado suelo tiene mucha arcilla lo que debe hacerse es lo siguiente: agréguese cal al suelo y mézclase con suficiente agua para humedecer toda la mezcla; después cúbrase durante uno o dos días, ~~conservándola~~ húmeda. Mezclése luego el suelo para desbaratar algunos terrones que puedan haber quedado y utilícese inmediatamente.

La cal también necesita humedad para alcanzar su máxima resistencia, pero se endurece más lentamente que el cemento. Los adobes estabilizados con cal deben tenerse cubiertos y húmedos durante 7 o 14 días si es posible; después hay que dejarlos a la sombra cuando menos 7 días más antes de exponerlos al sol. Dentro de las ventajas que se le pueden mencionar están que no es tan costosa y se le puede encontrar en cualquier región.

4.1.3 Asfalto:

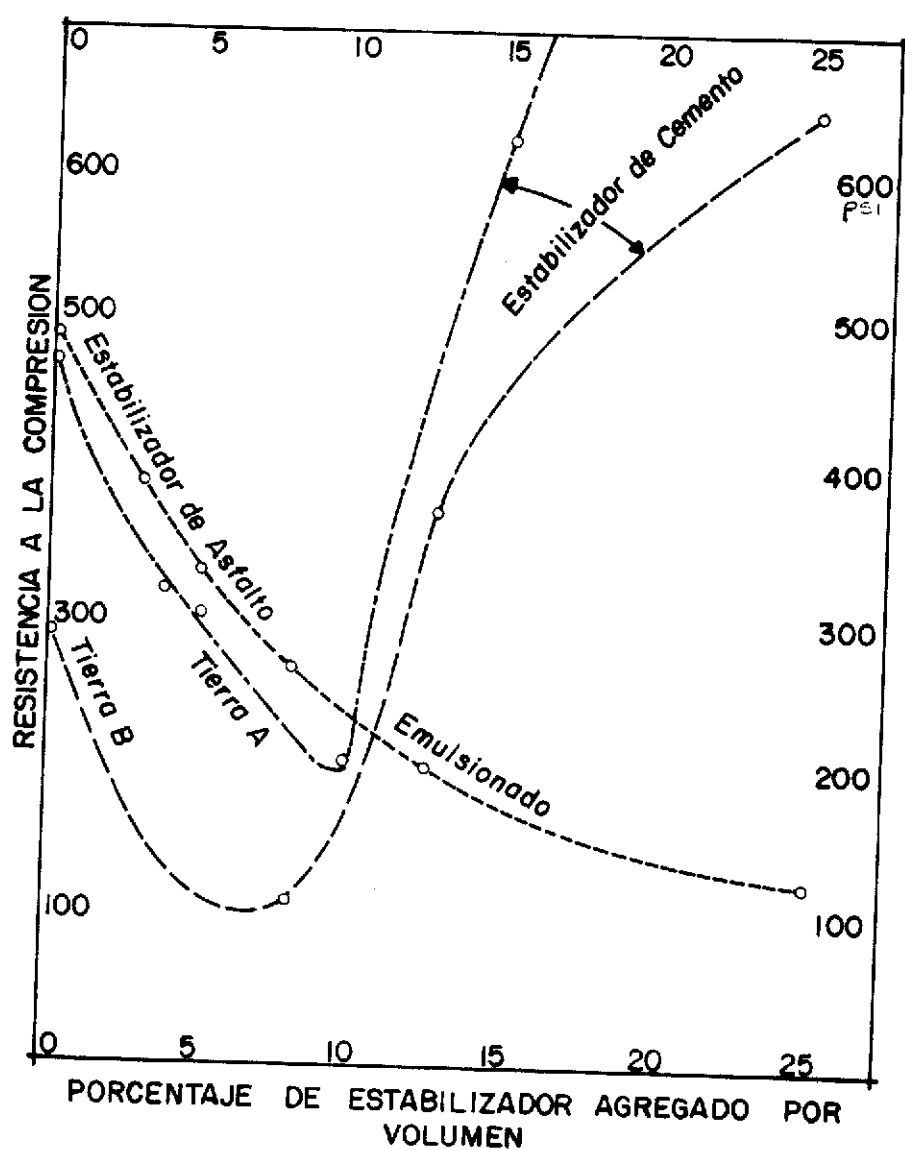
El asfalto emulsionado es amplia y satisfactoriamente utilizado como estabilizador, sin embargo, no es adecuado para suelos arcillosos pues no se mezcla bien con ellos. Como en su forma natural el asfalto es demasiado espeso para agregarse a los suelos sin calentarse, es necesario mezclarlo con otros materiales para adelgazarlo y hacerlo más fácil de manejar; de la mezcla del asfalto y el agua se producen las "emulsiones asfálticas". Estas son las mejores para utilizarlas en paredes de tierra porque no hay peligro al utilizarlas y se mezclan fácilmente con los suelos. Después de haber agregado emulsiones asfálticas al suelo, éstas vuelven a separarse en asfalto puro y agua, quedando el asfalto como una telilla en los granos del suelo. A la emulsión que se convierte rápidamente en asfalto y agua se le llama "de ruptura rápida" o de "fraguado rápido", éstas no son recomendables para usarse en la construcción de casas de tierra, porque pueden separarse antes de mezclarse completamente con el suelo. Los tipos de "fraguado lento" o "ruptura lenta" son buenos para este tipo de construcción.

Se pueden utilizar otros tipos de asfaltos denominados "asfaltos rebajados"; estos son asfaltos que han sido mezclados con gasolina, petróleo, etc., a fin de adelgazarlos sin calentarlos, sin embargo, no son tan buenos como las emulsiones, además son inflamables si se les acerca al fuego.

Como el asfalto es en realidad un aceite muy espeso, "engrasará" los granos de suelo y hará que éste pierda parte de su resistencia seca, cuando menos hasta que el asfalto envejezca algunos años y se endurezca el asfalto. En general las emulsiones asfálticas impermeabilizan los

granos e impiden que el suelo pierda resistencia al mojarse, usualmente un 5o/o de asfalto puede ser suficiente para proporcionar impermeabilidad y entre 5o/o a 15o/o para dar una adecuada resistencia, sin embargo, la cantidad de asfalto que proporcionará impermeabilidad y fuerza a un costo económico solo se puede determinar por medio de experimentos.

En la siguiente gráfica se explica lo que sucede cuando se agregan diversas cantidades, desde estabilizador de asfalto emulsionado o de cemento a tierra.



4.1.4 Otros Estabilizadores:

Otros materiales han sido utilizados como estabilizadores en un grado más limitado. Entre ellas se encuentran resinas emulsionadas, estereatos, jabones, silicatos de sodio, resinas, ácido tánico, aceite de coco, etc. Cada una contribuye con ciertas características valiosas tales como impermeabilidad, fuerza, transferencia de color pero son antieconómicos.

Antiguamente era común emplear paja, estiércol, orina de ganado, melaza, etc. como estabilizadores, pero pruebas recientes han revelado que en la mayoría de los casos estos materiales frecuentemente impiden, en lugar de ayudar al endurecimiento del adobe. Debe evitarse su uso de ser posible.

4.2 Lo que se espera de los Estabilizadores:

El utilizar estabilizadores tienen por objeto:

- Aumentar la resistencia seca y húmeda del suelo.
- Reducir la absorción del agua e impedir que un chorro de agua o la lluvia lo disuelvan.
- Hacer que varíe el mejor contenido de humedad desde el punto de vista de la compactibilidad.

Algunos estabilizadores del tipo de impermeabilizantes disminuirán la resistencia seca del suelo, pero aumentarán notablemente su resistencia húmeda, reduciendo así la cantidad de agua que absorban. Los estabilizadores como la cal y el cemento portland no disminuyen la propiedad de absorber el agua, lo que no tiene mucha importancia si es elevada la resistencia del tabique.

4.3 Cantidad de Estabilizador a Emplearse:

Es imposible calcular con alguna exactitud cuanto debe emplearse, pues depende del tipo de suelo de que se trate, y de lo que se desea que haga el estabilizador. En ocasiones necesitará mucho particularmente tratándose de suelos muy arenosos o arcillosos.

Talvez se encuentre un suelo que sea el adecuado en todos los sentidos, son excepción de que no cumple con un requisito: por ejemplo que absorbe mucha agua; entonces probablemente se necesitará una cantidad muy pequeña de estabilizador. Un suelo que no sea lo suficientemente bueno para llenar cualquier requisito, o quizá uno solo de ellos, necesitará más estabilizador.

De lo expuesto anteriormente se comprende que la única forma de saber cual es la cantidad necesaria de estabilizador es hacer unos cuantos tabiques de ensayo y probarlos. Si se emplea cemento portland las cantidades de ensayo pueden fluctuar entre 4o/o y 12o/o si es de cal, del 12o/o al 16o/o y si es asfalto del 5o/o al 15o/o.

Cuando finalmente se haya escogido la cantidad exacta de estabilizador que se necesite, solo quedará un problema por resolver; como los resultados obtenidos son de probetas de ensayo, en la cual se utiliza una pequeña cantidad de suelo, no existirá problema en realizar la mezcla, pero durante la construcción de la vivienda los trabajadores manejan mayores cantidades de suelo, por lo que la mezcla ya no será fácil, por lo que la forma más sencilla de resolver este problema es agregarle más estabilizador.



