

# COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS PARA LA CONFECCION DE ADOBES \*

(BEHAVIOUR OF THE SOILS FOR THE ADOBE MANUFACTURE)

Gastón Barrios L., Profesor  
Lucio Alvarez, Hernán Arcos y Enrique Marchant, Co-Investigadores  
David Rosi, Coordinador DIUC

470-5

## RESUMEN

La constante demanda en Chile por construir en adobe, especialmente en aquellas zonas alejadas de los centros urbanos industrializados, hace que sea preciso reemplazar las recomendaciones existentes para la construcción con este material, producto casi exclusivo de la experiencia de algunos constructores que en el pasado han tenido éxito al trabajar con él, por una norma, que no sólo limite, sino que más que eso, establezca pautas que permitan construir en adobe con la seguridad necesaria, aprovechando las cualidades inherentes del mismo, el empleo de aditivos y naturalmente proponga pautas para el diseño y cálculo de sus estructuras con un respaldo empírico adecuado.

Dando un primer paso al respecto, es que hemos experimentado, en probetas RILEM, el comportamiento de algunas de las respuestas del mortero de barro seco, al variar factores como son la arcilla, el limo, la arena y la cantidad de agua de amasado.

Los resultados de este estudio, pueden resumirse en las siguientes cuatro recomendaciones básicas:

1. Emplear suelos con razón limo-arcilla cercano a uno y la sumatoria entre 35 y 45% del total.
2. El contenido de arena del suelo debe encontrarse entre un 55% y un 65%.
3. La cantidad óptima para el agua de amasado depende de las propiedades mismas del suelo y de la tecnología empleada. En nuestro caso, dicho óptimo se encuentra en el límite líquido, más un tercio del índice de plasticidad de los suelos. Cabe hacer notar el alto nivel de significación de este factor en todas las variables estudiadas y sería de gran ventaja poder controlar su contenido, sin embargo, a niveles artesanales; esto no ha sido posible.
4. Para que el barro una vez seco, alcance características mecánicas satisfactorias y uniformes, es preciso que:
  - i) Se proceda al macerado del suelo en estado saturado de 48 a 72 horas.
  - ii) Antes del llenado de los moldes, proceder a un intenso amasado de la pasta, para así evitar que las láminas de arcilla se ordenen según atracciones eléctricas.

## SUMMARY

The constant demand in Chile for adobe construction, specially in those areas far away from industrialized urban centers, makes it necessary to put up to date the actual recommendations for building with this material. That is the consequence of the experience of some builders who, in the past, have succeeded in using it. Therefore a standard is necessary to establish the proper proceeding to build safely with adobe taking advantage of its qualities, the use of aditives and obviously to describe the procedure for desing and calculation of structures with an empirical support.

Our first step on that direction has been our experimentation in RILEM samples with the respond of the dry soil mortar when changing the values of clay, mud, sand and water in the mix.

The results of this study may be resumed in the following four basic recommendations:

1. The use of floors with a mud/clay ratio near to one and a sum between 35/45% of the total.
2. The sand content of the soil should be between 55/65%.
3. The optimum amount of water for the mix depend on the composition of the land and on the technology used. In our case, such an optimum is placed in the liquid limit, plus one third of the plasticity rate of the soil. We must point out the great importance of this factor in all the different combinations performed in our study. It would be a great advantage to be able to control it, however, at a kandiwork level, it has not been possible.
4. In order that the dried will reach satisfactory and uniform mechanical characteristics, it is necessary that:
  - i) The soil should be macerate in a saturated state from 48 to 72 hours.
  - ii) Before filling the moulds it is necessary to proceed to a complete mix of the mass in order to prevent that the slides of clay might be ordered according to electrical attractions.

\* Se publica este trabajo con el mismo título de la investigación ejecutada durante los años 1984 y 1985 en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, auspiciada y financiada por la Dirección de Investigación de la Universidad (DIUC).

Se trata en realidad de una pequeña parte del trabajo general que se compone de seis capítulos y cuatro anexos. Aquí nos hemos limitado a reproducir: el Resumen e Introducción, la parte «Diseño del Experimento» correspondiente al cap. 2, así como los cap. 4 «Conclusiones» y cap. 5 «Conclusiones finales». Remitimos al lector interesado al trabajo original (J. Salas).

