

UNSAM – UTN SAN RAFAEL

MAESTRÍA EN DESARROLLO LOCAL

***TRABAJO FINAL DE
TESIS***

***APLICACIÓN DE LA PIEDRA TOBA Y ADOBES DE
SUELOCIMIENTO A LA MAMPOSTERIA EN LA
CONSTRUCCION***

Ing° Héctor Hugo Rodríguez

Dr.: Mg. Ing° Carlos A. Llorente

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido temático	Página N°
RESUMEN	
INTRODUCCION Inscripción y descripción de la problemática	3
TOBAS VOLCÁNICAS - Antecedentes regionales	4
Yacimientos, extensión, posibilidades de explotación	5
Propiedades físico mecánicas	6
Análisis técnico y costos comparativos con el ladrillo tradicional	7
Evaluación de costos de explotación	8
Consideraciones ambientales	8
Posibilidades de explotación a nivel industrial	9
Perspectivas constructivas	11
BLOQUES MACIZOS DE SUELOCEMENTO reseña histórica	12
Morteros de barro	13
secado	13
Mampuestos de suelocemento	14
Especificaciones y propiedades para el suelocemento	15
Cementos determinación de la cantidad	16
Tipos de prensas	16
Ladrillos y bloques fabricación	17
Cimentación	19
Muros elementos de arriostre	20
Elementos de confinamiento	21
Tecnología Cinva Ram	21
Confluencia entre los dos materiales	25
Bibliografía	26

RESUMEN

En el año 3000 a. C. aparece el ladrillo cocido (Palacio de Nippur en la Mesopotamia), usándose como elemento decorativo y cubrimiento de muros realizados en adobe. Posteriormente la cultura del imperio romano fue la gran difusora de la construcción en ladrillo. Si bien los materiales de construcción han tenido un desarrollo técnico enorme desde aquella época, es notable que, para viviendas unifamiliares, y edificios de poca envergadura, se siga imponiendo el ladrillo cerámico macizo; a pesar que en su fabricación se produce una gran erosión del suelo, y una notable emanación de gases tóxicos a la atmósfera. Además, si se presupone como hasta ahora, lo más apto, seguramente no habrá otro que lo supere en calidad. El propósito de este trabajo, precisamente, es tratar de desarrollar un elemento constructivo que mejore las condiciones de confort, facilite los procedimientos constructivos, satisfaga la reglamentación al respecto y, fundamentalmente en su manufactura y obtención preserve las condiciones del medioambiente.



INTRODUCCION

Es excepcional, que el hombre en su transcurso y desarrollo modifique el escenario natural, sin impactar negativamente en lo que en definitiva es su ecohábitat.

Por otra parte, la evolución cultural, ha asociado a la pobreza, construcciones de piedra y barro, sin tener en cuenta obras milenarias construídas con estos materiales primarios que han perdurado en el tiempo; y además, se los ha desechado sin hacer una evaluación técnico-comparativa con los materiales que en forma progresiva se van introduciendo en el mercado.

El usual adobón cocido utilizado como mampuesto en la actualidad, en su fabricación, produce una degradación enorme, con la consiguiente desertificación de los suelos afectados, sumado a las emanaciones de gases tóxicos. La degradación del suelo reviste gran importancia, porque su regeneración es en extremo lenta. En zonas agrícolas tropicales y templadas, se requiere de un promedio de 500 años para la renovación de 2,5 centímetros de suelo.

La piedra toba es una ceniza volcánica solidificada por sedimentación progresiva, que además, molida, posee propiedades cementicias. Por su origen, se puede deducir su abundancia a lo largo de toda la cordillera, situación ampliamente ventajosa por nuestra proximidad a la misma.

*El objeto de la tesis a desarrollar, es demostrar que se puede trabajar esta piedra en forma artesanal, mediante la fabricación de mampuestos, con costo igual o inferior al ladrillo cerámico macizo, utilizando para ello, **mano de obra de planes sociales paliativos, otorgados en el marco de la crisis económica que vive el país, convirtiéndolos en forma progresiva en trabajos genuinos y trabajadores dignos.***

En un proceso a futuro, se podría lograr la industrialización mecanizada de la piedra, aún cuando los costos de inversión son elevados.

Una situación idéntica se pretende con los bloques de suelocemento compactado y elaborado al pie de obra, lo cual se podría intentar a través de planes de ejecución de viviendas por esfuerzo propio y ayuda mutua, metodología ya ensayada, tratando de mejorar las falencias detectadas.

Por ello, el objetivo del presente trabajo, es estudiar los aspectos relacionados con las propiedades físico mecánicas de materiales que los hagan aptos de acuerdo a Códigos y Reglamentos, satisfaciendo a su vez los Estándares Mínimos de Calidad establecidos por la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación, y a la Normativa en la construcción con un material noble y accesible de acuerdo a nuestra ubicación geográfica, que es el caso de la piedra toba, y una alternativa técnicamente mejorada del tradicional

adobe; haciendo interactuar ambas posibilidades de acuerdo al planteo previo, sujeto a distintos condicionamientos, y un análisis comparativo a efecto de ponderar ventajas de ambos para distintos escenarios

TOBAS VOLCÁNICAS - Antecedentes regionales

A lo largo de la Cordillera de los Andes la presencia de depósitos de toba en cuanto a sus posibilidades de explotación, es inagotable. Lógico es este razonamiento si consideramos que su origen es el de depósitos sedimentarios de cenizas volcánicas, cuya consolidación y en consecuencia su densidad es proporcional al tiempo transcurrido desde su deposición.

Esta situación, se hace repetitiva en cualquier zona con antecedentes volcánicos, por lo tanto, a nivel mundial la toba es un material superabundante, lo notable es que no se lo utiliza preponderantemente como mampuesto, sino que el uso de esta roca es de carácter ornamental.

En Italia fundamentalmente en la zona del Vesubio, la explotación de la piedra toba es milenaria. También encontramos desarrollo de aplicación constructiva de esta en Etiopía, Alemania, México y Perú.

En la Argentina, existen construcciones no muy recientes, en donde se destinó a la toba para la construcción de muros, ejemplo de ello son las construcciones civiles de apoyo realizadas para la operación de la mina de azufre SOMINAR, situada en plena cordillera a 90 km del paraje El Sosneado, distrito del Departamento de San Rafael en Mendoza. Quienes decidieron estas obras, probablemente apelaron a la utilización de la toba, porque era lo que económicamente más a mano tenían, dado lo inaccesible del lugar, sin detenerse a analizar una situación comparativa con otro tipo de mampuesto, ya que ese no era el objetivo de su presencia en esa geografía.