CAPITULO 5

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES EN LA CONSTRUCCION

Para hacer una construcción fuerte y estable que dure cuando menos una generación, se deben establecer ciertos requisitos estructurales, entre ellos:

5.1 Diseño contra Sismos:

En regiones sísmicas como Guatemala, los riesgos de todos los tipos de estructuras de adobe o mampostería son bastante serios. La construcción de adobe siendo más débil que otras de mampostería es especialmente susceptible, sin embargo, si se observan las siguientes reglas no se debe temer a los temblores ordinarios.

1. El planeamiento de la vivienda será compacto y rectangular, con el objeto de reducir al mínimo el efecto de las sacudidas.
2. Será necesaria una cimentación continua de hormigón reforzado, colocada sobre terreno sólido o consolidado.
3. Las paredes exteriores de las casas de un piso deberán tener un espesor mínimo de 30 cms. y las interiores de 20 cms. Una casa con 2 pisos deberá tener paredes con espesores de 30 y 46 cms. interiores y exteriores respectivamente en su primer piso y estructura de madera en el segundo. La construcción ligera del segundo piso reduce al mínimo los riesgos que representa un temblor.
4. Refuercese las juntas de mortero, colocando las varillas o tela de alambre cada 4a. o 5a. junta horizontal traslapándolas en las esquinas. Si se van a revestir las paredes, este procedimiento se mejorará utilizando tela de alambre de 1.20 X 1.80 m. de ancho y 2.5 cms. de malla en cada 6a. junta. El ancho sobrante se dobla hacia abajo contra la fachada de la pared y se sujeta a ella, la cual actúa como una buena lija para el repellido.

5.2 Reglamentos:

Se debe cumplir con todos los reglamentos de la ciudad, del municipio o región, pues generalmente son requeridos por muy buenas razones. En la mayoría de los casos incluyen requerimientos similares a las recomendaciones indicadas en esta sección; estas características son recomendables aunque no existieran esos reglamentos.

5.3 Cimientos:

Deberá construirse bases, pilares y cimientos algo más grandes y fuertes que los ordinarios porque, tienen que soportar paredes más pesadas que las comunes. Esta práctica no

siempre es obligatoria; no obstante un cimiento estable lo protegerá mejor contra los terremotos y otras fuerzas no usuales.

Preferentemente deben hacerse los cimientos de concreto en el cual se incluyen 3 o 4 varillas longitudinales de refuerzo de tamaño adecuado alrededor de la construcción. En terrenos arcillosos o suaves, que frecuentemente se humedecen, limitan la resistencia del piso a la presión, aproximadamente 1 ton/pie^2 (10 Ton/m^2). En los terrenos arenosos o de granzón que no están sujetos a excesiva humedad, se puede permitir presiones mucho mayores, frecuentemente hasta 2 o 3 Ton/pie^2 (20 Ton/m^2 o 30 Ton/m^2).

Para cimentaciones y pilotes, se pueden usar ladrillos, piedra o bloques de concreto contruidos hasta una altura normal o un poco más; estos materiales nunca son tan buenos como el concreto reforzado, pero cumplen bien con su proposito, especialmente para casas pequeñas y edificaciones de tipo provisional.

Los bloques de adobe rara vez son adecuados para cimientos ya que no resisten la humedad. Si son estabilizados cuidadosamente con asfalto o concreto, podrán resistir la humedad satisfactoriamente y pueden servir de base a cargas ligeras y edificaciones temporales.

5.4 Paredes:

Los reglamentos frecuentemente requieren que se limite las paredes a un solo piso, pues el segundo piso impone muchas complicaciones y la necesidad de mucho mayor fuerza. Cuando se levante una vivienda de 2 pisos, se deben hacer las estructuras del 1er. piso 50% o más gruesas que las del piso superior.

Otro requerimiento es que el grueso de la pared sea $1/8$ a $1/10$ de la altura de la pared; una pared de 8' o 10' de alto (2.5 m. a 3.0 m.) puede ser de 12" de grueso (30 cms.) o una pared de 12' de alto (3.65 m) puede tener un espesor de 16" o 18" (40 o 45 cms.). Muchas paredes de un solo piso son relativamente gruesas, variando hasta 24" (60 cms.) o más, aún cuando algunas —particularmente si han sido reforzadas con acero— son solamente de 8" de espesor (20 cms.). Generalmente las paredes de 8" de espesor no son aconsejables pues son muy débiles y no aíslan bien.

Los morteros pueden hacerse de 2 maneras —ya sea utilizando una mezcla idéntica a la usada en la fabricación de adobes pero sin arena o granzón grueso, para que la pared quede tan uniforme como sea posible— o bien, mortero que se utiliza en la albañilería con cemento y arena en la proporción 1:2.5 o 1:3, frecuentemente incluyendo un agente impermeabilizante como asfalto emulsionado al 10%.

Los refuerzos de acero son siempre recomendables y el método más sencillo, es éste: se colocan alambres gruesos o varillas en las juntas horizontales del mortero entre los adobes todo alrededor de la pared. Se distribuyen de 2' o 4' (60 o 120 cms.) verticalmente. También deben colocarse los refuerzos horizontales precisamente abajo y arriba de las ventanas; deben utilizarse varillas en pares y que sobre pasen unas a otras 2' o 3' (60 o 90 cms.) en las juntas.

Las varillas se pueden colocar de diversas maneras ya sea al centro de la pared o escalonarias de un lado a otro. Los adobes se pueden usar partidos a la mitad o usar adobes angostos, o bien perforar los adobes verticalmente en hileras alternadas y llenar los agujeros con morteros alrededor de la varilla; en el capítulo 7 se proporcionan ilustraciones de ellos.

5.5 Ventanas:

Se pueden usar cualquier tipo de marco de madera o de metal, se debe colocar los marcos de madera en su lugar y se construye la pared de adobe a su alrededor. Se debe rebajar los adobes o hacerles una ranura en los extremos para mortero y los tirantes de metal que después son clavados al marco de la ventana.

Los marcos de ventanas de hierro o aluminio son manejados en forma semejante pues deben sujetarse en su lugar mientras se construyen las paredes adyacentes. Se deben hacer ranuras en los extremos de los adobes para los rebordes salientes o el armazón de metal. Se debe usar mortero o masticado para lograr un ajuste apretado; en el capítulo 7 se muestran detalles de diferentes tipos de ventanas.

5.6 Dinteles :

Se usará madera o concreto reforzado para los dinteles sobre las ventanas y las puertas, los cuales deben ser lo suficientemente fuertes para soportar el peso de los adobes y para ayudar a soportar la vigueta de unión, la plancha y los largueros. Los detalles de un dintel de concreto reforzado se muestran en el capítulo 7 en el que se indican las dimensiones aproximadas y el refuerzo requerido.

5.7 Puertas:

Se puede utilizar armazones de madera alrededor de las puertas y se colocarán en su lugar como las ventanas construyendo las paredes alrededor de ellas y sujetándolas con tiras de metal o clavos de 1" en las juntas de mortero; se deberá dejar un espacio de 1/2" a 1" en la parte superior para el encogimiento vertical de las juntas de los morteros.

5.8 Paredes Divisorias :

Las paredes divisorias dentro de la casa pueden ser de secciones de adobe más delgadas o de armazones de madera; en los 2 casos se deben sujetar firmemente a las paredes exteriores con clavos, mampostería integral o tiras de metal. No necesitan ser impermeables pero si resistentes al desgaste por rozamiento, por lo que es aconsejable el revestimiento.

5.9 Instalación de Agua y Electricidad :

Al planear una casa de adobe se tiene que considerar las necesidades de colocar las cañerías y los alambres a través de los cimientos y pisos de concreto. La mayor parte de la tubería puede ser arreglada en su lugar antes de vaciar el concreto de los cimientos y los pisos; la tubería exterior puede colocarse después.

Los alambres de la corriente eléctrica, algunas veces se colocan en el concreto de los cimientos y los pisos; los tubos de protección (PVC) pueden colocarse en el lugar deseado o requerido, vaciando el concreto alrededor de ellos. Es conveniente asegurarse de poner alambres adecuados y salidas donde posiblemente se necesiten; los alambres también pueden colocarse entre las viguetas, en los pisos o en el techo. Frecuentemente se dejan canales o ranuras en las paredes de adobe para los alambres o los tubos de P.V.C., pero ésto puede debilitar las paredes o puede requerir paredes más gruesas para que puedan hacerse los canales sin perjudicar las paredes. Pequeñas cajas verticales o tubos también pueden ser usados en las esquinas para conducir los alambres hacia arriba o hacia abajo. Un arreglo especialmente conveniente consiste en colocar una banda para enchufe completamente alrededor del cuarto, en una junta horizontal del mortero en el interior aproximadamente un 1' (30 cms.) arriba del piso.

