

DOCUMENTACIÓN DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN TIERRA

MARÍA LUCÍA HIGUERA PINO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2013

DOCUMENTACIÓN DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN TIERRA

MARÍA LUCÍA HIGUERA PINO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de:

INGENIERO CIVIL

DIRECTOR:

Msc. SILVIA JULIANA TIJO LOPEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Ingeniera Silvia por confiar en mí y ayudarme a realizar este proyecto.

Al Arquitecto Jaime Higuera Reyes, mi papá, por facilitarme las herramientas para la investigación, su conocimiento y su tiempo. Las imágenes que no aparecen referenciadas son de autoría de él.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS.....	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN TIERRA.....	12
1. TAPIA PISADA.....	14
1.1 GENERALIDADES.....	14
1.2 GRUPO DE TRABAJO	14
1.3 HERRAMIENTAS.....	15
1.4 LA TIERRA	17
1.5 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	18
2. BLOQUES DE TIERRA.....	55
2.1 ADOBES DE TIERRA.....	55
2.2 BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS	59
3. MUROS EN BAHAREQUE	65
3.1 GENERALIDADES.....	65
3.2 GRUPO DE TRABAJO	65
3.3 HERRAMIENTAS	65
3.4 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	66
3.5 RENDIMIENTOS	67
4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	68
4.1 VENTAJAS	68
4.2 DESVENTAJAS.....	68
5. SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD	70
6. CONCLUSIONES	72
7. RECOMENDACIONES	74
8. BIBLIOGRAFÍA	75

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: CONSTRUCCIONES EN TIERRA EN EL MUNDO	12
ILUSTRACIÓN 2: CIUDAD DE SANAA, YEMEN	13
ILUSTRACIÓN 3: CIUDAD DE SHIBAM, YEMEN.....	13
ILUSTRACIÓN 4: GRUPO DE TRABAJO	14
ILUSTRACIÓN 5: HERRAMIENTAS.....	15
ILUSTRACIÓN 6: TAPIAL.....	16
ILUSTRACIÓN 7: FORMA DE PISAR EN ALVERNIA, ORDEN DE LOS GOLPES DE PISÓN.....	17
ILUSTRACIÓN 8: CIMENTACIÓN	18
ILUSTRACIÓN 9: SOBRECIMIENTO	19
ILUSTRACIÓN 10: CERNIR LA TIERRA.....	20
ILUSTRACIÓN 11: MEZCLA CON CAL	20
ILUSTRACIÓN 12: ARMADAS EN EL MURO DE TAPIA.....	21
ILUSTRACIÓN 13: REFORZAMIENTO INTERNO	22
ILUSTRACIÓN 14: VÉRTICES	23
ILUSTRACIÓN 15: CONFINAMIENTO ENTRE ARMADAS	23
ILUSTRACIÓN 16: INSTALACIONES	24
ILUSTRACIÓN 17: CHAZOS	24
ILUSTRACIÓN 18: DINTELES	25
ILUSTRACIÓN 19: ENCOROZADO	26
ILUSTRACIÓN 20: RESANES.....	26
ILUSTRACIÓN 21: ENTREPISOS.....	27
ILUSTRACIÓN 22: VIGA CORONA	28
ILUSTRACIÓN 23: VIGAS AUXILIARES	29
ILUSTRACIÓN 24: ESTRUCTURA DE MADERA	30
ILUSTRACIÓN 25: ESTRUCTURA DE MADERA	31
ILUSTRACIÓN 26: ESTRUCTURA DE MADERA	32
ILUSTRACIÓN 27: FORMAS DE USAR LA MADERA	33
ILUSTRACIÓN 28: CAÑABRAVA	34
ILUSTRACIÓN 29: TEJA DE BARRO.....	35
ILUSTRACIÓN 30: CALIDAD DE LA TEJA	36
ILUSTRACIÓN 31: ORGANIZACIÓN DE LAS TEJAS ANTES DE COLOCARLAS	37
ILUSTRACIÓN 32: CANAL Y ROBLÓN EN LAS TEJAS DE BARRO	38
ILUSTRACIÓN 33: ALARES DE LA CUBIERTA.....	38
ILUSTRACIÓN 34: CUMBRERA EN LA CUBIERTA	39
ILUSTRACIÓN 35: LIMAHoya Y LIMATESA	40
ILUSTRACIÓN 36: BASE, FUSTE Y CAPITEL DE UNA COLUMNA.....	40