En otros lugares de nuestro país se la ha utilizado en condiciones similares, como así también como revestimiento. En la localidad de Las Lajas departamento de Picunches, Neuquen, los principales edificios están contruidos con este material.

Un intento más concreto, se llevó a cabo en el norte de la provincia de Mendoza, en donde se llegó a explotar industrialmente con respaldo técnico adecuado, pero no prosperó, debido a la poca homogeneidad de los yacimientos, que provocaba el fracturamiento frecuente de la roca con la

consecuente pérdida económica. -Esta situación no se produciría con la roca de nuestra zona, que en principio, en muestras ya disponibles para ensayo manifiestan continuidad estructural, y excelente compacidad.

Yacimientos, extensión, posibilidades de explotación

A diferencia de los yacimientos metalíferos y no metalíferos, las direcciones de minería, tanto de nación, como de la provincia, , no poseen un registro exhaustivo de yacimientos tobaceos, tamaño y ubicación de los mismos. De todas formas, con cartas geológicas, que dan indicios o aproximaciones de la presencia de toba, y la orientación de pequeños industriales lugareños que explotan rocas ornamentales se pueden ubicar yacimientos importantes, dado su abundancia.

En principio, se ha detectado en el progreso de este trabajo, un yacimiento de gran extensión y buena calidad de material en la zona de Agua del Toro, al oeste de la ciudad de San Rafael, a una distancia aproximada a los 70 km.

Esta circunstancia, motiva la idea que, habiendo una villa en estado de abandono, con un caserío que en principio perteneció a Agua y Energía de la Nación en época de construcción de la presa Agua del Toro; podría solicitarse la ocupación de esta al ONABE como villa estable para los obreros que en principio trabajasen en esta cantera, laborando la toba en forma artesanal. Los rendimientos, no por tratarse de un trabajo manual dejan de ser interesantes. Generando mano de obra como se mencionó en párrafos anteriores. Mano de obra que, en principio contaría con la asistencia de planes sociales, los que en forma progresiva se iría desplazando por los producidos propios de la explotación. Se hace hincapié que no se trata de un trabajo esclavo, ya que la toba es una piedra muy maleable, no requiere esfuerzo alguno en su laboreo. Simplemente debe el obrero incorporar el arte de trabajarla.

Factibilidad de explotación

En forma genérica, los pasos a seguir para concluir en una factibilidad concreta de explotación implicarían, un destape de cantera y consiguiente muestreo superficial del area. Luego se efectúa un muestreo en profundidad, para determinar la continuidad en la calidad de la roca; se toman muestras, y se realizan los correspondientes ensayos petrográficos. Luego se traza un plano topográfico, y se elige una metodología de explotación.

Propiedades físico mecánicas-ENSAYOS PETROGRAFICOS

A efectos de caracterizar la piedra toba para un posterior análisis comparativo con otros materiales de construcción, en especial el ladrillo cerámico común se hace necesario realizar los sgtes. Ensayos, los cuales, en una elucubración previa, justamente se prevee satisfarán plenamente el objetivo de su cometido:

1. *Densidad*
2. *Peso específico*
3. *Absorción*
4. *Porosidad*
5. *Conductividad térmica*
6. *Abrasión, ensayo de Los Angeles*
7. *Durabilidad (congelación y deshielo)*
8. *Composición química (presencia de arcillas expansivas)*
9. *Resistencia a la flexión y compresión*
10. *Adherencia*
11. *Compatibilidad con pinturas*
12. *Idem revoques*
13. *Comportamiento estructural-Sismoresistente*
14. *Módulos de elasticidad E-G*

Itinerario de ensayos: INTI "Instituto Nacional de Tecnología Industrial", CICAIVI " Centro de Investigación Ambiental y Energético de la Vivienda"

No haremos un desarrollo técnico de estos ensayos ya que son específicos, y no constituyen el objeto del presente trabajo; pero si podemos hacer una descripción para ver en qué medida la piedra toba satisface los mismos.

La toba es un material de gran porosidad, esto la hace menos densa que el ladrillo cerámico común, en consecuencia su peso específico es menor – 1200-1300 kg/dm³ contra 1600 kg/dm³ -; pero, tiene mucha absorción , debido a su alta porosidad lo que deberá tenerse en cuenta en los procesos constructivos. Esa porosidad le permite albergar multitudinarias celdas de aire que le permiten una conductividad térmica muy inferior al ladrillo cerámico y aún inferior al adobe de suelocemento.

En cuanto a la durabilidad, debe procurarse impermeabilizar los muros exteriores para que no permitan el ingreso de agua factible de congelación y posterior disgregación. En cuanto a arcillas expansivas, dado su origen es improbable su presencia.

La adherencia con morteros (**mezcla de barro para lograr la adherencia entre bloques**), es óptima, idénticamente con pinturas y revoques. Los parámetros estructurales han demostrado en experiencias anteriores, superan a los correspondientes a la mampostería de cerámicos.

Análisis técnico y costos comparativos con el ladrillo tradicional

En principio, desde el punto de vista estrictamente técnico arquitectónico, la ventaja de la toba respecto al ladrillo cerámico reside en que el coeficiente de conductibilidad térmicoabsorción acústica (La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor), que en el caso de la primera es prácticamente un tercio inferior al valor del ladrillo. Esto es determinante, teniendo en cuenta que el peso de la toba oscila entre 1300-1400 kg/m³ mientras que en la mampostería es de 1600 kg/m³.

Esto significa, en la práctica que, a iguales espesores de muros, obtendremos una vivienda más aislada, con el consiguiente ahorro en acondicionamiento de aire. O bien, con espesores menores lograr la misma aislación.

De lo observado en el párrafo anterior, también se puede deducir que se podría optar por mampuestos de mayor tamaño, sujeto desde ya a los valores máximos manejables en obra en cuanto a peso y tamaño precisamente. Esto impactaría positivamente en el costo de mano de obra.

Las posibilidades de provisión de piedra toba en cuanto a sus características de terminación son: cortada al disco, con caras lisas y perfectamente paralelas; Ídem a cincel, en forma artesanal con superficie rugosa, caras casi paralelas, y atractivo valor de terminación.

Respecto a la Evaluación de Costos de explotación, en un ensayo tendiente a comparar el costo de la piedra toba respecto al ladrillo cerámico común, los mampuestos que se dispusieron para la ejecución de los ensayos, cuyo tamaño es igual al doble de un ladrillo cerámico común (normalmente llamado adobón), fueron cortados con disco, y considerando el valor unitario de mampostería con ambos materiales el costo en el caso de la piedra fue de un 30% menor. Más aún es de destacar, que los mampuestos cortados a cincel, para una determinada cantidad, y de ahí en más, son más económicos; podemos

deducir que con un manejo adecuado en cuanto a explotación, provisión, cantidad etc..., los costos de la mampostería con piedra toba son por demás atractivos.