5.10 Pisos:

Generalmente el piso para una casa de adobe es hecho de mampostería, concreto simple, aunque es mejor el concreto reforzado, adobe o losetas de barro; estas pueden ser colocadas sobre un relleno de arena o granzón unas pocas pulgadas arriba del piso exterior; también se puede preferir un piso de madera o loseta de asfalto sobre el concreto o un piso de madera común sobre largueros de 18" (45 cms.) encima del piso interior, aunque ésto generalmente es más costoso.

5.11 Techos:

A una casa de adobe puede ponérsele cualquier tipo común de techo, los más usados son de teja de cedro, tejamanil de pino, lámina de zinc, teja de barro, ésta última es durable y atractiva pero relativamente cara y pesada. Sobre un techo plano se puede experimentar con varias capas de papel, tratando con chapopote caliente, brea o asfalto. Se debe asegurar de clavar los largueros de los aleros especialmente bien con las vigas del techo, las planchas y las paredes.

Muchos techos se construyen sobresalientes 2', 3', o 4' (60, 90 o 120 cms.) de las paredes para protegerlas de la lluvia y proporcionar sombra a las ventanas y banquetas. Una saliente de 3' en el lado sur, proporcionará sombra completa a las ventanas grandes, pero no permitirá que entre sol todo el día, lo que aumenta grandemente el calor y el bienestar dentro de la casa.

5.12 Acabado y Pintura :

Las paredes de adobe estabilizado no necesitan ningún tratamiento de la superficie y frecuentemente se dejan en su estado natural, sin embargo se le puede aplicar cualquier tipo de pintura. Uno de los tipos más baratos es una pintura de agua para cemento, hecha de cemento portland natural color gris, o cemento portland blanco y agua con posible mezcla de cloruro de calcio, jabón o estereatos, para mayor impermeabilidad; también la pintura común de plomo y aceite es empleada frecuentemente, 2 capas ocasionalmente permitirán que algo de asfalto se escurra, pero 3 capas generalmente proporcionarán una protección completa.

CAPITULO 6

CONSTRUCCION MONOLITICA

Se puede decir que una pared de tierra apisonada o monolítica es un gran tabique de tierra comprimida, aunque debido a que es mucho más grande que uno de éstos, y a que se fabrica precisamente encima de la trabe de cimentación, es más difícil construirla bien; pero si se le construye con cuidado, ello significará ahorrar mucho trabajo, pues no se tendrán que transportar de un lado a otro una multitud de tabiques pequeños ni colocarlos para formar la pared, y la que se haga con tierra apisonada será tan buena como la que pueda construirse con tabiques comprimidos, sin embargo, no debe construirse con este método sino se sabe exactamente el procedimiento que se debe seguir.

6.1 Métodos Empleados :

Describiremos brevemente unos pocos métodos de construcción, que algunas veces son empleados en la construcción de casas de adobe.

6.1.1 Método del Cajón:

Emplea el adobe simplemente como relleno de pared, requiere de otros materiales como soporte estructural. Se construye el armazón de la pared con postes de madera o concreto y se coloca la tierra entre éstos para formar una pared sólida.

6.1.2 Método de Adobe Vaciado o de Lodo y Concreto:

Este método modifica al anterior al grado que no emplea postes de madera, pero vacía el lodo mezclado completamente entre las formas directamente en su lugar en la pared. Se deja que el lodo se seque y entonces se quitan las formas y la pared de lodo sola soporta el peso del techo.

6.1.3 Método Inglés de Arcilla y Paja :

Requiere un lodo duro, amontonado en capas relativamente gruesas en la pared sin necesidad de formas. Se mezcla el lodo hasta que tenga una consistencia lo suficientemente dura, de manera que tenga poca tendencia a inclinarse; si se inclina o se extiende con la cuchara y se pone en su lugar o se recorta la orilla y se pone encima. Este método tiene la ventaja de que no necesita formas, sin embargo, las grietas que se producen al encogerse frecuentemente ocasionan un serio problema por lo que generalmente no es muy empleado.

6.1.4 Método de la Tierra Comprimida:

Este es el método más común de todas las construcciones monolíticas; este método consolida la tierra húmeda o mojada apisonándola o comprimiéndola dentro de las formas en el lugar donde se va a construir la pared.

La tierra debe estar mojada lo suficientemente para formar una bola cuando se aprieta entre las manos y sin embargo lo suficientemente seca que al dejarla caer al piso desde la altura de la cintura, se haga pedazos. No debe estar pegajosa pues cuando la tierra esta demasiado húmeda o demasiado seca no se consolidará al apisonarla.

6.2 Procedimiento de Construcción:

El procedimiento para construir paredes de tierra apisonada es muy parecido al que se sigue tratándose de tabiques de tierra. Se colocan los moldes sobre la trabe de cimentación y se arma en la trabe misma, apretando contra ella la hilera inferior de pernos, alambres o lo que se esté utilizando. Después se colocan las compuertas y espaciadores, apretando la hilera superior de pernos, alambres etc., con lo cual ya se podrá empezar el apisonamiento. Algunas indicaciones de mucha utilidad cuando se hagan los moldes para cimbrado son los siguientes:

1. No se hagan moldes más profundos de 60 a 75 cms., si su profundidad es mayor, será difícil que el fondo quede totalmente apisonado.
2. Utilice madera bien seca para construir los moldes, pues la madera verde se combará.
3. Consérvese los moldes barnizados con aceite ligero, ésto evitará que se tuerzan y se pegue la tierra a la madera.
4. Cuando no se usen los moldes, guárdense acostados en un lugar seco y bajo techo para que no se tuerzan.
5. Si se están construyendo varias casas simultáneamente, fórrese con lámina el interior de los moldes, pues durarán el doble.
6. Si no se consiguen pernos apropiados, sosténgase los moldes con alambre grueso. Enróllese el alambre en los montantes y tuérzase apretadamente con una varilla o clavo grande; cuando se corten los moldes, córtese el alambre al ras de la pared.

Al terminar una sección se cambian de lugar los moldes y se aseguran firmemente en su nueva posición, continuando el apisonamiento. Apisónese una sección completa alrededor de la casa, antes de principiar la segunda capa. Las juntas entre una y otra capa deberán escalonarse como los tabiques, para que no formen una sola línea débil en la pared.

Las primeras secciones que se apisonen deben ser las esquinas de la casa, teniendo especial cuidado que los moldes respectivos estén perfectamente a plomo o verticales, ésto es de mucha importancia y debe comprobarse a menudo, pues una pared de tierra apisonada que se construye inclinada nunca se podrá enderezar.

Utilícense líneas de cuerdas por encima de los moldes para que no los toque y tendidas entre las esquinas para alinear los moldes de las paredes y asegurar su verticalidad. También debe protegerse las secciones de la pared recién construida hasta que adquieran una resistencia

adecuada, es muy importante que esta protección cubra la parte superior de la pared, porque es ahí donde principia la erosión.

Algunos suelos —particularmente los arenosos— pueden tender a desmoronarse cuando se apisona la siguiente sección sobre una construida con anterioridad. Si ésto sucede conviene esperar hasta que la sección inferior adquiera la resistencia adecuada para evitarlo; tratándose de suelos que contengan estabilizadores de tipo cementoso, espere de 3 a 4 días si es posible. En general puede apisonarse sobre cualquier sección de pared si ésta no se desmorona o agrieta.

Antes de apisonar una nueva sección ráyese el tope de la sección inferior terminada, hasta una profundidad de 1.5 cms. con una estaca de madera o una varilla metálica. Si la sección terminada ya está seca humidézcase esa parte, ésto mejorará la adhesión entre ambas secciones.

Las figuras siguientes nos proporcionan una ilustración sobre la forma y distribución general en las operaciones relacionada con este método.

6.3 Formas de Apisonar la Tierra:

Usualmente las herramientas apisonadoras de tierra son del tipo manual, pero se puede utilizar un pisón neumático.

6.3.1 Pisones de Mano:

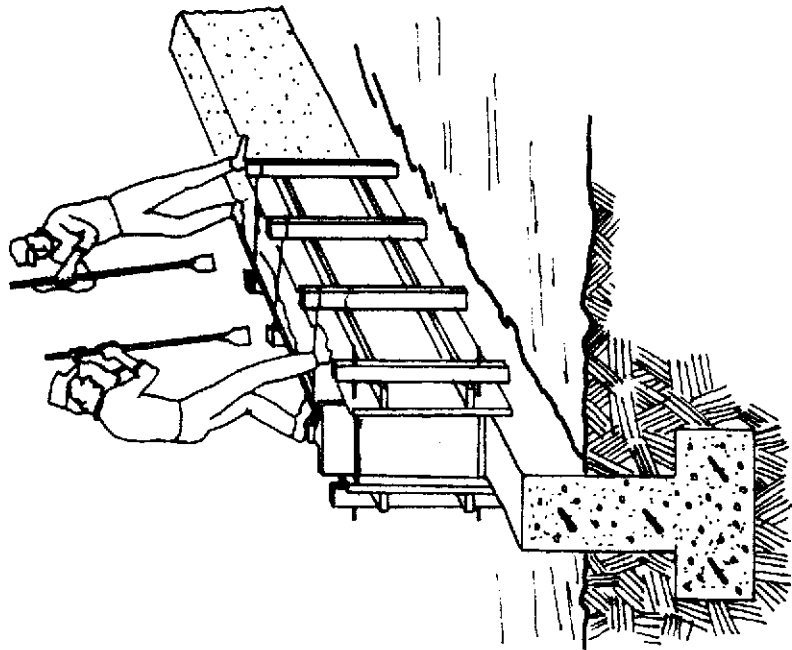
Es muy importante el peso de los pisones manuales, entre más pesado sea un pisón más rápidamente quedará apisonada la tierra, por lo cual deberá emplearse el más pesado que los trabajadores puedan manejar durante todo el día sin cansarse demasiado. Un trabajador normal puede utilizar un pisón de más o menos 8.5 kgs. para trabajar eficientemente.

