

Aspectos Técnicos sobre Estabilización de Arcillas para Construcción de viviendas de Bajo Costo

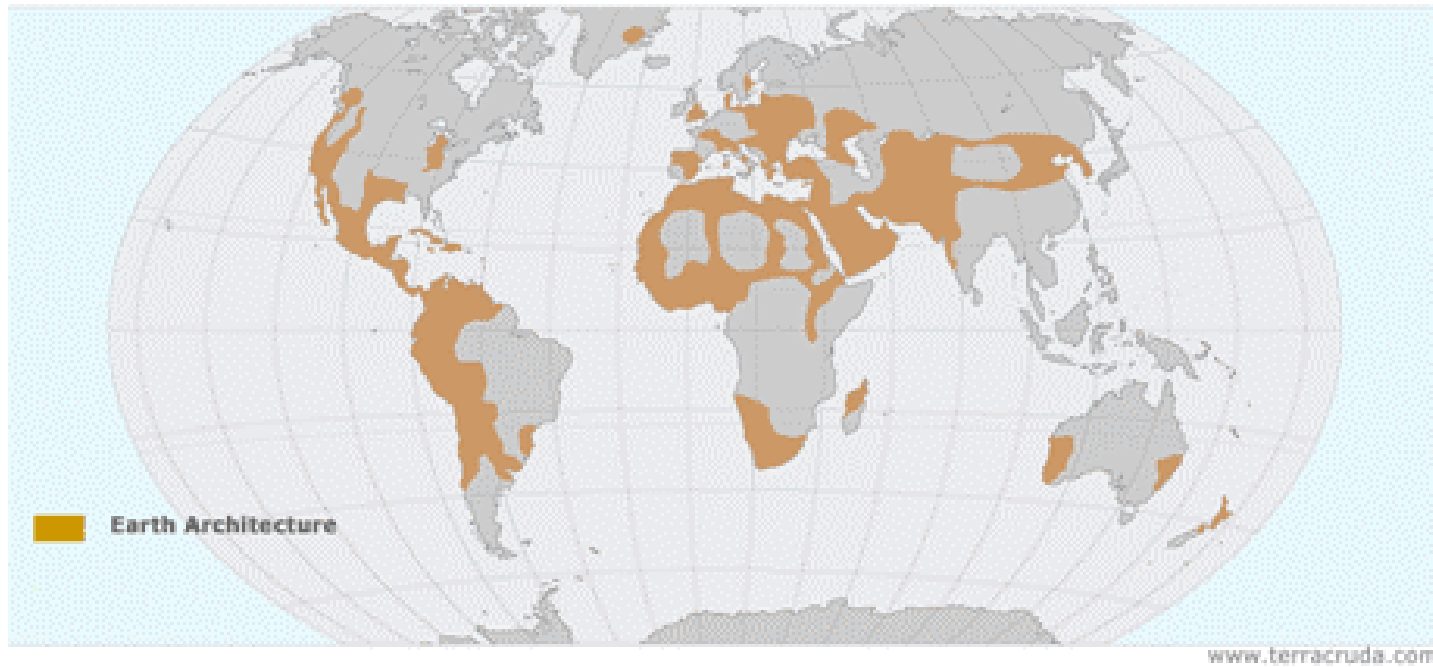


Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería

Prof. Heriberto Echezuría

UCAB
echezur@ucab.edu.ve

DISTRUBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA CONSTRUCCIÓN CON SUELO



La construcción con el suelo, además de ser de sencilla y económica, presenta otras ventajas que la hacen atractiva para lograr viviendas ambientalmente sustentables. Este material se ha usado desde hace milenios (8.000 a 10.000 años a. c.) en diversas partes del mundo. **Aún hoy día es ampliamente usada en distintos continentes.**

(tomado de: La construcción con tierra cruda: el adobe y la tapia.
<http://www.sitiosolar.com/la-construccion-con-tierra-cruda-el-adobe-y-la-tapia/>)

FORMAS MÁS COMUNES DE ESTABILIZAR EL SUELO

FÍSICAS

AGUA Y SECADO AL SOL
AGUA, PAJA Y SECADO AL SOL

BARRO CRUDO
ADOBE CRUDO,

QUÍMICAS

AGENTES CEMENTANTES:
CAL, YESO,
CEMENTO,
ACEITES SULFONADOS

ARGAMASA, BAHAREQUE, QUINCHA
SUELO-CEMENTO, CONCRETO,
SUELO AGLUTINADO

FISICOQUÍMICAS

AGUA Y HORNEADO

BLOQUE Y ADOBE COCIDOS,
ALFARERÍA

Las distintas técnicas dependen de la plasticidad del suelo

NOMBRES COMUNES DEL SUELO ESTABILIZADO FISICA O QUÍMICAMENTE

Adobe: *Mortero preparado con arena (60%) y arcilla (40%).* Alcanza buena resistencia al secar. Puede reforzarse con paja para evitar las fracturas por retracción de la arcilla.

Mortero: *Mezcla de óxido de calcio, arena y agua.* Se sabe que los Mayas lo utilizaban antes del descubrimiento de América para construir caminos, puentes, templos y viviendas. Esto fue casi coincidente con el uso de cemento puzzolánico en el Imperio Romano.

Argamasa: La argamasa, palabra proveniente del Latín **massa**, es un tipo de mortero empleado como material de construcción en albañilería, compuesto por una *mezcla de cal, suelo y agua*.