Además de lo mencionado, teniendo en cuenta ciertas previsiones en las técnicas de desarrollo constructivo, que veremos más adelante, podemos usar la piedra vista ambas caras, interior y exterior de la vivienda, eligiendo a gusto del comitente la textura de la misma, pudiéndola revocar o no; idéntica situación en el caso de la pintura, ya que tiene muy buena respuesta en cuanto a adherencia de la pintura.

Consideraciones ambientales

Este es un aspecto determinante para el futuro y aplicación de la toba a la construcción. Sabemos perfectamente en el caso de fabricación de ladrillo de arcilla cocido se produce la degradación irreversible de los suelos utilizados como materia prima. La quema de leña en grandes cantidades, con el consiguiente consumo de oxígeno, aporte a la atmósfera de dióxido y monóxido de carbono, más las emanaciones de gases tales como anhídrido sulfuroso y ácido sulfúrico productos resultantes de la cocción de tierras que en su composición in situ presentan este metal combinado en distintas formas.

La explotación de la toba, por el contrario, no impacta en ninguna medida en la calidad del aire que respiramos, ni tampoco afecta a los terrenos involucrados, ya que no se trata de suelos, sino de zona de cantera que jamás tendría destino de cultivo. Además, de revertir la situación respecto a los suelos, se trabajaría en grandes extensiones próximas o al pie de zonas montañosas, alejadas de las zonas urbanas y de actividad agropecuaria.

Posibilidades de explotación a nivel industrial

En las imágenes que se exponen a continuación, se puede observar las máquinas fabricadas específicamente para el corte de piedra. Estas, constan fundamentalmente de un hilo diamantado que realiza el corte, no afectándolo prácticamente la condición abrasiva de la toba, en particular. La máquina se puede desplazar a través de rieles haciendo los cortes directamente en cantera. En nuestro caso, las pruebas se realizaron con una máquina fija de disco rotativo, demostrando ser antieconómico, porque los discos sufren un gran desgaste por abrasión y sin haber realizado un número elevado de cortes, se fracturaban¹. Estas máquinas se fabrican en Europa y su costo es muy elevado, pero en una situación de industrialización serían perfectamente amortizables.

1 Rocas IVARS, San Rafael.



© **PELEGRINI MECCANICA - VERONA (Italy) - P.iVA 0072471 023 1**

"PELEGRINI the stone master" produce diferentes maquinas y equipos:

MAQUINAS PARA CANTERA o sea toda la maquinaria necesaria para obtener bloques dimensionales en canteras de marmol, granito y otros tipo de piedra. La produccion principal comprende varios modelos de màquinas cortadoras e hilo diamantado , equipo de perforación equipamiento para el volcamiento y rotura.



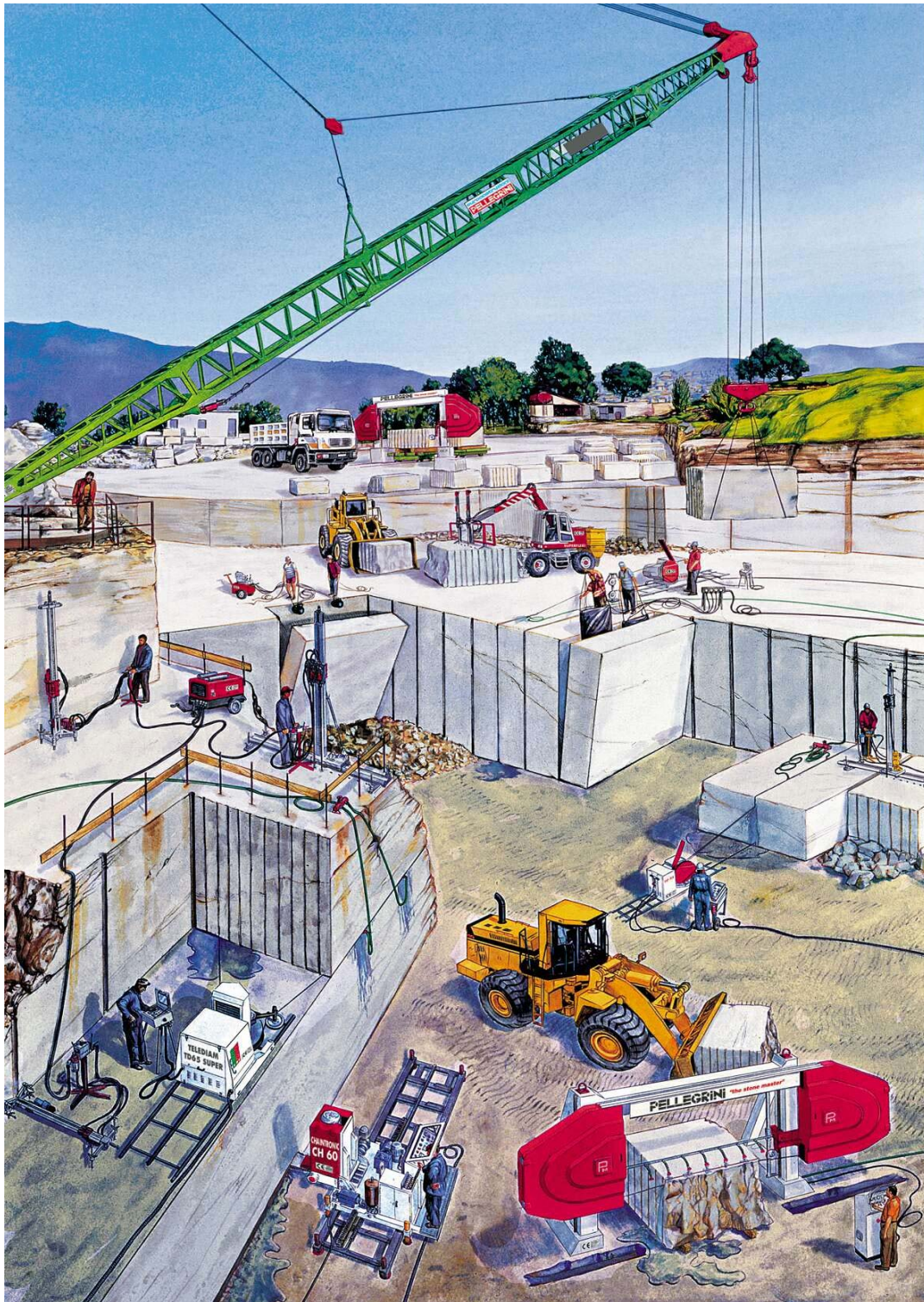


Ilustración cantera piedra toba PELLEGRINI SPA Italia.