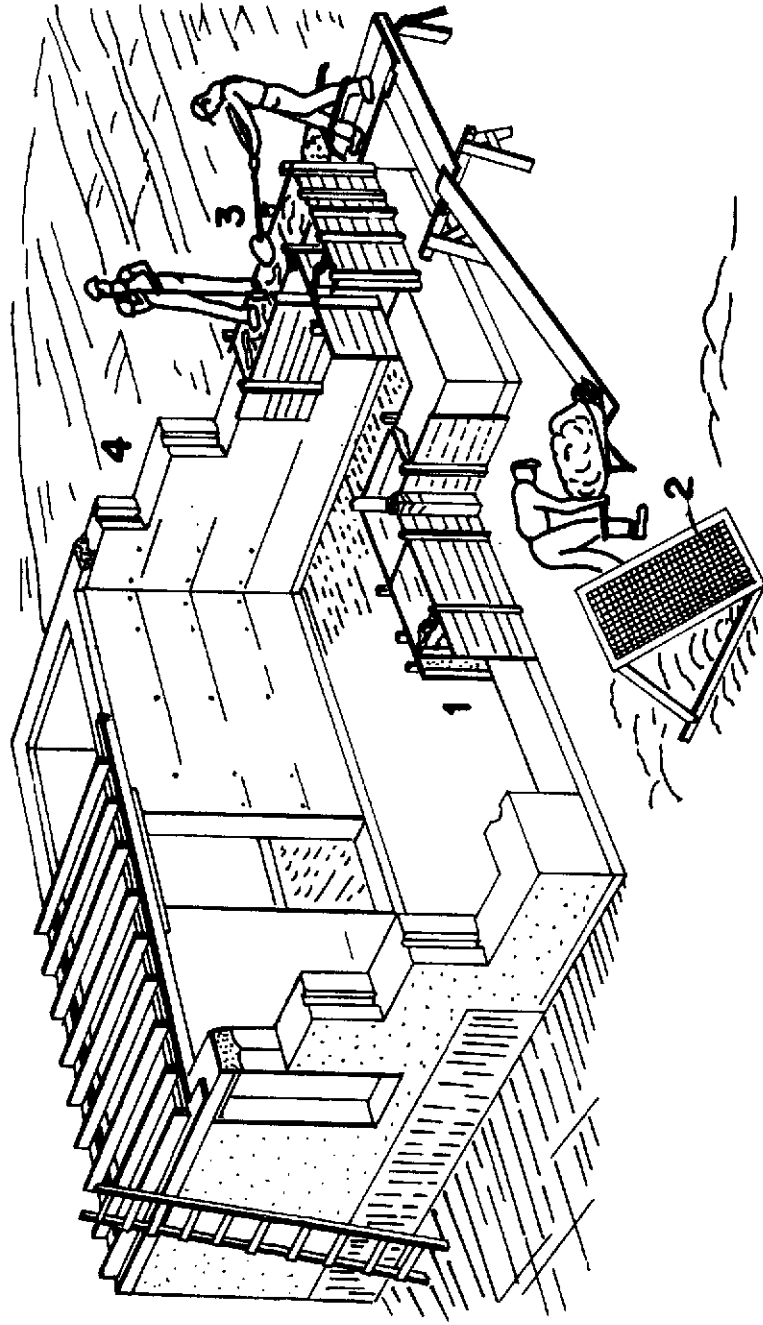
El tamaño de la cabeza de golpeo lo regula el peso total del pisón. Una regla útil que se puede seguir en la selección de un pisón es la siguiente: El pisón deberá pesar 140 gr/cm^2 de superficie de su cabeza, un pisón con una superficie de cabeza de 7.5×7.5 cms. que es el tamaño más generalizado proporcionará un pisón más o menos de 8.5 kg. Respecto a su forma el mejor es el de cabeza cuadrada y cara plana, a pesar de que pueda lastimar mucho los moldes. También puede hacerse de madera pero es más difícil de manejar debido a su mayor volumen; la cara de golpeo de los pisones de madera deberá cubrirse con una pieza de metal para evitar su rápido desgaste y resquebrajamiento.

El espesor de cada capa floja de tierra, antes de apisonarla no deberá ser mayor de 2.5 cms. más que el ancho del cabezal apisonador, por ejemplo: no se trate de apisonar más de 10 cms. de suelo flojo con un pisón de cabeza cuadrada de 7.5×7.5 cms.; después de apisonarla el espesor de una capa floja de 10 cms. quedará reducida aproximadamente a 6.5 cms.

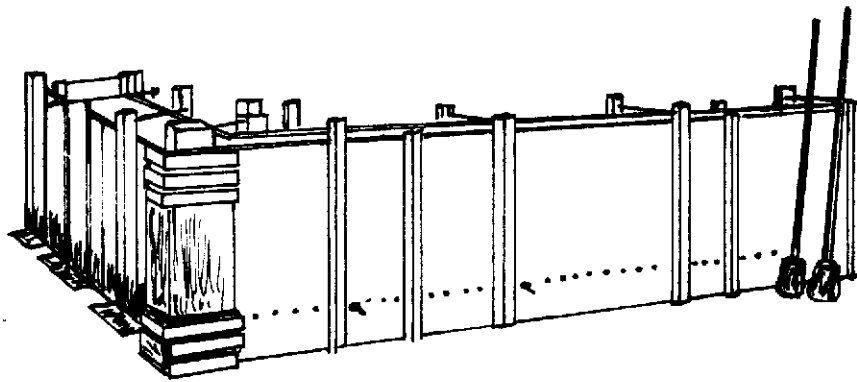
6.3.2 Pisones Neumáticos :

Con un pisón neumático un hombre puede apisonar suelo en la mitad o en una tercera parte del tiempo que emplearía con uno de mano. Existen muchos tipos de pisones neumáticos, pero habrá que conseguir uno ligero, que no pese más de 13.5 kg. y que tenga un pistón de carrera larga y avance moderado y que de fuertes golpes; con este tipo de máquina se utilizará un cabezal cuadrado de 15.2 cms. por lado. Será necesario además mantener una presión constante de aire de 70 lbs/plg.² (5 kg/cm²). Una compresora de 24 a 30 pie³/min. (680 a 850 cm.³/min. de aire libre) bastará para hacer funcionar un pisón. Como una desventaja para su uso se puede mencionar que requiere de un equipo muy costoso.

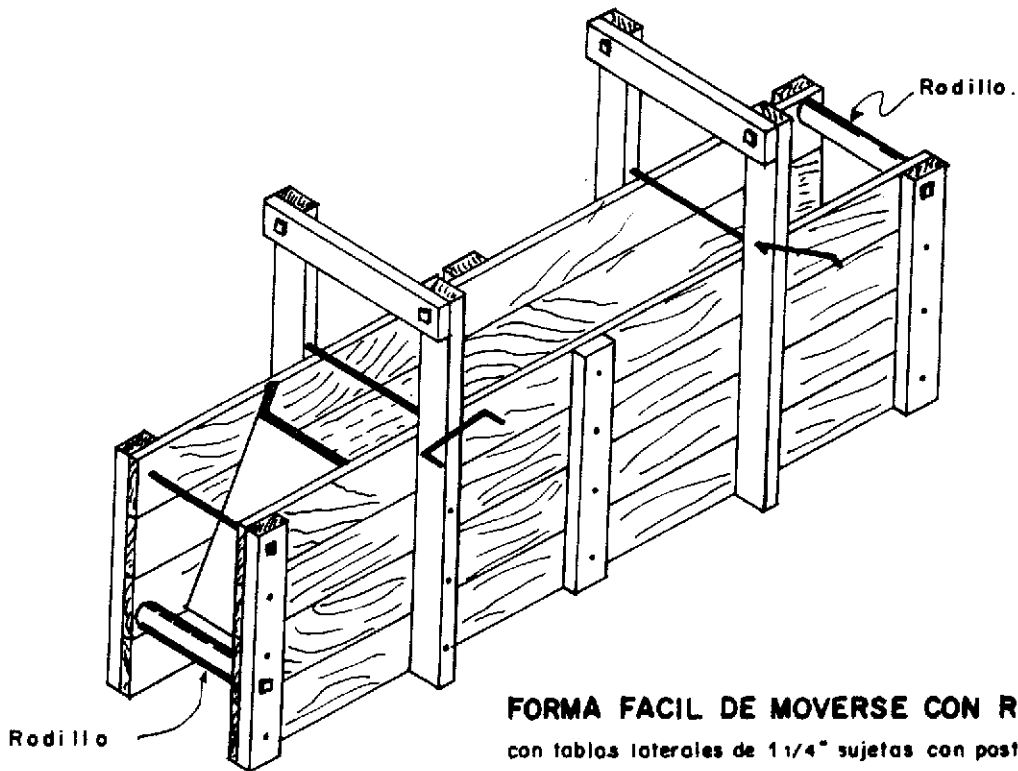




CONSTRUCCION DE UNA PARED DE TIERRA APISONADA. Gruesas formas seccionales son unidas a los cimientos de mampostería. (1) La tierra húmeda se cieme en una criba. (2) y se extiende en una capa de cuatro pulgadas dentro de las formas. (3) La capa de tierra es apisonada hasta formar una masa compacta, continuando esta práctica hasta que la forma esté llena. En seguida se sacan los tornillos transversales y se quitan las formas. Los juntas verticales son escalonadas cuando menos tres pies y son modeladas con una saliente y una ranura. (4) Una vigueta de unión de concreto reforzado es vaciado a lo largo de la parte superior de la pared.

