

61 20
Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



MANUAL DE FABRICACION DE PIEZAS
PARA MAMPOSTERIA ELABORADAS
CON TIERRA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A

HILARIO GONZALEZ CRUZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

I. INTRODUCCION.....	1
II. PLANTEAMIENTO. TECNOLOGIA EMPLEADA EN PRUEBAS.PROCEDIMIENTOS SENCILLOS	
II.1 EL ADOBE.....	11
II.2 SUELOS RECOMENDABLES.....	11
II.3 SELECCION DE BANCOS DE MATERIAL O CANTERAS.....	12
II.4 METODOS DE OBTENCION DE MUESTRAS	
II.4.1 Muestreo a cielo abierto.....	13
II.4.2 Muestreo en zanjas abiertas o cortes.....	13
II.4.3 Muestreo de un material acordonado.....	14
II.5 PRUEBAS SENCILLAS PARA ADOBES Y TABIQUES	
II.5.1 Identificación de limos y arcillas.....	16
II.5.2 Prueba de plasticidad.....	18
II.5.3 Humedad de las muestras o probetas.....	21
II.5.3.1 Limite líquido para adobes remoldeados.	21
II.5.3.2 Humedad óptima Proctor. Sustitución de la prueba Proctor por la de la bola para adobes prensados.....	24
II.5.4 Como fabricar probetas.....	27

II.5.4.1	Probetas remodeladas y comprimidas.....	27
II.5.4.2	Probetas estabilizadas.....	28
II.5.5	Recomendaciones sobre el secado.....	29
II.5.6	Prueba de absorción en muestras estabilizadas...	31
II.5.7	Pruebas de contracción volumétrica y lineal.....	34
II.5.7.1	Sustitución de la prueba de plasticidad por la de contracción.....	35
II.5.7.2	Medición de la contracción volumétrica.	38
II.5.7.3	Medición de la contracción lineal.....	41
II.5.7.4	Comparación de la contracción volumétrica y la lineal.....	42
II.5.8	Prueba de resistencia a compresión.....	43
II.5.9	Prueba de goteo.....	46
II.5.10	Prueba de compresión y saturación.....	49
II.5.11	Prueba de cohesión.....	51
III. ADOBES CON TIERRA SOLA		
III.1	PREPARACION DEL BARRO.....	55
III.2	FABRICACION DE MOLDES.....	56
III.3	MOLDEO.....	59
IV. ADOBES PRENSADOS SIN ADITIVOS		
IV.1	PREPARACION DEL BARRO.....	62
IV.2	REALIZACION DE PRUEBAS.....	63
V. ADOBES ESTABILIZADOS CON CEMENTO.....		
V.1	ADOBES ESTABILIZADOS CON CEMENTO Y PRENSA.....	78

VI. ADOBES ESTABILIZADOS CON ASFALTO.....	92
VI.1 SECADO DEL ASFALTO.....	94
VI.2 RESISTENCIA.....	95
VI.3 CONTRACCION.....	100
VI.4 GOTEO.....	102
VI.5 ABSORCION Y SECADO.....	103
VI.6 ADOBES ESTABILIZADOS CON ASFALTO Y PRENSA.....	105
VII. ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL	
VII.1 ANTECEDENTES.....	110
VII.2 PRUEBAS EFECTUADAS.....	115
VII.3 TIERRAS ESTABILIZADAS CON CAL Y PRENSA.....	120
VIII. FABRICACION DE TABIQUES	
VIII.1 DIMENSIONES DE LAS PIEZAS.....	121
VIII.2 MOLDEO.....	121
VIII.3 DISPOSICION DEL HORNO.....	122
VIII.4 COCIDO A LEÑA.....	125
VIII.5 COCIDO CON COMBUSTIBLES LIQUIDOS.....	125
VIII.6 BARRO.....	128
VIII.7 COCCION A DIFERENTES TEMPERATURAS.....	131
VIII.8 VARIACIONES EN LA FABRICACION.....	134
IX. CONCLUSIONES Y REFERENCIAS.....	138

CAPITULO I

INTRODUCCION

La fabricación de los adobes se realiza en primer lugar por razones económicas, el hecho de utilizar este material para la construcción es que el costo de la obra debe ser muy reducido y en ocasiones, casi nulo. Si se puede disponer de tierra sin costo alguno y la mano de obra pueda ser ejecutada por el propietario de la obra, lo anterior resulta muy conveniente, sobre todo en los medios poco desarrollados, como los rurales en donde las personas no están especializadas o existe escasa tecnología.

En los medios urbanizados donde existe mayor progreso la mano de obra en la mayoría de los casos se tiene que pagar, entonces las construcciones de este tipo resultan caras comparadas con los otros tipos de construcciones, y de peor calidad si no se trabaja con precauciones adecuadas.

Bajo estas condiciones, sólo se justifica su empleo si se

obtiene un aspecto que no se puede lograr con otro tipo de materiales, por ejemplo: un aislamiento térmico superior al normal.

Por las anteriores razones las viviendas construidas con adobes se presentan como alternativa para la solución más factible de un propietario sin recursos, y también para quien los tiene obteniendo una reducción en sus costos, además de elementos adicionales de lujo y confort.

Atendiendo este segundo criterio se da origen a una industria de carácter local con una tecnología apropiada.

En las zonas rurales, se requerirá de una tecnología mínima con orientaciones no muy precisas. En cambio donde se desarrolle como industria muy tecnificada se justifica el empleo de métodos y estudios más complejos.

Este estudio pretende ser la base de un manual que con aportaciones futuras mejore su contenido y oriente a los autoconstructores, así como a los directores de obra que tengan que realizar construcciones públicas o privadas, para sectores sociales de escasos recursos, esta tecnología sirve para juzgar la calidad de la tierra y la conveniencia de mejorarla.

Todas las tecnologías para estudios de los suelos implican

pruebas de laboratorio complejas y difíciles de realizar, todas ellas requieren de aparatos costosos y no fáciles de obtener.

Este trabajo, dirigido a construcciones pequeñas y económicas se orienta para realizar estudios de las tierras con pruebas de laboratorio rudimentarias que no requieran de equipos especiales y que puedan ser realizadas por personas con escasa capacitación y en cualquier lugar del país.

Es conveniente que dependiendo de las posibilidades de los autoconstructores reciban una instrucción adecuada por un profesional constructor.

Con la instrucción que se obtenga, se conocerán las ideas más elementales relativas a las propiedades plásticas de la tierra que proporcionan la guía para uso de la tierra. Si es que se emplea sola, revuelta, o con otras de diferente plasticidad, y qué cualidades se mejoran si se estabiliza, o si es propia para cocerse en labiques, etc.

Su calidad depende de la resistencia que presentan a su rotura por esfuerzos provocados por las cargas aplicadas, por humedad o por el volumen de tierra con que fueron elaborados. La desintegración de los mismos puede ocurrir por la humedad o por la erosión debido a la lluvia. Los elementos constructivos que pueden

ser fabricados con tierra son: muros de barro colado, aplanados de recubrimiento en muros y pisos, adobes y tabiques, etc..

En este manual se incluyen métodos de obtención de muestras de los materiales y localización de bancos, así como recomendaciones previas a la fabricación de los adobes que implican realizaciones de pruebas con el límite líquido y la humedad óptima que debe llevar un material para evitar agrietamientos o deformaciones de las piezas en el moldeo.

Es necesario que estas pruebas se realicen antes y no en el momento de la fabricación para evitar desperdicios de material, tiempo, dinero y esfuerzo.

En este trabajo se presenta el desarrollo de pruebas de resistencia a la compresión con probetas que se someten a cargas simples en un dispositivo ideado por el M. en I. Miguel Madinaveitia sustituyendo métodos de ensaye convencionales en los laboratorios de materiales.

Se incluyen también pruebas de cohesión, contracción por secado, absorción, secado y de goteo.

En el capítulo II aparecen los dispositivos que sustituyen las formas convencionales de ensayos con aparatos y procedimientos

rudimentarios, que aunque se reduce la precisión de los resultados, se considera suficiente debido a la índole del trabajo.

Los productos que se estudiaron para mejorar la calidad de la tierra estabilizada fueron: el cemento, la cal y el asfalto.

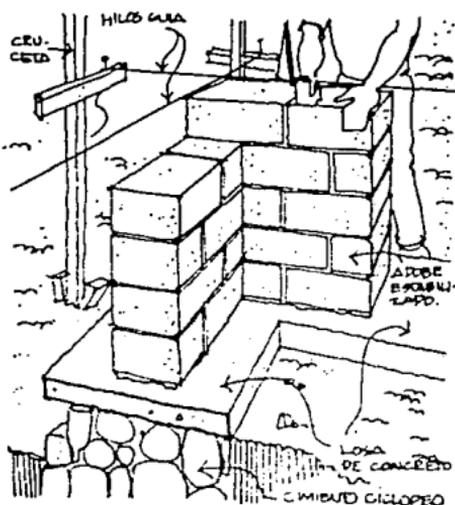
De los resultados obtenidos se pudo observar que si bien mejoran las propiedades del material, no resuelven del todo sus desventajas, por ejemplo:

Los tres productos mejoran la resistencia a la lluvia, pero ninguno de los tres produce resistencia de compresión más alta que una tierra sola cuando es plástica. El cemento y la cal reducen las contracciones del material pero el asfalto no. La otra posibilidad de mejorar la tierra es cociéndola, es decir fabricando tabiques.

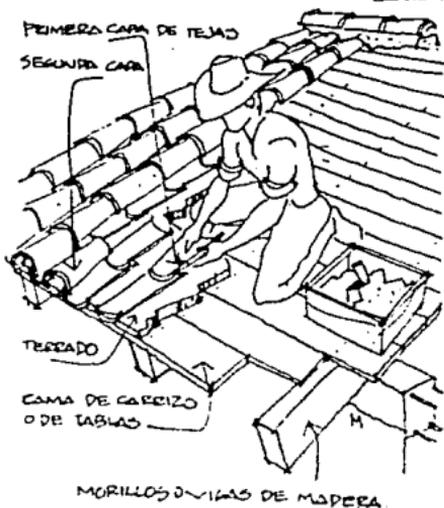
En las figuras 1-9 de las siguientes páginas se muestran construcciones fabricadas con adobes elaborados con tierra sola y también con aditivos estabilizantes, donde se pueden observar las diferentes modalidades de casas-habitación, las cuales presentan apariencias y técnicas similares a las fabricadas con tabiques.

DATOS BASICOS DE ESTRUCTURA:
 (MUROS DE ADobe ESTABILIZADO, TECHUMBRE DE VIGAS DE MADERA Y CUBIERTA DE TEJA).

■ METODO DE CONSTRUCCION DEL MODELO: SE DESARROLLARON CURSOS DE CAPACITACION PREVIOS AL PROCESO DE AUTOCONSTRUCCION QUE SE ASISTIA CON MANUALES Y CARTILLAS Y ASESORIA TECNICA.



CONSTRUCCION DE MUROS DE ADobe ESTABILIZADOS CON CEMENTO.



CONSTRUCCION DE TECHUMBRE DE TEJA SOBRE CAMA DE CAERIZO O TABLAS

Figura 1

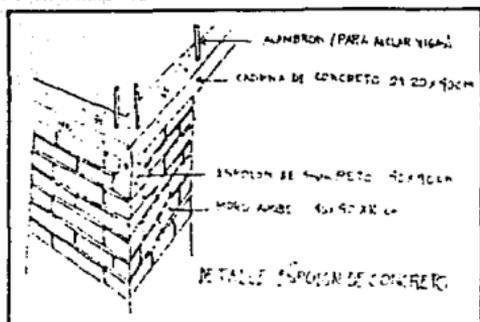


Figura 2

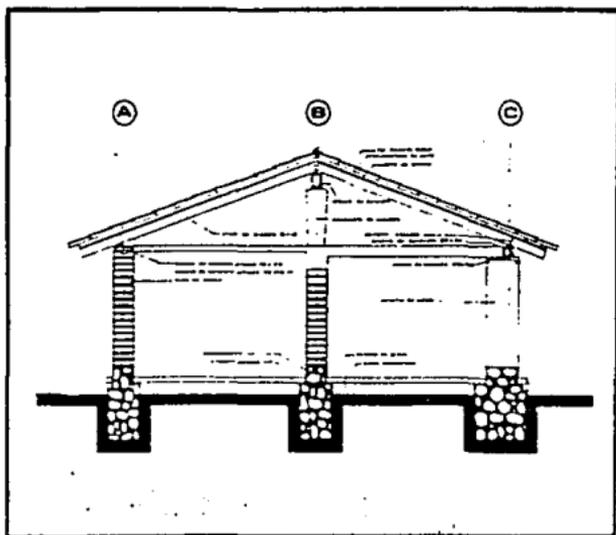


Figura 3

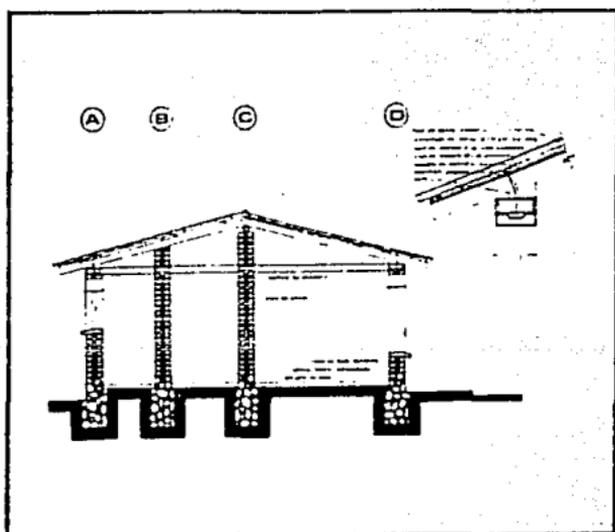


Figura 4

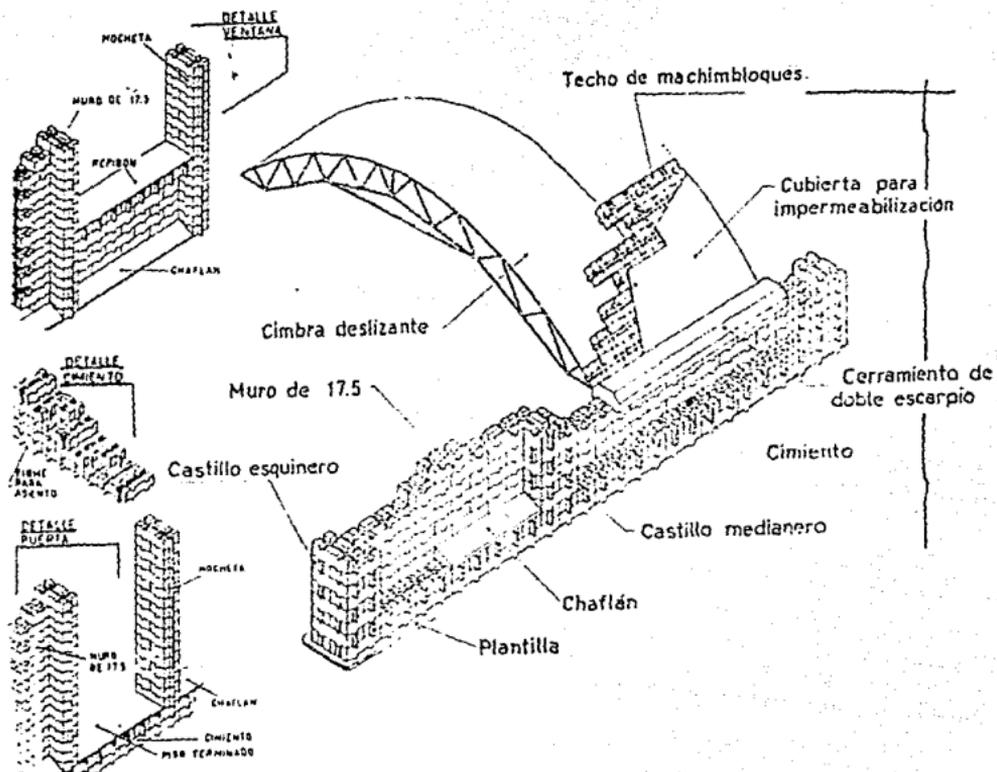
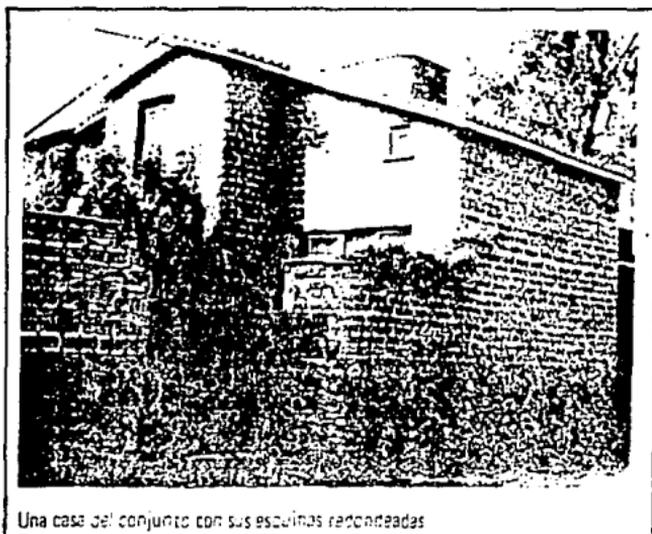
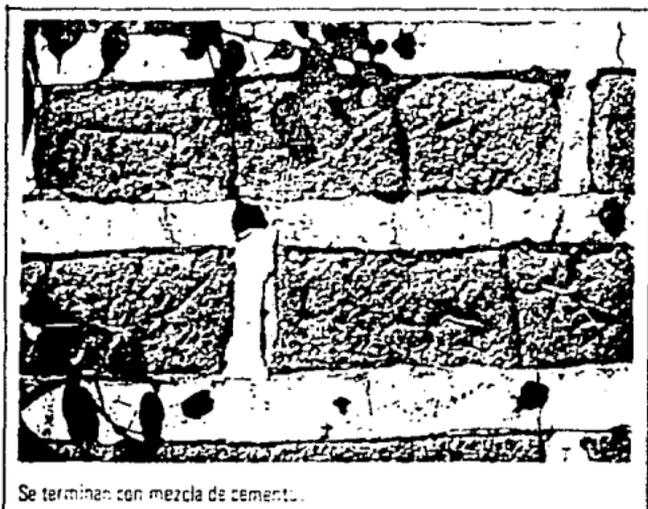


Figura 7



Una casa del conjunto con sus esquinas redondeadas

Figura 8



Se terminan con mezcla de cemento.

Figura 9

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO

TECNOLOGIA EMPLEADA EN PRUEBAS PROCEDIMIENTOS SENCILLOS

II.1 EL ADOBE

El adobe se compone básicamente de tierra y agua vaciado en moldes rectangulares y secado a la sombra. En los lugares donde se fabrica sin ningún apoyo técnico, regularmente se le agrega paja, estiércol y otras materias de origen orgánico.

Estas materias facilitan la revoltura del barro y reducen las contracciones del adobe al secado, pero disminuyen considerablemente la resistencia a su compresión, lo cual se traduce en baja resistencia a las cargas por el peso de losas.

II.2 SUELOS RECOMENDABLES

Los suelos recomendables son aquellos que contienen un balance apropiado de arena y arcilla. Los suelos puramente arcillosos sufren encogimiento y rajaduras cuando se realiza un secamiento rápido de los adobes, esto se debe a que con la acción del agua aumentan y disminuyen su volumen. Los suelos arenosos como no tienen suficiente ligazón entre sus partículas se producen adobes de poca fuerza cohesiva y se desmoronan; tampoco son recomendables los suelos con sales solubles por el deterioro que se produce en los adobes con la presencia de esta humedad.

II.3 SELECCION DE BANCOS DE MATERIAL, CANTERAS O MINAS

Para realizar esta selección, deberá hacerse un reconocimiento de la zona circundante en un radio que permita facilidades de transporte, el cual constituye el principal costo del suelo, este costo puede reducirse moldeando los adobes en el lugar de la extracción y transportándolos ya secos al lugar de la obra. Esta alternativa requerirá de la disponibilidad de agua para la preparación del barro.

También es necesario tomar como referencia la procedencia de los suelos empleados en las construcciones de tierra ya existentes en el lugar y datos que puedan ofrecer los pobladores acerca del suelo idóneo a utilizar.

Para determinar si ese suelo es el apropiado para la fabricación de los adobes, se deberán extraer muestras, las cuales pueden ser alteradas. No es necesario ocuparse de otro tipo de muestras como las que se ocupan en la MECANICA DE SUELOS (GEOTECNIA) ya que el uso que se le da es diferente.

II.4 METODOS DE OBTENCION DE MUESTRAS. MUESTREO

II.4.1. MUESTREO A CIELO ABIERTO

Para obtener muestras alteradas de un banco localizado el pozo debe excavarse cuando menos de 1.50 x 1.50 m de sección y la profundidad que se requiera, procediendo de la siguiente manera:

1. Se rebaja la parte seca y suelta del suelo con el propósito de obtener una superficie fresca sin ningún contenido de piedras, basura, ni residuos vegetales de cultivos y raíces.

2. Se toman las muestras de cada capa descubierta en bolsas y se le coloca una tarjeta de identificación para diferenciar el material obtenido como muestra.

II.4.2 MUESTREO EN ZANJAS ABIERTAS O CORTES

Si fuera el caso de encontrar zanjas abiertas se extiende una lona en el pie del talud para recoger las muestras procediendo de

la siguiente manera:

1. Se excavan canales verticales de sección uniforme desde la parte superior hasta el fondo, depositando primero el material obtenido en una lona, como se observa en la figura 10.

2. Se coloca en bolsas cada una de las muestras y se les distingue por una tarjeta de identificación.

II.4.3 MUESTREO DE UN MATERIAL ACORDONADO

Si las muestras se pueden obtener de un material acordonado se procede de la siguiente manera:

1. Se cortan secciones del material suficientes para llenar las bolsas disponibles, ver figura 11.

2. Se les coloca una tarjeta de identificación a cada una de ellas para diferenciarlas.

En la siguiente página se muestran ilustraciones que ejemplifican los métodos antes descritos, figuras 10 y 11.



Figura 10



Figura 11

II.5 PRUEBAS SENCILLAS PARA ADOBES Y TABIQUES

Antes de iniciar la fabricación de los adobes es necesario realizar pruebas del material obtenido como muestra. En los ensayos que se hagan con este material, se fabrican probetas de diferentes formas como: placas, cintas, así como pequeños cilindros de prueba que ofrezcan una información suficiente para decidir si el suelo es el apropiado para iniciar la producción.

Obtenidas las muestras, se desea determinar si el suelo obtenido es el apropiado para fabricar adobes con tierra sola, con tierra prensada, o con tierra estabilizada con cemento, asfalto cal, o elaborar tabiques. Se propone iniciar los trabajos con pruebas de plasticidad.

II.5.1 IDENTIFICACION PARA LOS LIMOS Y LAS ARCILLAS

Si de una tierra a simple vista se observa que contiene muchos finos y deseamos saber su contenido en limos o arcilla, procedemos de la siguiente manera:

1. En un molde redondo de aproximadamente 10 cm de diámetro y de 3 cm de fondo se deposita el material el cual debe estar completamente saturado.

2. Con una varilla de aproximadamente 20 cm se golpea el molde, ver figura 12 de la siguiente página, y observar resultados.

RESULTADO A. Si observamos que el agua aflora en la superficie con el golpeteo de la varilla, los finos del material son LIMOS y por lo tanto tenemos TIERRA NO PLASTICA.

RESULTADO B. Si observamos que el agua no aflora en la superficie con el golpeteo de la varilla, los finos de este material son ARCILLA, por lo tanto tenemos TIERRA PLASTICA.

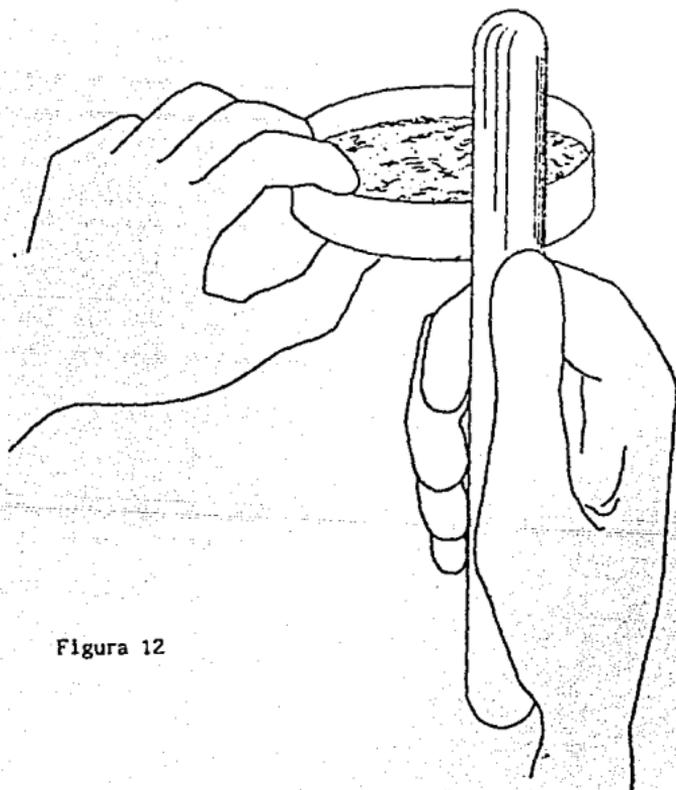


Figura 12

Obtenidos los resultados anteriores ya tenemos una primera definición de las propiedades de nuestro material en estudio. Como ya conocemos cuál es plástica y cuál no, con un razonamiento lógico podemos pronosticar que los limos tendrán que estabilizarse o revolverse con tierras plásticas para utilizarlos en la fabricación de adobes moldeados o prensados, la tierra plástica que se revuelva con los limos le proporcionará cohesión y por lo tanto mayor resistencia.