Perspectivas constructivas

La mayoría de los programas de prospección mineral se concentran en minerales metálicos de mayor valor económico; consecuentemente. las compañías mineras no se interesan por la explotación industrial de las rocas de las canteras.

La gran densidad de mano de obra que genera el trabajo de la piedra y su idoneidad como pequeña o mediana industria local o regional son características atractivas para los países en desarrollo.

Su aplicación en viviendas en serie de bajo costo es una aspiración de este trabajo, fundamentalmente, si tomamos en cuenta que representa una disminución del 27% aproximadamente en el costo unitario de los mampuestos.

Pero no sólo este aspecto es el que pone énfasis en la conveniencia en el uso de la toba en la construcción; lo fundamental es su bajo coeficiente de conductibilidad térmica y absorción acústica, lo que hace viviendas de gran confort con bajos costos de acondicionamiento, pudiendo además, dada su versatilidad arquitectónica, lograr proyectos individuales de gran atractivo o bien aplicarla como se mencionó a viviendas en serie, dando solución a la demanda habitacional en las provincias contiguas a la cordillera, o bien aplicando la diferencia en costo respecto a los ladrillos cerámicos, a los fletes por traslado a zonas más alejadas.

MATERIAL	COEF. DE CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA λ [kcal/m°C*h]
Mampostería ladrillo	0,70
Bloques de suelocemento	0,58
Mampostería bloque de toba	0,32

Fuente: CEREDETEC Centro Regional de desarrollo Tecnológico para la Construcción, Sismología y la ingeniería Sísmica. UTN Fac. Reg. Mza.

BLOQUES MACIZOS DE SUELOCEMENTO

Reseña histórica-ventajas Proceso de fabricación-compactación

Previo a tratar el tema del bloque de suelocemento, haremos una referencia a la histórica elaboración del adobe crudo, ya que las modificaciones en cuanto a su fabricación difieren fundamentalmente en el agregado de cemento en proporciones que ya veremos, y en la compactación del mampuesto.

La arcilla es el componente de suelo más importante para lograr una mampostería de adobe de buena calidad, desde el punto de vista de su resistencia sísmica, pues la arcilla proporciona la resistencia seca, la cohesión, plasticidad y controla la demanda de humedad del barro. Sin embargo, la arcilla ocasiona la contracción del barro durante el secado y la fisuración de los adobes y del mortero. Para verificar si el suelo tiene arcilla, se recomienda realizar el ensayo de Resistencia Seca,

Los adobes no requieren tener una elevada resistencia a la compresión. Los adobes fabricados de la manera tradicional son adecuados siempre y cuando sean de calidad aceptable, lo que significa que sean manipulables, de dimensiones uniformes, sin alabeos y estén libres de rajaduras.

Con el fin de prevenir el agrietamiento de los adobes, se requiere agregar paja al barro en fibras de 0.10 m de longitud aproximadamente, en una proporción en volumen no menor a una parte de paja por seis de suelo. Es aconsejable remojar el suelo por dos o más días antes de la elaboración de los adobes.

Es recomendable que los adobes se sequen a la sombra por un período no menor de una semana, en un área limpia y plana, colocando arena fina entre el piso y los adobes. Para facilitar el secado de los adobes, éstos se colocarán de canto tan pronto como sea posible. El tiempo mínimo de secado será de quince días.

Si los adobes se rajan durante el proceso de secado, aún cuando este se realice a la sombra, será necesario aumentar la proporción de paja en la mezcla y/o añadir arena gruesa, hasta obtener adobes libres de rajaduras.

NOTA: consiste en fabricar cinco o más bolitas pequeñas de suelo de aproximadamente 20 mm de diámetro. Una vez secas (a las 24 horas) se aplasta cada bolita entre los dedos pulgar e índice. Si las bolitas son tan fuertes que ninguna se puede romper, el suelo contiene arcilla, de lo contrario el suelo es inadecuado y deberá descartarse.

Los moldes para la fabricación de los adobes tendrán de preferencia fondo, ya que de esta manera se obtienen adobes mas compactos y uniformes. En el fondo del molde se dejarán dos pequeñas ranuras longitudinales que permitan el escurrimiento del agua. El molde se debe sumergir en agua para evitar que el barro se pegue a las paredes cada vez que se fabrique un nuevo adobe. En el caso de utilizar moldes con fondo, se les debe rociar arena fina en el interior para evitar que el barro se pegue al fondo.

En el caso del mortero, es indispensable controlar la fisuración del mortero debida a la contracción por secado. La paja y en menor grado la arena gruesa, son aditivos naturales eficientes para controlarla y, por consiguiente, mejorar la calidad de la mampostería.

La adición de fibras al mortero controla este fenómeno, mejorando la cohesión y por lo tanto la resistencia de la mampostería; en consecuencia, la cantidad de paja en el mortero debe ser la máxima posible. Sin embargo, la cantidad máxima de paja que se puede añadir a un suelo determinado, está controlada por la trabajabilidad del mismo. Si la cantidad de paja necesaria para controlar el agrietamiento es excesiva, deberá añadirse arena gruesa a la mezcla.

Para establecer las proporciones de barro, paja y, eventualmente, arena del mortero, se recomienda realizar el ensayo de Control de Fisuración, consistente en fabricar tres o mas emparedados (dos adobes unidos por mortero) usando los adobes existentes y el mortero de suelo-paja en estudio. Luego de 48 horas de secado a la sombra, los emparedados se abren cuidadosamente y se examina el estado del mortero (Figuras 29 y 30); si este no se encuentra visiblemente fisurado, el suelo es adecuado para la construcción. En caso contrario, se podrá usar arena gruesa (de 0.5 a 5 mm aproximadamente) como aditivo para controlar la fisuración. Si no hay arena gruesa disponible, el suelo deberá descartarse. La proporción suelo-arena o suelo paja-arena más adecuada, se determina realizando el ensayo de Control de Fisuración, fabricando tres o más emparedados de cada una de las mezclas en estudio. El emparedado con menor contenido de arena gruesa que, al abrirse a las 48 horas ya no muestre fisuras visibles en el mortero, indicará la mezcla más adecuada para la construcción. Se recomienda que las proporciones de suelo- arena gruesa varien entre 1:0 y 1:3 en volumen. Normalmente mezclas de arena gruesa- paja- suelo comprendidas entre 1:1:2 y 1:1:5 proporcionan resultados aceptables y pueden servir de base para seleccionar la mezcla más adecuada.