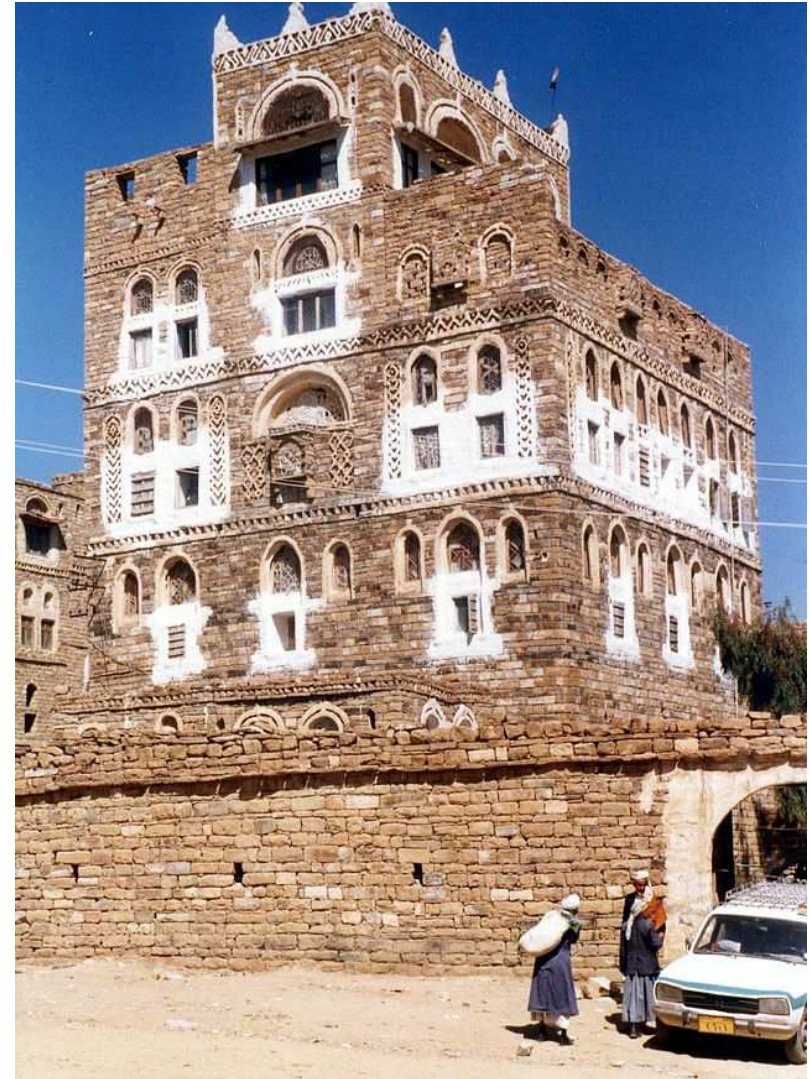
Suelo-cemento: *Mezcla de suelo con cemento.* Se considera que su aplicación empezó a estudiarse en forma metódica y científica entre 1.910 y 1.920 y que eso ocurrió casi simultánea e independientemente en los EEUU. e Inglaterra.

Encalado: *Mortero preparado a base de cal, arena, agua y suelo fino.*

LA CONSTRUCCIÓN CON BARRO CRUDO

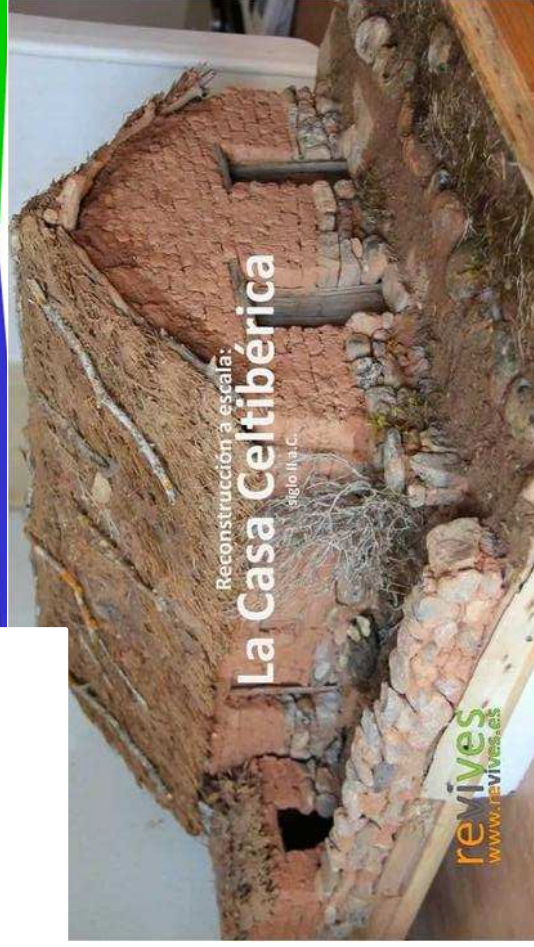
*“... construcciones grandiosas, tales como la **mezquita de Djene** en Malí, empezada en el siglo duodécimo, o el **Taj Mahal**, en la India, que tiene escondido debajo de sus mármoles estructuras de bambú y barro, o las famosas **casas torre del Yemen** que pueden tener hasta 8 plantas, muchas de ellas datan de hace 400 años. Todos ellos son ejemplos de la durabilidad de esta arquitectura arcaica y de la fiabilidad de su principal material constructivo: el **barro crudo**.”*

Mezquita de Djene en Malí (izquierda), Casas Torres en Yemen (derecha) y Taj Mahal, India, (abajo)



ZIGURAT CONSTRUIDO CON ADOBE DE BARRO





FORMAS DE PREPARACIÓN DEL ADOBE CRUDO

AMASADO A MANO

AMASADO CON LOS PIES

beinpause.blogspot.com

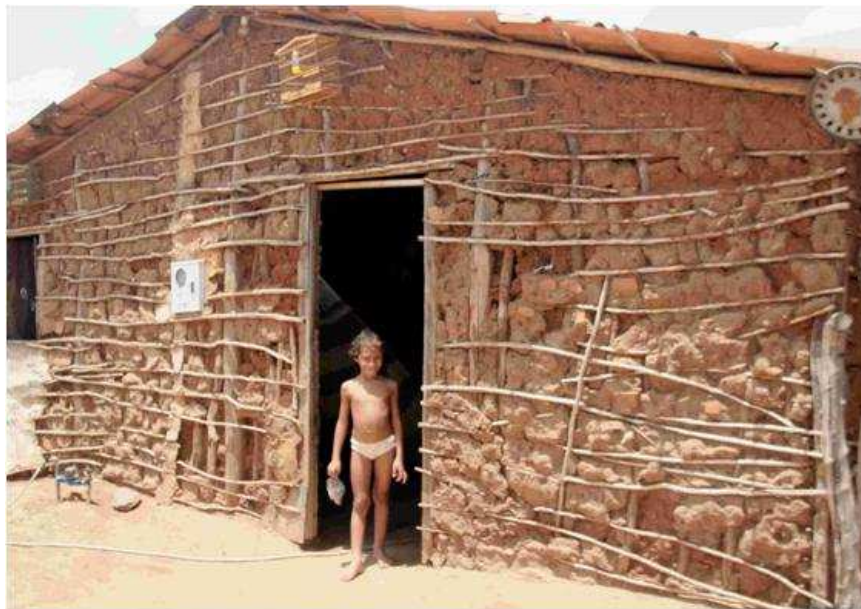


CONFECCIÓN Y COLOCACIÓN DEL ADOBE DE BARRO CRUDO



COLOCACIÓN DEL BARRO CRUDO EN PAREDES

APLICACIÓN SOBRE ELEMENTOS DE FIBRAS
TEJIDOS (DERECHA) O EN BASE DE CAÑA
TRAMADA (IZQUIERDA) O PANEL DE
MADERA PREFORMADO (DERECHA, ABAJO)