Estando ciertos de que el material que tenemos es tierra plástica nos resta conocer el grado de plasticidad y poder determinar si son muy plásticas o si son poco plásticas y su relación con la resistencia a la compresión para ello se propone la siguiente prueba:

II.5.2 PRUEBA DE PLASTICIDAD

Esta prueba se realiza elaborando a mano una probeta de aproximadamente 2 cm de diámetro, preparada con el agua mínima para formarla sobre un cubo de superficie lisa.

Elaborada la probeta se coloca sobre un cubo de madera y se empuja con el dedo, ver figura 13 de la siguiente página.

TIERRA

Plástica $l > 10$ cm (Probeta se rompe después de los 10 cm)

No Plástica $l < 10$ cm (Probeta se rompe antes de los 10 cm)

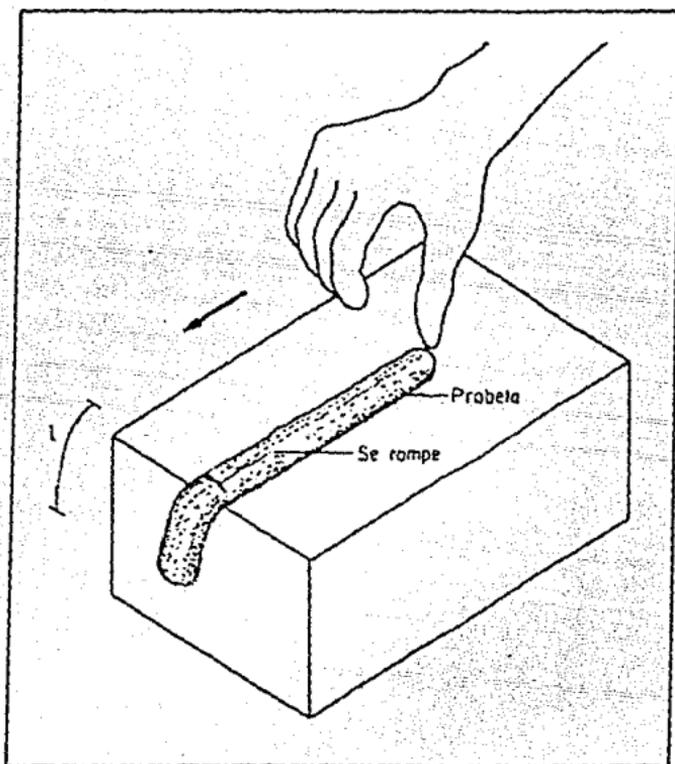


Figura 13

En la siguiente página se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio.

RESULTADO A. Si la probeta se rompe al empujarla después de los 10 cm, entonces tendremos TIERRA MUY PLASTICA, en este tipo de tierras la contracción que sufren al secado causa problemas en la fabricación lo cual puede ser resuelto añadiendo arena, estas precauciones se toman cuando su plasticidad sea mayor de 20.

RESULTADO B. Si la probeta se rompe al empujarla antes de los 10 cm, tendremos TIERRA NO PLASTICA O POCO PLASTICA. En este caso tomaremos como frontera el orden de 5, es decir, aquellas que arrojen resultados por abajo de 5, al tratar de fabricarlas sin ningún aditivo se desmoronarán con mucha facilidad, entonces éstas son las que requieren de un aditivo cementate. Cualquiera de los tres aditivos mencionados (cemento,asfalto o cal).

Aquellas que resulten por arriba de los 5 cm se les puede añadir tierra plástica y con ellas fabricar adobes de tierra sola.

RESULTADO C. Las tierras que observemos que tengan plasticidad media, es decir, que se rompa al empujar la probeta aproximadamente en los 10 cm, todas ellas sirven para fabricar adobes y tabiques.

Si el caso fuera de encontrarse con tierras de diferente plasticidad, se pueden revolver entre sí para obtener la plasticidad media, otro caso sería el siguiente:

1. Si la tierra es muy plástica se le agrega arena en proporciones adecuadas hasta encontrar la plasticidad media.

2. Si la tierra no es plástica o es poco plástica de igual forma se le agrega arcilla en proporción adecuada hasta alcanzar la plasticidad media, o bien se puede estabilizar.

II.5.3 HUMEDAD DE LAS MUESTRAS DE PRUEBA. PROBETAS

En las pruebas que se realicen deben representar la forma de trabajo que se dan en la propia construcción, para ello deben fabricarse probetas de tierra para pruebas de compresión, de contracción y de goteo con la humedad correspondiente al Límite Líquido para el moldeo de las probetas, cuando sea el caso de material prensado corresponderá una humedad comparable con la Humedad Óptima Proctor.

II.5.3.1 LIMITE LIQUIDO PARA ADOBES REMOLDEADOS

Al límite líquido corresponde la humedad del barro con que es conveniente moldear los adobes y tabiques ya que corresponde, con bastante precisión, a la humedad máxima o de máxima manejabilidad que es posible alcanzar sin que lleguen a presentar deformaciones excesivas al hacer el desmoldado del molde, que es lo inmediato en trabajos de este tipo. Para humedecer el material de tierra sola y

emplearla para fabricar adobes y cilindros de prueba, cuando así se ha decidido, la cantidad de agua que se requiere para humedecer y remoldear esta tierra corresponde al Límite Líquido para preparar el barro que sea fluido y completamente saturado.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA PARA OBTENER EL LIMITE LIQUIDO

Se considera que un barro se encuentra en su Límite Líquido cuando se coloca una varilla de acero de 1 cm de diámetro y 50 cm de largo parada en su superficie y esta penetra aproximadamente 2 cm al soltarla.

El límite líquido de las tierras es un punto de partida muy importante en todos los ensayos de pruebas. Este tipo de humedad se obtiene con métodos más laboriosos en la mecánica de suelos tradicional que requieren equipos especiales que no se pueden disponer en cualquier lugar, por eso se plantea un tosco equivalente que se aprecia en la figura 14, de la siguiente página.

La correlación entre los valores que se obtuvieron con la Copa de Casagrande (equipo especial que se utiliza en la mecánica de suelos) y el método de la varilla se presentan a continuación, son resultados de pruebas realizadas en el laboratorio de materiales, ver figura 15 de la siguiente página.

A la penetración de 2 cm de la varilla al soltarlo corresponde el límite líquido de la tierra

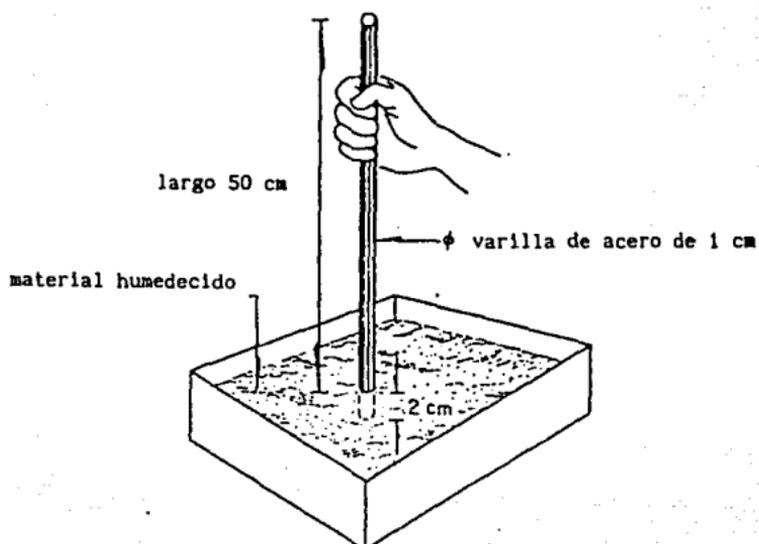


Figura 14

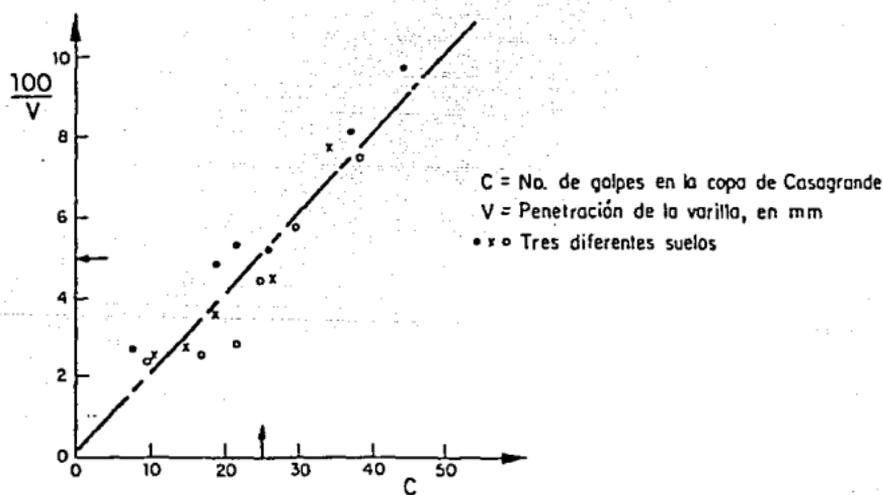


Figura 15

II.5.3.2 HUMEDAD OPTIMA PROCTOR. SUSTITUCION DE LA PRUEBA PROCTOR POR LA PRUEBA DE LA BOLA PARA ADOBES PRENSADOS

Cuando se ha decidido fabricar adobes prensados, las probetas también prensadas se harán con la humedad comparable a la óptima Proctor que es la indicada para producir una buena compactación de las tierras. La prueba proctor consiste en golpeo con un pisón.

PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE LA BOLA

Se considera que la humedad óptima Proctor es la que tiene una tierra cuando cumple LA PRUEBA DE LA BOLA que se presenta en la figura 16, de la siguiente página. Para encontrar la humedad óptima se procede de la siguiente manera:

1. Agregamos agua al material en menor cantidad que en el límite Líquido.

2. Se forma una bola con la mano y se deja caer desde una altura de aproximadamente 1.20 cm, y se observan resultados:

RESULTADOS:

RESULTADO A. Si la bola se disgrega completamente: La humedad

es escasa.

RESULTADO B. Si la bola se deforma: La humedad es excesiva.

RESULTADO C. Si la bola no se deforma: Tendremos ya la humedad óptima.

A continuación se presenta la figura de la rotura de la bola figura 16. La gráfica de correlación de resultados se muestra en la siguiente página, figura 17 que son los datos obtenidos al hacer la prueba tradicional Proctor (que se utiliza en la mecánica de suelos y la prueba de la bola), donde se puede observar la equivalencia en valores y la utilidad de suplir una prueba por la otra.

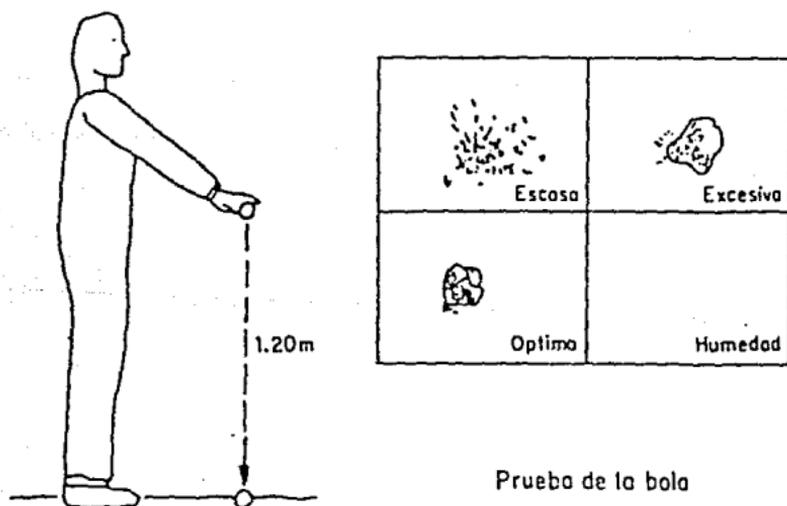


Figura 16

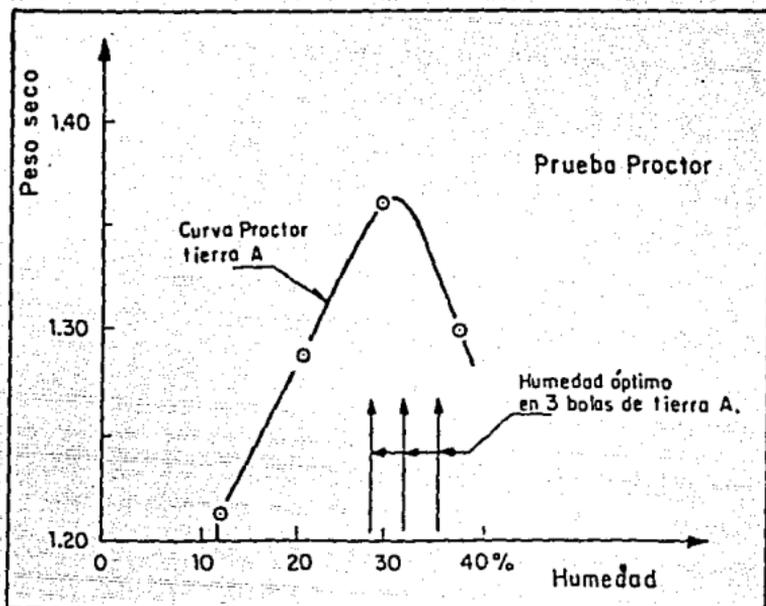


Figura 17

II.5.4 COMO FABRICAR LAS PROBETAS

Las probetas que se fabrican para realizar las pruebas de secado serán las mismas que se utilicen para las pruebas de resistencia a la compresión y se elaboran de la siguiente manera:

Se fabrican probetas cilíndricas de 10 cm de altura y 5 cm de diámetro con la tierra adecuada y debidamente preparada con el contenido de humedad correspondiente a su límite líquido, o con el correspondiente a la humedad Óptima Proctor cuando se hagan pruebas con tierra comprimida.

II.5.4.1 PROBETAS REMOLDEADAS Y COMPRIMIDAS

Con la tierra preparada se llena un tubo de fierro con las medidas 10 x 5 cm y se engrasan las dos bases.

Se coloca un plástico en una de las bases y sobre esa base se ejerce presión con un pistón de 5 cm de diámetro hasta sacar el cilindro para después someterlo al secado.

En el caso que se trate de probetas comprimidas, se llena el tubo de fierro compactándolo, con una leve presión de la mano equivalente a la que se produce en los moldes en que se fabrican los tabiques o adobes, o sometiéndola a una presión de 5 kg/cm^2

(100 kg en total sobre el cilindro), ver figura 18 de la página siguiente.

A los cilindros así fabricados se les da el tratamiento deseado ya sea secado, curado o saturado, ver figura 18 que se muestra a continuación.

II.5.4.2 PROBETAS ESTABILIZADAS

Cuando se decida fabricar adobes estabilizados ya sea con cemento cal o asfalto, se pueden hacer probetas o muestras de 10 cm de largo por 10 cm de ancho y 2 cm de espesor o utilizar las cilíndricas si así se juzga conveniente, para ellas su primer prueba se hará de absorción y después de secado, ya secas las muestras de 2 cm se les puede aplicar las pruebas de goteo y cohesión, y a las cilíndricas secas la prueba de compresión.

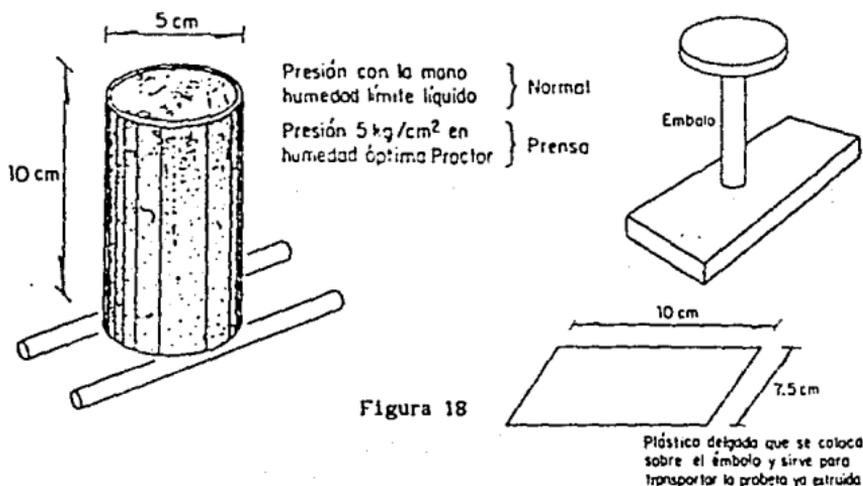


Figura 18

Probetas cilíndricas

II.5.5 RECOMENDACIONES SOBRE EL SECADO

Existen publicaciones que recomiendan fabricar los adobes en primavera o verano, la razón debe ser la escasa existencia de viento en esa época, ya que de lo contrario, éste provoca aceleramiento en el secado.

La velocidad del secado se presenta diferente en los distintos materiales, ya que la pérdida de cantidad de agua en cada material también es distinta.

El secado se incrementa si el aire que rodea a las piezas fabricadas se encuentra en movimiento, es decir, si las probetas o adobes recién fabricados se exponen inmediatamente a la acción del viento sufrirán cuarteaduras, lo mismo sucede si se exponen inmediatamente al sol, o a la acción directa de un ventilador.

Para evitar lo anterior deben tomarse precauciones siempre de secar las piezas a la sombra y evitar que corra mucho aire, esto se puede resolver cubriendo las piezas con un plástico.

Durante las primeras horas del secado se necesita una velocidad mínima que arrastre el aire saturado que envuelve a la

superficie del material, para que cualquier incremento posterior del viento, no afecte el proceso de secado.

Durante estas primeras horas posteriores a la fabricación, la pérdida de agua de las piezas es del orden de cinco veces mayor frente a un ventilador o expuestas directamente al sol, que cuando se mantienen en la sombra.

En las pruebas realizadas se observó que las probetas recién fabricadas con la humedad correspondiente a su límite líquido, tanto los cilindros ($\phi = 5$ cm, $h = 10$ cm) para pruebas de compresión y absorción, así como las placas de $10 \times 10 \times 2$ cm para goteo y cohesión secadas al medio ambiente (22°C), en general pierden peso (agua), rápidamente los primeros días, pero a partir de cinco o seis días, la reducción es mucho menor y en algunos casos casi nula, se pueden observar los resultados de ensayos con probetas preparadas con o sin estabilizante y con diferentes tipos de materiales (plásticos y no plásticos) en la figura 19, que se muestra a continuación.

En una publicación de Guatemala recomiendan que si a las cuatro semanas de secado a la sombra, el adobe de prueba presenta grietas o deformaciones, se debe agregar arena y remoldear.

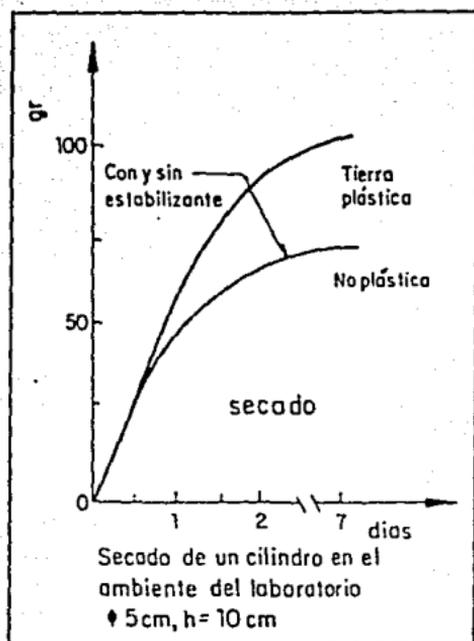


Figura 19

II. 5.6 PRUEBA DE ABSORCION

Se hicieron pruebas de absorción en muchas tierras, pero todas ellas estabilizadas ya que las no estabilizadas no soportan la prueba por su falta de hidráulica, el procedimiento es el siguiente:

1. Elaborada la muestra con su humedad correspondiente, se propone que se fabriquen probetas siempre de la misma medida (10 x 10 x 2cm) y que se mida el aumento de peso al mantenerlas sumergidas en agua a 5 cm de profundidad por intervalos de tiempo planeados, los tiempos de inmersión deberán establecerse tan cortos como sea posible, con tal de no afectar la precisión de las mediciones, pero podrán prolongarse todo lo que se quiera mientras los incrementos de peso sean parecidos en intervalos iguales de tiempo.

Se estudió el efecto que puede tener el resultado de la prueba al sumergir las probetas a mayor o menor profundidad, procediendo en ambas formas. Se observó que las sumergidas a 50 cm absorbían agua dos veces más rápidamente que las sumergidas a 5 cm de profundidad, ver figura 20 de la siguiente página.

2. Antes de pesar las probetas se recomienda secarlas, desprendiendo el agua que se adhiere a su superficie exterior por medio de sacudidas, ver figura 21 de la siguiente página.

RESULTADO DE PRUEBAS

1. En tierras estabilizadas con cemento el incremento de eso fue del orden de 20% por minuto.

2. En tierras estabilizadas con asfalto el incremento de peso fue del orden de 5% por minuto, en el primer minuto y mucho más lento después.

A continuación se muestran las figuras del procedimiento de prueba. La gráfica de resultados se observa en la siguiente página. Las pruebas se realizaron con probetas estabilizadas con 5% de cemento y 10% de emulsión asfáltica (material con un 60% de finos, muy plástico), ver figura 22.

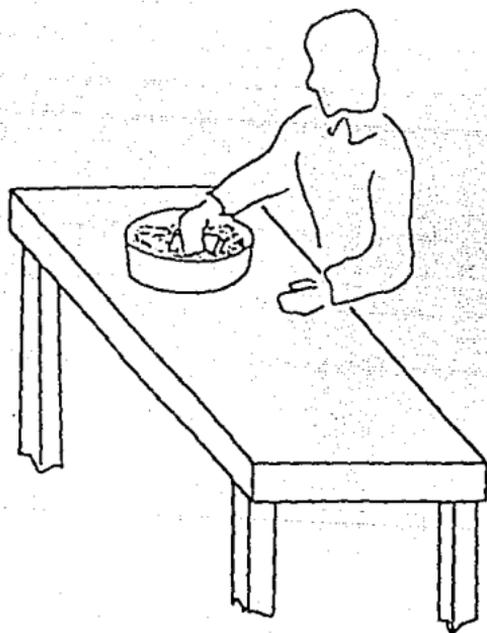


Figura 20



Figura 21

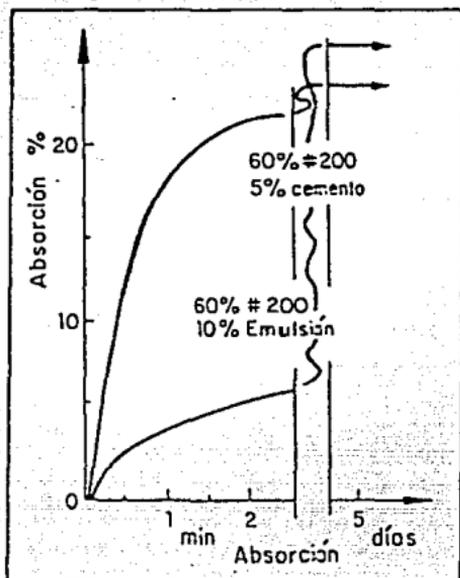


Figura 22

II.5.7 PRUEBAS DE CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA Y LINEAL

La mayor parte de las propiedades mecánicas que influyen en la calidad de las piezas fabricadas con tierra dependen de la contracción que se presenta durante su secado inicial. La contracción se relaciona directamente con la plasticidad de la tierra y con la humedad que contienen, las piezas al colocarse en la obra deben estar completamente secas y contraídas, la contracción es un inconveniente grave cuando llega a provocar grietas o despegar los adobes.

Al fabricar un elemento constructivo con tierra, su contracción se puede reducir, si:

1. Se revuelve la tierra con material arenoso.
2. Se reduce la cantidad de agua con que se moldea.
3. Conteniendo una humedad menor que la de saturación, se compacta a presión o con apisonamiento, o
4. Se estabiliza con cal o con cemento.

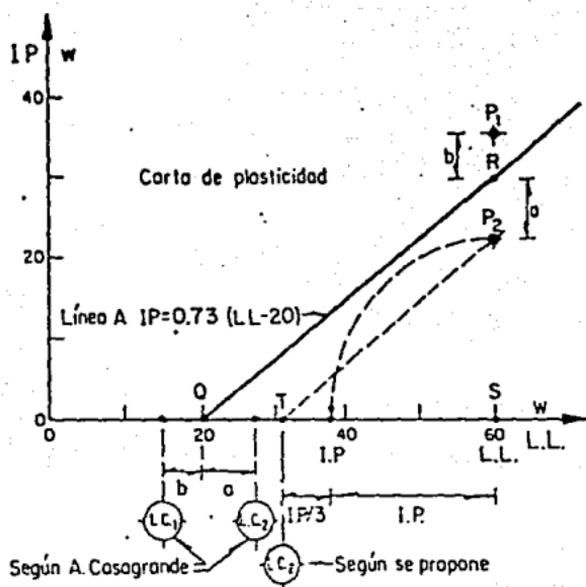
las tierras plásticas se contraen más que las no plásticas y si tienen agua en exceso se contraen más, porque existe mayor humedad.

II.5.7.1 SUSTITUCION DE LA PRUEBA DE PLASTICIDAD POR LA DE CONTRACCION

La medida de la contracción para calificar a las tierras puede sustituir con ventaja a la medida de la plasticidad por ser más fácil de realizar, esto se puede demostrar por un método establecido por A. Casagrande, aunque el límite de plasticidad es un poco superior al de contracción y aceptando errores no muy significativos se puede considerar que el índice de plasticidad tiene un valor aproximado de la mitad del valor de la contracción volumétrica o el producto de 1.8 por el valor de la contracción

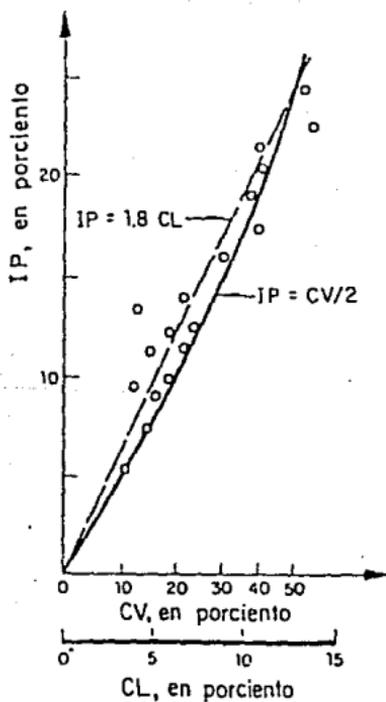
lineal. En la figura 23 de la siguiente página, se presentan resultados en gráficas que contienen:

1. Método de Casagrande y el otro que se propone.
2. La conversión de resultados de los dos tipos de contracciones al valor aproximado de la plasticidad.