Al igual que en la fabricación de adobes, se recomienda reposar el suelo con el que se preparará el mortero y batirlo varias veces para lograr una mezcla uniforme.

Respecto al Secado, *se deben dejar secar los ladrillos lo suficiente como para poder desmoldarlos sin que haya deformaciones. Extender el período de pre-secado por tres días de sol, hasta que éstos puedan ser parados de canto. Una vez completado el pre-secado, pueden ser apilados, como lo enseña la ilustración. Se deben dejar secar por unas dos semanas al sol.*

Otro aspecto del proceso es el apilado de Ladrillos para Uso en la Obra. Se debe proporcionar una base firme y uniforme para el apilado de los ladrillos. Mediante el uso de tirantes de madera, y dejar un espacio entre el suelo y la base de la pila para que la lluvia no los deteriore.

Si anticipa lluvias, se cubrirá la pila con plástico. Para evitar un acarreo innecesario de los ladrillos durante el proceso de construcción, no apilar todos los ladrillos que recibe en un solo lugar. Distribuir el envío en pequeños lotes, con suficientes ladrillos como para levantar una pared, en cada cuarto, que no sobrepase la altura de los hombros. A partir de esta altura, se deberá usar andamiaje, para el que se necesita un lugar, más el que toma moverse para su armado.

Como el perímetro de las paredes exteriores se levanta hilera por hilera, todo alrededor, se debe distribuir los ladrillos de manera que queden cómodos. A fin de facilitar el acceso a los ladrillos, apilar de canto, cuidando que cada fila tenga un ángulo de unos 45 grados. Una hilera para un lado, la siguiente en el sentido contrario, como lo indica la figura a continuación.

Vista Superior



En relación al corte de ladrillos, se utiliza una base de arena para asentar el ladrillo que se va a cortar, para evitar su rotura. Con una pequeña hacha, se hace una incisión a lo largo del perímetro del corte. Con el ladrillo apoyado sobre un canto, se cortará aproximadamente la mitad de su ancho. Se rotará el ladrillo, apoyando sobre la arena el canto opuesto. Con el hacha se corta el remanente. Esta técnica permite obtener un corte parejo a todo lo ancho del ladrillo. Si se intenta cortar el ladrillo sin voltearlo, el corte será imperfecto o puede llegar a perderse el ladrillo.

Por último, el mampuesto de suelo-cemento o ladrillo ecológico, se utiliza como materia prima tierra no fértil. La tierra no se cuece ya que al incorporarle cemento éste modifica el comportamiento de sus partículas y mejora su estabilidad, le confiere mayor resistencia y durabilidad.

Para esta propuesta se necesita como único equipamiento, una prensa manual para fabricar mampuestos según un procedimiento sencillo, donde el constructor no necesita ser personal calificado de la construcción.

Los elementos modulares de suelo-cemento brindan la racionalidad de su proceso de fabricación y sus cualidades técnicas tales como buena resistencia mecánica y al paso de la humedad, regularidad dimensional y competitivo costo con respecto al ladrillo cocido.

De ello surge que utilizando una técnica actualizada y proyectos adecuados es posible conseguir viviendas de bajo costo con buenas condiciones térmicas, acústicas y con buena durabilidad.

FUENTE: RED TEMÁTICA XIV . A: HABITERRA

*Sistematización del uso de la tierra
en viviendas de interés social*

**ESPECIFICACIONES Y PROPIEDADES PARA EL SUELO-
CEMENTO**

Los efectos del cemento en el suelo son:

- disminuye el peso específico seco.*
- aumenta la resistencia a la compresión*
- disminuye la sensibilidad a la acción del agua*
- disminuye la retracción por secado*
- aumenta la resistencia a la erosión*

Recursos

El Suelo:

El suelo debe ser seleccionado de forma tal que requiera el menor contenido de cemento. Los suelos más adecuados para la fabricación de ladrillos y bloques de suelo- cemento son aquellos con las siguientes características:

a) *Granulometría: (ASTM D-422-90)*

<i>Tamiz</i>	<i>Porcentaje que pasa</i>
4 (4.8 mm)	100
40 (0.42 mm)	70-15
200 (0.075 mm)	50-10

b) *Plasticidad: (ASTM D-4218-84)*

Límite líquido: £ 45%

Índice plástico: £ 18%

c) *pH del suelo: £ 5.4*

d) *porcentaje de materia orgánica: £ 2.0*

Cementos:

Los cementos podrán ser del tipo Portland que satisfagan las normas locales pertinentes. Cualquier otro tipo de cemento deberá ser evaluado mediante pruebas de laboratorio.

El Agua:

El agua no deberá contener impurezas nocivas a la hidratación del cemento. Las aguas potables podrán considerarse como apropiadas para su empleo.

Determinación de la Cantidad de Cemento

Para determinar la cantidad de cemento es aconsejable preparar en laboratorio tres mezclas de prueba con los siguientes contenidos de cemento en peso: 5, 8 y 12%.

No se deberá emplear contenidos de cemento inferiores a 5% en peso, a menos que se demuestre experimentalmente que contenidos de cemento inferiores produzcan albañilerías con la resistencia y durabilidad deseada. Como regla general se recomienda un contenido máximo de cemento de 12% en peso.

Para el cálculo aproximado del volumen de suelo suelto necesario para fabricar ladrillos o bloques, se pueden utilizar coeficientes comprendidos entre 1.6 a 2.2 del volumen del elemento compactado.

Tipos de Prensas

Las prensas para la fabricación de ladrillos o bloques de suelo- cemento pueden ser manuales o hidráulicas, empleando presiones de compactación entre 2,0 a 10,0 Mpa. La presión de compactación se puede ejercer de dos formas;

a) en una sola cara (superior)

b) en ambas caras (superior e inferior)

Cuando la compactación se realice sobre una sola de las caras, la altura máxima del elemento compactado (ladrillo o bloque) será de 100 mm. Cuando se empleen prensas que compactan por ambas caras, la altura máxima compactada será de 150 mm.

Ladrillos y Bloques

Los ladrillos y bloques de suelo-cemento deberán tener las dimensiones geométricas que especifiquen las normas locales pertinentes, sus aristas serán vivas o achaflanadas y no contendrán fisuras, fracturas u otras deficiencias que puedan perjudicar la colocación o afectar la resistencia y durabilidad de la albañilería. El espesor mínimo de las paredes de los bloques será de 25 mm.