ACABADOS MODERNOS EXTERIORES E INTERIORES DE SUELO ESTABILIZADO EN PAREDES



ACABADOS ATRACTIVOS A MUY BAJO COSTO





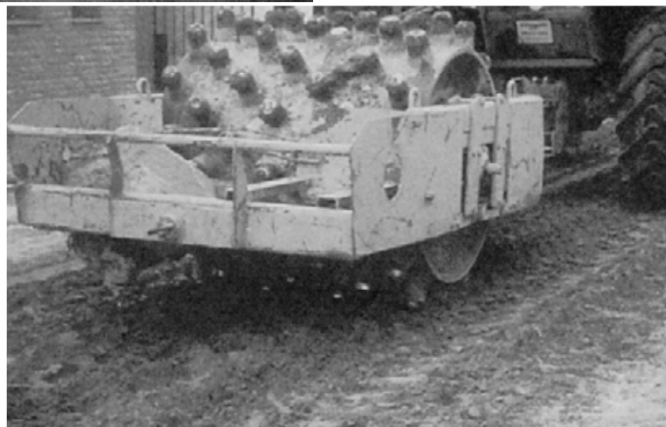
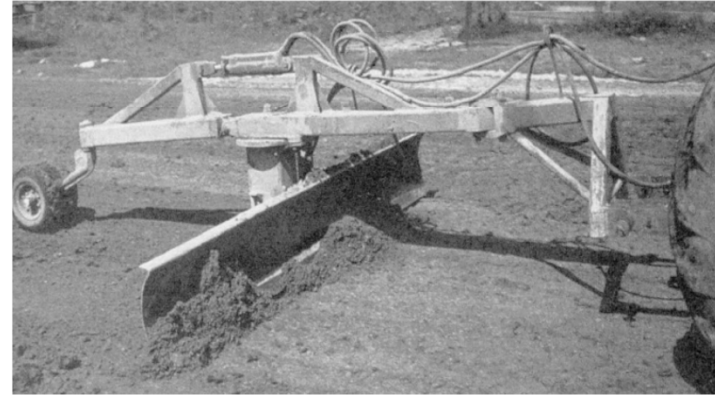
LA PALABRA SACBÉ DERIVA DE LAS VOCES MAYAS SAC 'BLANCO' Y BE 'CAMINO'.



ERAN CAMINOS CUBIERTOS POR MORTERO BLANCO DE HIDRÓXIDO DE CALCIO O PIEDRAS UNIDAS CON EL MORTERO DE ENTRE 4 Y 20 M DE ANCHO Y HASTA 300 KM DE LARGO.