Plasticidad vs contracción

Figura 23



II.5.7.2 MEDICION DE LA CONTRACCION VOLUMETRICA

La contracción de la tierra motivada por su secado, puede provocar agrietamientos o deformaciones excesivas de piezas que se sequen con demasiada rapidez, creando problemas en la fabricación.

Conviene estudiar la contracción motivada por el secado desde el momento del moldeo hasta el secado completo.

El índice de contracción es la pérdida de volumen durante el secado a partir de su límite líquido medida como porcentaje del volumen final. Si se parte de un contenido de humedad mayor o menor, la contracción responderá a estas medidas, es decir, también será mayor o menor.

FABRICACION DE LAS PROBETAS

Con la tierra humedecida en su límite líquido, se llena un tubo cilíndrico de 10 cm de altura por 5 cm de diámetro, se enrasa por sus dos bases y se extrae por presión con un pistón protegido por un plástico delgado, que facilite su extracción. Cuando se trate de material prensado se prepara con la humedad óptima.

Se obtiene su volumen inicial, el cual se conoce por las medidas del tubo cilíndrico.

Al cilindro medido se le da el tratamiento deseado, secado curado o saturado en caso de ser estabilizado con cemento.

Ya seco el material se calcula su volumen por flotación, por diferencia de peso natural y su peso bajo el agua. Como se observa en la siguiente figura 24.

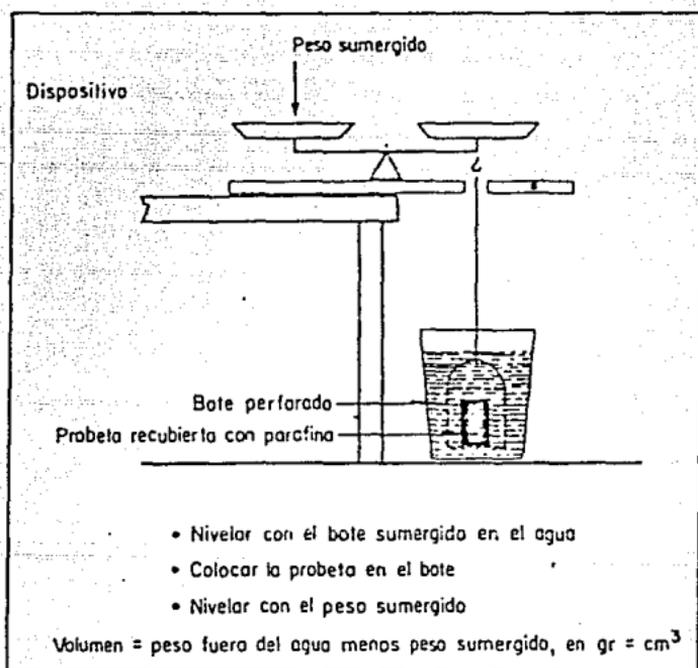


Figura 24

Para evitar que el agua penetre en los poros de los cilindros, falseando su volumen y para evitar que se perjudique la pieza, se recubre con parafina, que puede ser de veladoras, su procedimiento también se observa a continuación en la figura 25.

Este fenómeno de la contracción nos indica las posibles variaciones volumétricas debidas a cambios de humedad ambiental en el material ya colocado en la obra. En la siguiente página se anotan los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio.

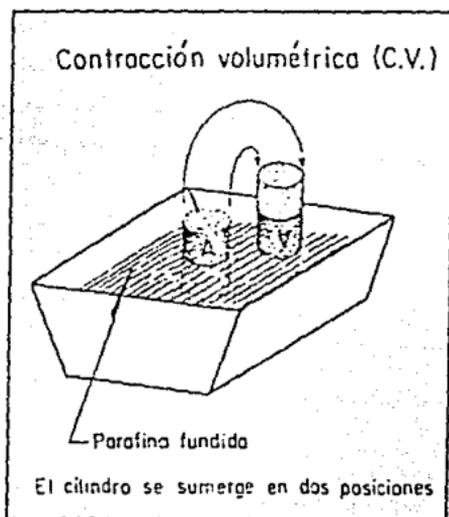


Figura 25

RESULTADOS:

Los valores de la contracción volumétrica varían desde cero en

tierras muy arenosas, hasta un 30% en tierras muy plásticas.

Los materiales de baja plasticidad menor al 15% alcanzan a reducirse entre el 1 y el 10% de su volumen inicial.

Los materiales de alta plasticidad alcanzan a reducirse entre un 20 y 30%.

11.5.7.3 MEDICION DE LA CONTRACCION LINEAL

Para medir la contracción lineal se considera la longitud inicial del elemento medido y la final del mismo a su secado, como se muestra a continuación en la figura 26.

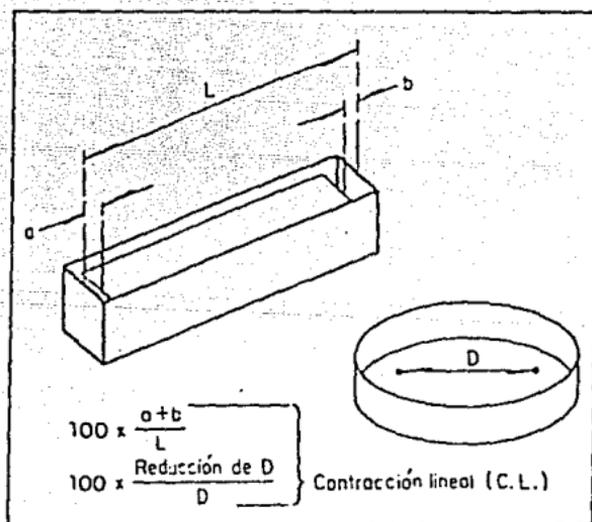
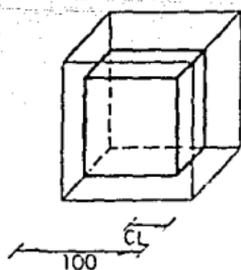
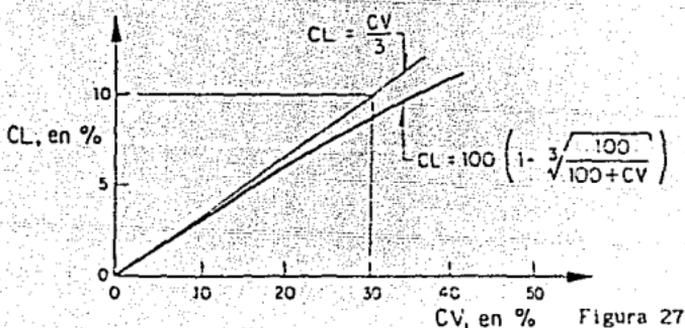


Figura 26

II.5.7.4 COMPARACION DE LA CONTRACCION VOLUMETRICA Y LA LINEAL

Cuando se mide la contracción volumétrica y ésta es pequeña, considerada en un 10% o menos, no se comete un error importante si se toma el valor de ésta como tres veces la lineal.

A continuación se muestra la gráfica de comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio de los dos tipos de contracciones y las fórmulas para poder realizar el cálculo de la conversión, así como el cálculo para el porcentaje que arrojen cualquiera de las dos medidas, ver figuras-27 y 28.



$$CV = 100 \frac{V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}}}{V_{\text{final}}} = \frac{100^3 - (100 - CL)^3}{(100 - CL)^3} \times 100$$

$$(100 - CL)^3 (CV + 100) = 100^3 \times 100$$

$$CL = 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{100}{CV + 100}} \right)$$

Contracción lineal vs contracción volumétrica

Figura 28

II.5.8 PRUEBAS DE RESISTENCIA A COMPRESION

La resistencia a compresión proporciona una medida directa de la capacidad de carga de las piezas fabricadas con tierra. Al efectuar esta prueba los resultados nos ofrecen una orientación sobre las roturas que en su manejo pueden sufrir las piezas.

Las pruebas para obtener la resistencia a la compresión se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Se fabrican probetas cilíndricas de 10 x 5 cm de diámetro con la tierra debidamente preparada y con el contenido de humedad correspondiente al límite líquido o de la humedad óptima.

2. Con la tierra preparada en su límite líquido se llena el tubo de fierro realizando el moldeo sin ninguna presión, cuando se trate de piezas prensadas se llena el mismo tubo compactándolo, con una leve presión de la mano equivalente a la que se produce en los moldes con que se fabrican los adobes o tabiques, o someténdola a una presión de 5 kg/cm^2 que equivale a 100 kg en total sobre el cilindro.

3. Se enrasan las dos bases del cilindro y se extrae la probeta con un pistón protegido por un plástico para facilitar esta operación.

4. Al cilindro así fabricado se le da el tratamiento deseado secado, curado o saturado.

5. Al término de su tratamiento se somete a compresión en la prensa que se muestra en la figura 29, que se muestra a continuación.

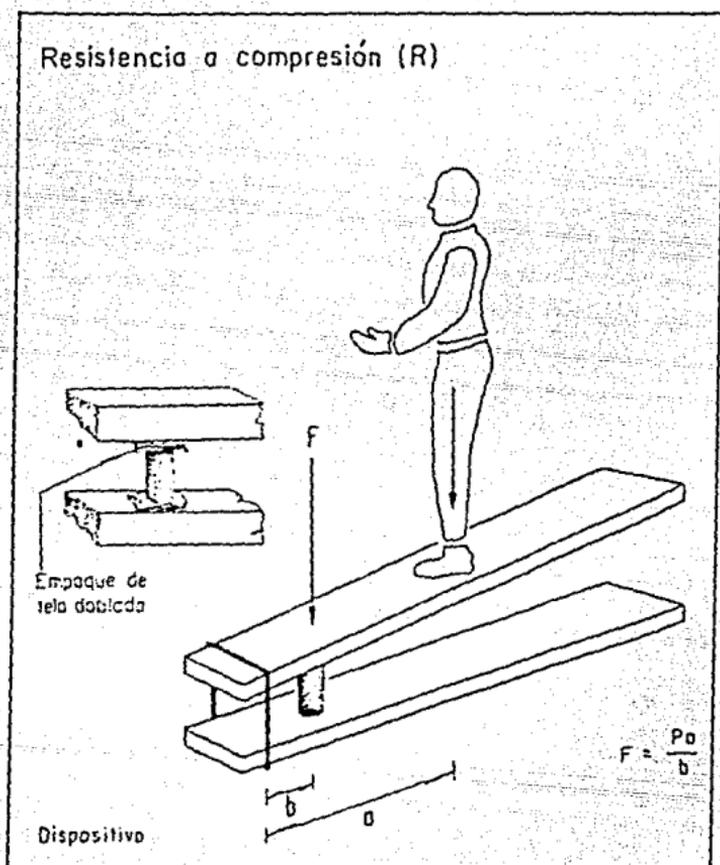


Figura 29

6. Para uniformizar la presión sobre las bases de los cilindros y tratar de eliminar los defectos de sus irregularidades, se colocan unos empaques de cartón o tela en las bases.

Debido a la imperfección de estos métodos los resultados no son muy precisos, pero sí, suficientemente claros para indicar cuando las resistencias de las tierras difieren en forma significativa.

En el laboratorio de materiales se realizaron ensayos a compresión en una prensa, que se desplaza algo irregular a una velocidad promedio de 3 mm/min hasta su rotura y se anotaron las cargas que se producían.

Los resultados obtenidos fueron:

Las tierras menos resistentes de baja plasticidad soportaron de 3 a 4 kg/cm².

En las muy resistentes de alta plasticidad soportaron de 20 a 30 kg/cm².

En tierras estabilizadas con cemento soportaron de 80 a 90 kg/cm².

El dispositivo mostrado permite aplicar cargas de hasta 600 kg, suficientes para romper cilindros de tierra que resistan 30 kg/cm², ya que las bases de 5 cm de diámetro tienen una área de 20 cm². Para tierras de mayor resistencia conviene reforzarlo, o disponer de un equipo más potente (estos son casos poco frecuentes).

Para una vivienda de un solo piso, la resistencia requerida en la parte baja de un muro es de 1 kg/cm².

Con un coeficiente de seguridad de 21 (cifra universalmente aceptada) se tendrá suficiente calidad con un elemento de tierra que tenga una resistencia de 21 kg/cm². Así se comprueba que la tierra satisface plenamente, en la mayoría de los casos.

II.5.9 PRUEBA POR GOTEO

La lluvia es una de las causas principales que pueden provocar la destrucción de elementos fabricados con tierra y la erosión de la lluvia se puede simular en el laboratorio por medio de la prueba de goteo que aquí se propone.

PROCEDIMIENTO

1. Se lleva a cabo dejando caer gotas de agua 10 gotas = 1 cm³

desde una altura de 2.50 m sobre una placa prefabricada de tierra de 2 cm de espesor.

2. Se mide el tiempo que tarda en perforarla, como se puede observar en la figura 30 de la siguiente página.

RESULTADOS

Al estudiar la comparación del resultado de esta prueba con el efecto directo de la lluvia en tierras con y sin estabilizante, se observó:

1. Que cuando un goteo de 2 horas no marcaba la superficie de una probeta, expuesta a la lluvia resistía de 20 a 30 min sin que su superficie sufriera ninguna erosión, especialmente los suelos con pocos finos estabilizados con cemento o con asfalto.

2. Las tierras sin estabilizante no alcanzan resistencia igual que los estabilizados, pero con cantidades muy bajas del 3% con cualquiera de los tres con cemento, cal o asfalto se lograba el resultado que se menciona en el punto 1.

A continuación se observa la figura donde se realiza el ensaye por goteo.

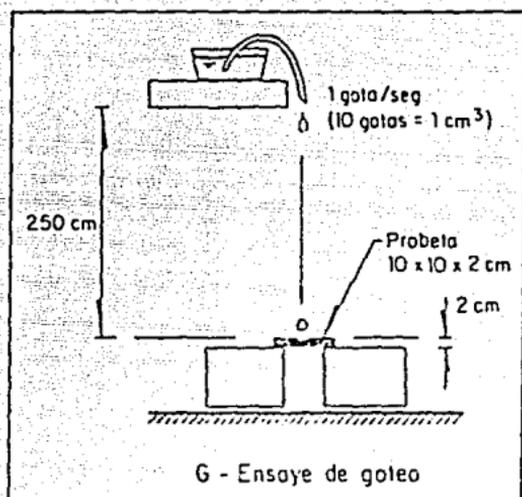


Figura 30

II.5.10 PRUEBA DE COMPRESION Y SATURACION

Como complemento de la prueba anterior se realiza una prueba de saturación y compresión para cilindros estabilizados donde se obtiene información del grado de hidraulicidad de este tipo de probetas.

La hidraulicidad es la propiedad de un material de conservar su resistencia aún en estado saturado.

En la figura 31 que se muestra a continuación se observa el procedimiento de prueba y en la gráfica de la figura 32 de la siguiente página la comparación de resultados de los dos tipos de ensaye goteo, compresion y saturación.

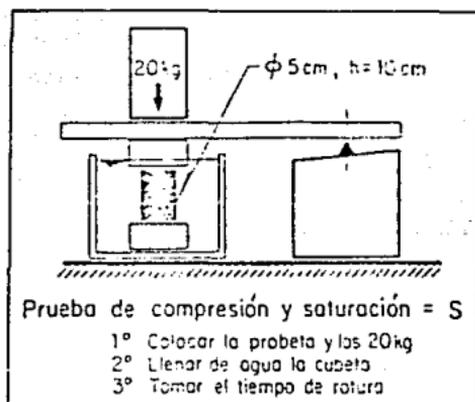


Figura 31

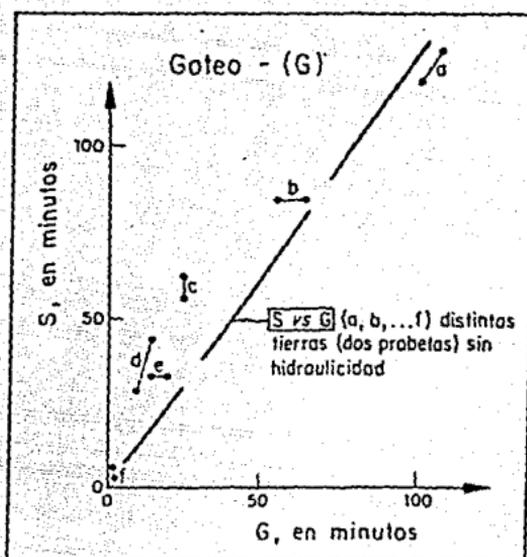


Figura 32

II.5.11 PRUEBA DE COHESION

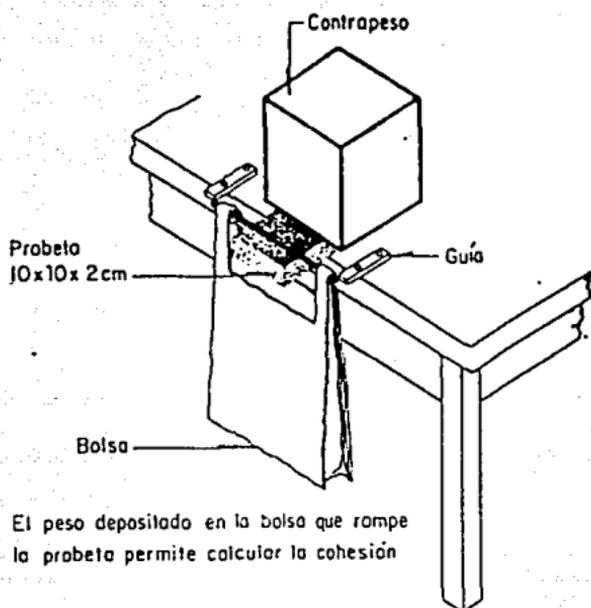
En caso de no poder realizar la prueba de compresión, la prueba de cohesión medida como se ilustra en las figuras 33 y 34 de la siguiente página tiene un valor aproximado de un 25% de la resistencia a la compresión.

Para ello se efectúan pruebas de flexión en placas prefabricadas de 2 cm de espesor y de 10 cm de ancho de largo. Se pueden usar las mismas placas que se usaron en las placas de goteo, las cuales nos dan una información proporcional y suficiente para conocer la calidad de la tierra.

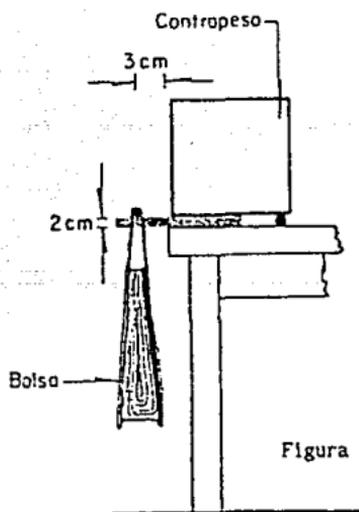
La prueba de cohesión es muy importante para conocer la calidad de una tierra si deseamos fabricar adobes sin adicionar algún estabilizante.

Se pueden considerar tierras cohesivas aquellas que contienen más del 15% de finos como las arcillas, y

Las no cohesivas son las que contienen menos del 15% de finos como las granulares, arenas, etc.



Dispositivo Figura 33



Para calcular la cohesión sometiendo la placa a flexión podemos utilizar la fórmula de la escuadría: $\sigma = \frac{M}{I}$, donde:

σ = esfuerzo

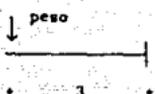
M = momento flexionante

I = Momento de inercia

y = distancia

Para mayor comprensión de la fórmula a continuación se sustituyen los valores empleados en la prueba:

Como M = al peso por la longitud donde se aplica la carga,



; M = PL, entonces la fórmula nos queda $\sigma = \frac{P L}{I}$ y
como M = P3

y como la placa tiene dimensiones de 10 x 10 x 2cm, su momento de Inercia (I), resulta:

que $I = \frac{b h^3}{12} = \frac{10 (2)^3}{12}$, entonces I = 6.67 cm², y como

la distancia y = $\frac{h}{2}$, como h = 2, entonces $\frac{2}{2} = 1$ por lo tanto
y = 1

Sustituyendo los valores despejados tendremos que:

$$\frac{P L}{I} y = \frac{3 P y}{I} = \frac{3 P}{6.67} \times 1$$

$$\sigma = \frac{3P}{6.67} \text{ kg/cm}^2$$
 para cualquier valor que nos dé el peso (P),
(σ) lo consideramos como el valor de la cohesión.

A continuación se presenta la gráfica de los resultados de ambas pruebas en la figura 35.

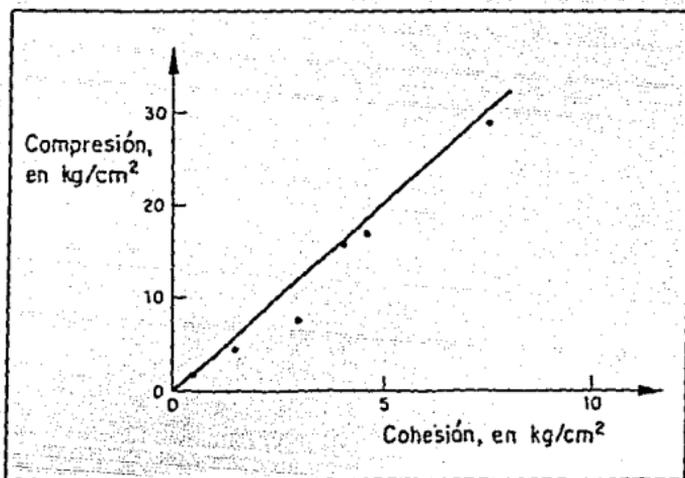


Figura 35

CAPITULO III

ADOBES CON TIERRA SOLA

Si se pretende fabricar con tierra solamente un elemento de construcción sin adicionar algún cementante, es necesario que la tierra sea cohesiva, es decir con plasticidad media (arcilla) seleccionado el material se continúa con la etapa de preparación.

III.1 PREPARACION DEL BARRO

1. Sobre un suelo firme se tritura la tierra seleccionada extrayendo de ella todo tipo de raíces y residuos vegetales.

2. A la tierra limpia se le agrega la cantidad de agua que equivale al límite líquido, hasta lograr un barro bien batido y macizo.

3. El amasado del barro se puede hacer con palas, azadones, con los pies o con empleo de otras tecnologías como una revoladora

de aspas o un tornillo sinfin, etc.

4. Cuando el barro esté completamente amasado, se deja reposar durante uno o dos días, antes de emplearlo en el moldeo.

III.2 FABRICACION DE MOLDES

En el proceso de moldeo se pueden utilizar moldes con fondo o sin fondo. El primer método permite un mayor avance, pero se logra menor compactación y una mayor fatiga del trabajador al hacer el moldeo en el suelo; el segundo si bien el rendimiento es menor, se logra una mayor compactación y el moldeo se realiza de pie, disminuyendo la fatiga del trabajador.