## 1. INTRODUCCION

Los materiales de construcción han ido desarrollándose técnicamente con el progreso de nuestra civilización, y es así como han logrado adaptarse a las variadas necesidades constructivas de nuestro tiempo. Este avance ha debido considerar estudios de cualidades más relevantes, como también sus desventajas. Sin embargo, en ocasiones se ha adoptado el uso de sistemas y elementos, empleados por tradición, sin analizar sus características en forma sistemática.

En un principio, el hombre utilizó como abrigo elementos naturales como cavernas y grietas. Después, ante la necesidad de cazar, de cultivar y por lo mismo de desplazarse, construyó abrigos con materiales fáciles de manejar y disponibles sobre el propio terreno. Entre ellos, naturalmente, la tierra. El proceso constructivo primitivo utilizaba lodo, el que se extraía de riberas y era preparado en pozos especialmente adaptados para ello, se le agregaba 1/3 de paja y 1/3 de guano de vacuno y se procedía al amasado de estos componentes hasta formar una masa uniforme. El estiércol podría actuar como plastificante y reducir las contracciones de secado. La paja puede considerarse como un refuerzo primitivo.

Hoy en día, debido a la escasez y costo de los productos energéticos, debe recurrirse a mejorar las técnicas para emplear materiales que disminuyan estos insumos en su elaboración.

Para los países en vías de desarrollo, caracterizados por una proporción elevada de hábitat rural extremadamente disperso, el barro es un material que presenta ventajas económicas considerables:

- La producción de este material ocupa casi exclusivamente recursos locales, en cuanto a mano de obra y materia prima, lo que permite eliminar costos de transporte de éstas o de productos acabados.
- Las técnicas elementales de producción requieren tan sólo de una inversión reducida en equipo industrial.
- Posee excelentes características de inercia térmica y aislación acústica.

A pesar de que un tercio de la población mundial habita en construcciones hechas a través de siglos con este elemento, no existe ninguna definición técnica de dicho material y se tiende a construir sólo en base a recomendaciones artesanales tradicionales.

La intención de este trabajo es estudiar, en forma experimental, el comportamiento de los distintos componentes para uno de los sistemas de construir con suelo natural más usado en nues-

tro país, nos referimos al adobe y así obtener información acerca de sus características técnicas.

Intentamos además que el adobe sea aceptado como un material de construcción más y que su fabricación comience a normalizarse.

Actualmente se recomiendan diversos aditivos para mejorar la resistencia del adobe, tales como cal hidratada, cemento, yeso y bitumen, con los que en definitiva obtenemos suelo estabilizado, variantes que no serán tratadas en esta investigación.

La hipótesis principal que nos hemos planteado es que, como el adobe se obtiene de una combinación de distintos componentes, podemos encontrar la mezcla que los optimice, consiguiendo maximizar la respuesta del material frente a algunas sollicitaciones mecánicas. El análisis se realizará en base a series de ensayos empíricos en probetas RILEM, las cuales serán confeccionadas a partir de un diseño experimental factorial, el que ordenará las distintas combinaciones de los factores que componen el experimento. Estos se determinarán bajo un criterio de optimización y serán estudiados para distintos niveles.

Con esto podemos comprobar, mediante un análisis estadístico de los resultados, si existen diferencias significativas entre dos suelos adoberos distintos, lo que nos hará decidir si es necesario ampliar la investigación al estudio de otros suelos, es decir, ampliar la población de la cual se espera hacer inferencias, definiendo así futuras etapas de trabajo y determinando la validez de los resultados obtenidos.

La principal limitación de este estudio, es que existe un gran número de factores responsables de las propiedades significativas que posee la arcilla, materia prima esencial para la fabricación de bloques de barro; no obstante, esperamos que por los resultados que se obtendrán, tendremos información suficiente para establecer dosificaciones óptimas.

Finalmente, queremos dejar en claro que nuestra intención es no usar ningún aditivo, pero visto que en todas las zonas rurales de Chile usan estiércol, decidimos comprobar sus efectos y justificación de su aplicación.

## 2. COMPORTAMIENTO MECANICO DEL MORTERO DE BARRO

### 2.1. Diseño del Experimento

#### 2.1.1. Factores, niveles y repeticiones

El experimento que se llevará a cabo, es conocido como factorial, esto por cuanto se estudiará

el comportamiento del mortero de barro seco al variar los factores o componentes que lo constituyen.