CONSTRUCCIÓN MODERNA DE PAVIMENTOS CON SUELO CEMENTO





a



b



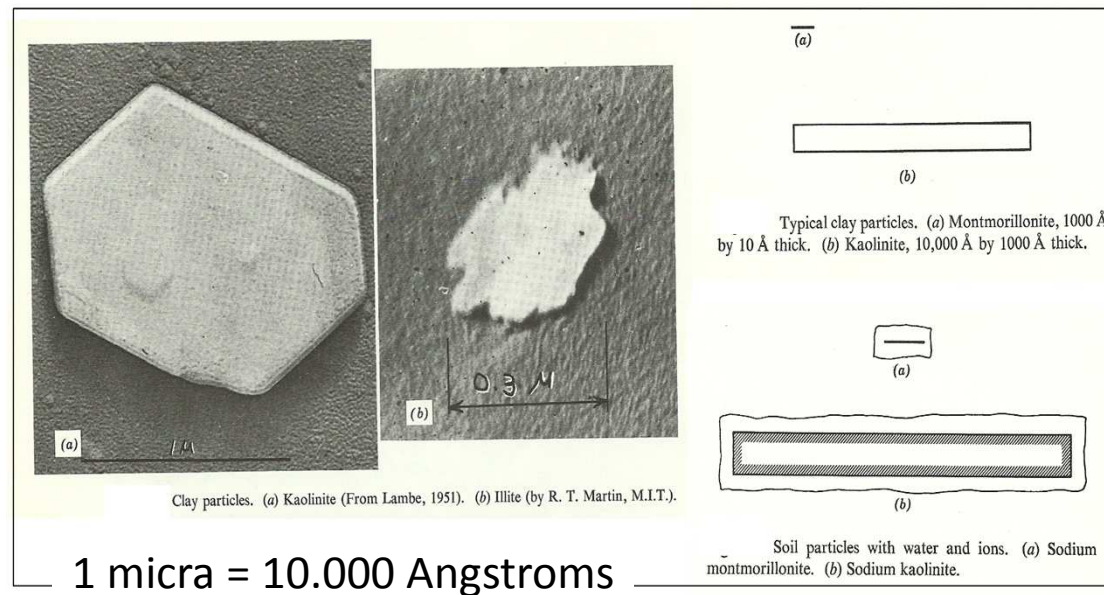
c



d

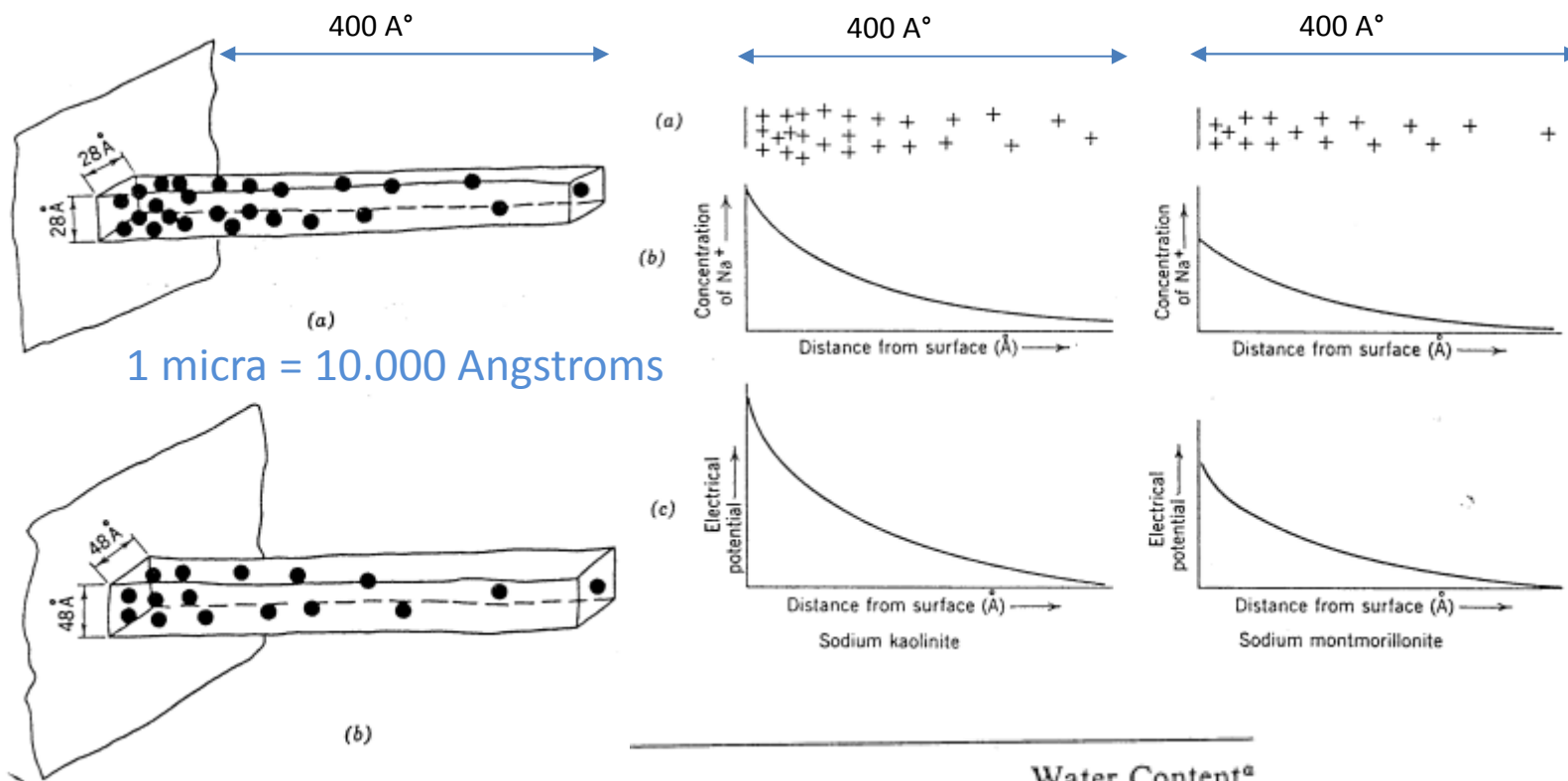
Proceso constructivo de la pila del lado Kobe del puente Akashi Kaikyo. Excavación para la pila, fotografía, a. Conformación de las paredes y fondo de la pila, fotografías b y c. Compactación de la mezcla especial de concreto de baja relación A/C de alta resistencia, fotografía d.

Dependiendo del Índice de Plasticidad la arcilla se contrae más o menos al secar



El tamaño de las partículas del cemento Portland comercial varía entre 10 micras y menos de 0,5 micras de diámetro.

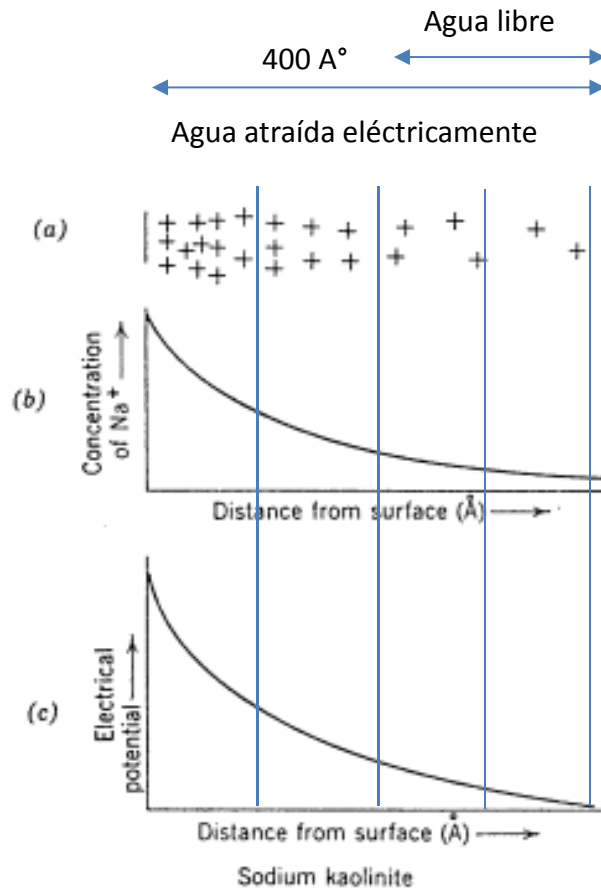
Características de la doble capa de arcillas y contenido de humedad en las mismas



Particle	Specific Surface (m ² /g)	Water Content ^a (for 5 Å layer) (%)
0.1 mm sand	0.03	1.5×10^{-4}
Kaolinite	10	0.5
Illite	100	5
Montmorillonite	1000	50

Características de la doble capa de arcillas y contenido de humedad en las mismas