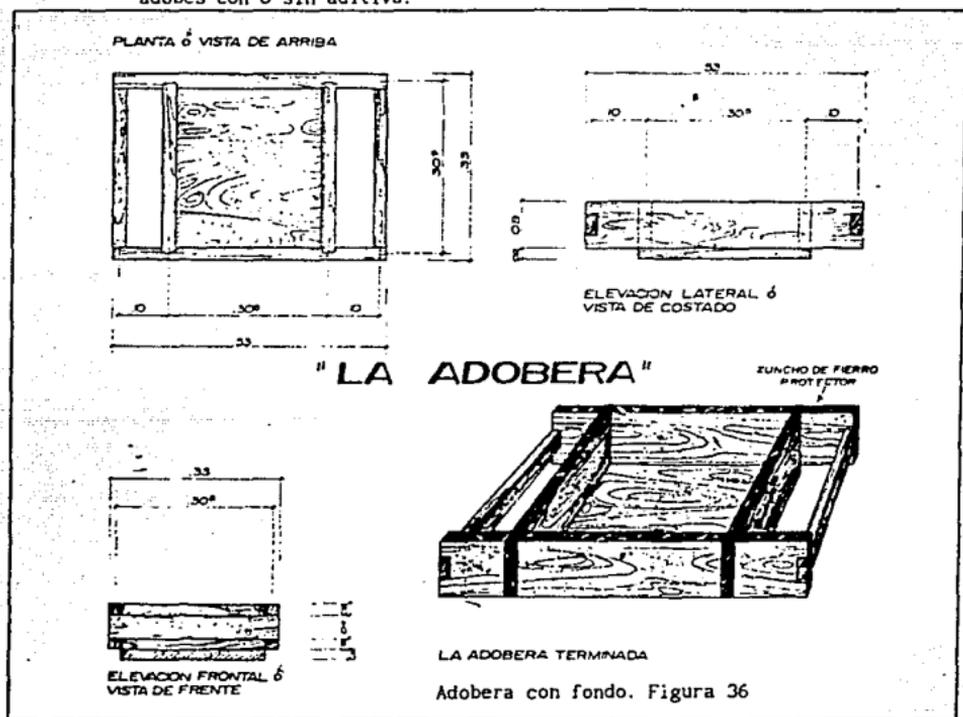
Existe variedad de formas y dimensiones del adobe, por ello es conveniente considerar recomendaciones como las siguientes:

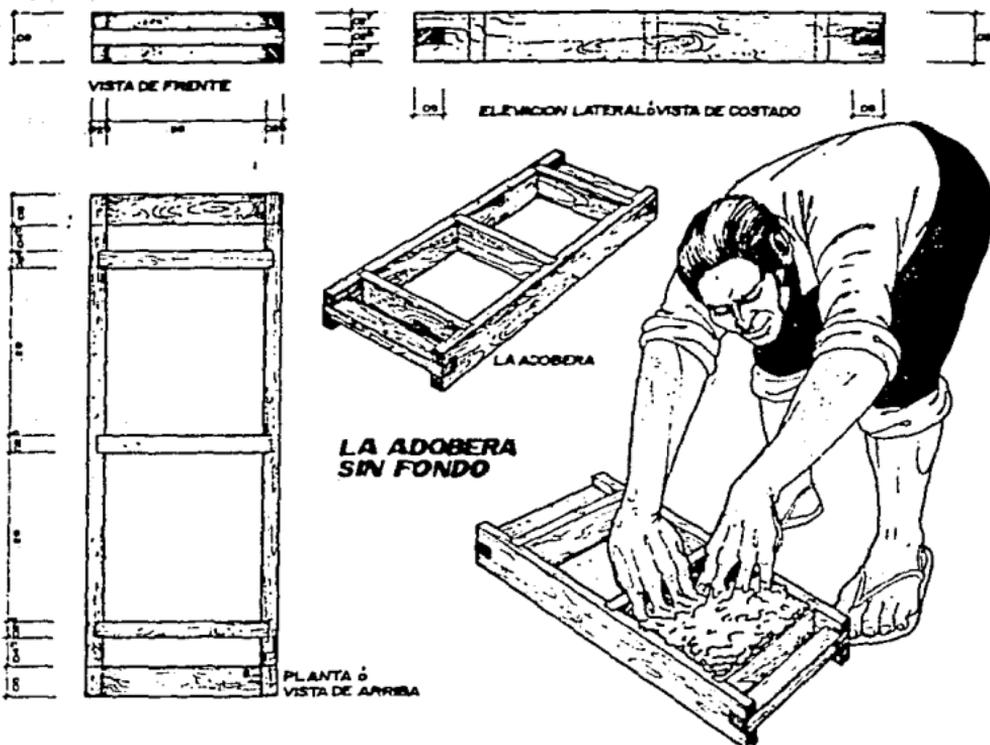
1. La longitud no debe ser mayor que el doble de su ancho.
2. La altura no debe ser mayor de los 10 cm.
3. La forma cuadrada tiene características que facilitan el proceso de construcción las dimensiones máximas pueden ser 38 cm de largo por 38 cm de ancho y altura de 8 a 10 cm y otra variedad puede ser de 30 x 30 x 10 cm., otras medidas mínimas pueden ser las

que se utilizan en la fabricación de tabiques y tabicones de 28 x 14 x 7 cm, existen variedades diversas en medidas, pero cualquiera que se elija, se deberá considerar las recomendaciones antes expuestas.

4. Para evitar cortes y desperdicios en obra se recomienda la fabricación del medio adobe, con dimensiones de 38 x 18 x 8 o de 30 x 15 x 8 cm, etc.

En las figuras 36 y 37 siguientes se muestran los 2 tipos de adoberas con fondo y sin fondo, las cuales nos sirven para fabricar adobes con o sin aditivo.





Adobera sin fondo. Figura 37

III.3 MOLDEO

Antes de iniciar el moldeo se debe batir nuevamente el barro y concluida esa operación se sigue el procedimiento siguiente:

1. Se pone arena en el fondo y en las orillas de la adobera para que no se pegue el barro.
2. Al colocar el barro se rellenan bien las esquinas y se compacta con las manos.
3. Se empareja o recorta el sobrante de la superficie con una regla de madera.
4. Se retira el molde, ver figura 38 de la siguiente página.

Si al retirar el molde este se deforma o se comba, es porque el barro contiene mucha agua y por consecuencia no se llevó a cabo adecuadamente la prueba del límite líquido, el cual es un punto de partida muy importante para este tipo de adobes, una solución puede ser dejar reposar más tiempo el barro, y remodelar hasta conseguir un descimbrado adecuado.

Si el barro sufre cuarteaduras en su descimbrado es porque tiene poca agua. Entonces es necesario volver a humedecer el

material, y nuevamente remodelar, ver figura 39.

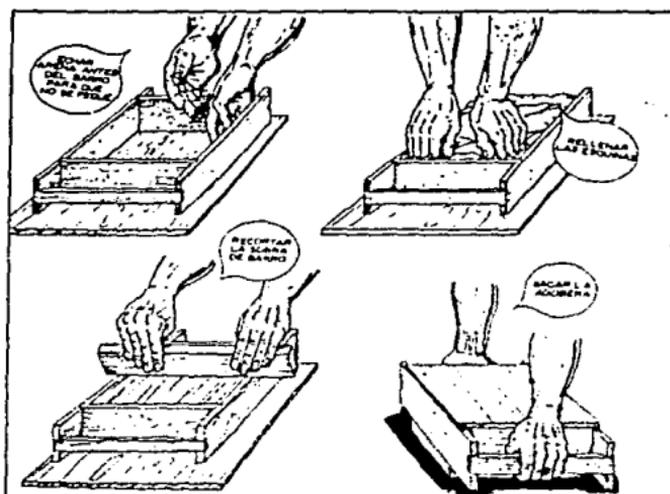


Figura 38

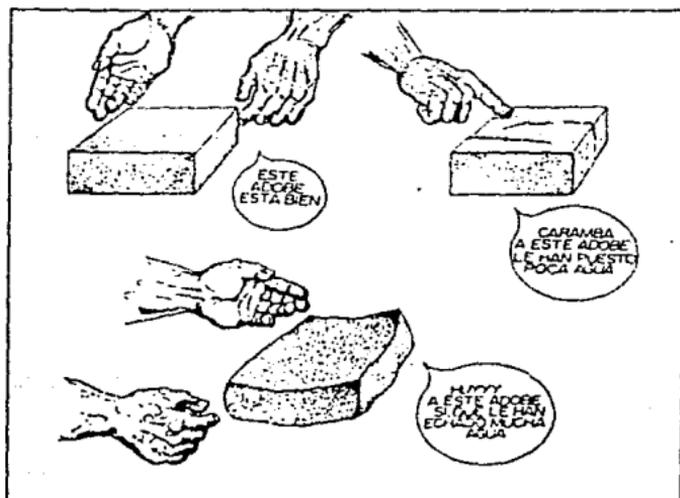


Figura 39

REALIZACION DE PRUEBAS

En el caso de realizar pruebas para los adobes fabricados con tierra solamente se hacen las siguientes recomendaciones:

En este tipo de adobes no se pueden aplicar pruebas de inmersión en el agua ni de goteo, la erosión de la lluvia destruye cualquier adobe fabricado con tierra sola cuando su acción es indefinida, aunque existen tierras que pueden resistirla sin perjuicio alguno.

En el laboratorio se efectuaron las tres pruebas fundamentales que se pueden realizar en este tipo de adobes (compresión, contracción y goteo) las cuales arrojaron los siguientes resultados:

Tierras con baja plasticidad

Tierras con alta plasticidad

Compresión	2 a 10 kg	20 a 30 kg/cm ²
Contracción vol.	1 a 10 %	20 a 30 %
Goteo	5 a 10 min	40 a 50 min

Al fabricar elementos con tierra sola y se observa contracción mayor al 10 %, ésta se reduce si el material plástico se revuelve con arena, exenta de material fino o si se reduce la cantidad de agua.

CAPITULO IV

ADOBES PRENSADOS SIN ADITIVOS

Al fabricar los adobes con tierra sin aditivos empleando una prensa, se logran piezas geométricas más precisas que los fabricados con tierra solamente en forma tradicional y se deformarán poco por su contracción en el secado pero no se aumenta la resistencia a la compresión o al goteo ni adquieren mayor hidraulicidad.

IV.1 PREPARACION DEL BARRO

Para fabricar las piezas prensadas se debe emplear un lodo que, al ser comprimido, obtenga su máxima compactación y esto se consigue si el lodo se prepara con la humedad óptima, la cual produce un peso volumétrico seco máximo del material. Esta humedad es la que corresponde, con cierta precisión, a la que se produce con la prueba de la bola.

La tierra compactada tiene un límite de contracción un poco menor que la que no se compacta, en las tierras con poca plasticidad la contracción posterior al prensado llega a ser casi nula, esto se debe a que la humedad con que se preparan es menor.

El uso de la prensa se verá siempre restringido por la necesidad de disponer aparatos como los que se muestran en las figuras 40 y 41 al final de este capítulo.

II.2 REALIZACION DE PRUEBAS

En el laboratorio las pruebas se realizaron con probetas compactadas con una presión de 5 Kg/cm^2 que se estimó representativa a la que se puede aplicar con prensas, los resultados obtenidos son los siguientes:

Se fabricaron muestras remoldeadas con el material humedecido hasta el límite líquido y otras prensadas con la humedad óptima para ensayarlas en su resistencia a compresión y se compararon resultados que se ilustran en la gráfica de la figura 49 del capítulo correspondiente a adobes prensados y estabilizados con cemento, Capítulo 5.1.

Estas tierras solas (0% de cemento o asfalto) y secadas 7 a 9 días al medio ambiente y otras secadas dos días en el mismo

ambiente, pero sometidas al efecto de un ventilador obtuvieron resistencias variables en forma inconsistente entre 8 y 15 kg/cm².

La contracción volumétrica es menor en las tierras prensadas aún conteniendo más del 50% de finos (tierras muy plásticas), lo cual se debe a que en su fabricación se utilizó menor humedad.

Pero cuando la tierra contiene menos del 15% de finos la contracción volumétrica es igual en las piezas remodeladas que en las prensadas, como se puede observar en la figura 50, del capítulo 5.1.

Sobre las pruebas anteriores podemos concluir:

1. Que la cantidad de finos, no influye notablemente en la resistencia de la tierra prensada o sin prensar, afecta mucho a su contracción volumétrica, o que es lo mismo a su plasticidad, aunque esto último se resuelve con la humedad óptima.

2. Que las mejoras que se pueden derivar del uso de la prensa en tierras prensadas sin aditivos consisten, en conseguir piezas que geoméricamente sean más perfectos al elaborarse y que se deformarán poco por su contracción en el secado, pero tendrán la misma resistencia mecánica y al goteo que los fabricados manualmente.

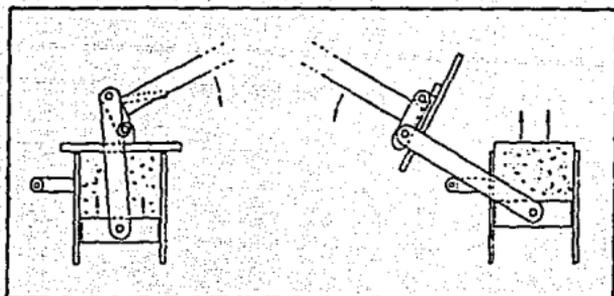


Figura 40

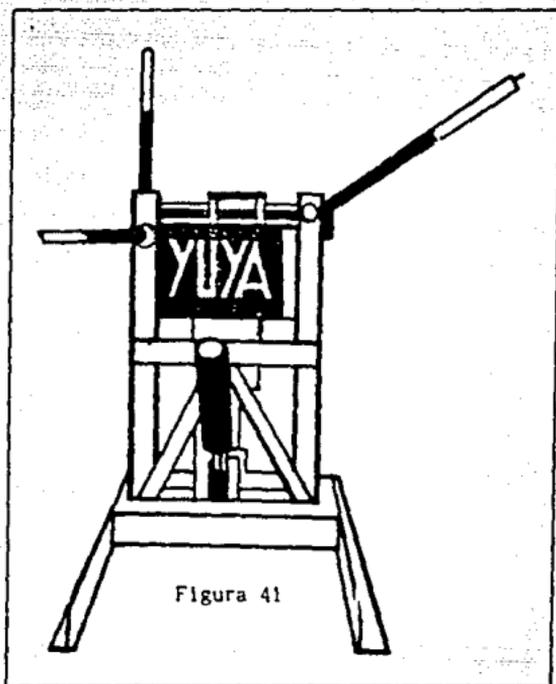


Figura 41

CAPITULO V

ADOBES ESTABILIZADOS CON CEMENTO

La estabilización de la tierra con cemento es un tema tratado en muchas publicaciones como suelo-cemento, su estudio se ha empleado regularmente en la construcción de pavimentos. En este caso para la fabricación de adobes con cemento se aprovechan esas experiencias para conducirse con mayor certeza.

Para que la tierra se pueda considerar estabilizada se establecen dos requisitos:

1. Que al aumentar la proporción de cemento, aumente la resistencia a la compresión, y

2. Que pase la prueba de durabilidad que representa el comportamiento del material a largo plazo.

El procedimiento para la fabricación de este tipo de

materiales se inicia de la misma manera que los anteriores:

1. Se procede a identificar la tierra que tenemos, realizada la prueba, sabremos si el material es limo o es arcilla y a continuación realizamos las pruebas de plasticidad.

2. Realizadas las pruebas de plasticidad, tendremos que definir la proporción óptima de la revoltura, es decir, el mínimo de cemento que hace que la tierra se pueda considerar estabilizada. Para que la tierra se pueda considerar estabilizada se establecen dos requisitos:

I. Que al aumentar la proporción de cemento, aumente la resistencia a compresión. y

II. Que pase la prueba de durabilidad que representa el comportamiento del material a largo plazo.

3. El diseño de la mezcla se realiza por un proceso de tanteos para calcular la cantidad mínima de cemento, que hace que la tierra se pueda considerar estabilizada. En el laboratorio se hicieron pruebas con diferentes tierras agregándoles cemento normal tipo I, arrojando los siguientes resultados:

En las tierras plásticas (arcillas) se mejora su resistencia a

la compresión cuando se emplea el cemento en proporciones del 10 % o más.

En las tierras poco plásticas casi siempre se mejora la resistencia a compresión aunque se utilicen proporciones bajas (3 a 5%) lo cual no sucede con las plásticas, en la figura 42a y 42b se muestran los resultados promedio obtenidos con dos distintas tierras de diferente plasticidad, en probetas iguales pero unas curadas (saturadas) y otras dejadas a la intemperie sin curar. El beneficio importante que reciben es de una resistencia al goteo de muchas horas sin que marque la superficie de las probetas.

En las figuras 42a y 42b se presentan gráficas de los resultados promedio obtenidos con dos tierras de diferente plasticidad, con 5 y 10% de cemento, unas piezas curadas y otras sin curar (secadas en la intemperie).

Definida la mezcla para iniciar los trabajos de revoltura debe tomarse la precaución de hacer una correcta dosificación y un buen control de la revoltura, conviene trabajar la tierra saturada en su límite líquido, el cual le proporciona la mejor trabajabilidad, sin que se llegue a producir un lodo excesivamente deformable, procurando no dejar alguna parte con una proporción muy baja de cemento.

Como un dato de orientación en el laboratorio se hicieron comparaciones entre la resistencia de una revoltura de cemento con tierra cohesiva y la resistencia del cemento adicionado con el mismo volumen de arena o de agua. Estas mezclas se probaron a compresión a los 7 días y dieron los siguientes resultados:

cemento ($\gamma = 3.0$), agua ($\gamma = 1.0$), agregado ($\gamma = 2.6$) resistencia

1500 gr = 500 cm³, 600 gr o cm³, 480 gr (tierra) = 185 cm³, 5700 kg

1500 gr = 500 cm³, 600 gr o cm³, 480 gr (arena) = 185 cm³, 6700 kg

1500 gr = 500 cm³, 785 gr o cm³, ,3000 kg

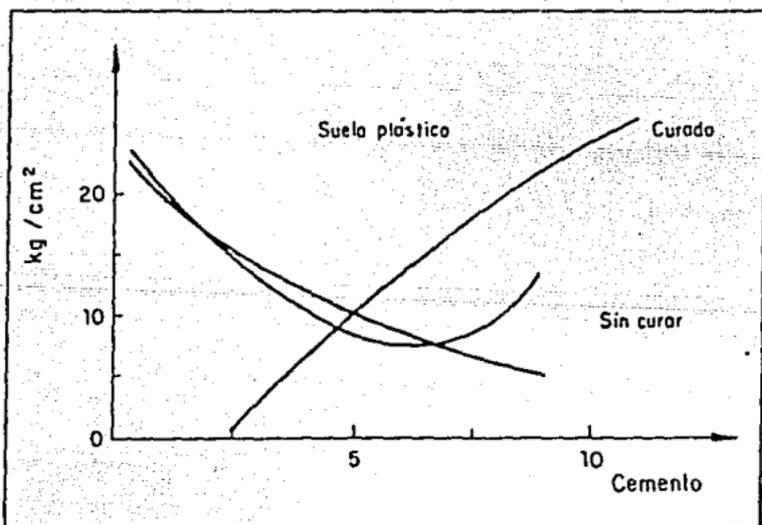


Figura 42a

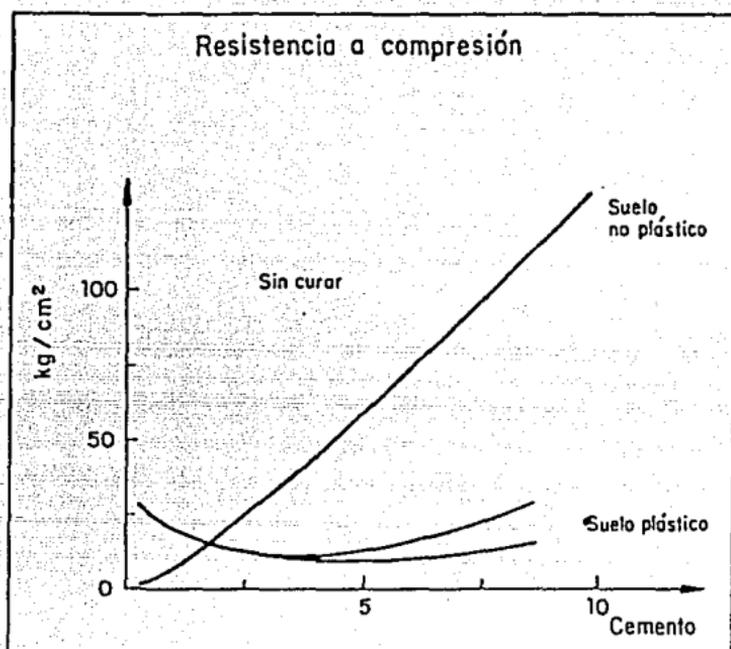


Figura 42b

4. En este proceso se debe considerar la velocidad de la contracción por secado y la del fraguado del cemento, por ello es necesario que la fabricación de las probetas o adobes deben quedar terminados en poco tiempo posterior al humedecimiento del cemento para evitar destruir su fraguado inicial, porque si se espera a fabricar tres o cuatro horas después de preparada la mezcla, se obtendrán resistencias del orden de la mitad de las que se fabriquen inmediatamente, ver figura 43, donde se observan los resultados por el tiempo de empleo en la fabricación.

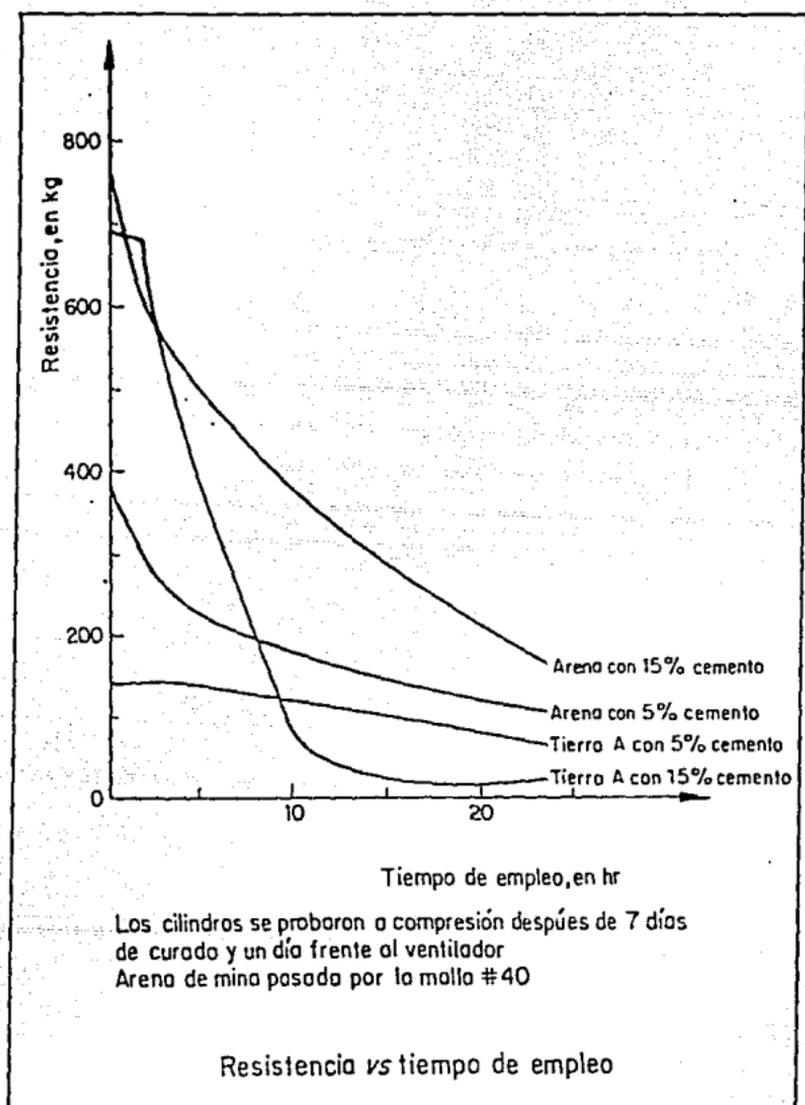


Figura 43

5. Para el secado de este tipo de mezclas se puede utilizar el proceso de curado prolongado o de secado lento para aumentar la resistencia, ya que las probetas secadas rápidamente quedan más débiles que las que se secan lentamente, estos dos procesos que se mencionan consisten en lo siguiente:

Para el curado se toma como referencia el tratamiento que se le aplica en laboratorio a los cilindros de concreto que consiste en mantenerlos durante 28 días a una temperatura de 24°C y con un 100% de humedad relativa (suspendida en el medio ambiente), en los lugares donde no se cuente con un cuarto de curado un tratamiento similar a las condiciones antes mencionadas nos proporcionarán resultados suficientes, aún limitando el proceso a los 7 días.

Otra opción es el secado lento, consiste en dejar secar las probetas o adobes durante siete días al medio ambiente, tomando las precauciones señaladas en capítulo correspondiente a secado.

Es necesario advertir que si el material se mantiene húmedo durante el secado, se evita en gran porcentaje la contracción y el cemento fraguará en forma normal.

La velocidad de contracción de la tierra revuelta con cemento puede influir en forma muy importante en la resistencia del material ya fraguado seco, ya que la reducción de volumen puede

afectar al fraguado del cemento si ambos fenómenos se producen simultáneamente. Si el material se mantiene húmedo, y por tanto no se contrae, el cemento fraguará en forma normal y evitará, en cierto grado, las contracciones posteriores, más cuando se emplee en mayor cantidad y sea mayor su resistencia; si ésta es escasa permitirá algo de contracción. La resistencia del suelo-cemento resultante quedará afectada por estas circunstancias en forma difícilmente previsible. Si el material se contrae rápidamente coincidirá con el proceso de fraguado del cemento, afectándolo y reduciendo su resistencia final en una forma también muy difícil de precisar; esta resistencia del cemento se sumará a la resistencia de la tierra (deficientemente contraída) y proporcionará la resistencia final del material seco.

Para estudiar estos procesos se hicieron algunas pruebas:

La contracción se produce por el secado y es simultánea a él, el secado es fácil de estudiar por la pérdida de peso mientras que la contracción requiere medidas de volúmenes algo más difíciles de obtener. Se analizó la velocidad de la contracción de la mezcla de tierra con cemento y se comparó con su pérdida de peso por secado.

En las figuras 44a y 44b se presentan algunos resultados típicos que hacen ver: 1. Que la pérdida de agua (VW) es en la tierra A y desde un principio (desde mucho antes de que el material

llegue a su límite de contracción total) mucho mayor que la reducción de volumen (VV) tanto en el secado lento (a la intemperie) como en el secado rápido (ventilador); 2. Que en la tierra L (que toda pasa la malla No. 200) esta diferencia es mucho menor y 3. (Figura 45) que el cemento no altera mucho el secado pero reduce considerablemente la contracción

La velocidad de contracción de la tierra revuelta con el cemento puede influir en forma importante en la resistencia del material ya fraguado y seco, ya que la reducción del volumen puede afectar al proceso del fraguado del cemento si ambos fenómenos se producen simultáneamente. Si el material se mantiene húmedo, y por tanto no se contrae, el cemento se fraguará en forma normal, y evitará en cierto grado, las contracciones posteriores, más cuando se emplee en mayor cantidad y sea mayor su resistencia; si ésta es escasa permitirá algo de contracción. La resistencia del suelo-cemento resultante quedará afectada por estas circunstancias en forma difícilmente previsible. Si el material se contrae rápidamente coincidirá con el proceso de fraguado del cemento, afectándolo y reduciendo su resistencia final en una forma también difícil de precisar; esta resistencia del cemento se sumará a la resistencia de la tierra (deficientemente contraída) y proporcionará la resistencia final al material seco.