#### 2.1.1.1. Suelo

El primer factor por su importancia, es el suelo y se utiliza en dos niveles:

El primero proviene de la zona de Colina, ubicada al norte de la ciudad de Santiago, y el segundo de la localidad de Til-Til; quinta región, zona eminentemente adobera.

Para la selección de los bancos, se consideró el empleo de suelos que tradicionalmente hubieran sido utilizados en la fabricación de bloques de barro con resultados satisfactorios.

#### 2.1.1.2. Arena

Como segundo factor, se considera la adición de arena sobre el suelo natural en 5 niveles, los que irán desde un 0% hasta un 80%, en peso, referido al del suelo seco, esto con incrementos de 20%.

#### 2.1.1.3. Estiércol

El estiércol, usado tradicionalmente como aditivo plastificante natural, constituye el tercer factor, el cual se estudiará en los niveles 0%, 2% y 5% en peso, referido también al suelo seco.

#### 2.1.1.4. Agua de amasado

Finalmente, es el agua de amasado el cuarto factor en estudio, en donde para la definición de los niveles se consideraron los siguientes criterios:

1. La cantidad de agua con que se confeccionará la mezcla, estará en directa relación con los límites líquido y plástico de los suelos, por constituir éstos el criterio universalmente aceptado para la identificación y la posterior clasificación de los mismos.
2. El rango de estudio para este factor será tal que permita el llenado satisfactorio de los moldes para probetas RILEM, según la tecnología aplicada y definida en punto 2.2 (trabajabilidad).
3. Con el objeto de mantener estas condiciones al adicionarle al suelo los otros factores, la dosis de agua se incrementará en una cantidad tal que satisfaga las necesidades de adsorción y absorción de la arena y la que requiera el estiércol para estar en estado saturado superficialmente seco.

Para establecer los niveles de este factor, se prepara una serie de pastas de prueba con mezclas críticas para los tres primeros factores, con el cuarto variable, llegando a establecer los siguientes 5 niveles:

$$\text{Nivel 1} = P_w + (2/3) I_p$$

$$\text{Nivel 2} = L_w$$

$$\text{Nivel 3} = L_w + 1/3 I_p$$

$$\text{Nivel 4} = L_w + 2/3 I_p$$

$$\text{Nivel 5} = L_w + I_p$$

Donde « $P_w$ » es el límite plástico del suelo, « $L_w$ » es el límite líquido y « $I_p$ » el índice de plasticidad del mismo.

#### 2.1.1.5. Repeticiones

Con el objeto de reducir la incertidumbre propia de las observaciones empíricas y aprovechando que los moldes para probetas RILEM se encuentran para serie de tres unidades cada uno, procedemos a preparar para cada mezcla tres repeticiones del mismo tratamiento, entendiendo por tal alguna combinación de los distintos factores.

#### 2.1.2. Metodología

El cuadro N.º 1 resume los factores y sus respectivos niveles para el experimento.

Si tomamos cualquiera de las probetas preparadas con algún nivel de cada uno de los factores en estudio, ella habrá sido sometida a un tratamiento particular caracterizado por el nivel en que cada uno haya participado.

**Cuadro N.º 1**

#### FACTORES Y NIVELES DE ESTUDIO

Factor	Nivel	Descripción
Suelo	1	Colina
	2	Til-Til
Arena	1	0 %
	2	20 %
	3	40 %
	4	60 %
	5	80 %
Estiércol	1	0 %
	2	2 %
	3	5 %
Agua	1	$P_w + 2/3 I_p$
	2	$L_w$
	3	$L_w + 1/3 I_p$
	4	$L_w + 2/3 I_p$
	5	$L_w + I_p$

Cuadro N.º 2

## ESTRUCTURA DEL EXPERIMENTO

E. 1.º E					S. 1.º E					T. 1.º E						
EW	AW	EW	SW	TW	EW	AW	EW	SW	TW	EW	AW	EW	SW	TW		
																T
							1R									
							S1									
							E1									
																S

T<sub>i</sub>: Suelo. S<sub>j</sub>: nivel factor arena. Est<sub>k</sub>: nivel factor estiércol. W<sub>i</sub>: nivel factor agua. R<sub>m</sub>: repeticiones.