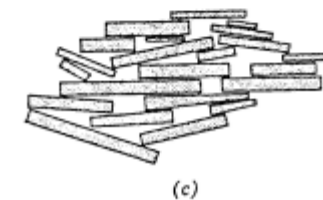
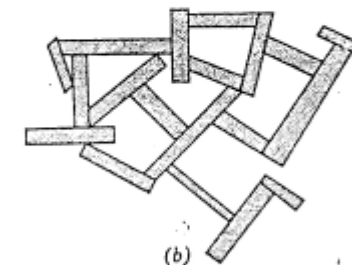
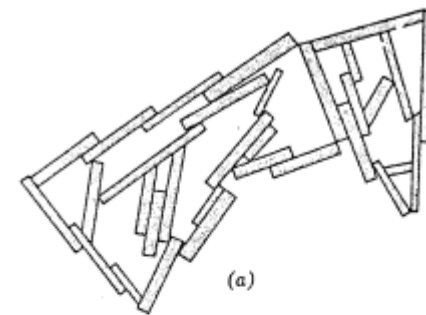
1 micra = 10.000 Angstroms

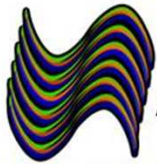


- Al hidratarse el cemento atrae el agua disponible.
- Si la misma forma parte de la doble capa es más fácil utilizar la más alejada de la partícula de arcilla
- Mientras más cercana está el agua de la partícula de arcilla más fuerte es su condición a ser compartida por ambos, el suelo y el cemento hidratado
- Cuando el suelo está en el límite plástico tiene poca agua libre y el cemento debe compartir el agua de la doble capa

Efecto del ion intercambiable en la plasticidad de arcillas – Floculación por reducción de la doble capa

Mineral	Exchange-able Ion	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plasticity Index (%)	Shrinkage Limit (%)
Montmorillonite	Na	710	54	656	9.9
	K	660	98	562	9.3
	Ca	510	81	429	10.5
	Mg	410	60	350	14.7
	Fe	290	75	215	10.3
	Fe ^a	140	73	67	—
Illite	Na	120	53	67	15.4
	K	120	60	60	17.5
	Ca	100	45	55	16.8
	Mg	95	46	49	14.7
	Fe	110	49	61	15.3
	Fe ^a	79	46	33	—
Kaolinite	Na	53	32	21	26.8
	K	49	29	20	—
	Ca	38	27	11	24.5
	Mg	34	31	23	28.7
	Fe	59	37	22	29.2
	Fe ^a	56	35	21	—
Attapulgite	H	270	150	120	7.6





VII
Jornadas
Ambientales
UCAB 2018

UCAB Universidad Católica
ANDRÉS BELLO

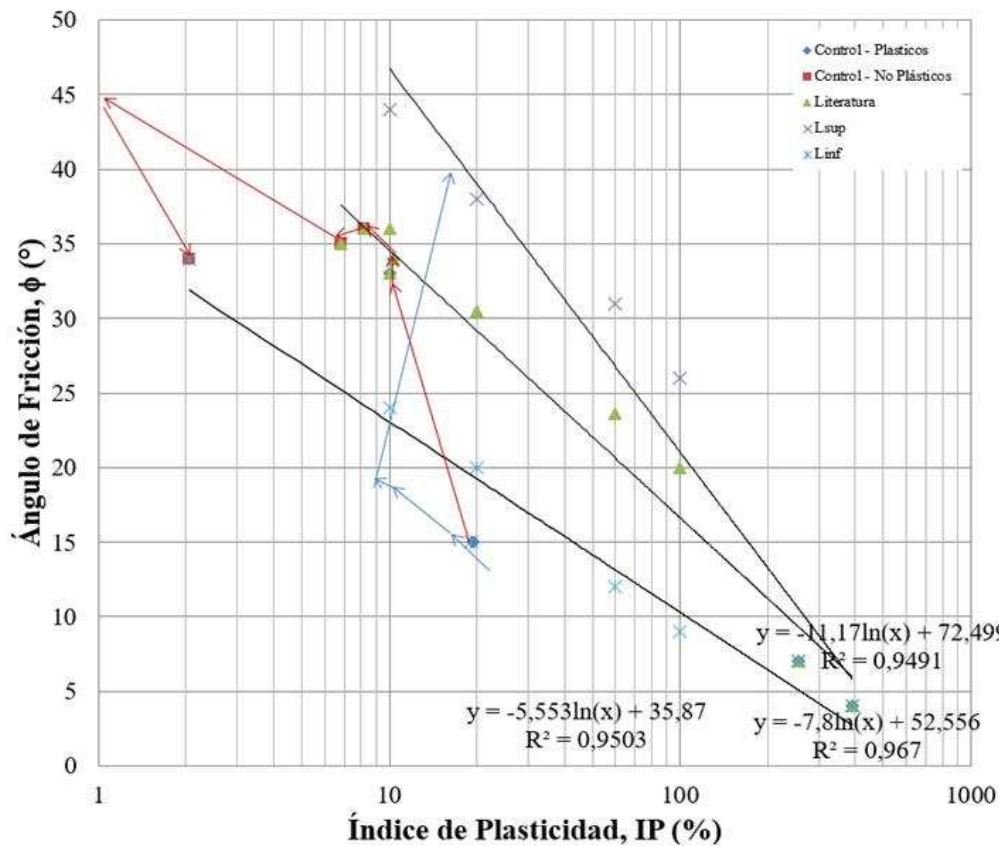
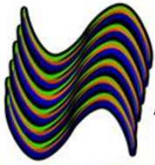


TABLA No. 5.1 Cantidades de cemento requeridas, PCA.

GRUPO DE SUELOS SEGUN AASHO	PORCIENTO POR VOLUMEN	PORCIENTO POR PESO
A-1-a	5 - 7	3 - 5
A-1-b	7 - 9	5 - 8
A-2-4	7 - 10	5 - 9
A-2-5	7 - 10	5 - 9
A-2-6	7 - 10	5 - 9
A-2-7	7 - 10	5 - 9
A-3	8 - 12	7 - 11
A-4	8 - 12	7 - 12
A-5	8 - 12	8 - 13
A-6	10 - 14	9 - 15
A-7	10 - 14	10 - 16