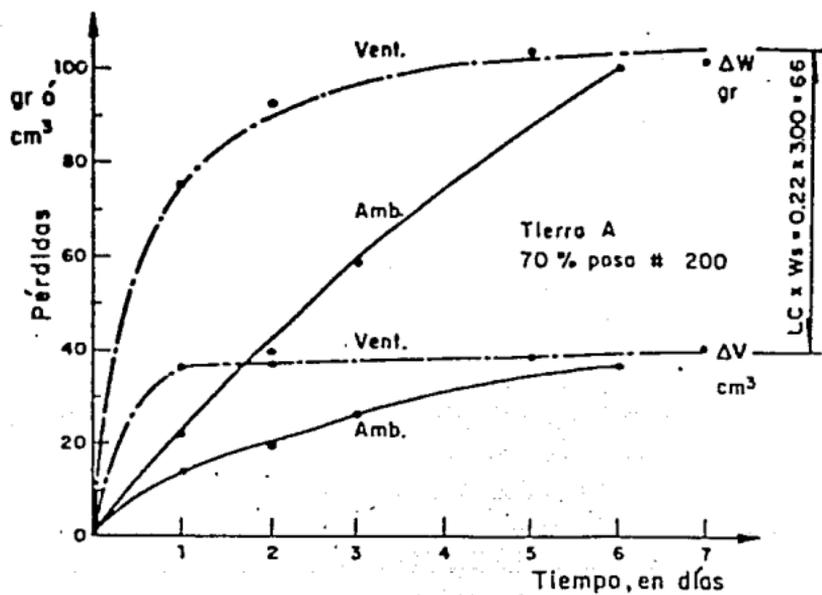


Figura 44a

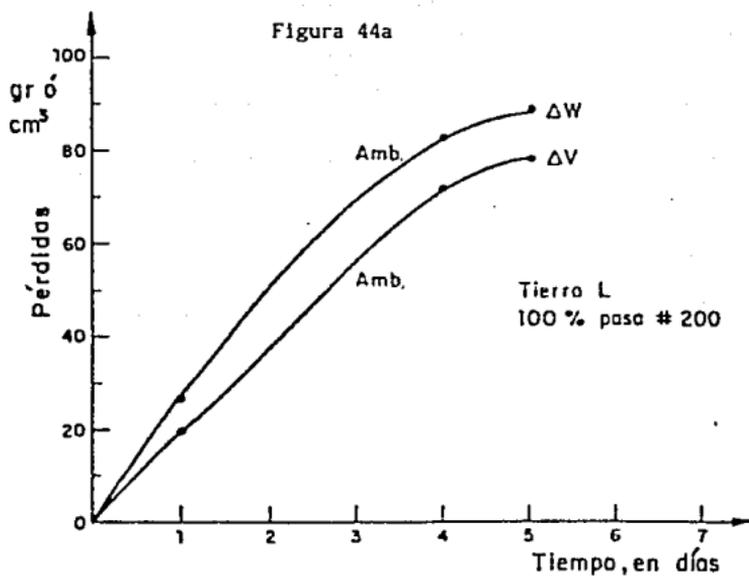


Figura 44b

Secado

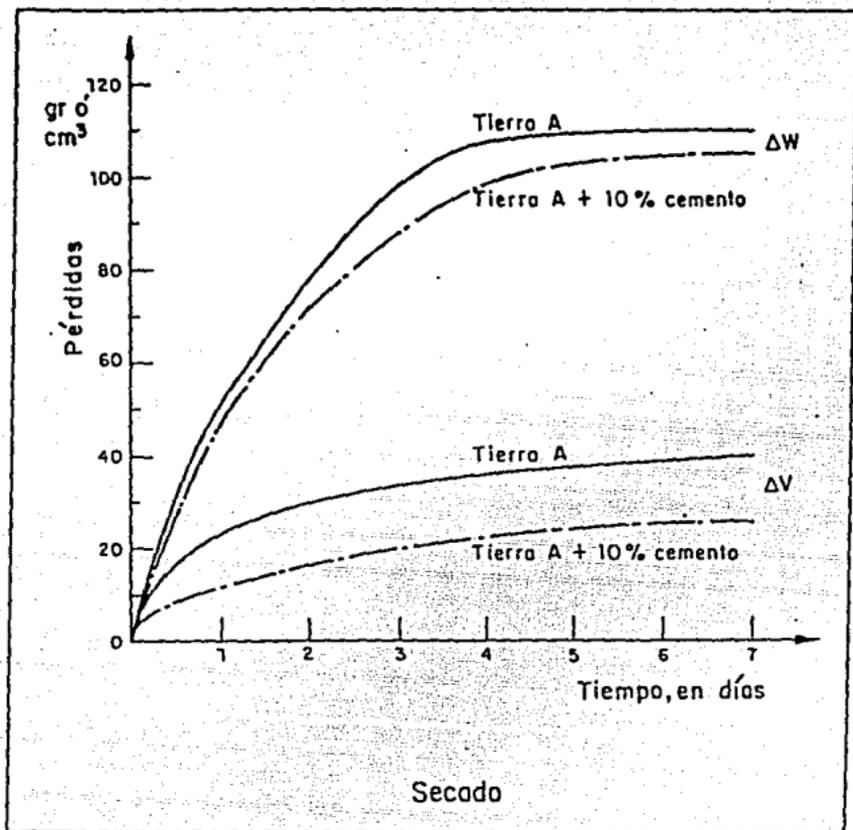


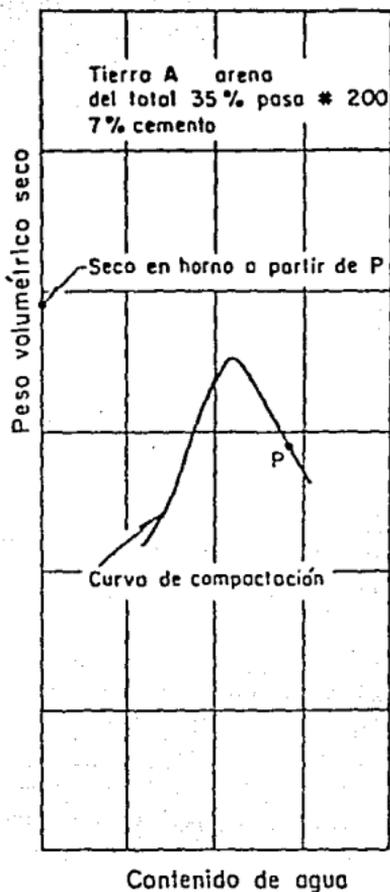
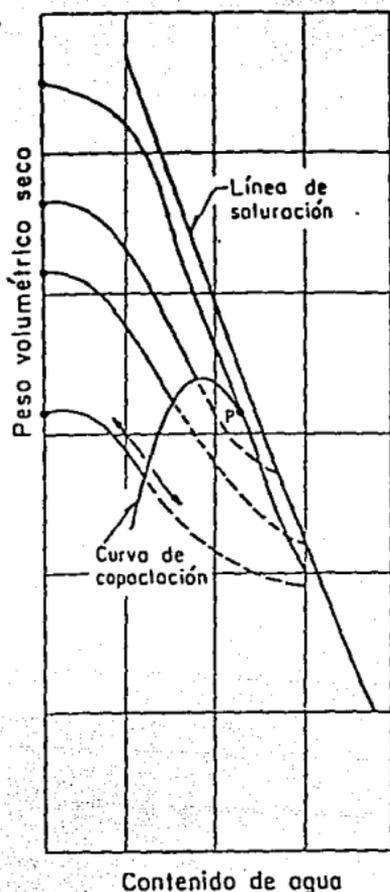
Figura 45

Otra prueba que debe considerarse es la de durabilidad la cual refleja el comportamiento a largo plazo cuando sufre repetidos humedecimientos y secados por el clima. Esta prueba incluye ciclos de saturación y secado de las probetas acompañados de un cepillado de sus superficies, al cabo de doce ciclos se juzga la durabilidad de la tierra estabilizada de acuerdo con el peso perdido por las probetas.

Si la probeta pierde mucho peso son poco durables. Esta prueba dura un mes y requiere secamientos rápidos con un horno de temperatura controlable y equipo especial, lo cual se puede sustituir con métodos sencillos. Aunque se puede prescindir de ella cuando los resultados de las resistencias a compresión satisfacen.

V.1 ADOBES ESTABILIZADOS CON CEMENTO Y PRENSA

Cuando se planea incluir la compactación en el proceso de fabricación de los adobes, la tierra debe trabajarse con menor humedad a la de saturación, ya que el agua que contendría la tierra si se saturara no permitiría que sus partículas entrasen en contacto al compactarla, conviene trabajar la tierra con la humedad óptima, que es la que aparece apropiada para fabricar mampuestos prensados y que sirve de referencia, porque se debe tomar en cuenta que la contracción se produce a partir del moldeo y la compactación hasta que se seca, y la contracción es mayor cuando se fabrican con humedad superior a la óptima, ver figura 46.



Compactación Proctor y por secado

Figura 46

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Para tener una orientación de como pueden variar estos resultados se llevaron a cabo pruebas cuyos resultados se exponen a continuación. En todas ellas se empleó una presión de 5 kg/cm^2 que se estimó representativa a la que se puede aplicar con algunas prensas como las que se ilustran en la figuras 47 y 48.

Las tierras plásticas prensadas reciben todos los beneficios anteriormente expuestos, pero no se mejora su resistencia a la compresión, si se compara con las remoldeadas estabilizadas con cemento, en cambio, las tierras poco plásticas o compactadas con poca humedad, aumentan su resistencia a compresión.

En relación a la contracción que se produce con el secado, es menor en la tierra si se estabiliza con cemento y si se compacta previamente a su secado.

ETAPAS BÁSICAS DE CONSTRUCCIÓN.
 (LA TECHUMBRE SERÁ SIMILAR A LA PLANTERA PARA EL PROTOTIPO DEL EDO. DE GUERRERO).

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN DEL MODELO:
 SE DESARROLLARÁN CUERDOS DE CAPACITACIÓN PREVIOS AL PROCESO DE AUTOCÓNSTRUCCIÓN, QUE SERÁ ADOTADO CON MANUALES Y CARTILLAS Y ASESORÍA TÉCNICA.

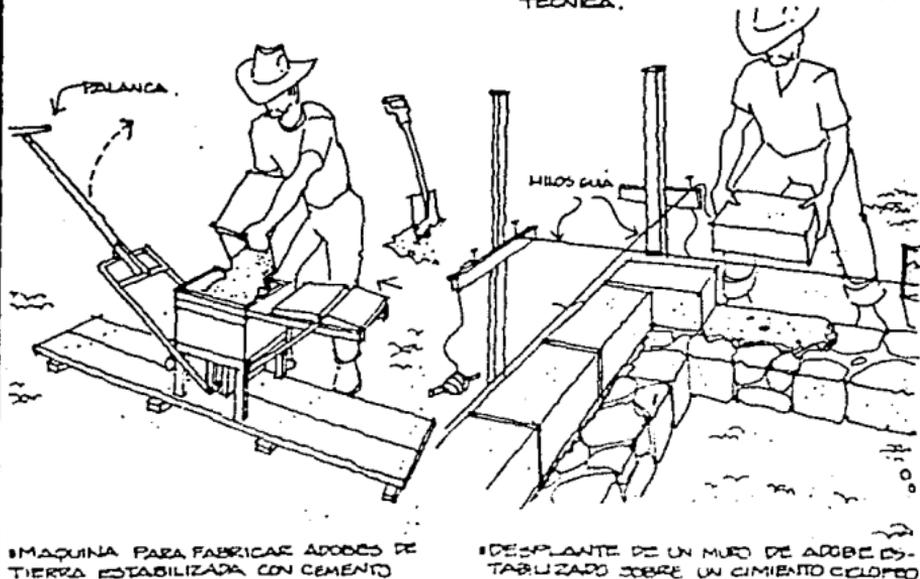


Figura 47

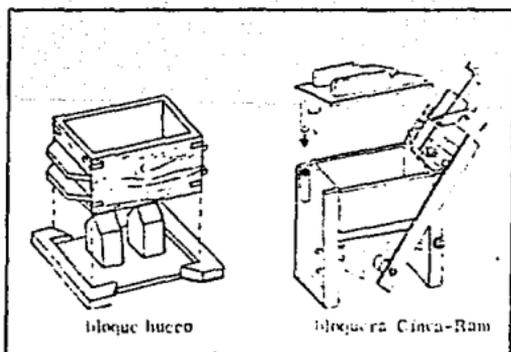


Figura 48

Para este tipo de adobes se hicieron pruebas en dos condiciones:

1. Dejando curar las probetas prensadas en el medio ambiente por siete días, y

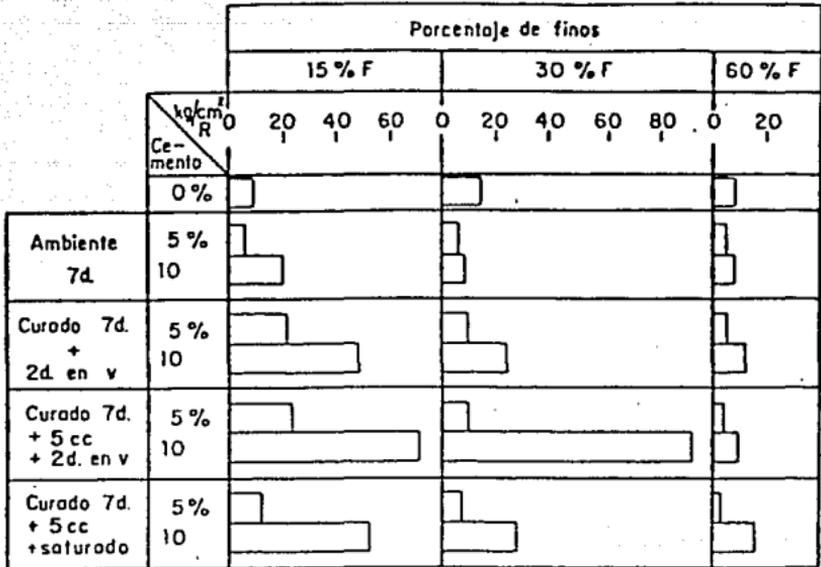
2. Curándolas siete días en la cámara húmeda y secándolas dos días frente al ventilador.

Las pruebas se realizaron con tierra revuelta con arena en la proporción necesaria para dar el porcentaje de finos comprendido entre un 15, 30 y 60% y con 5 a 10% de cemento tipo I. ver figuras 49a y 49b, donde se comparan resultados de piezas remoldeadas y prensadas con 5 y 10% de cemento.

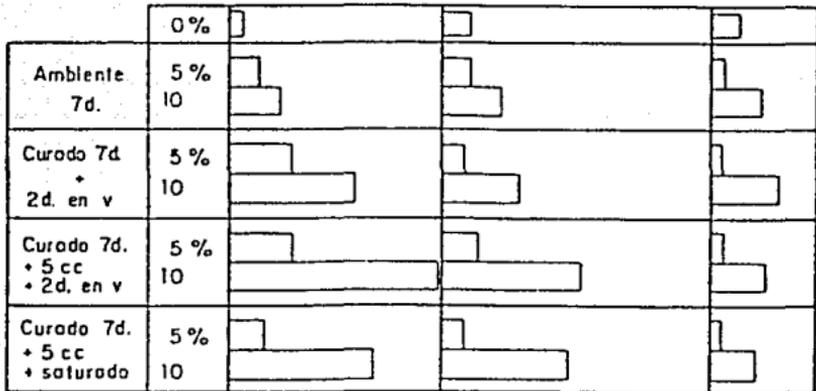
Los resultados obtenidos son los siguientes:

1. La resistencia a compresión de las probetas prensadas y secadas al medio ambiente con 60% de finos se reduce al estabilizarla con 5% de cemento, pero con 10% de cemento todas aumentan, como se observa en las figuras 49a de las piezas remoldeadas y 49b las prensadas, en la siguiente página.

Remoldeado



Prensado (5 kg/cm²)



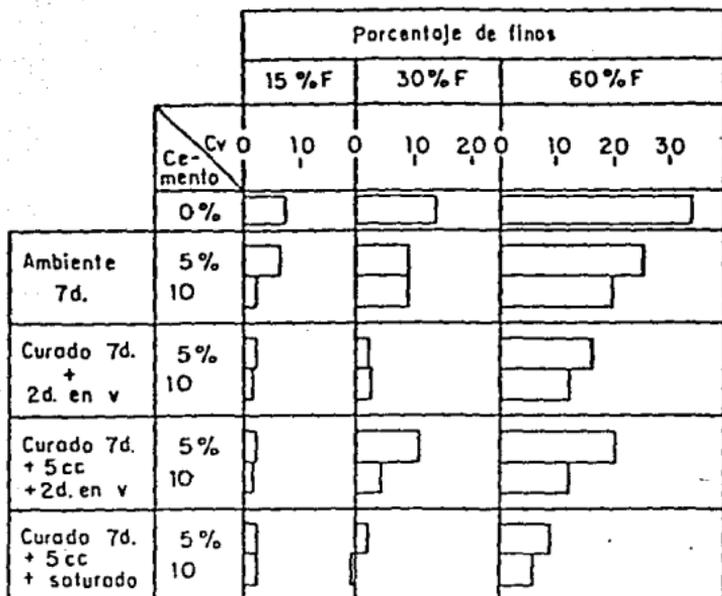
d, día v, ventilador R, resistencia a compresión

F, finos # 200 { arena 12%
1. Anóhuac
70% } CC, ciclos { 4hrs sumergido
20hrs horno 75°C

Resistencia Tierra Anóhuac + arena + cemento

Figuras 49a y 49b

Remoldeada



Cv; contracción volumétrica

Figura 50a

F, finos # 200

arena 12 %
l. Anáhuac 70 %

CC, ciclos { 4hrs sumergido
20hrs horno 75°C

Tierra Anáhuac + arena + cemento

Prensado (5 kg/cm²)

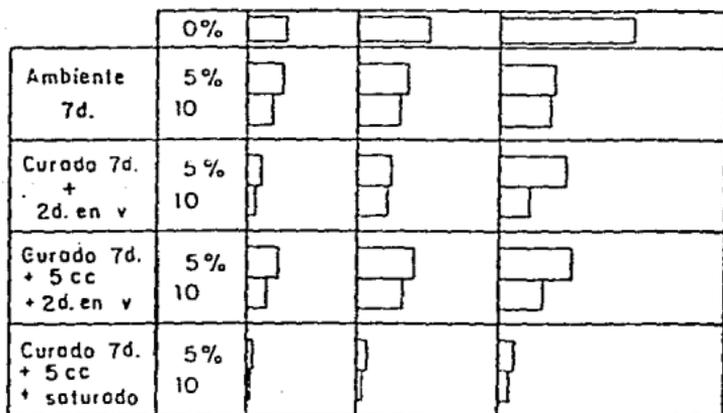


Figura 50b

Contracción Volumétrica

2. Las contracciones volumétricas de las probetas prensadas (fabricadas con menor humedad) son menores que las remoldeadas. Las probetas saturadas nunca se llegaron a secar en forma importante y, por tanto, su contracción fue muy pequeña, como se puede apreciar en las gráficas de barras de la página anterior, figuras 50a y 50b.

3. La resistencia al goteo se manifestó mayor en los materiales que tenían menor contenido de finos y también fue mayor con 10% que con 5% de cemento, los resultados antes expuestos se aprecian en la gráfica del capítulo de adobes estabilizados con asfalto.

4. El peso específico logrado es levemente superior en los cilindros prensados y tiene su valor máximo (aprox. 2kg/dm^3) con un contenido de finos entre un 15 y 30%, ver figuras 51a y 51b.

En la figura 51a de la siguiente página, el secado de las probetas se realizó al medio ambiente durante 7 días.

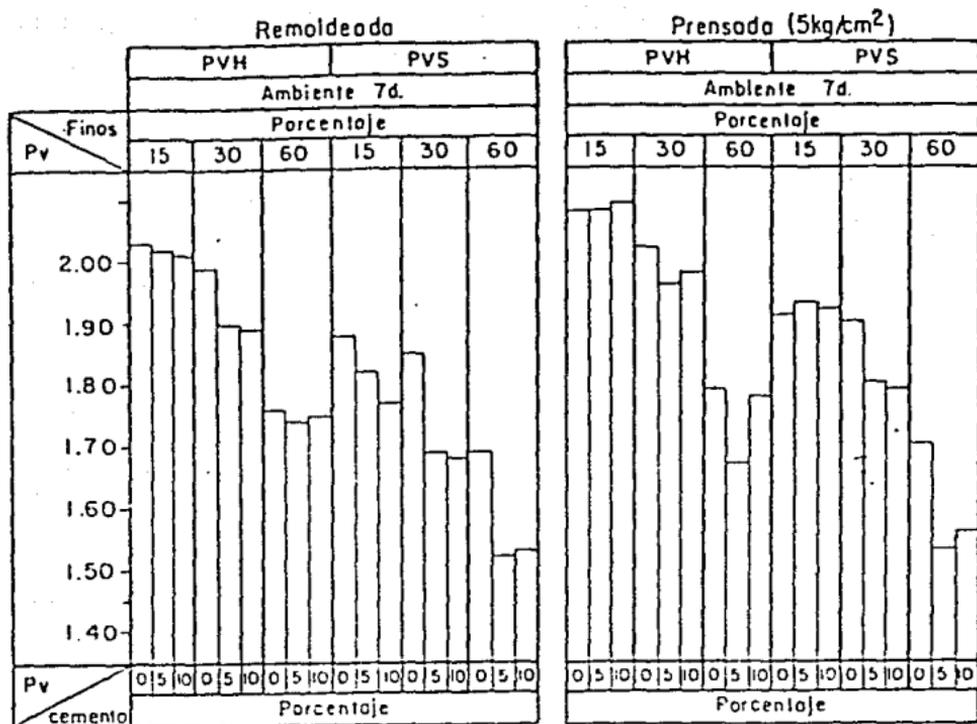
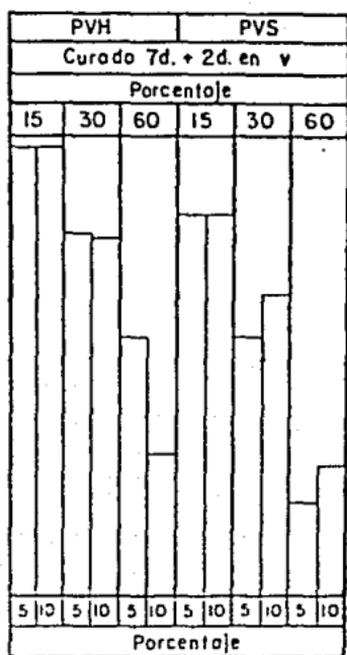
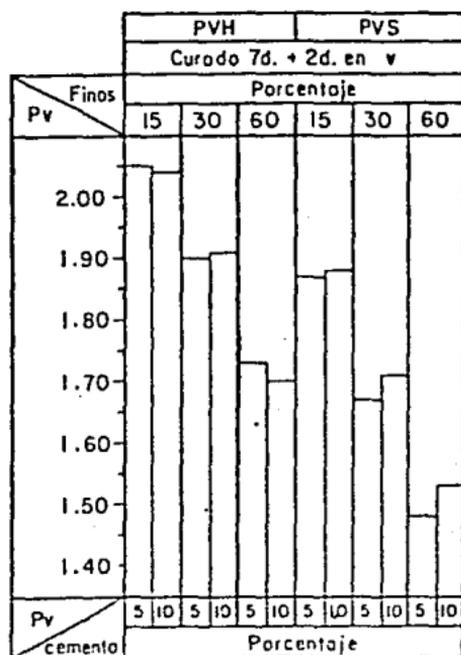


Figura 51a

El secado de las probetas remoldeadas y prensadas de la figura 51b de la siguiente página se realizó por curado durante 7 días en la cámara húmeda y expuestas dos días frente al ventilador.



Remoldeada

Prensada (5kg/cm²)

d, día v, ventilador
Pv, peso volumétrico
volumétrico húmedo

PVH, peso-
volumétrico seco.
PVS, peso volumétrico seco.

Peso volumétrico de Tierra Anhuac + arena + cemento

Figura 51b

Previendo que las resistencias podrían quedar afectadas por ciclos de humedecimiento (cc) y secado, se probaron algunos especímenes remoldeadas y prensadas que se sometieron a este efecto tal como se señala en la figura 52a que se presenta en la página siguiente y se probaron curados durante 7 días en 5 cc y 2 días frente al ventilador.

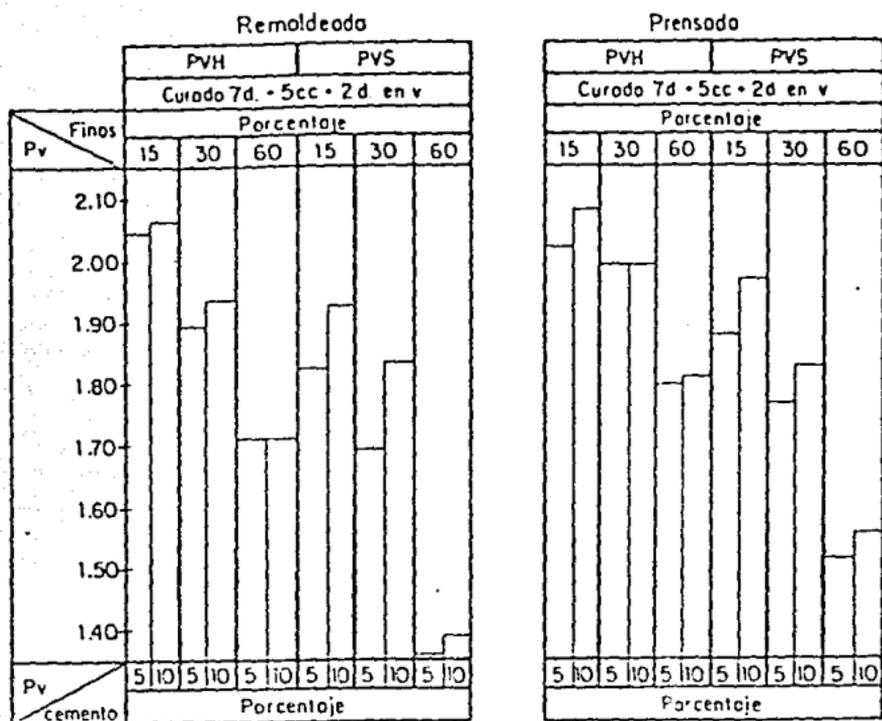
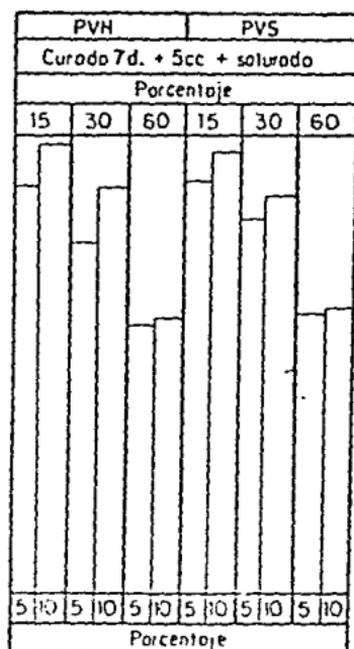
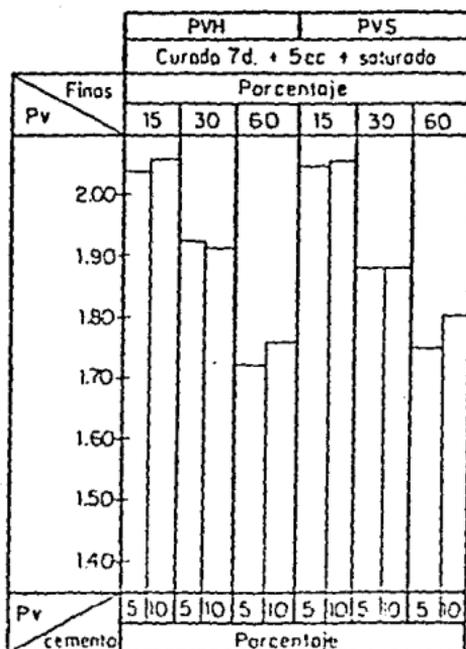


Figura 52a

A otras probetas se les aplicó el mismo efecto pero no se secaron con ventilador sino que se les mantuvo saturadas, las cuales no se llegaron a secar totalmente, sus resultados se observan en las gráficas de la figura 52b de la página siguiente.