Llamaremos «Y» a las observaciones que pueden llevarse a cabo en dichas probetas. Sabemos que a esta observación también le está asociado un tratamiento, el que es función de los factores y el nivel respectivo. Podemos entonces identificar dicha observación como  $Y_{ijkl}$ , donde los subíndices indican el nivel en que ha participado cada factor.

Si además efectuamos repeticiones para cada uno de los tratamientos y llamamos «m» al original asociado a cada uno de ellos, entonces la observación queda definida por  $Y_{ijklm}$ .

El cuadro N.º 2 muestra el ordenamiento, del modo de visualizar la estructura que allí tendremos.

Aquí se aprecian los distintos factores y niveles en que cada uno participa. Se puede observar además las repeticiones para cada tratamiento. También resulta evidente que se requiere un total de 450 probetas para producir 150 tratamientos distintos con tres repeticiones de cada uno.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis de la Varianza

##### 3.1.1. El Suelo

Del análisis de la varianza, se desprende que el factor más importante es el suelo, lo que no hace

más que ratificar lo expresado por Terzaghi, en el sentido que es la fracción fina de los mismos la responsable de las principales características de los suelos. De aquí que en el trabajo con ellos sea fundamental un conocimiento previo de los mismos, al menos en lo que se refiere a una adecuada clasificación.

##### 3.1.2. La Arena

El factor arena resulta significativo para todas las variables respuestas estudiadas, especialmente en la variable flexotracción, la que es de especial interés, más aún si éste es uno de los pocos factores posibles de manejar en obras de edificación. De aquí que nos refiramos a algunas cualidades deseables de éste.

La primera de ellas, es que su granulometría sea continua y comprendida entre las mallas N.º 4 y N.º 200 ASTM (arena bien graduada y limpia).

Una segunda cualidad deseable tiene relación con la morfología de los granos, siendo ideal el que éstos sean angulosos, laminares y de máxima rugosidad. Estas características favorecen la trabazón y la adherencia entre éste y el material cementante.

Por otro lado, aún cuando el suelo en conjunto posee en general cualidades mecánicas inferiores a la arena, es deseable que éste sea lo más sano posible, asegurando así su estabilidad en el tiempo.