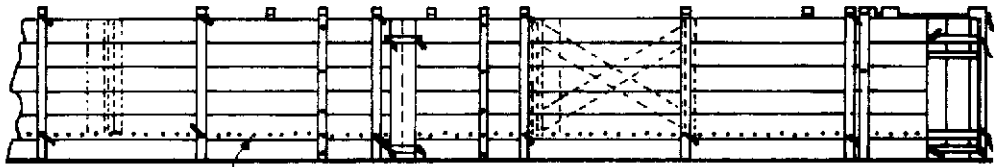


FORMAS para la construcción de paredes de tierra comprimida, mostrando el arreglo para formar las esquinas, las paredes interiores y para tapar las aberturas. El espaciar los agujeros de los tornillos a lo largo de la parte inferior de la forma, permite el ajuste a todos los gruesos de pared que seon divisibles por tres pulgadas. Tres tipos de pisones de mano son mostrados en el extremo derecho de la gráfica.



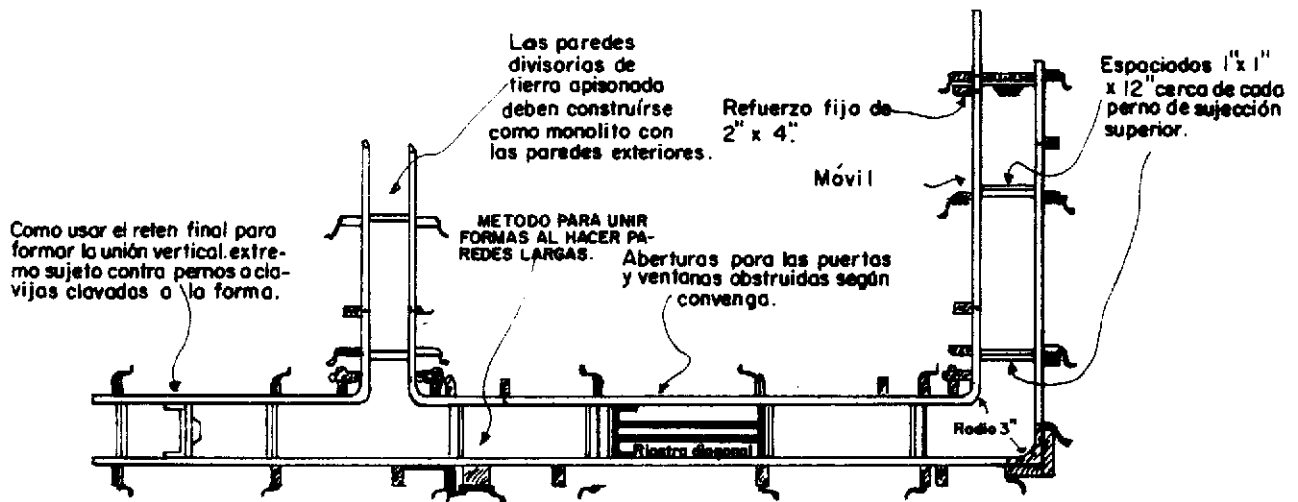
FORMA FACIL DE MOVERSE CON RODILLOS, construido con tablas laterales de 1 1/4" sujetas con postes de 2" x 4" y abrazaderas tipo cantilever. Después de apisonar una sección de la pared, la forma se cambia a otra posición moviéndola sobre los dos rodillos de tres pulgadas. No es necesario levantarla. La forma es sostenida en un lugar arriba de la parte terminada de la pared sujetándola firmemente con los dos manivelas que tienen dos puntas

DIAGRAMA DE LAS FORMAS PARA CONSTRUCCION CON TIERRA APISONADA.



Agujero 1/2" a 5" del centro, para ajustar la forma según el grosor de la pared.

VISTA LATERAL.



Se usan tuercas con cola en todos los pernos, excepto en la esquina interior.

Las piezas de esquina pueden recolocarse para formar esquinas o escuadra.

P L A N T A .

CAPITULO 7

DETALLES TIPICOS DE CONSTRUCCION CON ADOBE ESTABILIZADO

En muchos aspectos los detalles de construcción de casas con adobe son semejantes a los utilizados en construcciones comunes de armazones de madera y mampostería. Los cimientos, el tendido de las cañerías, la instalación eléctrica y el techo pueden requerir pequeños cambios únicamente.

A continuación se presentan varios detalles de construcción con este método.

7.1.1 Detalles de Techo y Pared:

En este detalle se muestra entre otros, el de una vigueta continua de unión de concreto reforzado la cual debe extenderse alrededor de la parte superior de la pared. Esta es una influencia estabilizadora excelente contra vientos fuertes y terremotos. La vigueta puede ser tan angosta como 4" (10 cms.) pero es mejor que sea de 6" a 8" (15 a 20 cms.); deben ser incluídas 2 o más varillas de refuerzo.

7.1.2 Detalles Típicos de las Ventanas :

En estos detalles se muestran:

- A. Ventana de marco corredizo doble, tamaño estandar adaptado para armazón achaflanado de tabloncillos gruesos.
- B. Marco de madera de ventana con hojas que abren hacia afuera, jambas (cada una de las 2 piezas verticales del marco de una puerta o ventana) ensambladas de 2" X 6" (5 X 15 cms.), dintel laminado, jambas de yeso achaflanado, borde de la ventana con mosaico, umbral de ladrillo y cortina enrollable.
- C. Marco de ventana de acero, colocado al vaciar el cemento reforzado del dintel.
- D. Detalles de refuerzo de un dintel de concreto reforzado; en el que se indican las dimensiones aproximadas y el acero de su refuerzo requerido.
- E. Marco de acero sobre un bastidor de madera en T, colocado en su lugar al hacer las paredes monolíticas.

7.1.3 Detalles de Construcción y Sección Transversal:

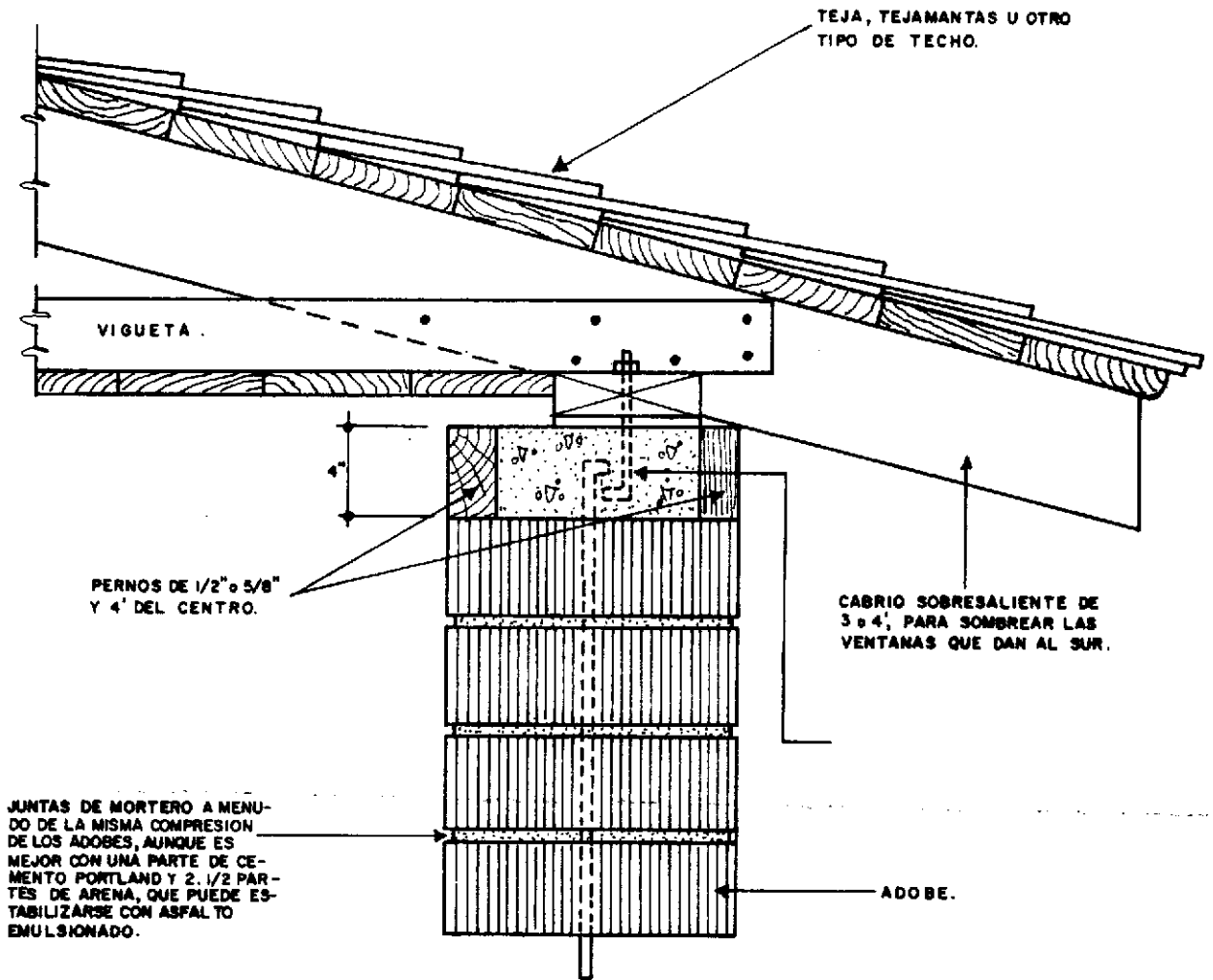
En este dibujo se muestran detalles sobre techo, pared, piso y cimiento en una construcción con adobe estabilizado.