Remoldeada

Prensada

d, día v, ventilador Pv, peso volumétrico PVH, peso volumétrico-húmedo PVS, peso volumétrico seco PVsat, peso volumétrico saturado.

Peso volumétrico de Tierra Anhuac + arena + cemento

Figura 52b

Lo anterior concuerda con los datos expuestos en suelo-cemento (Avitia) ref 9 pag 112 con lo que se elaboró la figura 53, que se muestra en la siguiente página.

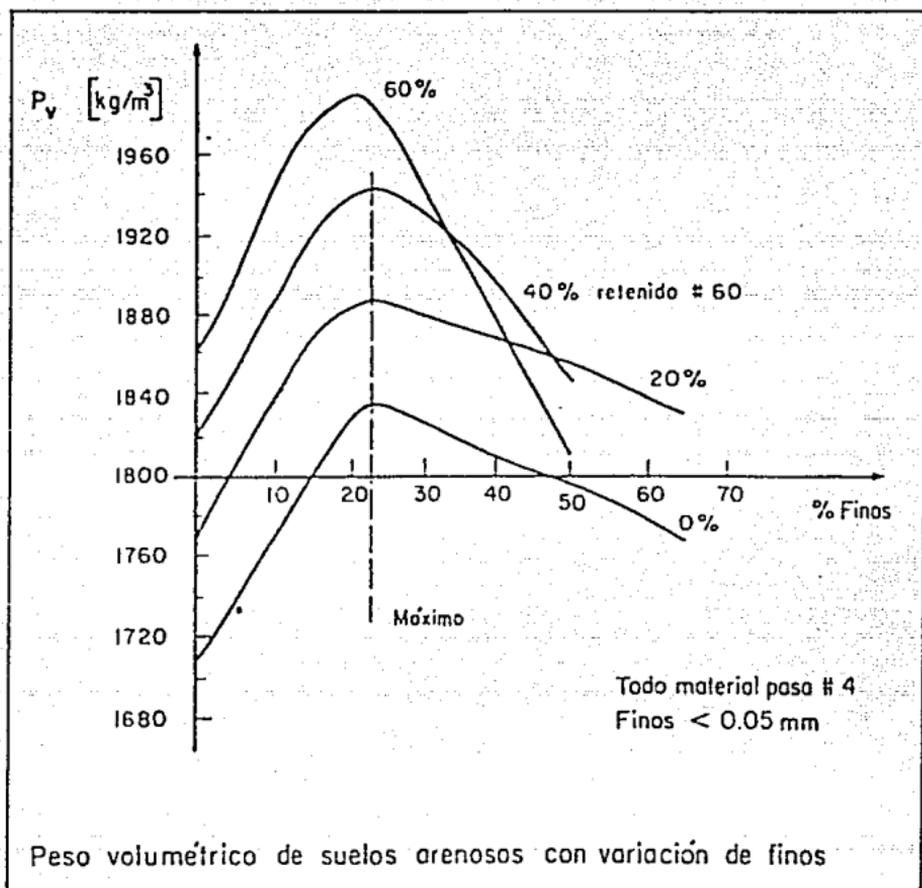


Figura 53

Sobre los resultados obtenidos se pueden hacer las siguientes observaciones:

1a. Las contracciones de las probetas prensadas (fabricadas con menor humedad) son menores que las remoldeadas. La diferencia es más notable en la tierra que contiene 60% de finos. Las probetas saturadas nunca se llegaron a secar en forma importante y, por tanto, su contracción fue muy pequeña.

2a. Las resistencias a compresión de las probetas prensadas y secadas al ambiente, solo las de 60% de finos se redujeron al estabilizarlas con 5% de cemento, pero con 10% de cemento todas aumentaron.

3a. Las resistencias a compresión con 60% de finos fue menor que las de tierras con menor cantidad de finos, contrariamente a lo que sucede con la tierra sola.

4a. Los ciclos de humedecimiento y secado no afectaron en forma importante la resistencia final de los especímenes. Esta fue algo menor en los materiales saturados que en los secados frente al ventilador.

CAPITULO VI

ADOBES ESTABILIZADOS CON ASFALTO

La estabilización con asfalto mejora las propiedades de la tierra en dos aspectos:

Reduciendo su absorción y su permeabilidad y mejorando su resistencia mecánica al servir de cementante en tierras poco plásticas en las que esta es escasa.

El asfalto apropiado para revolverse con la tierra se encuentra disponible en emulsiones y en rebajados de petróleo.

Los dos productos contienen un residuo asfáltico que parece ser siempre de propiedades fundamentales parecidas; es un material casi sólido, es decir, un fluido de viscosidad muy alta cuya consistencia se mide con la penetración de una aguja a través de su superficie, aplicando una carga específica durante un tiempo establecido y a una determinada temperatura.

El contenido de un residuo asfáltico de un rebajado o una emulsión se obtiene en el laboratorio por medio de una destilación del producto a 350°C de temperatura.

En los rebajados, el residuo asfáltico está disuelto en solventes volátiles obtenidos en la destilación del petróleo (kerosene, nafta, diesel, gasolina) en proporciones que varían de 50 a 80% del peso total.

Las emulsiones se encuentran en formas de gotas microscópicas en suspensión acuosa; el agua contiene además algún producto que favorece la formación de la emulsión. La relación del peso del residuo a peso total del producto varia según el objetivo que se persiga.

Para calificar estas tierras se proponen pruebas de resistencia a la erosión de la lluvia, para hacer las pruebas se escogió un rebajado denominado FR3 (Fraguado Rápido No.3) y una emulsión. El FR3 se escogió porque parece ser uno de los productos asfálticos que, cumpliendo con los requisitos necesarios para la estabilización, se puede encontrar con más facilidad en todo el territorio nacional.

La emulsión se escogió por la facilidad de estar en contacto con el productor ya que su empleo en las pruebas tuvo como único

objetivo obtener una orientación del resultado de estabilizar con cualquier emulsión, la emulsión escogida se clasifica como aniónica.

En general, siempre será conveniente, desde un punto de vista técnico, hacer pruebas que indiquen cuál es el comportamiento de cada tierra con cada tipo de asfalto empleado en distintas proporciones.

Para realizar las pruebas se partió de la observación de que tanto las emulsiones como los rebajados se emplean en cantidades pequeñas en el mejoramiento de la tierra (del orden del 5% o menos) ya que al incrementar esta cantidad no produce ningún beneficio y encarece el producto. La tierra requiere un volumen mayor de líquido que el aportado por el estabilizante para ser un lodo manejable por lo que siempre se añade agua al hacer revoltura

Las emulsiones necesitan menos agua que los rebajados para producir la misma fluidez pero esta diferencia no tiene trascendencia importante en los resultados.

VI.1 SECADO DEL ASFALTO

De los resultados de las pruebas que se hicieron se puede decir que las emulsiones tienen un secado rápido, igual que los

rebajados si estos se dosifican en bajos porcentajes. Esta observación se desprende del hecho que a veces es difícil revolver un rebajado con algunas tierras; el rebajado se dispersa sólo con mucho trabajo en gotas no muy pequeñas mientras que si a la revoltura se añade agua ésta se mezcla fácilmente con el rebajado y la tierra se humedece de manera uniforme con el líquido resultante. El secado se realizó en la sombra durante siete días cuya temperatura y humedad fueron 17-21°C y con 40-60% de humedad relativa.

La semejanza de las cualidades que, a largo plazo, proporcionan las emulsiones y los rebajados se comprueba con los resultados de las pruebas de resistencia, contracción, goteo, absorción y secado cuyo resumen se presenta a continuación:

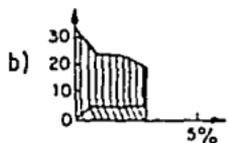
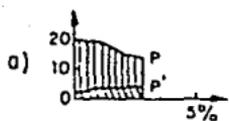
VI.2 RESISTENCIA

Estabilizar la tierra con productos asfálticos empleados en proporciones bajas no altera en forma importante su cohesión, es decir, su resistencia mecánica a la compresión. En seco, la masa de tierra tratada con emulsión tiene aproximadamente la misma resistencia a la compresión que la tierra mezclada solamente con agua.

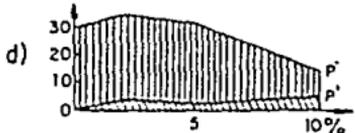
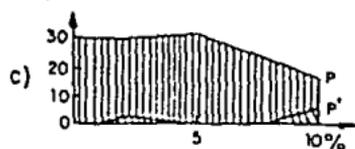
Esta aseveración se comprobó con una serie de pruebas que se

presentan en las figuras 54 y 55 que se muestran en la siguiente página. Las tierras utilizadas fueron todas plásticas ($IP > 10$).

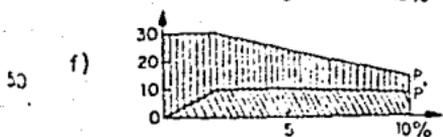
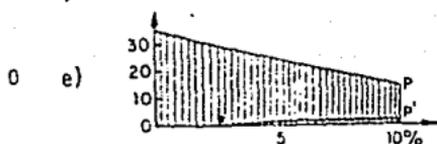
En estas pruebas tampoco variaba el resultado con las distintas dosificaciones que se usaron, la resistencia en todos los casos fue, con poca diferencia, parecida a la de la tierra sin estabilizar; la saturación con agua la destruía siempre total o casi totalmente indicando que la cohesión que el asfalto proporcionaba se perdía casi por completo con este proceder.



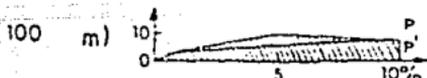
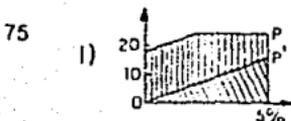
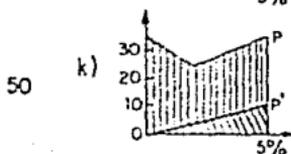
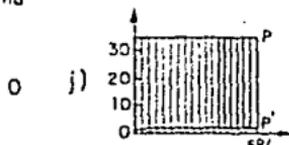
Mismo tierra



arena



arena



Tierra + arena = 100

P = Resistencia en seco

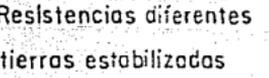
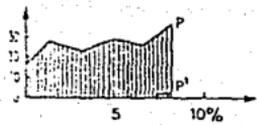
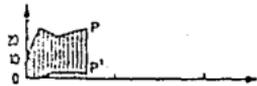
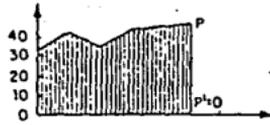
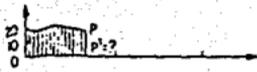
P' = Resistencia saturado

(a, b, h, e, f, g, i, j, k, l, m) diferentes tierras

Resistencia diferentes tierras estabilizadas con rebajados

Figura 54

Laboretorio (I. I.)



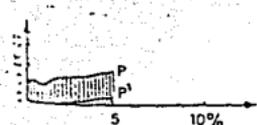
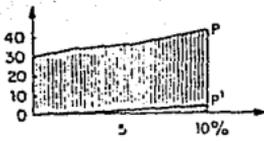
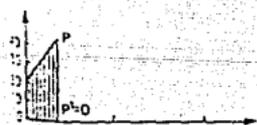
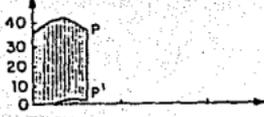
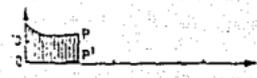
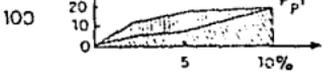
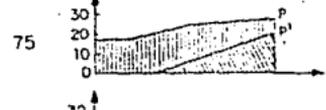
Resistencias diferentes
tierras estabilizadas
con emulsión

Emulsión

Ex- secretaria (S.O.P)

Tierra + arena = 100

P = Resistencia en seca
P = Resistencia saturada



Emulsión

Figura 55

El comportamiento cambió al añadir arena a la tierra: la resistencia bajó al perder plasticidad el material, pero con la saturación no se reducía en forma tan extrema como en el caso de la tierra sin arena.

Estas pruebas se realizaron con tierra revuelta con arena para que reflejaran la influencia de diferentes contenidos. Se dejaron secar al medio ambiente durante siete días cuya temperatura y humedad normal eran de 17 a 21°C. Daban resistencias muy parecidas con los distintos porcentajes de estabilizante.

En otra de las figuras que se presenta en la página siguiente (figura 56) se observa la evolución de la resistencia con el tiempo y el ambiente de tierras estabilizadas. También se observó que la resistencia crece al paso de los días continuando después de dos meses.

Para conseguir una resistencia máxima, es necesario proceder por tanteos para encontrar el contenido óptimo de asfalto, es decir, la dosificación que produzca la resistencia máxima. Dada la evidencia de que si la dosificación es muy baja la resistencia también es baja y al aumentar la dosificación la resistencia crece hasta llegar a un máximo a partir del cual el incremento del asfalto la reduce. Lo anterior se presenta con más frecuencia en materiales poco plásticos, que contengan pocos finos y en pruebas

llevadas a cabo en un plazo no muy largo.

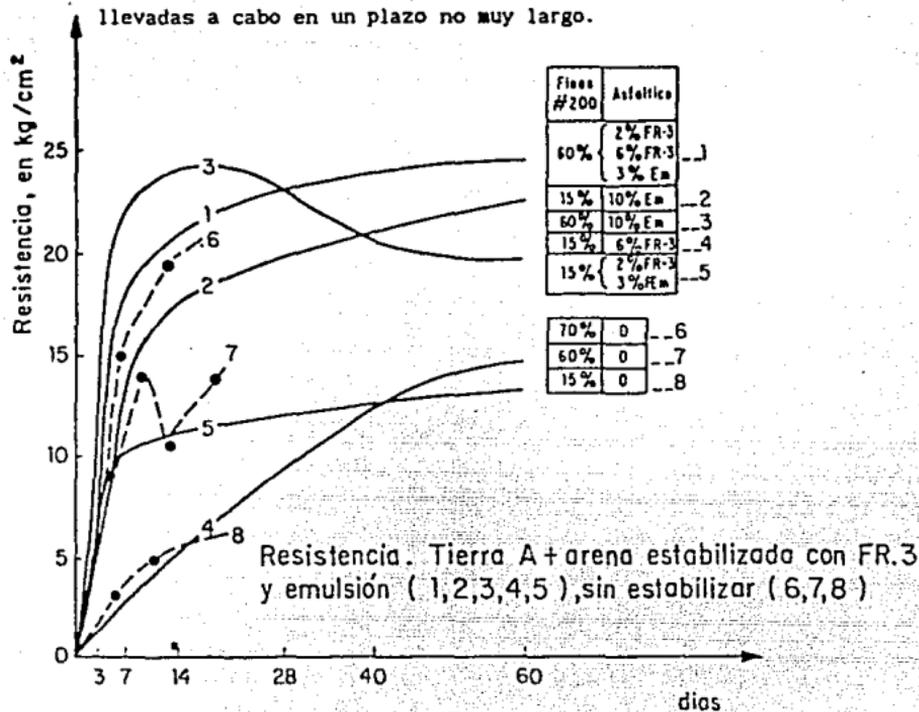


Figura 56

VI.3 CONTRACCION

Los resultados de las pruebas efectuadas, que se presentan en las figuras 57a y 57b de la siguiente página, señalan que la contracción de la tierra sola no se modifica sensiblemente al estabilizarla con asfalto, en cualquier dosificación. Las gráficas acusan que las tierras más plásticas tienen contracciones mucho más importantes que las que tienen menos finos, estén o no estabilizadas con poco o mucho asfalto.

Las gráficas que se mencionan anteriormente representan el promedio de varias pruebas de pérdida de peso y contracción al secar las probetas al ambiente en la sombra. Los dos efectos se presentan casi simultáneos, rápidamente los primeros días y casi nulos a partir de la primera semana.

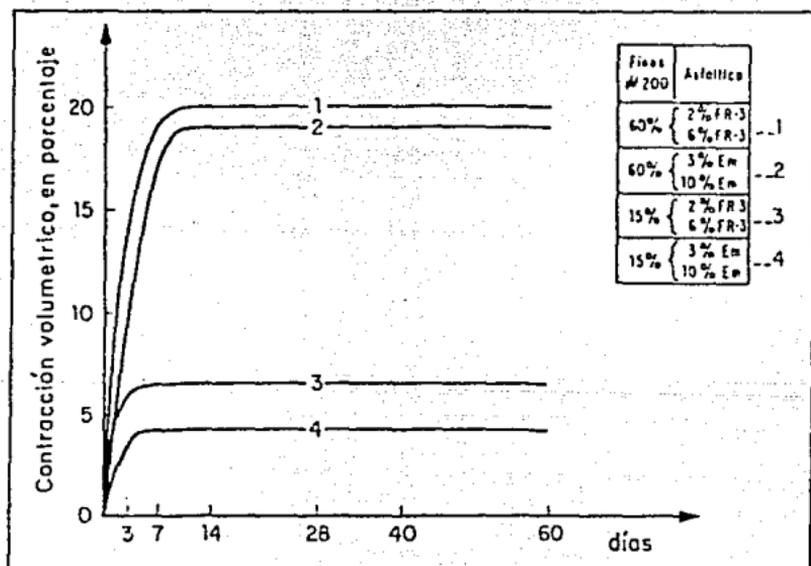


Figura 57a

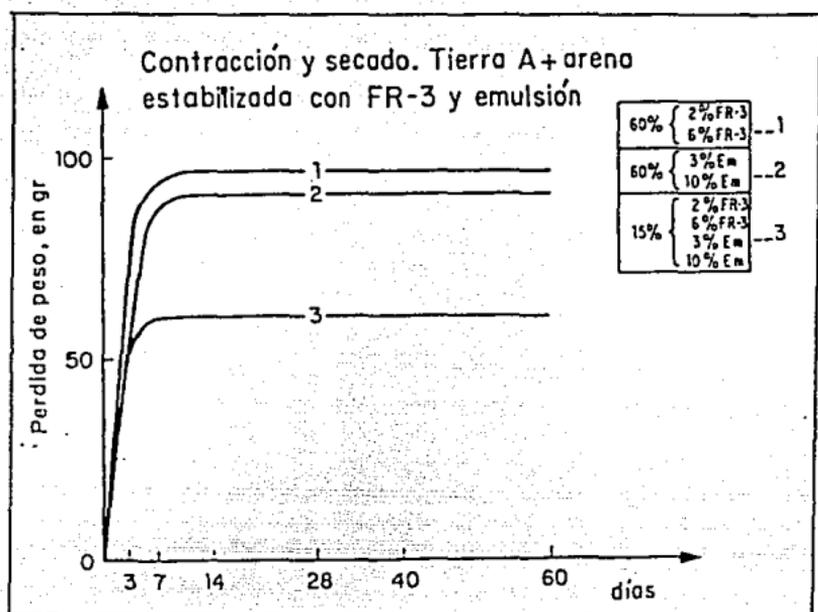


Figura 57b

VI.4 GOTEO

Al estabilizar la tierra con asfalto se incrementa en forma muy considerable su resistencia a la erosión que le puede producir la lluvia. Se hicieron pruebas de goteo y de absorción y acusaron los siguientes resultados:

Aún en cantidades pequeñas de estabilizante conferian a la tierra resistencia importante a la acción del goteo.

Las resistencias mayores fueron producidas en las tierras que contenían menor cantidad de finos (tierras poco plásticas); en ellas dos horas de goteo no llegaron a marcar las probetas.

En las más plásticas la resistencia adquirida por la estabilización es apreciable; dos horas de goteo sólo marcaron las probetas levemente.

VI.5 ABSORCIÓN Y SECADO

Otra mejora que se presenta en la tierra estabilizada con asfalto es su mayor resistencia a la filtración del agua.

Las pruebas se realizaron con tierras de diferente plasticidad estabilizadas con asfalto, los resultados de las pruebas indican las siguientes propiedades:

1. Las emulsiones y los rebajados producen los mismos efectos en la capacidad de absorción de la tierra, pero con diferente velocidad.

2. Durante la saturación la resistencia decrece hasta nulificarse totalmente.

3. La saturación total de las piezas sumergidas en agua fue

mucho más rápida en la tierra con muchos finos que en las menos plásticas.

4. La velocidad de absorción en piezas sumergidas se redujo al aumentar la dosificación del estabilizante. La reducción es mayor en las probetas que al ensayarlas tenían más tiempo fabricadas.

5. La evaporación del agua de las muestras, es decir, su secado se produce con velocidades parecidas en todas las tierras.

El asfalto incorporado a la tierra modifica solamente dos propiedades: reduce su permeabilidad y crea una pequeña cohesión entre sus partículas.

Como consecuencia de estas propiedades el asfalto es un estabilizante adecuado si se pretende hacer que cualquier tierra aumente su resistencia al intemperismo y, en tierras muy poco cohesivas, su empleo mejorará la resistencia a la compresión.

Su empleo presenta menos peligro que el empleo del cemento ya que aunque quede mal dosificado, quedando partes de la revoltura escaso y en partes excesivo, en ninguna de estas partes reducir la resistencia de la tierra en forma importante.

Al remoldear las piezas con revoltura hecha y humedecida con

mucha anticipación (horas o días) no se produce variación en su resistencia.

Por lo tanto, la estabilización con asfalto siempre producirá efectos positivos, aún manejado con pocas precauciones.

Como consecuencia de estas propiedades, el asfalto es un estabilizante adecuado si se pretende hacer que cualquier tierra aumente su resistencia al intemperismo, y en casos de tierra muy poco cohesiva, su empleo mejorará su resistencia a la compresión.

VI.6. ADOBES ESTABILIZADOS CON ASFALTO Y PRENSA

Las pruebas se hicieron con cilindros de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura prensados a 5 kg/cm^2 y estabilizados con 3 y 6% de rebajado FR3, que es el que más fácilmente se puede conseguir en todo el país, los resultados obtenidos son los siguientes:

La resistencia es del mismo orden que la de la tierra sola.

El material con un alto contenido de finos (60%) no resiste el ciclo de saturación y secado y el de bajo contenido de finos (15%) sometido a esta misma prueba presento mayor resistencia con menor porcentaje (3%) de estabilizante que con 6%, como se puede observar en la figura 58, donde se comparan resultados de probetas

remoldeadas y prensadas.

Remoldeado

		Porcentaje de finos							
		15% F				60% F			
		R	0	4	8	12	0	4	8
Asfalto	0%	[Barra]				[Barra]			
	3%	[Barra]				[Barra]			
2d. en v	6	[Barra]				[Barra]			
	3%	[Barra]				[Barra]			
2d. en v + 5 cf	6	[Barra]				[Barra]			
	3%	[Barra]				[Barra]			
2d. en v + 2d. en v	6	[Barra]				[Barra]			
	3%	[Barra]				[Barra]			

Prensada (5 kg/cm²)

		0%	4%	8%	12%
2d. en v	6	[Barra]			
	3%	[Barra]			
2d. en v + 5 cf	6	[Barra]			
	3%	[Barra]			
2d. en v + 2d. en v	6	[Barra]			
	3%	[Barra]			

(*) Se destruyeron al aplicarles los ciclos

(**) Se destruyeron 2 de 3 cilindros.
Se grafica la resistencia del no destruido

d, dia v, ventilador R, resistencia a compresión

cf, ciclos { 4hrs sumergido
20hrs ventilador } F, finos # 200 { arena 12%
t. Anóhuac 70%

Resistencia Tierra Anóhuac + arena + asfalto

Figura 58

En las pruebas de goteo desde 2.50 m de altura, en placas de 2 cm de grueso se observó que el material estabilizado con FR3mejoró considerablemente su resistencia, siendo aún mayor en las muestras que contenían pocos finos, ver figuras 60a y 60b. En estas gráficas se hace una comparación de resultados de resistencia al goteo de placas elaboradas con mezcla de cemento y otras las de la figura 60b con mezcla de asfalto.