Morteros

Para el asentado de los ladrillos; y bloques de suelo-cemento se emplearán morteros de suelo-cemento plástico. Esta mezcla de suelo, cemento y agua deberá tener una trabajabilidad similar a la de cualquier otro mortero de albañilería.

Como regla general, el contenido de cemento en el mortero debe ser un 4% mayor del contenido del cemento empleado en la fabricación de los ladrillos o bloques. La cantidad mínima de cemento en el mortero será del 10%.

En los casos de suelos con un elevado, contenido de arcilla, a fin de reducir la retracción del mortero se recomienda:

a) añadir entre 1% a 2% de cal hidratada, ó

b) añadir arena gruesa hasta que se verifique experimentalmente una reducción en la contracción del mortero.

Fabricación de Ladrillos y Bloques

Preparación del Suelo:

El suelo deberá ser pulverizado y cernido con una malla de 5 mm.

Preparación de la Mezcla:

La mezcla del suelo con el cemento puede realizarse manualmente o con la ayuda de medios mecánicos. Se permitirá la medida de la cantidad de suelo en volumen, con recipientes debidamente calibrados, cuando no existan condiciones para la medición en peso.

Se añadirá el cemento al suelo, mezclándolos hasta obtener una coloración uniforme. El agua se adicionará en pequeñas cantidades hasta alcanzar el contenido óptimo en función de la prensa a emplear. La verificación de la cantidad de agua en la mezcla se puede realizar, con suficiente precisión, de la siguiente manera:

a) se toma un puñado de la mezcla y se aprieta fuertemente entre los dedos y la palma de la mano sin que fluya el agua entre los dedos y estos queden marcados en la muestra;y

b) dejando caer [a muestra desde una altura de aproximadamente un metro, sobre una superficie dura, ella deberá fracturarse en pedazos; si esto no ocurre, la muestra tiene una humedad superior a la óptima.

Prensado de los Ladrillos y Bloques:

La mezcla se coloca en la prensa y después de la conformación del ladrillo o bloque se extraen los mismos colocándolos sobre una plancha metálica (o de madera) rígida para trasladarlos al área de curado. Los ladrillos o bloques deben ser colocados a la sombra, sobre una superficie plana.

Curado:

Después de 4 a 6 horas de haberse fabricado los ladrillos o bloques, debe iniciarse el proceso de curado. El curado se realizará como mínimo durante 7 días, humedeciendo con agua los elementos 3 a 4 veces durante el día con la ayuda de una regadera, nunca con chorro directo.

Cuando no existan condiciones para el curado bajo techo, se deben proteger los elementos con una lona o material similar.

Tiempo para la Colocación de Ladrillos y Bloques:

La edad mínima recomendada para el empleo de los ladrillos o bloques en la construcción es de 21 días, luego que ha ocurrido la mayor parte de la retracción del material.



Las construcciones de suelo-cemento en áreas sísmicas deberán ser compactas, con una adecuada densidad de muros en ambas direcciones dispuestos de manera aproximadamente simétrica para evitar las torsiones en planta originadas por las fuerzas sísmicas. En áreas sísmicas los muros deberán confinarse con elementos de refuerzo horizontales y verticales.

Independientemente de la sismicidad de la zona, todas las edificaciones de suelo-cemento tendrán vigas de cerramiento para el arrioste horizontal y una mejor distribución sobre los muros de las cargas de los entresijos y cubiertas. Todas las uniones entre los muros de carga deberán garantizar el trabajo monolítico de los mismos (continuidad estructural).

El conjunto estructural de las construcciones de suelo-cemento estará compuesto de:

- a) cimentación*
- b) muros*
- c) elementos de arrioste horizontal*
- d) elementos de arrioste vertical*
- e) elementos de confinamiento (en zonas sísmicas)*
- f) cubiertas y entresijos.*

CIMENTACION

En zonas de alta sismicidad no es aconsejable la construcción de estructuras de suelo-cemento en suelos granulares sueltos, rellenos no compactados, suelos cohesivos blandos, suelos con posibilidad de licuación, densificación o suelos susceptibles a asentamientos diferenciales (arcillas expansivas).

La cimentación deberá transmitir la carga de los muros de acuerdo a la capacidad portante (esfuerzo admisible) del terreno de cimentación. La cimentación, de

preferencia, será del tipo de cimientos corridos longitudinales y transversales. En suelos compresibles o con posibilidad de asentamientos diferenciales, deberá estudiarse la conveniencia de utilizar cimentaciones profundas.

La profundidad mínima de la cimentación dependerá del suelo de la región; deberá apoyar sobre un suelo estable, debajo de la capa de suelo de cultivo o capa vegetal y debajo de la capa de suelo alterable por la acción de las heladas.

La cimentación deberá sobresalir sobre el nivel del suelo la altura necesaria para evitar el contacto directo de los muros con el agua retenida en el suelo o la acumulada en la superficie por las lluvias o aniegos. Es conveniente la ejecución de una barrera impermeabilizante entre el cimiento y el muro para evitar el ascenso del agua por capilaridad, teniendo la precaución que esta no implique una junta fría entre cimiento y mampostería.

Por ello, se deberá garantizar una buena unión entre el cimiento y el muro para evitar posibles desplazamientos relativos, giros y/o vuelcos de los muros.

MUROS

Construcción

Los muros serán construidos de acuerdo con los procedimientos normales utilizados en la construcción de muros de albañilería, con la planta constructiva según su trazado y espesor.

La mano de obra empleada será calificada, debiendo supervisarse el cumplimiento de las siguientes exigencias básicas:

- a) Que los muros se construyan alineados y aplomados.*
- b) Que todas las juntas, horizontales y verticales, queden completamente llenas de mortero.*
- c) Que el espesor de las juntas de mortero sea como mínimo 10 mm y nomás de 15 mm.*
- d) Que el tipo de aparejo utilizado asegure que no se formen planos verticales de juntas o mortero.(traba).*
- e) Que los ladrillos y bloques se humedezcan antes de su colocación con el fin de evitar la absorción del agua del mortero y así mejorar la adherencia.*
- f) Que no se asiente más de 1.2 m de altura de muro en una jornada de trabajo.*
- g) Que las instalaciones eléctricas, sanitarias y de cualquier otra naturaleza se alojen en los muros sólo cuando los tubos correspondientes tengan como diámetro máximo 1/5 del espesor del muro.*
- h) Que los dinteles de puertas y ventanas se apoyen no menos de 0.30 m en los muros.*
- h) Que el conjunto estructura-mampostería cumplan con los requisitos reglamentarios sismorresistentes para viviendas de una planta.(No se aconseja construir más de una planta con adobes de suelocemento).*

Protección de los Muros

Las caras de los muros expuestas a la intemperie deben ser impermeabilizadas con pintura o llevar otro tipo de revestimiento para protegerlas de la lluvia. Las paredes húmedas de cocinas y baños deben llevar un enlucido (revestimiento) de suelo-cemento impermeabilizado con pintura hasta una altura de 1,5 m a partir del nivel de piso. En sustitución de este enlucido se pueden emplear cerámicos. En zonas de posibles inundaciones se deberá levantar un zócalo en los muros exteriores como mínimo de 0,6 m desde el nivel del terreno natural. La viga de fundación deberá sobrepasar en nivel de terreno natural, no menos de 20 cm.