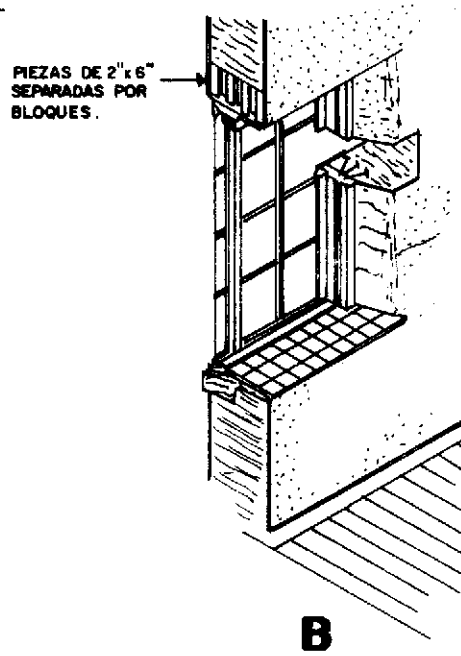
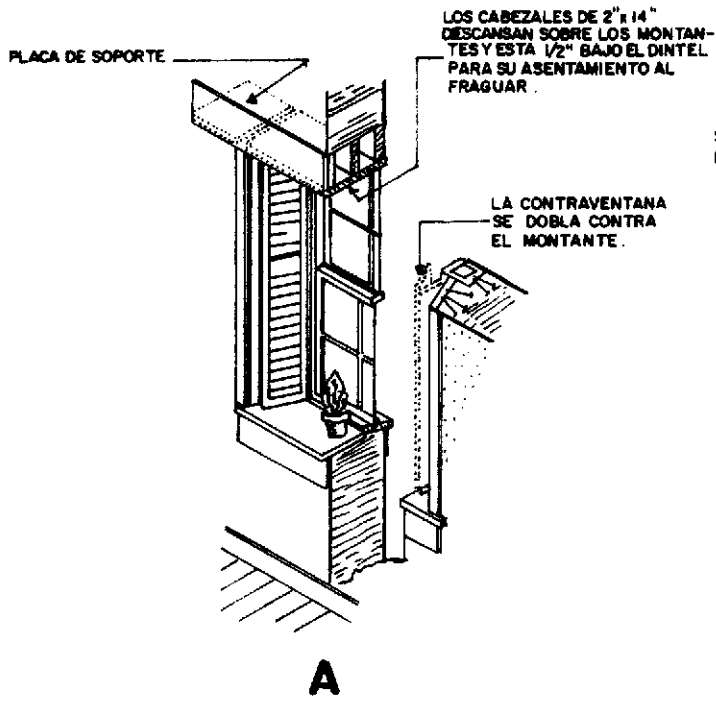
La pintura de aluminio con base asfáltica es muy satisfactoria, pero generalmente muy costosa, 2 o 3 capas son recomendadas. Las pinturas especiales para mampostería hechas para recubrir concreto, ladrillo o superficies de tierra son generalmente excepcionales para protección e impermeabilidad, estas suelen ser generalmente más caras pero frecuentemente durarán más tiempo para resultar económicas. Dos de los recubrimientos más nuevos son los silicones para mampostería repelentes al agua y los acondicionadores de látex, los cuales ayudan al endurecimiento y a la estabilización de las superficies de adobe, así como para prepararlas para un acabado de pintura; las pinturas Epoxy están dentro de las mejores pero son muy caras.

A continuación se presentan 2 alternativas de construcciones con adobe estabilizado.

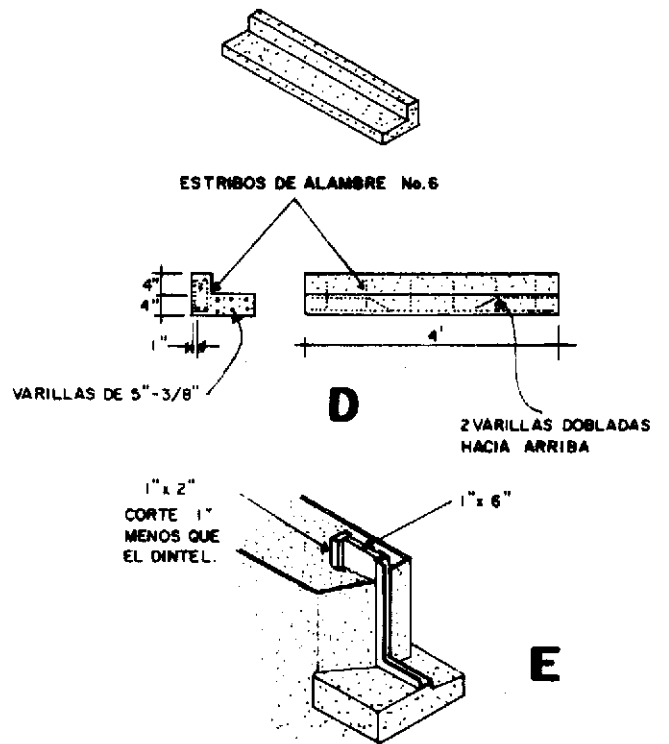
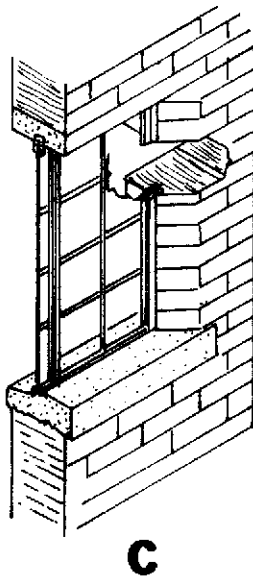
CORTE TRANSVERSAL

con detalles de techo
y pared típica de la
construcción con adobe.