Tierra Anahuac + arena + CEMENTO

		Remoldeada						Prensada					
		15 %		30 %		60 %		15 %		30 %		60 %	
		H 1,2	P	H 1,2	P	H 1,2	P	H 1,2	P	H 1,2	P	H 1,2	P
Ambiente 7d	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	<1	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Curado 7d + 2d en v	5	0	<1	20	0	0	0	0	<1	0	0	7	0
	10	0	<1	<1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Curado 7d + 5 cc + 2d en v	5	0	0	6	0	0	0	<1	0	0	2	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<1	<1	0
Curado 7d + 5 cc + saturado	5	0	<1	5	0	0	0	<1	0	0	*	<1	0
	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<1	<1	0

* Picco defectuoso

Figura 60a

Tierra Anahuac + arena + ASFALTO

		Remoldeada				Prensada			
		15 %		60 %		15 %		60 %	
		H 1, 2	P	H 1, 2	P	H 1, 2	P	H 1, 2	P
2d en v	3		0		<1		0		<1
	6		0		<1		0		<1
2d en v + 5 cf + 2d en v	3		0	**		0	**		**
	6		0	**		0	**		**

d, día

v, ventilador

cc, ciclos : 4 hrs sumergido 20 hrs horno 75 °C

cf, ciclos : 4 hrs sumergido 20 hrs ventilador

H, horas

P, perforación (mm) en 2 hrs

** Destruídos con los ciclos

Prueba de goteo

Figura 60b

Se puede decir que la estabilización con asfalto siempre tiene resultados positivos ya que conserva la resistencia mecánica de la tierra sola y confiere hidraulicidad a las piezas, aunque la revoltura esté deficientemente hecha, la absorción es lenta y poca la permeabilidad. En las figuras 60a y 60b se muestran los resultados de las pruebas de goteo comparando resistencias en tierras estabilizadas con asfalto y cemento.

Para fabricar este tipo de adobes se prepara con la humedad óptima Proctor.

CAPITULO VII

ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL

VII.1. ANTECEDENTES

La estabilización de la tierra con cal se califica, al igual que en el caso del cemento, por medio de probetas. Las propiedades obtenidas en las pruebas efectuadas en el laboratorio se explican por las cualidades que se describen a continuación:

1. Es un aditivo que puede ser considerado, en el momento de hacer la revoltura, como un material poco activo que se integra a los finos de la tierra aumentando su volumen, como si los granos de cal fueran mayores que los de la arcilla y menores que los del limo grueso; produce desde ese momento, una cierta cohesión, débil pero significativa, entre las partículas del material, debido a reacciones físico-químicas.

Esta reacción se incrementa lentamente con el tiempo a una

temperatura normal de 20°C, aumenta su intensidad con temperaturas mayores de 40°C y requiere de humedad para que se produzca; esta reacción recibe el nombre de puzolánica.

Algunas de las propiedades de la tierra estabilizada con cal obtenidas por las pruebas realizadas son consecuencia de las cualidades explicadas anteriormente:

1. La resistencia al goteo (o a la erosión) crece debido a que la cohesión que produce la cal a la tierra tiene algo de hirauidad, es decir, no se destruye totalmente con el agua.

El resultado de las pruebas de goteo pueden pasar de pocos minutos a un número indefinido de horas.

2. En las tierras muy plásticas la contracción (y por lo tanto la plasticidad) se reduce ya que reciben un incremento de material fino de partículas mayores que la de la arcilla (un I.P. de 20 puede bajar hasta 5).

3. En las tierras poco plásticas la contracción y la plasticidad pueden aumentar levemente ya que, al agregar la cal se incrementa el material fino (plástico).

4. En las tierras plásticas la resistencia a compresión

inmediata se reduce al reducirse la cohesión entre sus partículas finas, debido a la adición de la cal, ya que aparentan volverse de tamaño promedio (puede bajar de 20 a 5 kg/cm²).

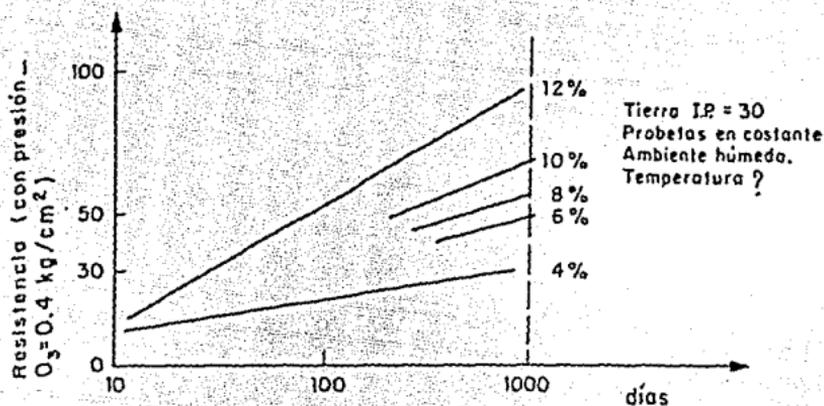
5. En las tierras poco plásticas aumenta la resistencia a compresión inmediata ya que la cal aumenta su cantidad de finos cementantes.

6. La resistencia a compresión a largo plazo no se puede prever puesto que no se conocen la temperatura ni la humedad a que se producirá la reacción puzolánica del material, que incluso puede variar con el tiempo.

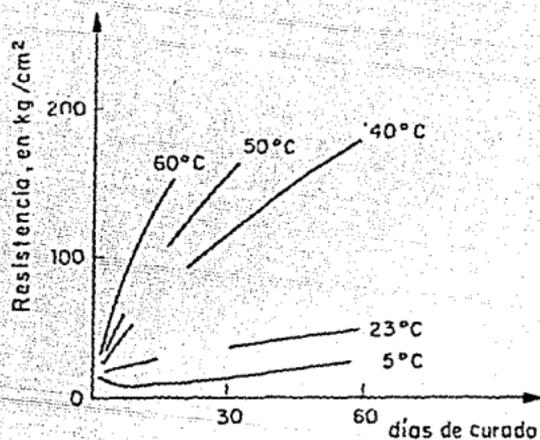
7. Las variaciones de humedad en la tierra pueden destruir la cohesión producida por la cal sobre todo a edades tempranas, si la reacción puzolánica no se ha desarrollado lo suficiente para impedir los cambios volumétricos que pueden producir dichas variaciones.

Existen reportes (especialmente de Texas E.U.) que señalan que esta reacción se ha presentado en ocasiones en forma muy positiva, como se puede observar en la figura 61 de la siguiente página. Probablemente la calidad de la tierra estabilizada y el clima (temperatura y humedad) fueron favorables. En uno de esos informes se reporta una temperatura media de la tierra en proceso de

estabilización superior a 30°C. Tal vez un efecto semejante haya propiciado este resultado. En la segunda gráfica de la figura 61 se presenta un ejemplo de la influencia de la temperatura en la reacción puzolánica. Esta influencia llega a ser extraordinaria cuando una temperatura muy alta, acompañada de humedad (vapor de agua) y presión, sirve para fabricar mampuestos silicocalcáreos a partir de los mismos ingredientes: arcilla y cal.



Tierra + cal - Resistencia vs Tiempo (% cal), (Texas - Highway Department)



Arcilla + cal - Resistencia vs Tiempo (°C) a diferentes Temperaturas.
 (Iowa State University)

Figura 61

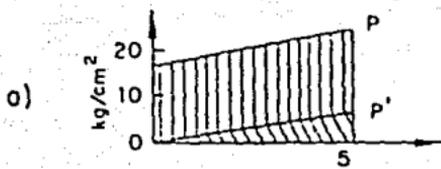
VII.2 PRUEBAS EFECTUADAS

Las experiencias obtenidas en el laboratorio hasta la fecha complementan algunos puntos de vista sobre el panorama que se acaba de presentar.

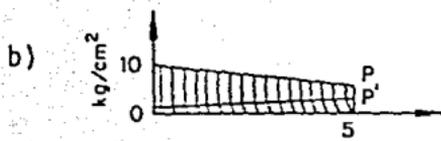
Como no han sido suficientemente desarrolladas no se puede dar una opinión definitiva de si la estabilización con cal manejada con ciertas precauciones puede llegar a ser, una forma razonable de mejorar la tierra en la construcción de vivienda ni cuáles pueden ser esas precauciones.

Todas las pruebas efectuadas se hicieron con distintas tierras pero casi todas ellas con un porcentaje alto de finos, I.P.>10. Se empleó la cal en proporción baja, menos del 10% del peso de la tierra, ya que emplear proporciones mayores no mejora sustancialmente el resultado, sobre todo en comparación con el costo que ello implica.

Se hicieron muchas pruebas de resistencia a compresión, de las que se resumen los resultados que aparecen en las gráficas de la figura 62 que se muestra en la siguiente página.



Porcentaje de cal



Resistencias de barras con cal

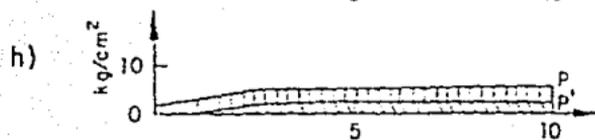
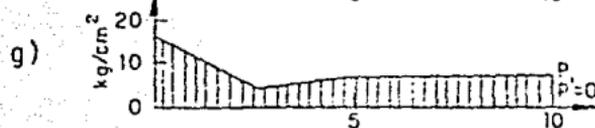
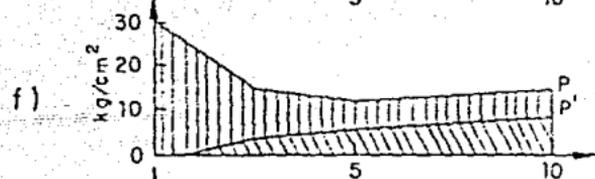
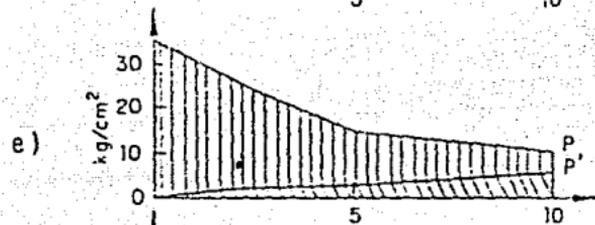
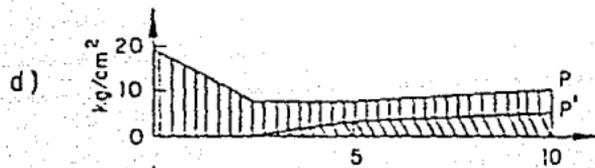
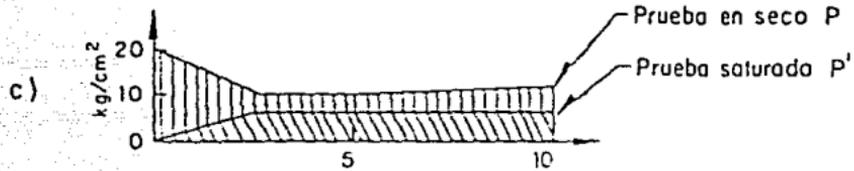


Figura 62

Las gráficas hacen ver que diferentes tierras al estabilizar con 2.5, 5 y 10% de cal se redujo la resistencia mecánica de la probetas en todos los casos, menos en dos. Uno de ellos, el (h) corresponde a una arena de mina (I.P.=0), el otro (a) era un suelo C.L. (I.P.=14). En cambio aumentaron sus resistencias saturadas que, siendo nulas sin cal, llegaron a ser apreciables y casi del mismo valor con los porcentajes de 5 y 10% de estabilizante.

Todas las probetas se secaron en el ambiente durante un período de 7 a 10 días después de la fabricación.

Los datos de la primera gráfica de la figura 63 que se presentan en la siguiente página corresponden a las resistencias a compresión de cuatro diferentes tierras sin estabilizar y estabilizadas con 10% de cal, con los diferentes curados indicados en la tabla y a las edades anotadas.

En la segunda gráfica de la figura 63 se muestran las contracciones que se presentaron en las mismas probetas que en algunos casos fueron negativos, es decir, dilataciones.

En estas pruebas se intentó analizar el efecto que la reacción puzolánica produce a largo plazo en tierras estabilizadas con 10% de cal sometidas a diferentes ambientes de humedad y temperatura como sucede en cualquier construcción, de las cuales se obtuvieron

las siguientes orientaciones:

Tierras

Condiciones de curado		Edad R $1g/cm^2$	Arahuac				Ayotla				La Era				La Peña						
			10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40			
Ambiente de laboratorio	7 d																				
	25 d																				
	60 d																				
	180 d																				
Horno a 22° con humedad más amb. 7 d	25 d																				
	60 d																				
	180 d																				
	240 d																				
ASTMC. 340 55°C con humedad 5d	7 d																				
	5d																				
Ambiente de laboratorio	7 d																				
Tiempo F			70 %										100 %								
IP			8.5					3.7					10.6					34.7			

Resistencia de tierras estabilizadas con cal

Condiciones de curado		Edad F $1g/cm^2$	Arahuac				Ayotla				La Era				La Peña						
			10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40			
Ambiente de laboratorio	7 d																				
	25 d																				
	60 d																				
	180 d																				
Horno a 22° con humedad más amb. 7 d	7 d																				
	25 d																				
	60 d																				
	180 d																				
ASTMC. 340 55°C con humedad 5d	7 d		CV = 1.5 %					CV = 0.8 %					CV = 7.2 %								
	5d																				
Ambiente de laboratorio	7 d																				
Tiempo F			70 %										100 %								
IP			8.5					3.7					10.6					34.7			

d, días CV, contracción volumétrica %

amb. 7 d, secado 7 días al ambiente de laboratorio

Contracción de tierras Figura 63 estabilizadas con cal

R, resistencia a compresión kg/cm^2

F, finos malla N° 200 (tierra sin estabilizar)

IP, índice plástico, (tierra sin estabilizar) (calculado $IP = 0.5 CV$)

La humedad a 22°C redujo las contracciones y aumentó, en la mayor parte de los casos, en forma sensible la resistencia a compresión a 7 días. Mayores temperaturas (30, 40 y 60°C) aumentaron todavía más esta resistencia en tierras no estabilizadas hasta en un 50%. La resistencia creció con el transcurso del tiempo en las probetas guardadas en el horno aumentando también en un 50% al cabo de un mes sobre las de los 7 días.

En cambio la resistencia de la tierra estabilizada, (que fue mucho menor que la no estabilizada a los 7 días) se redujo en el transcurso del tiempo como se observa en la primera gráfica de la figura 63. Algunas probetas guardadas a 60°C sin humedad conservaron su resistencia aproximadamente constante durante 14 días.

Todo esto hace prever que en los muros construidos con tierra estabilizada con cal tendrán resistencias menores que los de la tierra sin estabilizar y que reducirán más con el tiempo.

Entre este conjunto de pruebas destacaron las realizadas siguiendo la norma ASTM (C34) relativa a la reacción puzolánica, siempre estas pruebas aumentaron notablemente la resistencia a compresión de las tierras, muchas ocasiones hasta 5 veces su valor original, pero la temperatura con que se realiza (55°C) no se presentará nunca en una construcción. Carece por lo tanto de

Interés práctico.

Al introducir algunas variantes se observó que un secado inicial de un día en el ambiente anterior al tratamiento húmedo del horno de 6 días aumentó la resistencia y que, inexplicablemente, el secado posterior al horno la redujo en forma sensible.

Las pruebas de goteo indican que la estabilización con cal, de los efectos mal definidos en lo relativo a la resistencia a compresión (que difícilmente mejoran), siempre proporcionan hidraulicidad a la tierra y que esta pueda ser la meta que se persiga con su empleo.

VII.3. TIERRAS ESTABILIZADAS CON CAL Y PRENSA

Las pruebas de cilindros fabricados con prensa con presión de 5 kg/cm^2 solamente acusaron pequeños incrementos de resistencia a comparación de los no prensados, cuando se curaron en ambiente húmedo. En ambiente seco la diferencia no fue sensible.

La compactación simultánea a la estabilización con cal incrementa la cohesión entre las partículas al aproximarse unas a otras, y por tanto, la resistencia del material aumenta.

CAPITULO VIII

FABRICACION DE TABIQUES

Cuando la tierra del lugar tiene características plásticas, arcillosas, y se dispone de combustible apropiado, existe la posibilidad de fabricar tabiques. En este trabajo se estudió el problema de fabricar tabiques en pequeña escala, en hornadas de 1000 a 2000 piezas.

VIII.1 DIMENSIONES DE LAS PIEZAS

Las tres dimensiones de las piezas (largo, ancho y grueso) deben estar relacionadas entre sí para permitir los aparejos regulares, por ejemplo que el tabique sea doble de largo que de ancho y doble de ancho que de grueso. Por su peso, forma de manejo y cocimiento en el horno, estas medidas deben ser del orden de 28, 14 y 7 cm.

VIII.2 MOLDEO

Para el moldeo se realizan las tres actividades siguientes:

1. Batir el barro con agua, desbaratando todos sus grumos con una humedad apropiada para poder llenar los moldes con la mayor facilidad posible (pero compatible con la posibilidad de que un desmoldeo inmediato no deforme las piezas excesivamente)

2. Llenar los moldes, colocados sobre una superficie que permita la contracción del material. Los moldes se retiran inmediatamente.

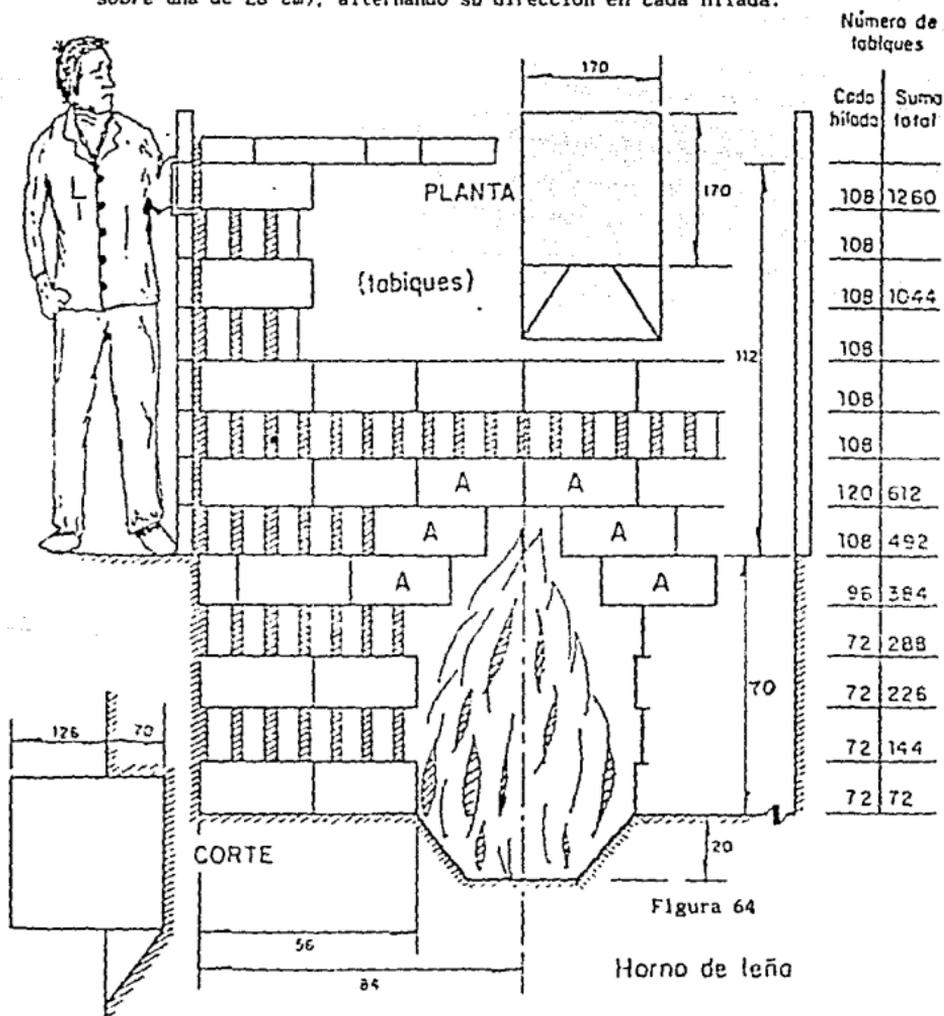
3. Las piezas se dejan secar en la posición como se colaron, hasta que se puedan colocar de canto sin perjudicarlas (probablemente al día siguiente de coladas); cuando su resistencia lo permita, apilarlas en forma enhuacalada para que continúe el secado que, cuanto más se prolongue, más facilitará el cocimiento en el horno.

VIII.3 DISPOSICION DEL HORNO

La disposición del horno puede ser de muchos tipos. En la figura 64 que se muestra en la página siguiente se presenta un esquema de cómo construir un horno con las características que a continuación se enumeran:

1. La capacidad del horno 1000 piezas aproximadamente con las medidas que acotan al esquema.

2. Las piezas colocadas todas ellas separadas para permitir la circulación de aire caliente sobre todas sus superficies (3 de 7 cm sobre una de 28 cm), alternando su dirección en cada hilada.



3. Las piezas marcadas A se colocan en contacto una con la otra (4 de 7 cm sobre una de 28 cm), ya que reciben muy directo el calor del fuego y conviene que obstruyan el paso del aire caliente desviándolo hacia los lados del horno ya que así forman una bóveda más sólida sobre el hogar.

4. El desplante del horno se sitúa bajo el nivel del terreno para evitar entradas de aire frío por las paredes laterales y para conservar el calor por el aislamiento de la tierra y hacer más fácil las manobras en la parte superior.

5. Para el aislamiento de todo el perímetro superior se construye un muro de tabique (crudo o cocido) de 7 cm de espesor, del terreno hacia arriba, pegado con barro.

6. La tapa de tabiques (crudos o cocidos) de 7 cm sobre la superficie superior del horno, sin juntar para dejar pasar el aire del tiro del horno.

7. Al emplear leña como combustible, la plantilla del hogar se sitúa 20 cm más baja que la general del horno para que la ceniza que se forme no tape el paso del aire caliente de los tabiques de la primera hilada (si se quema petróleo, no es necesario este desnivel).

En este estudio se emplearon como combustible leña seca, petróleo diáfano, diesel y aceite quemado (residuo de motores de automóvil)

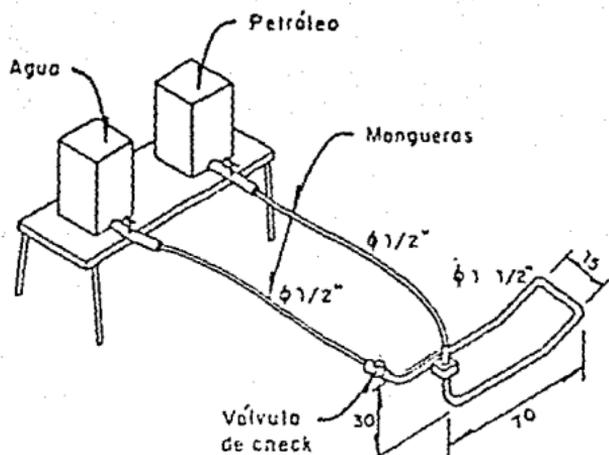
VIII.4 COCIDO A LEÑA

Para cocer con leña seca, se mantiene prendido el fuego durante 9 horas, con un consumo total de 600 kg repartidos uniformemente en el tiempo. Se deja enfriar el horno 48 horas; en estas condiciones los tabiques acusan estar regularmente cocidos por su color rojo y su dureza, un mayor tiempo de cocimiento mejora la calidad de los poco cocidos.

VIII.5 COCIDO CON COMBUSTIBLES LIQUIDOS

Para cocer con los otros combustibles (líquidos) se empleó un quemador que los atomiza con vapor de agua, igual a los que se emplean en todos los hornos de tabiques cercanos a la Ciudad de México como el que se ilustra en la figura 65 de la siguiente página. Para controlar la llama y conseguir su mejor aprovechamiento y distribución del calor, se construyó un túnel en la boca del horno y se separó el atomizador 80 cm de su borde interno, ya que los quemadores lanzan su llama a una distancia mayor a la conveniente para estos hornos pequeños.

El empleo del aceite quemado de automóviles creó problemas en la combustión y no se estudió su resolución por considerar de poco uso rural.



QUEMADOR

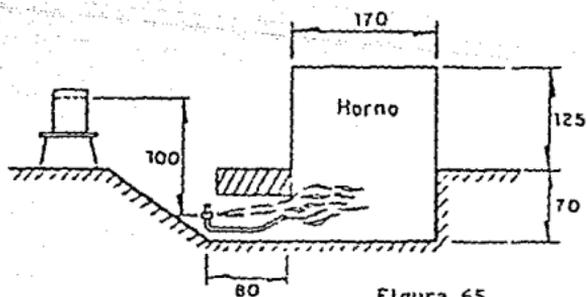
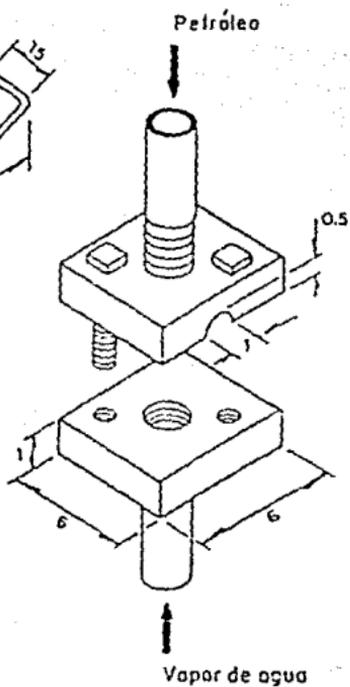


Figura 65

CORTE

Horno de petróleo (tabiques)

El petróleo diáfano y el diesel dieron ambos el mismo servicio; se quemaron a la misma velocidad y calentaron el horno sin ningún problema especial. El mismo horno de 1000 tabiques se calentó durante 8 horas, con un consumo aproximado de 25 lts/hora, es decir, 200 lts en total.

El manejo del quemador fue sencillo; convenía dejar un paso de combustible tal que no produjera humo (petróleo mal quemado) y que produjera una llama lo menos intermitente posible. La llama nunca es continua, ya que la válvula debe abrirse y cerrarse según la presión del vapor en el tubo, la cual varía a su vez con la entrada del agua que la misma válvula permite. Se requiere, por tanto, una regulación cuidadosa de la válvula de control del combustible.