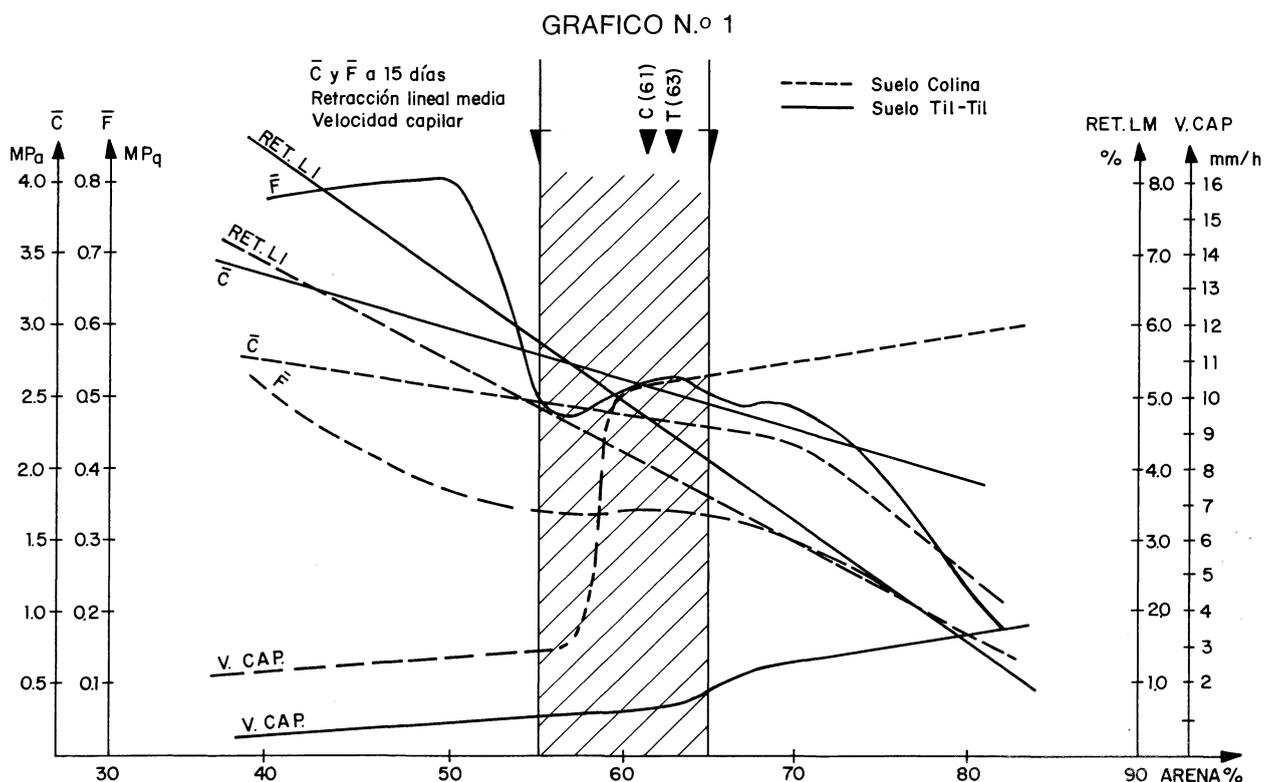
##### 3.1.3. El Agua

Con respecto al agua, resultó existir un nivel óptimo para el nivel 3 del mismo y que corresponde al  $L_w + 1/3 I_p$  y se expresa de este modo por resultados independiente del factor suelo; sin embargo, se advierte que éste es inherente a la tecnología empleada y por ende, si ésta se modifica, el óptimo encontrado puede variar. Atendiendo a la importancia de este factor la recomendación de tratar de controlarlo resulta obvia.

##### 3.1.4. El Estiércol

Para referirse al estiércol resultó significativo sólo para la variable porosidad a un nivel muy por debajo de los anteriores.

La razón estaría en que el estiércol se compone de tubos capilares que aportan gran porcentaje de huecos; por otro lado, son pastos de escasa longitud y baja adherencia con el material cementante y no otorgan un aporte significativo en las propiedades mecánicas del suelo en estado sólido.



### 3.1.5. Efectos Combinados

En el análisis de los efectos causados por acciones combinadas resulta altamente significativo. La combinación suelo-arena, lo que se explica por el hecho que esta última no es un factor ajeno al suelo, sino que muy por el contrario, es uno de los más importantes componentes.

## 3.2. El Factor Arena

Como ya se mencionará, el elemento arena es uno de los más importantes, y tiene la ventaja de ser manejable en obra; es por esto que se ha buscado optimizar el contenido del mismo en el suelo.

Con este objeto hemos confeccionado el gráfico N.º 1, en el que abscisas aparece el contenido de arena referido en porcentaje al total del suelo así obtenido y, en ordenadas, las variables más relevantes del mortero de barro seco.

En las ordenadas de la izquierda, aparecen las resistencias a ruptura en compresión y flexotracción expresados en MPa. En las ordenadas de la derecha aparecen la retracción lineal media expresada en porcentaje y la velocidad de ascenso de humedad capilar, expresada en mm/h.

Debido a que los contenidos de arena del suelo natural son distintos, originalmente aparecieron rasgos de interés para este factor no considerados en la experiencia, razón por la cual se procedió

a suplir este vacío con ensayos adicionales en donde se pudieron apreciar las fuertes retracciones para bajos contenidos de arena.

Por el contrario, para altos contenidos de arena, las retracciones se hacen mínimas; sin embargo, la falta de cohesión y el elevado grado de porosidad se hicieron evidentes.

### 3.2.1. Resistencia a flexotracción

Nos referiremos en primer lugar al suelo Colina, por tener una tendencia más clara en su comportamiento. Este expresa un continuo descenso de su magnitud, atenuando sólo alrededor de un 60% de arena, punto donde aparece un máximo relativo. Nótese que esta zona de baja sensibilidad de la variable enmarcada entre el 55% y 65% de arena, aparece luego de una importante caída de la misma, la que se inicia cerca del 50%.

En relación al suelo Til-Til, existe una notable similitud de las curvas, en términos de existir en ambas una zona poco sensible, conteniendo un máximo relativo, que en este caso aparece para un 63% de arena.

### 3.2.2. Resistencia a Compresión

Aquí la tendencia es más uniforme, apareciendo curvas de pendiente casi constante hasta cerca de un 70% de arena para el suelo Colina, la que

se prolonga para el suelo Til-Til hasta cerca del 75%, para luego acelerar su descenso de magnitud hacia niveles mayores. Tanto para lo expresado en el punto anterior como en éste, será deseable mantener estas magnitudes lo más altas posible.