ILUSTRACIÓN 37: PLATINAS METÁLICAS EN LAS COLUMNAS	41
ILUSTRACIÓN 38: INSTALACIONES	42
ILUSTRACIÓN 39: ENCHAPES	42
ILUSTRACIÓN 40: PREPARACIÓN DEL PAÑETE.....	43
ILUSTRACIÓN 41: PREPARACION DEL PAÑETE.....	44
ILUSTRACIÓN 42: FRISOS CON PAÑETE	45
ILUSTRACIÓN 43: PINTURAS	46
ILUSTRACIÓN 44: PISOS EN TABLÓN	47
ILUSTRACIÓN 45: PISOS EN TABLÓN	48
ILUSTRACIÓN 46: INSTALACIÓN DEL TABLÓN	49
ILUSTRACIÓN 47: CANTERAS DE PIEDRA.....	50
ILUSTRACIÓN 48: PIEDRA PARA CARRETERAS	50
ILUSTRACIÓN 49: PIEDRA PARA USO PEATONAL.....	51
ILUSTRACIÓN 50: ENCHAPES EN PIEDRA.....	51
ILUSTRACIÓN 51: MUROS EN PIEDRA	52
ILUSTRACIÓN 52: MUROS EN PIEDRA	52
ILUSTRACIÓN 53: MUROS EN PIEDRA	53
ILUSTRACIÓN 54: RENDIMIENTOS EN LOS TAPIALES	54
ILUSTRACIÓN 55: RENDIMIENTOS EN LA TIERRA	54
ILUSTRACIÓN 56: GRUPO DE TRABAJO PARA ADOBES DE TIERRA	55
ILUSTRACIÓN 57: PISON PARA ADOBE.....	56
ILUSTRACIÓN 58: MOLDE PARA ADOBE.....	56
ILUSTRACIÓN 59: BUEYES MEZCLANDO EN CHIRCAL	56
ILUSTRACIÓN 60: PROCESO DE CONSTRUCCION DEL ADOBE	57
ILUSTRACIÓN 61: SECADO DEL ADOBE	58
ILUSTRACIÓN 62: GRUPO DE TRABAJO PARA BTC	60
ILUSTRACIÓN 63: HERRAMIENTAS PARA BTC.....	60
ILUSTRACIÓN 64: TAMIZADO DE LA TIERRA PARA BTC.....	61
ILUSTRACIÓN 65: PROCESO DE CONSTRUCCION DE BTC.....	62
ILUSTRACIÓN 66: SECADO DE BTC	63
ILUSTRACIÓN 67: MURO EN BLOQUE DE TIERRA	63
ILUSTRACIÓN 68: MUROS EN BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS	64
ILUSTRACIÓN 69: GRUPO DE TRABAJO BAHAREQUE.....	65
ILUSTRACIÓN 70: CAÑABRAVA	66
ILUSTRACIÓN 71: PROCESO DE CONSTRUCCION BAHAREQUE	66
ILUSTRACIÓN 72: MUROS EN BAHAREQUE.....	67

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: DOCUMENTACIÓN DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN TIERRA

AUTOR: MARIA LUCIA HIGUERA PINO

FACULTAD: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR: Msc. SILVIA JULIANA TIJO LOPEZ

RESUMEN:

En Colombia, las construcciones en tierra han sido relegadas con el paso del tiempo por materiales de alta energía incorporada, difícil reciclaje y con altos contenidos tóxicos; debido a que ofrecen mejores propiedades físico-mecánicas, el tercio de la población mundial está construida en tierra, en la antigüedad las viviendas donde vivían los ancestros se construían con este material, actualmente se hacen con materiales muy diferentes como el ladrillo, el concreto, y otras técnicas constructivas.