La indicación de que los tabiques ya están cocidos es el rojo color vivo incandescente de las hiladas superiores del horno.

El consumo de combustible será aproximadamente igual en ambos tipos de hornos; 200 lts de petróleo ó 600 kg de leña por cada 1000 tabiques cocidos.

VIII.6 BARRO

Para orientar las ideas de cómo pueden ser las propiedades de los tabiques fabricados con distintos barro, se pueden éstas equiparar con las obtenidas en pruebas hechas en cilindros de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura cocidos individualmente (o en número pequeño) en un horno de dimensiones reducidas, bien sea eléctrico con control de temperatura (muflas) en un laboratorio, o en un pequeño horno de piedras o de barro calentado por una hoguera en el campo como el que se muestra en la figura 66 de la página siguiente.

En uno de estos hornos, semejante al dibujado se obtiene una temperatura de cocción de 600°C (aprox) parecida a la que se presenta en la mayor parte del volumen de un horno construido de acuerdo con los incisos anteriores.

En el laboratorio se hicieron pruebas con barro de distintas plasticidades. En algunos casos se hizo variar esta característica revolviéndolos con arena. Se observó que en los tabiques fabricados con cualquier revoltura, con o sin arena, se producía un cambio de color sensible al cocerlos, cuando su temperatura llegaba a 600°C aproximadamente.

Cuando la temperatura llegaba a 800°C su color y consistencia

acusaban un cocimiento correcto.

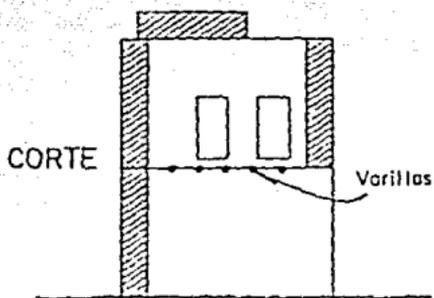
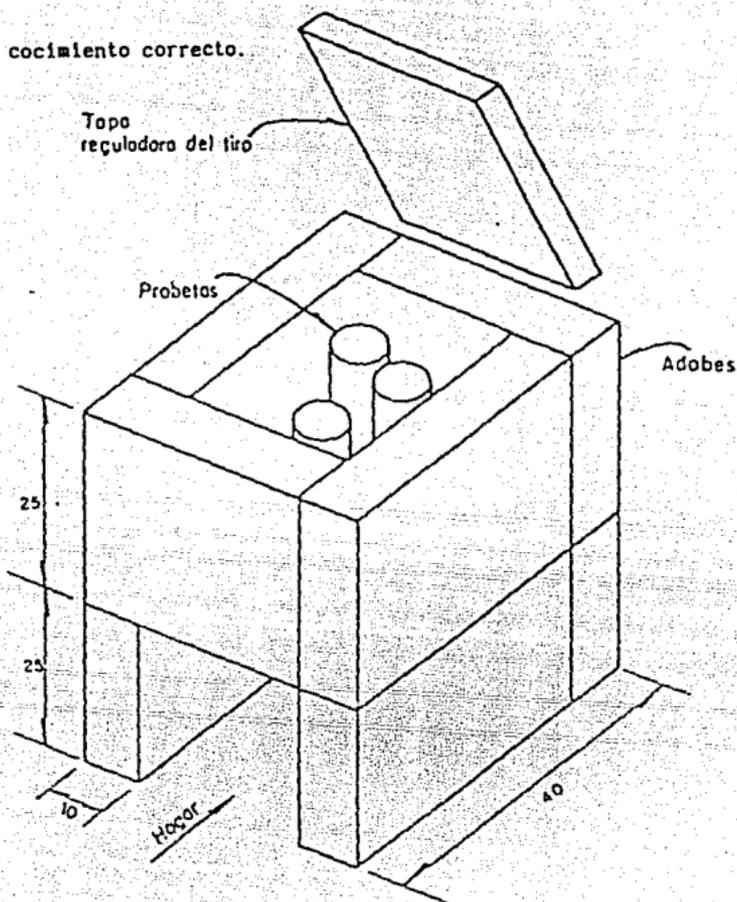


Figura 66

Posible horno de pruebas (tabiques)

Otras tierras con estas revolturas produjeron tabiques que, cocidos solamente a 400°C, aún sin cambiar de color y manteniendo su aspecto terroso, tenían resistencias bastantes altas (25 kg/cm²) y soportaban la prueba de goteo sin que se marcara la superficie, con 800°C su color y su consistencia acusaban un cocimiento correcto.

La resistencia resultó baja en dos casos: En tabiques que se fabricaron con tierra muy fina, plástica, pero con alto contenido de materia orgánica y en tabiques fabricados con tierra limosa, no plástica, aunque tenga un alto contenido de finos, estos últimos aún cocidos a 100°C presentaron muy poca resistencia al goteo.

A pesar de ser ilustrativos los casos anteriores, si se piensa fabricar tabiques se recomienda la conveniencia de hacer pruebas preliminares para investigar la calidad que tendrán cociendo en un horno pequeño como el que se mostró en la figura 64, con cilindros fabricados con la tierra que se vaya a emplear y obtener su resistencia a compresión con una prueba de carga, antes de iniciar una fabricación de tabiques, por las distintas propiedades de la tierra, toda vez que su comportamiento no siempre se presenta igual.

VIII.7 COCCION A DIFERENTES TEMPERATURAS

Se hicieron pruebas en las muflas y en hornos de pruebas que resultaron comparables. En las muflas se obtuvieron los resultados que se presentan en la figura 67 de la siguiente página.

En las gráficas presentadas se puede recibir una orientación de la resistencia a compresión que es de esperarse de los tabiques, los cuales, si quedan regularmente cocidos, serán totalmente resistentes a la acción del agua.

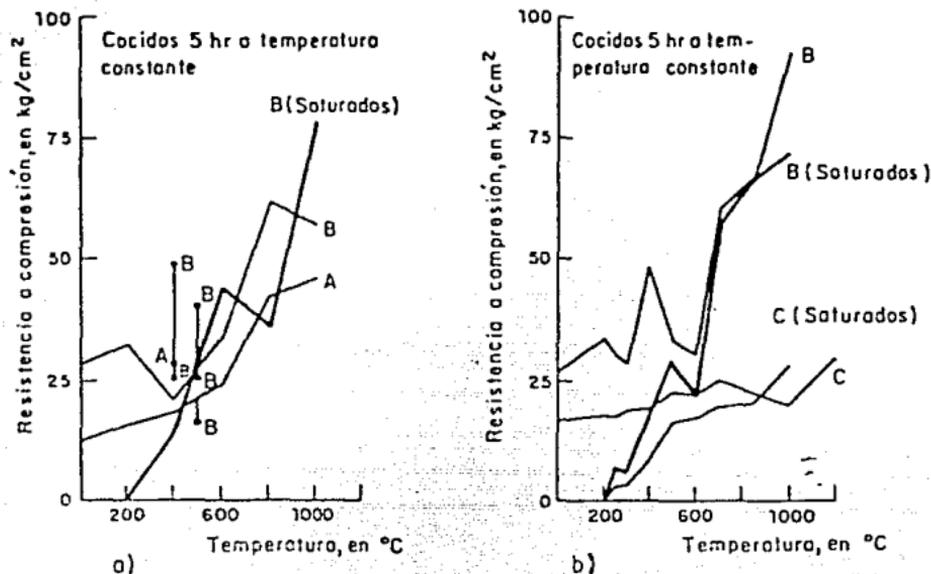
En las muflas la temperatura se incrementa paulatinamente y se mantiene la máxima durante una hora y media en todos los casos (menos en los que se indica otro tiempo).

La decisión de mantener la temperatura máxima durante una hora y media fue tomada arbitrariamente, como un equivalente a un proceso de fabricación razonable.

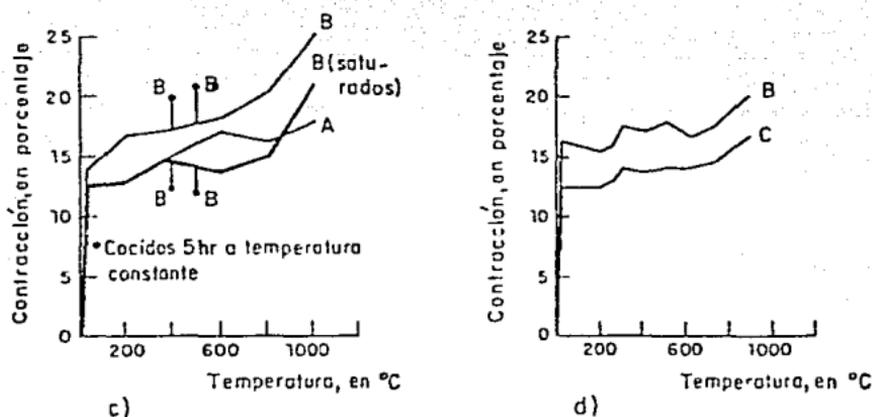
Se observó que en las muflas basta llegar a la temperatura fijada para la prueba y sacar inmediatamente la probeta para obtener el material cocido.

En un horno el tiempo que se debe mantener prendido el fuego o el quemador debe ser el necesario para que todas las piezas que se

están cociendo lleguen a la temperatura deseada, no para aumentar su tiempo de cocción.



RESISTENCIA A CARGA AXIAL



CONTRACCION VOLUMETRICA

Figura 67

Barro de tres bancos (A, B y C) recocido

En las gráficas a y b que se presentan en la anterior página se observan las resistencias obtenidas en cilindros de arcillas propias para fabricar tabiques. Se nota que la resistencia a compresión del material llegó a superar la del material sin cocer (adobe) cuando la temperatura de cocción pasó de los 600°C , y llegó a su valor máximo con más de 800°C .

La resistencia del material saturado 24 horas en agua (que es nula sin cocer), se inició con el cocimiento a 400°C , llegando a 500 o 600°C a ser del mismo orden que la del material seco, lo cual indica que esta cocción le confiere una resistencia completa al agua (siempre que la acción de ésta no se prolongue durante un tiempo excesivo de meses, lo cual puede dar lugar a otros problemas).

En las gráficas c y d de la figura 67 se presentan las contracciones volumétricas de los mismos materiales, se observa que la contracción por secado, que es la inmediata al inicio del calentamiento, es de gran magnitud comparada con la que se produjo hasta los 600°C . Al continuar el aumento de temperatura la contracción se incrementó también en forma importante. La saturación de una de las piezas B no produjo ningún incremento en su volumen sino, aparentemente, una contracción explicable solamente por la gran variación que hay en los resultados de las pruebas.

VIII.8 VARIACIONES EN LA FABRICACION

El procedimiento de fabricación de tabiques aquí propuesto seguramente es susceptible de mejoras que impondrá la experiencia, o que pueden provenir de ideas ya conocidas por personas que han fabricado frecuentemente tabiques.

Una de las variantes (mejoras) inmediata que se presenta, es aumentar el tamaño del horno para cocer más tabiques simultáneamente. Si el aumento es pequeño, basta incrementar el número de hiladas encima del horno o hacer éste más amplio, bien sea alargándolo y poniendo otra boca en el extremo opuesto a la actual del hogar, o ensanchándolo haciendo dos hogares paralelos, pero sin aumentar el ancho de las hiladas en sus laterales para no dificultar la uniformidad de su calentamiento. Procediendo en esta forma se puede seguir empleando los combustibles (leña o petróleo) en la forma antes descrita, con el mismo consumo por tabique cocido y empleando un tiempo también parecido, lo que implica un consumo más rápido de combustible.

Si el aumento del horno es grande, pensando en una producción amplia, repetida, en que se fabriquen varios miles de tabiques simultáneamente, conviene construir una base permanente del horno con muros gruesos, de dimensiones adecuadas, con los mismos aislamientos en la parte superior, pero colocando el tabique más

apretado, no enhuacalado, sino con sus lados en contacto uno de otro, así el calor se transmitirá en forma más lenta y el tiro del hogar se producirá a través de un número mayor de intersticios que en un horno chico.

El mismo quemador de petróleo propuesto puede servir para este horno aunque sea de mayores dimensiones; el gasto del combustible será el mismo por pieza fabricada, pero el tiempo de cocimiento se prolongará, según el volumen de material que se vaya a cocer.

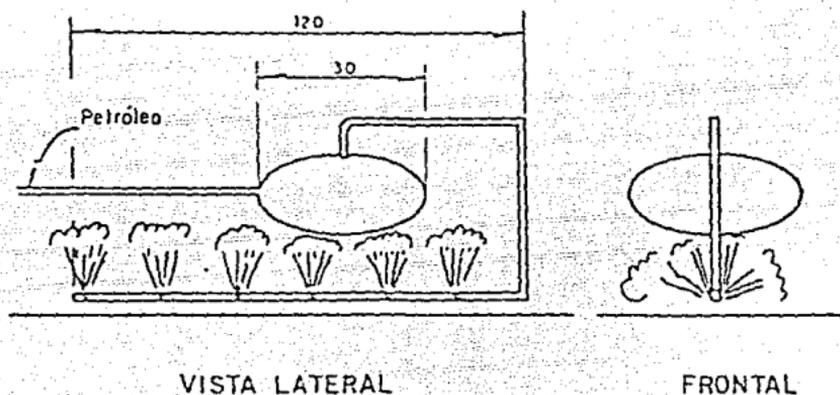
Empleando como combustible la leña, cabe también pensar en construir un horno cuyo hogar abarque todo su desplante, y colocar el tabique sobre él apoyado en una bóveda que lo cubra totalmente.

En relación al quemador de petróleo, se pensó que se podría emplear otro más sencillo, cuyo principio se basa en que la llama producida calienta al conducto del petróleo, vaporizándolo. Ver figura 68 que se presenta en la siguiente página. Este vapor es el que arde saliendo por pequeños orificios de las tuberías que se pueden distribuir en forma arbitraria.

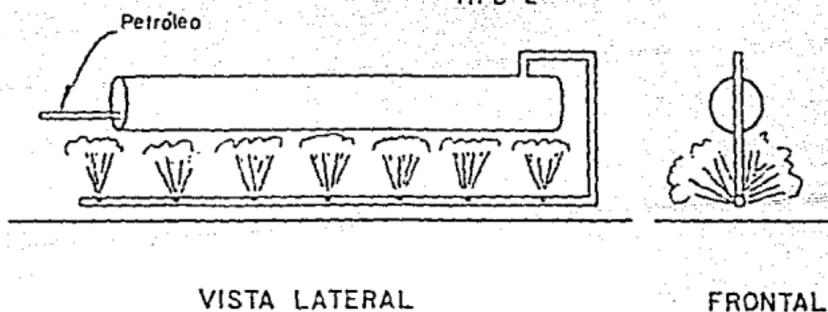
Se fabricaron dos quemadores de este tipo. La combustión era más completa que en el quemador que atomizaba con vapor de agua, pero presentaron el problema, muy difícil de resolver, de que la vaporización del petróleo dejaba un residuo de hollín que tapaba

las tuberías y los orificios de salida del gas. Se dificultaba mucho mantener todo ello limpio y la falta de limpieza dificultaba excesivamente la combustión correcta. Se pensó que esta es la razón por la que se emplea el otro tipo de quemador en los hornos de tabique usuales y se desechó la idea de perfeccionarlos.

TIPO 1



TIPO 2



Quemadores de petróleo descartados (tabiques)

Figura 68

La relación del rendimiento calorífico en los hornos de leña y de petróleo es sensiblemente igual. La cocción de 1000 tabiques requirió la combustión de poco más de 200 kg de petróleo (o diesel) o la combustión de 600 kg de leña, aproximadamente, de acuerdo con el poder calorífico de la leña es de aproximadamente 500 cal/kg, y el del petróleo es el doble 1000 cal/kg.

extraordinariamente cuando, manipuladas en estado húmedo, se secan y se contraen. Las tierras no plásticas no tienen resistencia a compresión y no se contraen. La resistencia que adquieren las tierras plásticas moldeadas con agua al secarse se pierden cuando se saturan sumergiéndolas en agua. No tienen hidraulicidad.

4. Al fabricar un elemento constructivo con tierra ésta reduce su contracción; 1o. Si se revuelve con material arenoso, exento de material fino. 2o. Si se reduce la cantidad de agua con que se moldea. 3o. Si, conteniendo una humedad menor que la de saturación, se compacta con presión o con apasionamiento y 4o. Si se estabiliza con cal o con cemento.

5. Es muy importante reducir la contracción inicial en los elementos construidos en obra, puesto que los puede agrietar o despegar. En la fabricación de los mampuestos la contracción no es problema de mucha trascendencia pero puede ser inconveniente grave si llega a provocar agrietamiento en las piezas. Los mampuestos deben estar totalmente secos y contraídos al ser colocados en la obra. Es muy probable que la costumbre de añadir paja al barro de los adobes provenga de que la paja evita el agrietamiento al mismo tiempo que da resistencia a la tensión a la pieza. Pero la paja tiene el inconveniente de su posible putrefacción, lo que ocasiona la reducción de la resistencia a la compresión, aunque se impide la contracción del material húmedo.

6. La estabilización con cemento, asfalto o cal revueltos en proporciones bajas mejora la resistencia a la compresión de las tierras poco plásticas al proporcionarles un sustituto del cementante arcilloso que les falta. En las tierras plásticas el cemento y la cal reducen la contracción lo que siempre viene acompañado de una reducción de la resistencia a la compresión; el asfalto no tiene ese efecto y no altera sensiblemente esta resistencia.

7. Los tres estabilizantes (cemento, asfalto y cal) proporcionan hidráulidad a la tierra. Le dan resistencia a la lluvia lo que se puede comprobar con las pruebas de goteo.

8. Es difícil pronosticar el resultado de estabilizar las tierras plásticas con cemento, ya que su fraguado se presenta simultáneo a la contracción por secado. Se deduce que en trabajos mal controlados las tierras plásticas, en general, reducen su resistencia a compresión al estabilizarlas con cemento, las tierras no plásticas la aumentan y, si se emplea mucho cemento (más del 10%), todas las aumentan.

9. La estabilización con asfalto no altera sensiblemente la resistencia a compresión de los elementos fabricados con tierra plástica pero mejora la de los fabricados con tierra no plástica. Confiere hidráulidad a las tierras, más a las poco plásticas y

extraordinariamente cuando, manipuladas en estado húmedo, se secan y se contraen. Las tierras no plásticas no tienen resistencia a compresión y no se contraen. La resistencia que adquieren las tierras plásticas moldeadas con agua al secarse se pierden cuando se saturan sumergiéndolas en agua. No tienen hidraulicidad.

4. Al fabricar un elemento constructivo con tierra ésta reduce su contracción; 1o. Si se revuelve con material arenoso, exento de material fino. 2o. Si se reduce la cantidad de agua con que se moldea. 3o. Si, conteniendo una humedad menor que la de saturación, se compacta con presión o con apasionamiento y 4o. Si se estabiliza con cal o con cemento.

5. Es muy importante reducir la contracción inicial en los elementos construidos en obra, puesto que los puede agrietar o despegar. En la fabricación de los mampuestos la contracción no es problema de mucha trascendencia pero puede ser inconveniente grave si llega a provocar agrietamiento en las piezas. Los mampuestos deben estar totalmente secos y contraídos al ser colocados en la obra. Es muy probable que la costumbre de añadir paja al barro de los adobes provenga de que la paja evita el agrietamiento al mismo tiempo que da resistencia a la tensión a la pieza. Pero la paja tiene el inconveniente de su posible putrefacción, lo que ocasiona la reducción de la resistencia a la compresión, aunque se impide la contracción del material húmedo.

6. La estabilización con cemento, asfalto o cal revueltos en proporciones bajas mejora la resistencia a la compresión de las tierras poco plásticas al proporcionarles un sustituto del cementante arcilloso que les falta. En las tierras plásticas el cemento y la cal reducen la contracción lo que siempre viene acompañado de una reducción de la resistencia a la compresión; el asfalto no tiene ese efecto y no altera sensiblemente esta resistencia.

7. Los tres estabilizantes (cemento, asfalto y cal) proporcionan hidráulidad a la tierra. Le dan resistencia a la lluvia lo que se puede comprobar con las pruebas de goteo.

8. Es difícil pronosticar el resultado de estabilizar las tierras plásticas con cemento, ya que su fraguado se presenta simultáneo a la contracción por secado. Se deduce que en trabajos mal controlados las tierras plásticas, en general, reducen su resistencia a compresión al estabilizarlas con cemento, las tierras no plásticas la aumentan y, si se emplea mucho cemento (más del 10%), todas las aumentan.

9. La estabilización con asfalto no altera sensiblemente la resistencia a compresión de los elementos fabricados con tierra plástica pero mejora la de los fabricados con tierra no plástica. Confiere hidráulidad a las tierras, más a las poco plásticas y

reduce su permeabilidad aparente lo que las hace resistentes a la erosión de la lluvia.

10. La cal, aparentemente, reduce las contracciones y no mejora la resistencia a la compresión de casi ninguna tierra. Su efecto inmediato, en pocas semanas, es una fuerte reducción de esta resistencia. A largo plazo (meses o años) es posible (pero poco probable) que aumente especialmente si la tierra estabilizada se encuentra sometida a una temperatura y humedad altas. Este aumento es debido a una reacción puzolánica muy difícil de prever y que es muy sensible a las condiciones del medio ambiente. Lo más probable es que la resistencia reduzca con el tiempo en vez de aumentar. Por otra parte la cal proporciona hidráulidad a la tierra.

11. En cualquier fabricación si se compacta la tierra al ser moldeada se reduce su contracción inicial lo cual es indispensable en las tapas y conveniente en los adobes. Los adobes fabricados con prensa se contraen menos que los no prensados lo cual favorece el que conserven su geometría original sin deformaciones inconvenientes y permite una estabilización con cemento más efectiva.

12. Las características de las tierras que se mencionan en los incisos anteriores, (contracción y resistencias a compresión y a la lluvia) se pueden juzgar por medio de las pruebas rudimentarias que

aquí se proponen. Por medio de ellas también se puede cuantificar las ventajas de emplear distintos métodos de trabajo o de emplear distintas cantidades de estabilizante en tierras de diferentes características. Los resultados de las pruebas son poco precisos, pero la imprecisión proviene más de otros factores que del equipo y la forma en que éstas están planeadas. En pruebas realizadas con mejores elementos los resultados son, prácticamente, igual de imprecisos.

13. Por las conclusiones anteriores parece razonable establecer: Que la estabilización con cemento, asfalto o cal pueden producir resultados positivos proporcionando hidraulicidad a la tierra, es decir, resistencia al agua y a la erosión provocada por la lluvia.

La estabilización con cemento tiene resultados imprevisibles en tierras plásticas (que se contraen), aumentan la resistencia a compresión de las no plásticas (que no se contraen) y la de los adobes prensados debido a la compactación. Es, por lo tanto, recomendable solamente en estos últimos casos y se debe tener, además, un control cuidadoso en su fabricación.

La estabilización con asfalto no altera la resistencia a la compresión de las tierras plásticas y mejora la de las no plásticas. Por lo tanto, siempre es positivo su uso ya que mejoran

su hidraulicidad.

La cal reduce la resistencia a compresión de la mayor parte de las tierras. Por tal razón su uso no es recomendable mas que en tierras poco plásticas o si la reducción de esa resistencia no es de trascendencia en la construcción.

REFERENCIAS

1. "Soil Stabilization" Hans F. Winterkorn., Princenton University., 1973.
2. "Mejoramiento y estabilización de suelo" C. Fernández Loaiza., Editorial Limusa, 1982.
3. "Principles of pavement design" E. J. Yoder., John Wiley Sons, 1967.
4. "Mecánica de suelos" E. Juárez Badillo, A. Rico R., 1979.
5. "Autofabricación de mampuestos" M. Madinaveitia., I. I., 1982.
6. "Estudio estadístico sobre la correlación entre las características de plasticidad de los suelos y su contracción lineal" G. Springall, I. I., 1965.

7. "Earthen Buildings in seismic areas" International News Letter., 1984.

8. "La ingeniería de suelos en las vías terrestres" A. Rico y H. del Castillo., 1978.

9. "Suelo-Cemento" R. Avitia IMCYC., 1972.

10. "Manual del Asfalto" The Asphalt Institute., 1972.

11. "The manufacture of Asphalt Emulsions Stabilized Soil Bricks" International Institute of Housing Technology, California State University, Fresno Foundation., 1978.

12. "Estabilización de suelos con asfalto" M. Dongo de Mendoza., Universidad Nacional de Ingeniería, Perú., 1972.

13. "Asphalt Soil Stabilization" Highway Research Board., 1958.

14. "Lime Stabilization: Properties, Mix Design, Construction Practices and Performance" Highway Research Board., 1961.

15. "Time Temperature Strength-Reaction Product Relationships in Lime-Bentonite-Water Mixtures" C. C. Ruff and Clara Ho., Iowa

State University., F.B.H.R. Record 139-1966.

16. "Primer" Portland Cement Association.

17. "Road and Laboratory Experiments with Soil-Lime Stabilization" Chester Mc.Dowell-Texas Highway Department., 1953.

18. "The Portalab Manual" Howard Scoggins-Earth Lab Systems., Alamogordo, New Mexico., 1981.

19. "State of the Art: Lime Stabilization Transportation Research Board, Circular., 1976, Sept. No. 180.

20. "Earth for homes" Ideas and Methods Exchange No. 22.

21. "Etude sur la stabilisation et la compression des terres pour leur utilisation dans la construction" Jean Michel Gresillon., Ecole Inter-Etats d'Ingenieurs de Equipement Rural., (Onagadongom), 1978.

22. "Manual para la Construcción de Viviendas con Adobe" Proyecto Experimental de Vivienda (Ministerio de Vivienda. Naciones Unidas)., 1977., Caritas de Guatemala.

23 "Propiedades del Suelo para elaborar Albañilería de

**Adobe" Seminario Latinoamericano de Construcciones Sismo-Resistentes
de Tierra-1983-Pontificia Universidad Católica de Perú.**