### 3.2.3. *Retracción lineal media*

Al igual que en los casos anteriores, se aprecia claramente el efecto aditivo del suelo sobre la variable respuesta, siendo mayores para el suelo Til-Til. La tendencia de la retracción lineal media en ambos suelos es de una baja sostenida de pendiente constante.

### 3.2.4. *Velocidad de ascenso de humedad capilar*

Esta es creciente en ambos suelos, destacándose para cada uno de ellos un salto brusco significativamente mayor para el suelo Colina. La causa del mismo se debería a que para contenidos de arena fuera del rango del salto; los poros son tales que el suelo se mantiene con baja permeabilidad (a la izquierda) o suficientemente grandes como para no incrementar su función capilar (a la derecha).

Dado lo sensible que es el mortero de barro seco frente a la humedad, será deseable encontrarse en un punto o zona, donde la velocidad de ascenso de humedad capilar sea lo más baja.

### 3.2.5. *Niveles óptimos y rango aceptable*

Siendo la flexotracción la más deseable de las variables respuesta, el óptimo para cada suelo se ha elegido en los máximos relativos expresados por un 60% de arena para el suelo Colina y un 63% para el suelo Til-Til en que tenemos retracciones cercanas al 4% y que podrían ser controladas en el adobe, mediante la adición de fibras vegetales como paja de trigo o minerales como asbesto.

Para establecer un rango, se tomó como nivel mínimo de arena aquél en que las fisuras, producto de la absorción de agua capilar, ya no aparezcan o sean de escasa ocurrencia y magnitud y, como nivel máximo, aquél en que se inicia la caída de resistencia a flexotracción, el que satisface las condiciones deseables de mantener la resistencia a compresión alta y no permitir una excesiva velocidad de ascenso de humedad capilar. Es así como se establece este rango entre los niveles 55% y 65% de arena.

### 3.2.6. *Efecto aditivo del suelo*

Este efecto puesto de manifiesto por la similitud y paralelismo de las curvas de una misma varia-

ble entre los dos suelos, tendría su causa en los contenidos de arcilla distintas para cada suelo. Ahora bien, el hecho que el suelo con mayor contenido de arcilla –suelo Colina– ofrezca en general valores de variables de inferior calidad, puede deberse a una sobresaturación del mortero de barro por parte del material cementante, lo que generaría enlaces débiles por falta de trabazón, microfisuras a causa de existencia de microbolzones de arcilla de mayor retracción y, en general, puntos de concentración de tensiones en la masa interna del barro seco.

## 4. CONCLUSIONES

- El suelo es una estructura de granos pétreos unidos entre sí por pasta arcillosa, donde cada uno de los elementos que componen esta estructura poseen características mecánicas dignas de ser consideradas.
- El comportamiento del mortero de barro depende en gran medida de las características mineralógicas, físicas y químicas de sus componentes y en especial de la fracción fina; es por esto que la manera más eficiente para analizar sus propiedades es en base a su plasticidad, método universalmente aceptado.
- Para la confección de adobes será conveniente utilizar suelos con bajo índice de plasticidad debido a que cuanto más alto sea, mayor será la cantidad de agua contenida en la masa que lo convierte en moldeable y, una vez seco, se tendrán mayores retracciones, por cuanto evaporará un volumen también mayor de agua.
- La presencia de arcilla en el mortero de barro es fundamental, pero una excesiva cantidad de este componente produce importantes retracciones, las que se traducen en fisuras, reduciendo las resistencias mecánicas finales. Naturalmente, este concepto y el de índice de plasticidad están relacionados, al punto que este último se emplea para comparar suelos arcillosos.
- En cuanto a la relación limo-arcilla se ha podido detectar que en tanto más se acerque éste a la unidad, se hacen más eficientes las propiedades mecánicas del mortero de barro seco.
- Al variar la cantidad de arena de un suelo, es posible controlar las retracciones del bloque producto del secado y la fisuración que se presenta cuando éste capta agua por capilaridad.

Por otro lado, a medida que se incrementa la dosis de arena, se producen pérdidas significativas de las propiedades mecánicas del mortero. Es así como en la optimización del contenido de arena se ha podido establecer un ran-

go admisible y que se encuentra delimitado por un 55 % y un 65 % de arena.