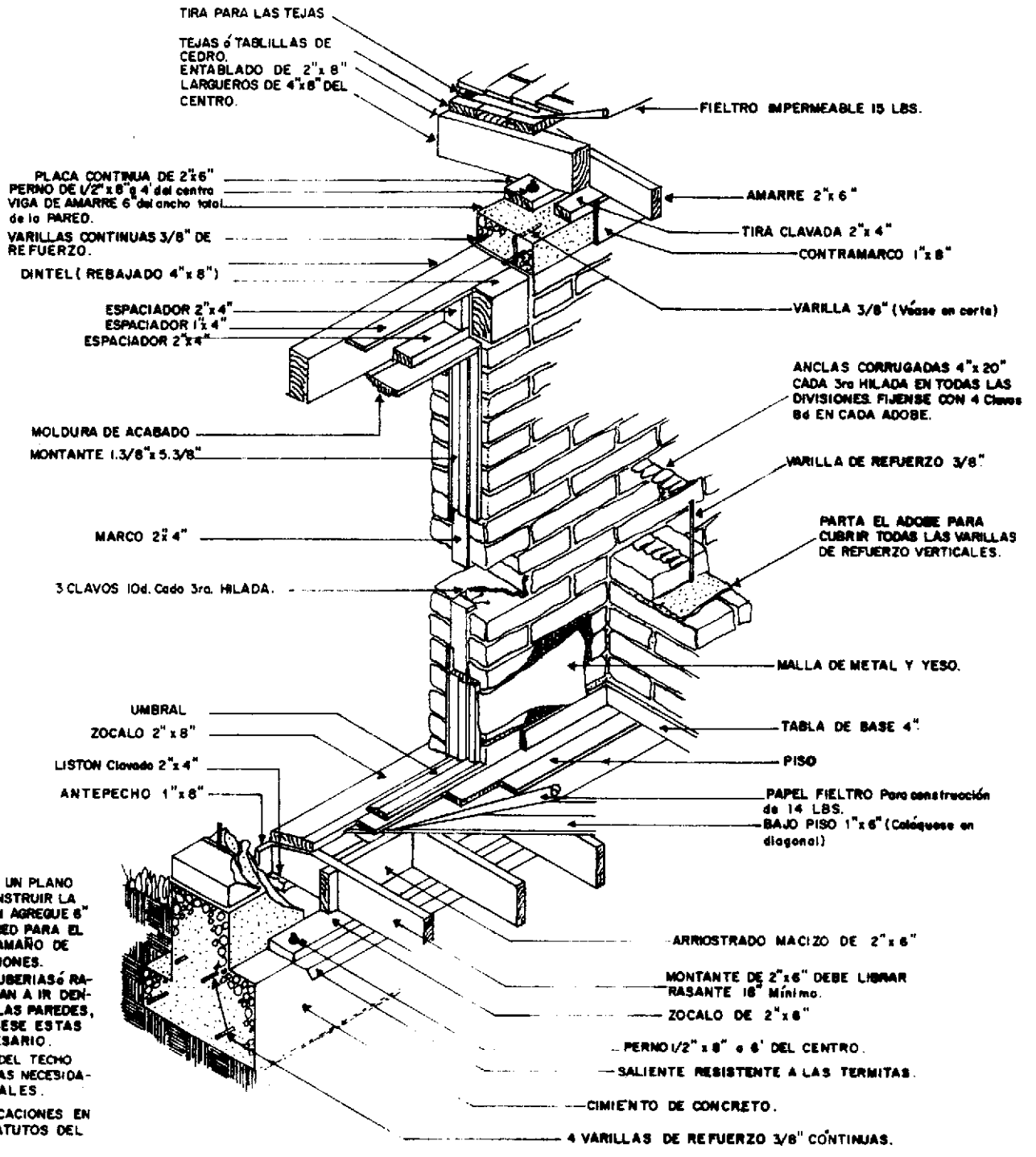


OREJA PARA DAR LA APARIENCIA DE GROSOR. (Opcional)



DINTEL DE CONCRETO REFORZADO PARA VENTANA DE 2'-6"

DETALLE GRAFICO MOSTRANDO LOS DETALLES DE CONSTRUCCION, INCLUYENDO EL PISO DE MADERA.

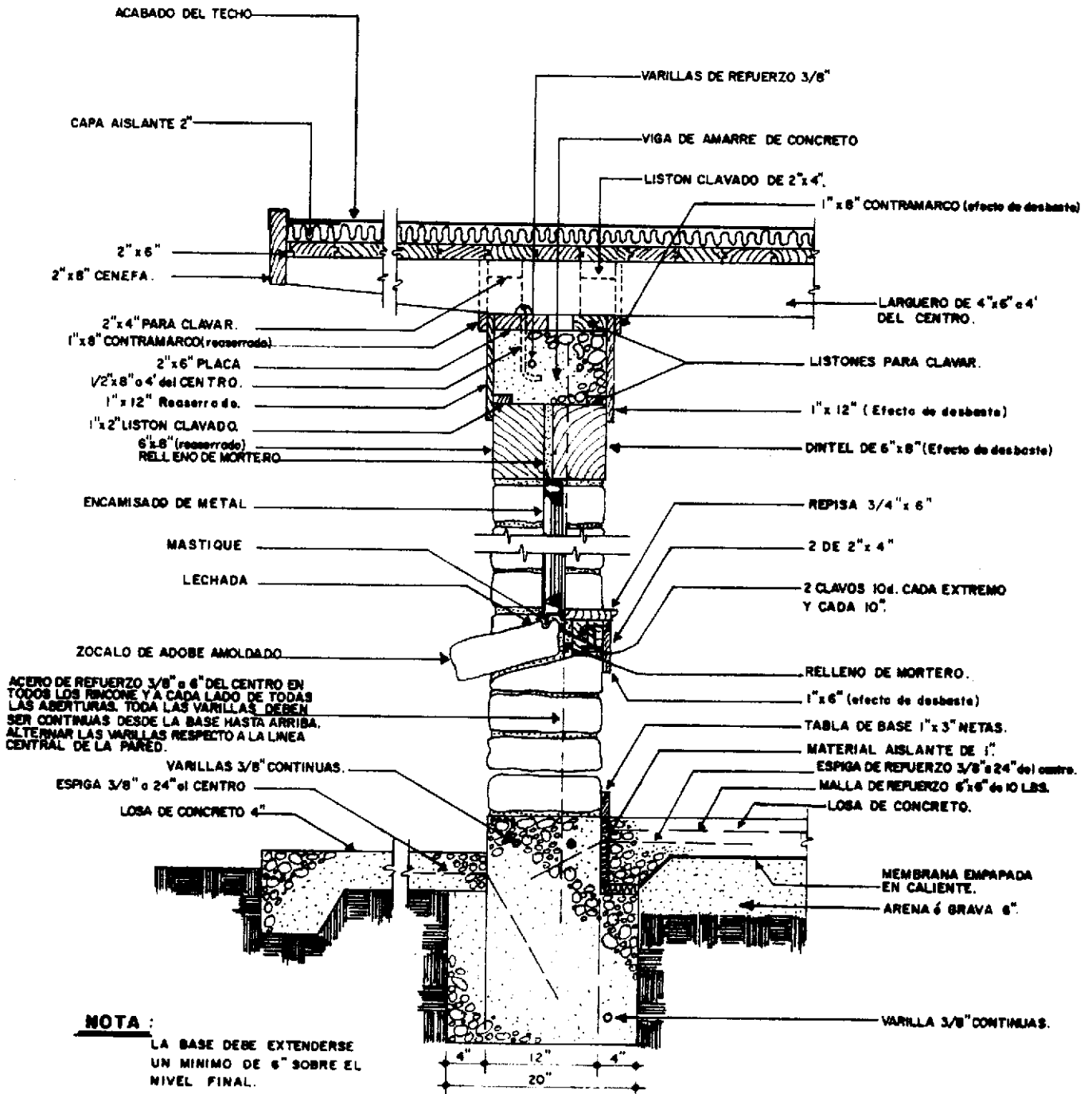


NOTA:

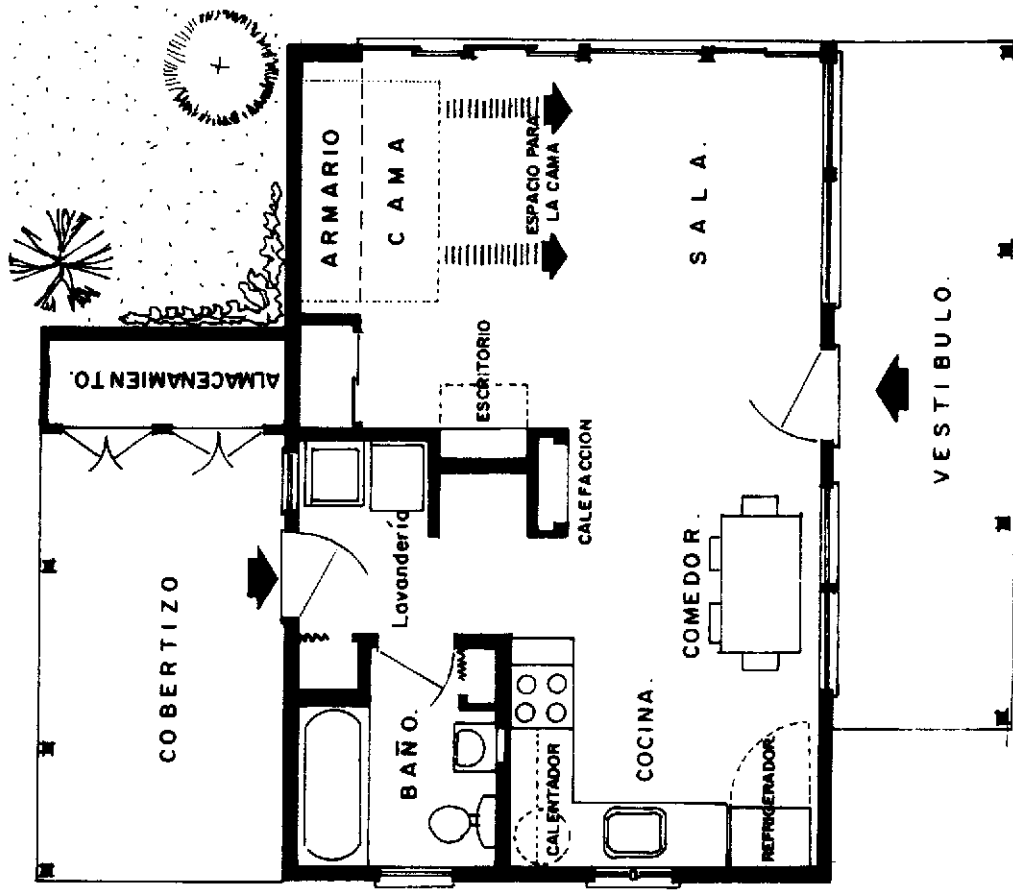
- a) SI SE USA UN PLANO PARA CONSTRUIR LA ARMAZON AGREGUE 6" POR PARED PARA EL MISMO TAMAÑO DE HABITACIONES.
- b) SI LAS TUBERIAS ó RAMURAS VAN A IR DENTRO DE LAS PAREDES, ENGRUESESE ESTAS LO NECESARIO.
- c) ALTURA DEL TECHO SEGUN LAS NECESIDADES LOCALES.
- d) ESPECIFICACIONES EN LOS ESTATUTOS DEL F. H. A.