ELEMENTOS DE ARRIOSTRE

Para que un muro de suelo-cemento se considere arriostrado, deberá existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriostre, que garantice una adecuada transferencia de esfuerzos y un trabajo conjunto e integrado del muro y sus arriostres.

Los elementos de arriostre se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerando al muro como losa, sujeto a fuerzas perpendiculares a su plano. El área contribuyente de los muros sobre el arriostre (horizontal o vertical) se podrá determinar en base a los patrones de líneas de rotura en losas.

Los elementos verticales de arriostres (muros de arriostre, columnas, pilastras o contrafuertes) tendrán una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir las fuerzas cortantes a la cimentación.

Se considerará como arriostre horizontal de un muro, al elemento o conjunto de elementos que posean una rigidez suficiente en el plano horizontal, capaz de limitar el desplazamiento lateral de los muros. Las vigas de cerramiento de concreto armado adecuadamente dimensionadas, normalmente cumplen con esta exigencia; en caso contrario el borde superior del muro deberá considerarse como libre. A efectos de garantizar unidad estructural entre encadenados y mampostería, se intercalarán cada 3 hiladas de mampuestos 2 hierros del 4,2.

ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

En zonas de alta sismicidad será necesario confinar como mínimo cualquier muro que soporte 10% o más de la fuerza sísmica que obra sobre la estructura (calculada de acuerdo a la normas locales de diseño sismoresistente) y un conjunto de muros que soporten el 70 % de la fuerza sísmica total, incluyendo necesariamente dentro de éstos a los muros perimetrales de cierre.

En zonas de mediana o baja sismicidad se confinará como mínimo a los muros perimetrales de cierre.

Se considerará como muro confinado, aquel que satisfaga las siguientes condiciones:

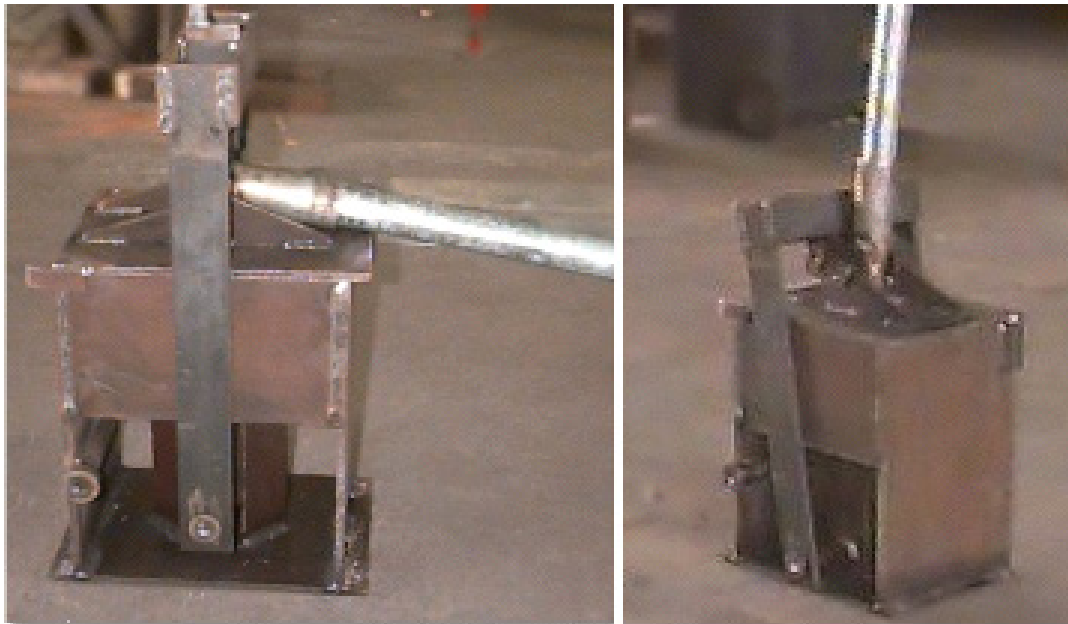
- Que esté enmarcado en sus cuatro lados por elementos de refuerzo verticales y horizontales, aceptándose la cimentación de concreto como elemento de refuerzo horizontal para los muros del primer nivel.

- Que la distancia máxima centro a centro entre elementos de refuerzo verticales sea dos veces la distancia libre entre elementos de refuerzo horizontales.
- Que todos los empalmes y anclajes de las armaduras de refuerzo desarrollen plena capacidad a la tracción.
 - Que los elementos de refuerzo funcionen integralmente con la albañilería.

Bloques de Tierra Apisonada utilizando la tecnología CINVA-RAM

Es posible producir bloques de tierra apisonada, utilizando la sencilla y práctica tecnología de la máquina CINVA-RAM originada en Chile y Colombia durante la década de los cincuenta.

Esta máquina, portátil, que opera sin requerir alimentación de energía eléctrica alguna y que es accionada por un operador se ha expandido por el mundo, llegando a permitir una producción de tipo doméstico dada la sencillez de su fabricación.



Para operar un equipo CINVA-RAM debe primero maniobrase el marco metálico que la rodea de modo que permita abrir el tope de la caja y vaciar dentro de ella la tierra debidamente preparada. Una vez hecho esto, se cierra de nuevo la tapa y se inclina con fuerza la larga barra metálica que posee para producir un efecto de prensado manual sobre el material contenido en la caja. Una vez que el material ha sido debidamente compactado se maniobra nuevamente el marco metálico para liberar la tapa de la caja y permitir la

emergencia del bloque que emergerá parcialmente fuera de la caja. De allí podrá ser fácilmente extraído para su secado y acumulado en pilas... El uso del equipo CINVA-RAM implica duro esfuerzo físico pero su recompensa consiste en la disponibilidad e independencia de una forma de construcción barata y efectiva de producir bloques de tierra comprimida y un invaluable recurso de apoyo a la autoconstrucción de viviendas de muy bajo costo.