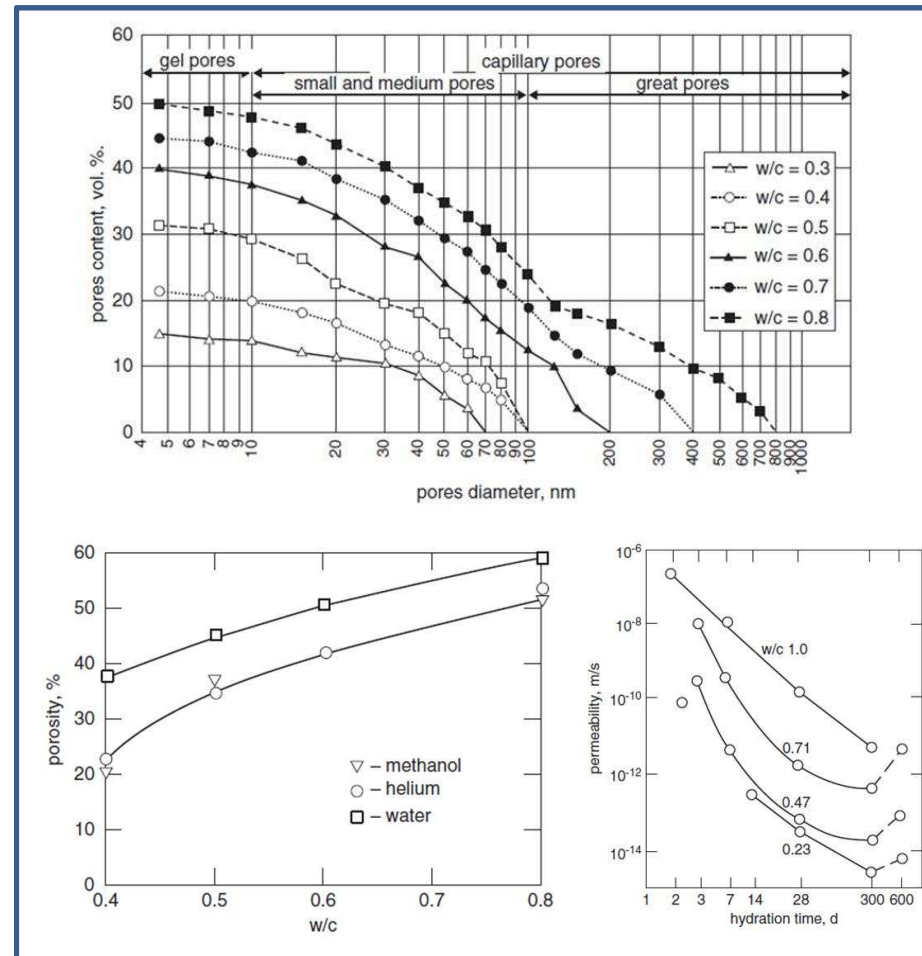
Particle	Specific Surface (m ² /g)	Water Content ^a (for 5 Å layer) (%)
0.1 mm sand	0.03	1.5×10^{-4}
Kaolinite	10	0.5
Illite	100	5
Montmorillonite	1000	50

Al añadir limos al suelo arcilloso, estamos aumentando la superficie específica capaz de ayudar a controlar el agua libre y así cambian los límites del suelo, lo cual contribuye a la hidratación adecuada del cemento o la cal con mejor control de la relación A/C.

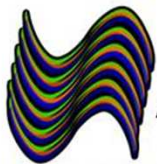


VII
Jornadas
Ambientales
UCAB 2018

UCAB Universidad Católica
ANDRÉS BELLO



Influencia de la relación A/C en la porosidad y tamaño de poros del cemento hidratado



VII
Jornadas
Ambientales
UCAB 2018

UCAB  Universidad Católica
ANDRÉS BELLO



CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO IMPERMEABLE CON SUELO CEMENTO



Procedimiento para formar grava a partir de suelo arcilloso estabilizado con cemento o cal



La resistencia a la compresión varía con la relación A/C y puede ser tan alta como 200 kg/cm².

HOTELES MODERNOS DE SUELO ESTABILIZADO TIPO ADOBE EN ESPAÑA:

 Ibérica Turismo > Alojamientos en Soria > Casas Rurales (Habitaciones) en Soria > Casas Rurales (Habitaciones) en Valdemaluque > LA CASA DE ADOBE

 LA CASA DE ADOBE

Ficha

Fotos (16)

Precios

Mapa

Opiniones



 Capacidad y precios

Capacidad desde 2 hasta 10 personas.
Disponemos de 5 habitaciones desde 33 € hasta 33 € / persona y noche (aprox.) – [Ver precios](#)

 Características del alojamiento

- **Especiales:** Casas Rurales con chimenea, Alojamientos con WiFi.
- **Exterior:** Terraza.
- **Interior:** Baño en habitación, Calefacción.
- **Servicios:** Sirven Cenas, WiFi Gratis, Se sirven desayunos, Teléfono, Internet.
- **Situación:** En el casco urbano.
- **Idiomas:** Inglés, Alemán, Personal bilingüe, Francés, Español.

A 6 minutos del Cañón del Río Lobos, un alojamiento acogedor y tranquilo ideal para las personas que viajan sin niños pequeños.

 Descripción del alojamiento

A 6 minutos del **Cañón del Río Lobos**, La Casa de Adobe es un pequeño **hotel rural con encanto** pensado especialmente para las **personas que viajan sin niños**. Ambiente tranquilo, trato familiar y buena comida en una acogedora casa tradicional, rehabilitada con mucho cariño para un **turismo rural de calidad**.

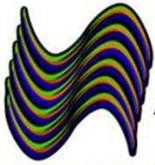
OTROS USOS DEL SUELO ESTABILIZADO EN INGENIERÍA



Embalse ubicado en las cercanías de Aragua de Barcelona, surte agua al poblado y sirve de espacio recreacional Turístico.
Es el embalse mas grande del Estado Anzoátegui.

El embalse La Estancia en Aragua de Barcelona, Anzoátegui, Tiene talud aguas arriba hecho a base de suelo estabilizado con cemento debido a la escasez de materiales rocosos en la región y al alto costo de llevarlos desde otras localidades.