DETALLES DE LA SECCION TRANSVERSAL

del techo, la pared, el piso y el cimiento de una construcción de adobe típica.



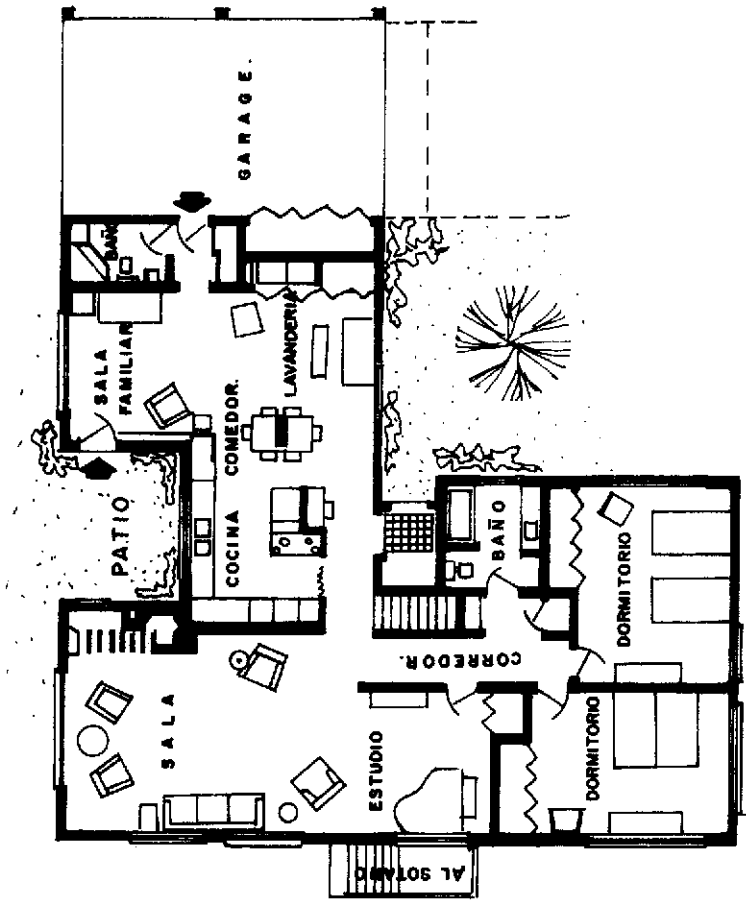
CASA DE CAMPO PEQUEÑA, PRACTICA Y CONVENIENTE, QUE PUEDE SER CONSTRUIDA CON PAREDES DE ADOBE.



SUPERFICIE HABITABLE. 43 Metros.²

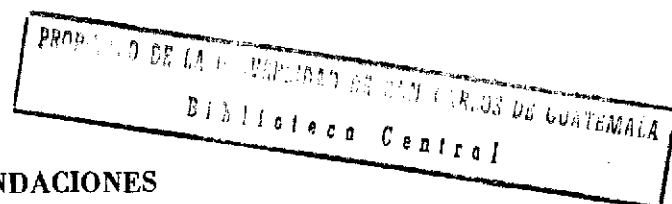
SUPERFICIE de almacenamiento y cobertizos. 25 Metros.²

**CASA DE CAMPO ESPACIOSA, ATRACTIVA Y PRACTICA,
CON 2 DORMITORIOS, Y CONSTRUCCION DE MAMPOSTERIA CON
ESTRUCTURA.**



SUPERFICIES.	Metros ²
Piso.	190
Garage.	34
Sotano.	140
Patio.	12.

CAPITULO 8

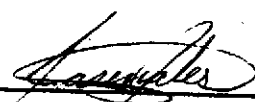


CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

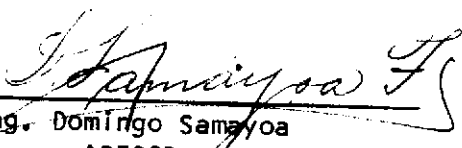
- El suelo utilizable para la fabricación de adobe debe estar libre de piedras y materias extrañas, siendo sus partículas $\leq 1/4''$, haciendo el tamizado de preferencia en la zona de extracción para evitar el transporte innecesario.
- La extracción debe ser planeada en forma tal, que permita la recuperación del suelo agrícola cuando se hace en el área rural.
- En condiciones normales un hombre puede obtener 4 m^3 . de suelo tamizado por día.
- El comportamiento de una mezcla compacta de suelo estabilizado no depende solo del o/o de arena, limo y arcilla que contenga sino en gran parte también de las propiedades de estas constituyentes, en particular de las fracciones arcillosas y coloides presentes en el suelo.
- Ningún estabilizador sirve a menos que entre en contacto con cada partícula de tierra, por lo que debe mezclarse perfectamente con el suelo.
- La estabilización de la tierra arenosa es más efectiva que la de las tierras arcillosas. Los bloques moldeados con tierras arenosas son generalmente más resistentes y se encogen menos durante el secado, además pierden humedad mucho más rápidamente que los moldeados con tierras arcillosas.
- Para la producción de tabiques de tierra con cemento se recomiendan las tierras con un calibre máximo de 1 cm. El material $\leq 0.005 \text{ m.m.}$ no deberá exceder de 20o/o por peso y de preferencia deberá ser $\leq 10\text{o/o}$. El IP* y de preferencia ≤ 10 . No se recomienda una cantidad de cemento $\leq 6\text{o/o}$.
- Para que sea práctico el uso de un estabilizador y la consolidación de una mezcla de tierra, es absolutamente esencial desarrollar máquinas de mezclado más efectivas para que permitan un mejor triturado de los terrones que contenga la mezcla y poder así distribuir uniformemente el estabilizador, pues tales terrones causan graves perjuicios a los productos ya terminados.
- La construcción en gran escala con tierra estabilizada debe continuarse mientras continúan las investigaciones, porque para avanzar en este campo, es indispensable la verificación y aplicación práctica de los hechos sugeridos por tales investigaciones.
- En lo que se refiere al método de apisonado para construcción es necesaria más investigación y trabajo práctico hasta desarrollar una forma para apisonado satisfactoria en todo sentido. Esto solo suele lograrse utilizando varios tipos de formas y juzgando las ventajas y desventajas de cada uno.


BIBLIOGRAFIA

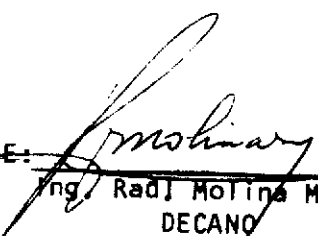
- “Adobe Construction” by L.W. Neubauer, California Agricultural Experiment Station University of California, Berkeley, California 94720.
- “The Physical Properties of Adobe Used as a Building Material” by Eyre Thomas J.M. University of New México, Albuquerque, New México 87112.
- “Bitudobe for Modern Adobe Buildings” by American Bitumuls Co. San Francisco California.
- “Rammed Earth Building Construction” by Glenn H.E., Engineering Experiment Station, Clemson Agricultural College, Clemson, South Carolina 29631.
- “The Use of Earth as a Building Material” by Fenton F.C. Bulletin No. 41 Kansas State College, Manhattan, Kansas 66505.
- “Handbook for Building Homes of Earth” by Texas Transportation Institute, Texas.
- Construcción con Tierra por S. Cytryn. Ministerio de Trabajo, Sec. de Viviendas, Estado de Israel.
- Fabricación de Bloques de Suelo Estabilizado con Asfalto y Emulsiones, por California State University, Fresno, Fresno California 93710.
- Manual para la Construcción de Viviendas de Adobe por Centro Investigaciones de Ingeniería, Fac. Ingeniería, U.S.A.C.
- Asismicidad en Viviendas de Adobe, por Naciones Unidas.
- Como hacer casas seguras en zonas propensas a Terremotos, Universidad Católica de Chile.
- Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala por Ing. Charles S. Simmons.


José Daniel Arenales Pineda

Vo. Bo. 
Ing. Jacinto Quan
ASESOR

Vo. Bo. 
Ing. Domingo Samayoa
ASESOR

Vo. Bo. 
Ing. Manuel Castillo Barajas
DIRECTOR DE LA ESCUELA
DE INGENIERIA CIVIL

IMPRIMASE: 
Ing. Radl Molina Mejía
DECANO