- En general, el agua óptima es aquella necesaria para saturar las partículas de arcilla y conseguir que éstas se desplacen y giren asumiendo distintas configuraciones; si la proporción de agua es baja, las partículas no podrán desplazarse y se obtendrá una masa imposible de moldear; por otro lado, una excesiva cantidad de agua transformará la pasta en un fluido viscoso, perdiendo plasticidad y cohesión, características fundamentales del mortero de barro.
- Las máximas resistencias a flexotracción y compresión, ya sea por suelo o independiente de los mismos, se obtiene para el nivel 3 de agua correspondiente al límite líquido más un tercio del índice de plasticidad.

Por otro lado, las retracciones tienen un rango de baja sensibilidad para los niveles comprendidos entre 2 y 4 de agua, ocurriendo algo similar para la porosidad en el intervalo definido por los niveles 2 y 3.

Todo esto nos lleva a concluir que en el nivel 3 de agua, se tiene –para esta tecnología– un óptimo resultado.

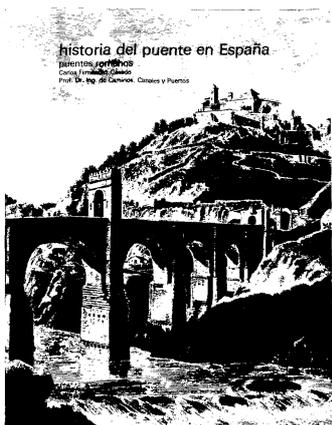
- Al agregar estiércol no se reducen las retracciones, sin embargo, resulta conveniente por cuanto pequeñas dosis de este componente

mejoran la trabajabilidad de la pasta, sin alterar de modo significativo las características mecánicas del mortero de barro seco.

Quedaría por determinarse el efecto a largo plazo, derivado de la inclusión de estiércol, a causa de la descomposición orgánica.

- Debido a la baja permeabilidad de los suelos arcillosos, para que pueda desarrollarse integralmente el fenómeno de la adsorción, será preciso mantener saturado el suelo de agua por algunos días; el tiempo dependerá de la cantidad de arcilla que el suelo contenga.
- Para evitar que las partículas de arcillas se mantengan ordenadas según fuerzas de atracción y así mejorar las características mecánicas del mortero de barro, será fundamental proceder a un intenso amasado del suelo antes del moldeado del bloque.
- Para evitar o reducir el fenómeno del craquin producido durante el secado del bloque, será conveniente la adición de fibras vegetales o minerales a la pasta, los que no sólo reducirán la fisuración, sino que actuarían como armadura interna.
- Dado el alto nivel de significación del factor suelo y su efecto aditivo sobre las variables estudiadas, será de gran interés para futuras construcciones en adobe el efectuar un catastro a nivel nacional.

## publicaciones del I.E.T.c.c.



**historia del puente en España**  
Historia del puente en España  
 Carlos Fernández Casado  
 Prof. Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

### historia del puente en España

#### puentes romanos

**Carlos Fernández Casado**  
 Prof. Dr. Ing. de Caminos,  
 Canales y Puertos

Se han reunido en esta publicación doce artículos que fueron apareciendo durante 25 años en la Revista «Informes de la Construcción», a partir del mes de marzo de 1955. El propósito era mucho más ambicioso pues se trataba de hacer una «Historia del puente en España», pero hasta el momento actual sólo se ha revisado la época romana, si bien el autor tiene la intención de prolongar la historia hasta cuando sus años de vida le den lugar.

Unos apéndices añadidos a los doce artículos originales informan sobre las variaciones experimentadas por algunos puentes más importantes como la del traslado de las ruinas mejor conservadas del puente de Alconétar, que corrió el peligro de quedar sumergido en el embalse de Alcántara, y la reparación de la cimentación de una de las pilas centrales del puente de este mismo nombre que fue detectada, al quedar durante unos días cortado el curso del Tajo, para realizar el montaje de los desagües de fondo correspondientes a la presa del citado embalse.

Un volumen encuadernado en cuché, a dos colores, de 21 x 27,5 cm, compuesto de 554 páginas, 105 grabados, 14 dibujos, 753 fotos blanco y negro, 24 fotos color y 110 dibujos de línea.  
 Madrid, 1981.

Precios: España, 3.000 ptas.; extranjero, 43 \$ USA.