Muchos embalses en EEUU utilizaron suelo cemento para hacer el núcleo impermeable

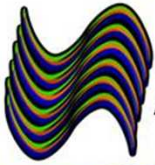


VII
Jornadas
Ambientales
UCAB 2018

UCAB  Universidad Católica
ANDRÉS BELLO

VENTAJAS DEMOSTRADAS DEL SUELO ESTABILIZADO

- *Permite ahorrar aproximadamente 45% de los costos asociados con los métodos constructivos de viviendas convencionales a base de concreto.*
- *También se evidencian ahorros en rendimientos de hasta el 35% respecto a esos otros métodos constructivos de viviendas.*
- *Tiene aplicaciones demostradas en otra áreas de la ingeniería como pavimentos y protección de taludes aguas arriba de presas y pilas de m. uy alta resistencia.*



VII
Jornadas
Ambientales
UCAB 2018

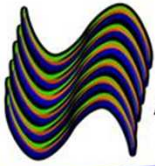
UCAB



Universidad Católica
ANDRÉS BELLO

CONCLUSIONES

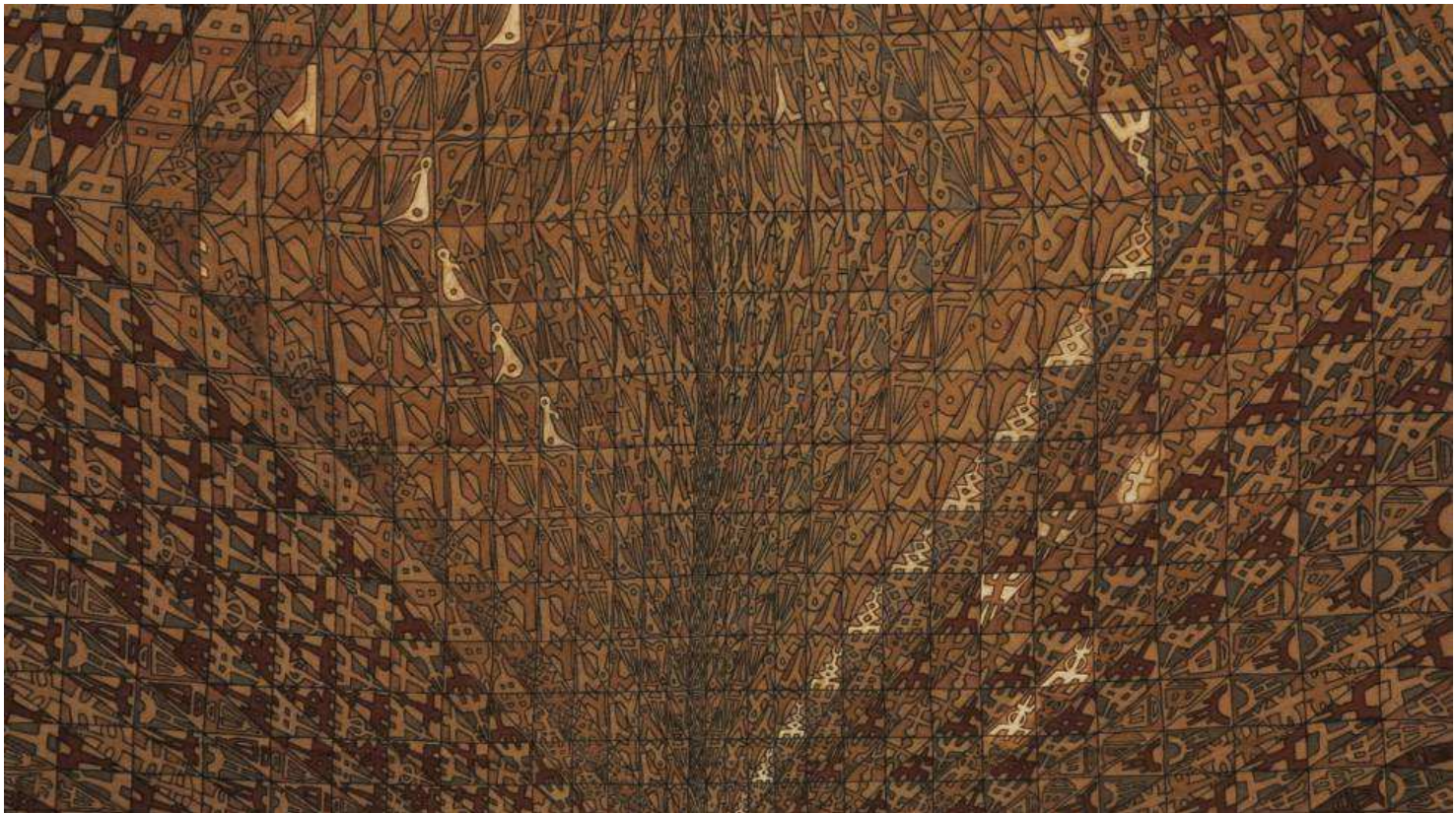
- *El suelo ha sido y sigue siendo una opción constructiva eficiente de bajo costo.*
- *Al añadirle estabilizantes al suelo potenciamos su capacidad para ser utilizado como material de construcción en distintos usos.*
- *El empleo del suelo estabilizado en la construcción de viviendas reduce los costos significativamente y produce acabados de muy buena calidad.*
- *El suelo estabilizado tiene aplicaciones demostradas en muchas áreas de la ingeniería lo cual lo hace un material sumamente versátil para cualquier tipo de construcción.*



VII
Jornadas
Ambientales
UCAB 2018

UCAB  Universidad Católica
ANDRÉS BELLO

Tela de Barro de Mali: Arte denominado “bogolan” originalmente realizado por las mujeres que fabricaban la llamada “tela de barro” que consiste en una tela de algodón tejida a mano, teñida y pintada con un barro especial.



El “bogolan” no es solo una técnica de pintura sino que también contiene una especie de vocabulario encriptado.

FORMAS MÁS COMUNES DE ESTABILIZAR EL SUELO

FÍSICAS

AGUA Y SECADO AL SOL	BARRO CRUDO
AGUA, PAJA Y SECADO AL SOL	ADOBE CRUDO,

QUÍMICAS

AGENTES CEMENTANTES:

CAL, YESO, CEMENTO, ACEITES SULFONADOS	ARGAMASA, BAHAREQUE, QUINCHA SUELO-CEMENTO, CONCRETO, SUELO AGLUTINADO
--	--

FISICOQUÍMICAS

AGUA Y HORNEADO	BLOQUE Y ADOBE COCIDOS, ALFARERÍA
-----------------	--------------------------------------

Las distintas técnicas dependen de la plasticidad del suelo

NOMBRES COMUNES DEL SUELO ESTABILIZADO FÍSICA O QUÍMICAMENTE

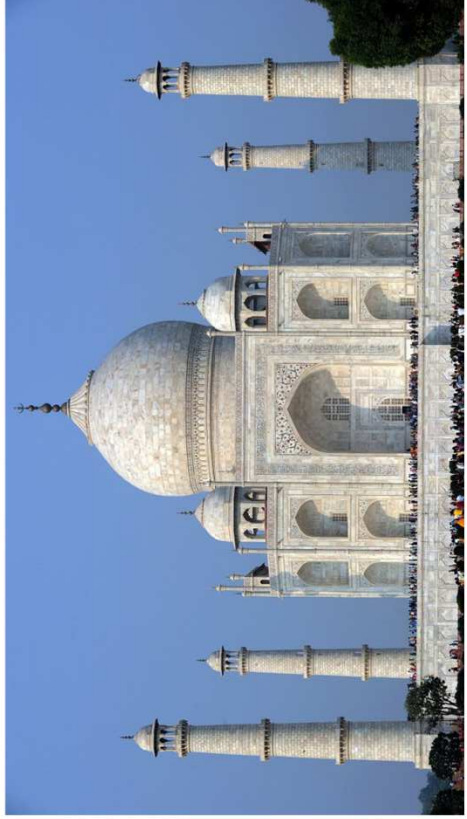
Adobe: *Mortero preparado con arena (60%) y arcilla (40%).* Alcanza buena resistencia al secar. Puede reforzarse con paja para evitar las fracturas por retracción de la arcilla.

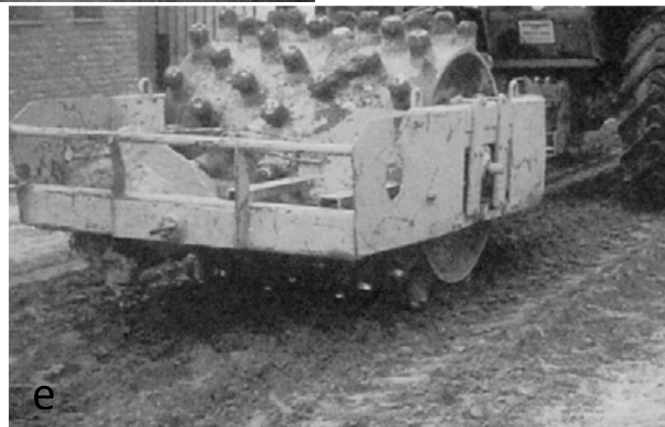
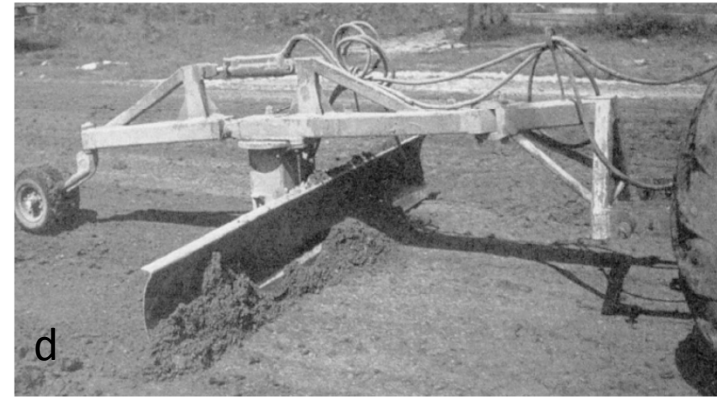
Mortero: *Mezcla de óxido de calcio, arena y agua.* Se sabe que los Mayas lo utilizaban antes del descubrimiento de América para construir caminos, puentes, templos y viviendas. Esto fue casi coincidente con el uso de cemento puzzolánico en el Imperio Romano.

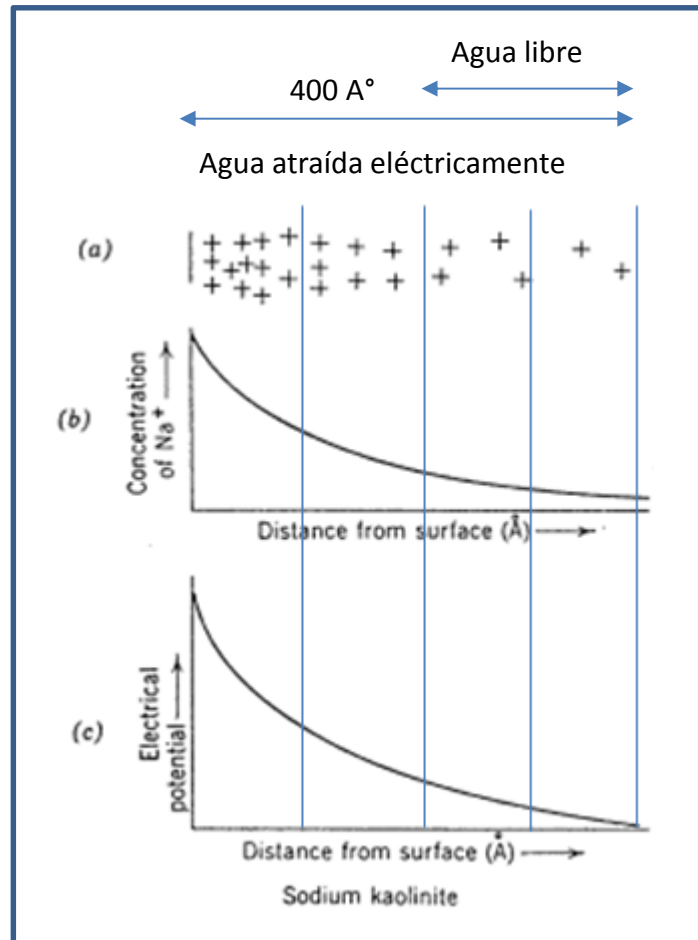
Argamasa: La argamasa, palabra proveniente del Latín *massa*, es un tipo de mortero empleado como material de construcción en albañilería, compuesto por una *mezcla de cal, suelo y agua*.

Suelo-cemento: *Mezcla de suelo con cemento.* Se considera que su aplicación empezó a estudiarse en forma metódica y científica entre 1.910 y 1.920 y que eso ocurrió casi simultánea e independientemente en los EEUU. e Inglaterra.

Encalado: *Mortero preparado a base de cal, arena, agua y suelo fino.*







ACABADOS MODERNOS EXTERIORES E INTERIORES DE SUELO ESTABILIZADO EN PAREDES