CINVA-RAM

Algunas reflexiones sobre el suelo cemento

La adición de cemento al suelo permite obtener un material que reúne las siguientes ventajas:

- . Reducido cambio volumétrico, por absorción o pérdida de humedad.*
- . Excelente acabado. Aristas firmes.*
- . Inalterabilidad al sumergirlo en agua.*
- . Resistencia a la compresión similar y hasta superior a la del ladrillo común de arcilla cocida.*
- . Economía. La producción de este material ocupa casi exclusivamente recursos locales, en cuanto a mano de obra y materia prima, lo que permite reducir los costos.*

Con la simple incorporación de arena se consiguen suelos artificiales que pueden ser estabilizados con cemento. Sólo es necesario realizar el reconocimiento del tipo de suelo con el que se va a trabajar, para definir la necesidad o no de la incorporación de arena y determinar el porcentaje de cemento a utilizar.

La relación 9 partes de suelo – 1 parte de cemento brinda óptimos resultados.

La construcción de la bloquera con tres moldes permite incrementar la producción de bloques por jornada de trabajo lo que reduce sensiblemente el costo unitario.

La calidad de los bloques puede ser controlada fácilmente ya que la operación de la máquina es muy simple y requiere mínimo de experiencia. La humedad del moldeo y el curado desempeñan un papel relevante en la resistencia a la compresión de los mampuestos.

Los ladrillos curados al aire presentan una retracción promedio menor a 0,02% valor bastante bajo, lo que permite prever un buen comportamiento en la mampostería.

La colocación de estos bloques es similar a la del método tradicional de ladrillos cocidos o ladrillos de adobe usando un mortero de barro.

Los resultados de los ensayos realizados permiten comprobar que con este material se pueden conseguir buena resistencia, buen aspecto y economía.

Confluencia entre los dos materiales

Se ha pretendido en este trabajo demostrar que se puede apelar a un método constructivo simple y económico, que con un apoyo técnico mínimo, cualquier persona puede acceder a una vivienda con grandes ventajas en cuanto a confort, facilidad de ejecución, con una alta relación costo-beneficio.

Tienen tan alta calidad y versatilidad las viviendas ejecutadas con cualquiera de los dos materiales que incluso se podría pensar en proyectos mixtos. Esto desde el punto de vista arquitectónico. Desde el punto de vista económico habría que hacer una evaluación para cada caso en particular.

De todas formas, lo más destacable de ambos métodos constructivos es el aspecto ecológico; que si bien es aleatorio a la problemática planteada, es la consecuencia más sólida desde el punto de vista argumental del desarrollo de estas técnicas.

BIBLIOGRAFIA

CICAIVI-INTI. Centro de investigación del comportamiento Ambiental y Energético de la vivienda.

Cartas Geológicas Prov. De Mendoza: Cerro Diamante 1956; Cerro Bola 1948; Volcán San José 1964; Payún-Matrú 1972; La Tosca 1964; Bardas Blancas 1973.

Shadmon Asher.- "Posibilidades de explotación de la piedra de cantería".
Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Naciones Unidas. New York
1976.

"Conveniencia de la utilización de las tobas volcánicas en la construcción de
viviendas económicas" Lic. En Geología Daniel Meilán. Tesis Universidad de
Guanajuato-México.

Gingins Mario: "Informe sobre posibilidades de explotación de la cantera de
Huinganco en la Provincia del Neuquén" Servicio Geológico, Dirección General de
Minería, Pcia. de Neuquén.

Construyendo con Tierra – Seminario Taller CTA/CYTED – Habitterra

Uso de la Tierra y Materiales Alternativos en la Construcción – CTA/OEA

Adobe : como construir facilmente / Paul Graham McHenry. McHENRY, G. PAUL
Jr.;

BARDOU, PATRIC y Varoujan Arzoumanian; Arquitecturas de adobe; Ed.
Gustavo Gili; España, 1979. S/R traductor.

CALBA BALDERRAMA, ALEJANDRO y Giacomo Chiari, "Protección y exhibición
de estructuras excavadas de adobe"; en La conservación en zonas arqueológicas;
ICCROM-CNCR-DBAM; España, 1987 (Edición al cuidado de N. Stanley Price);
P.p. 113-124. Traducción de Valeria Seguel.

DOMINGUEZ, JOSE MANUEL e Isaac Shifter; Las arcillas: El barro noble; Col.
"La Ciencia desde México"; SEP-FCE-CONACYT; No. 109; México, 1992.

Tierra para casas habitación; Centro Regional de Ayuda Técnica-AID México;
folleto No. 22 de la serie "Intercambio de Ideas y Métodos"; México, 1996.

CASTELLANOS, C.; Hacia una propuesta integral de conservación para los sitios
con arquitectura de tierra. Paquimé: un estudio de caso; Tesis de licenciatura;
ENCRyM; México, 1995.

SUTTER ESQUENET, PATRICK de; La utilización del adobe en la construcción;
Instituto Nacional del Patrimonio Cultural; Ecuador, 1986.

VAN LENGEN, JOHAN; Manual del arquitecto descalzo. Cómo construir casas y
otros edificios; Ed. Concepto SA de CV; México, 1980.

GAMBOA, EDUARDO; *Construcciones de adobe en la zona histórica de Coyoacán*; Tesis de maestría; ENCRyM; México, 1991.

AAVV; *La arquitectura de tierra o el porvenir de una tradición milenaria*; Museo Nacional de Antropología-Centro Georges Pompidou-CCI, Francia; Exposición temporal agosto-septiembre 1985; INAH-CNACGP; México, 1985.

- *Fundamentos de la Investigación Social* –Earl Babbie – Editorial “Internacional Thomson Editores” – Edición 2000

- Rodríguez Gustá, Ana Laura (2003). “La comparación de casos y el estudio de la gerencia pública: cronología de un trabajo de campo”. Panamá: VIII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública.

- González Alcantud, José Antonio, “Oralidad: tiempo, fuente y transmisión”, en: Aguirre Baztán A. (Editor), *Etnografía (Metodología cualitativa de la investigación sociocultural)*, México, Alfaomega-Marcombo, 1997. Págs. 142-150.

- Caminotti, Mariana (2005). Tesis de Maestría “Políticas de Desarrollo Local en la Argentina - El caso de Malargüe, Provincia de Mendoza (1995-2003)”

- “Ingeniería Ambiental – Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión” – Gerard Kiely – Editorial Mc Graw Hill – 1999