Dadas las condiciones anteriores, para darle solución a éste problema, se hará una documentación donde se abarquen todas las técnicas constructivas en tierra, para que las nuevas generaciones tengan conocimiento de éstos tipos de construcción, ya que la documentación de los procesos actuales es muy escasa y la mayoría de la gente que tiene como profesiones a fines con las construcciones, no tienen noción de éstas técnicas constructivas.

Así, podrán tener a la mano la información necesaria para conocer éstas técnicas constructivas, ya que solo se han dado a conocer por medio de enseñanzas entre generaciones oralmente y hay poca documentación escrita.

La documentación implica descripción de cada una de las técnicas constructivas: muros en tapia pisada, bloques de tierra, muros en bahareque, procedimiento de construcción, descripción de cada uno de los materiales, rendimientos, impacto ambiental, bioclimático y rendimientos.

PALABRAS CLAVE: Tapia pisada, Bahareque, Bloques de Tierra Comprimidos (BTC)

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: DOCUMENTATION ABOUT SOIL CONSTRUCTIVE TECHNIQUES

AUTHOR: MARIA LUCIA HIGUERA PINO

FACULTY: CIVIL ENGINEERING

DIRECTOR: MSC: SILVIA JULIANA TIJO LOPEZ

ABSTRACT:

In Colombia, the soil constructions have been replaced during time by incorporated high energy materials, difficulties for recycling and high toxic contents; due to their better physical and mechanical properties, the third part of the world population is built in soil. In the old times, our ancestors had their homes built in this material, and they are actually made of different materials, such as brick, concrete and other types of constructive techniques.

Due to these previous conditions, in order to solve the problem, a documentation will be provided, which contains all the soil constructive techniques, so that the new generations will be able to know about these types of construction, now that the actual documentation of the processes is very little and most of the people who their profession is related to construction, don't have the notion of these constructive techniques.

This way, they will be able to have the needed information in order to know these constructive techniques, now that the only media to know them is through oral teaching generation by generation and there is few written documentation.

The documentation implies the description of each one of the constructive techniques: walls in stepped wall, soil blocks, mud walls, construction procedure, description of each one of the materials, performances, environmental impact, weather-wise and performances.

KEY WORDS: Stepped wall, mud, compresses soil blocks.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, las construcciones en tierra han sido relegadas con el paso del tiempo por materiales de alta energía incorporada, difícil reciclaje y con altos contenidos tóxicos; debido a que ofrecen mejores propiedades físico-mecánicas en estructuras que en nuestro medio pueden estar sometidas al impacto sísmico generado por la gran cantidad de fallas geológicas que hay en nuestro país.

En el mundo muchas edificaciones están construidas en un 51% con material tierra¹ en la antigüedad las viviendas donde vivían los ancestros se construían con este material, actualmente se hacen con materiales diferentes como el ladrillo, el concreto, y otras técnicas constructivas.

“Las primeras expresiones de vivienda levantadas con materiales imperecederos -tapiadas con mezclas de tierra, arcilla y aglutinantes- se conocen de Ali Kosh y Tell Mureybet en Mesopotamia S. IX a.C. Estas técnicas de construcciones de tierra se irradian por Mesopotamia hacia el 600 a. C. Fue difundiéndose por Egipto y Lejano Oriente, para traspasar a Europa, por Roma y Grecia. En la actual Siria, entre los ríos Éufrates y Tigres, se usaron estos materiales estableciendo grandes ciudades fortificadas, y los conocidos *zigurats*, de los que se afirma, son el origen de la bíblica Torre de Babel.”²

A partir de la década de los sesenta se inicia el interés por la tierra como alternativa en la construcción, especialmente en Europa, pues surge la necesidad de conservar las construcciones antiguas y el patrimonio de la humanidad.

Existen varios testimonios sobre quiénes fueron los primeros en utilizar la construcción en tierra, pero al ver murallas, castillos, pirámides, edificaciones y muchas ciudades construidas en tierra, se nota que fue una técnica muy utilizada por los antepasados. Para algunos, los árabes perfeccionaron la técnica luego de que los romanos y los íberos la utilizaran, pero lo que sí es cierto es que los persas y los egipcios construyeron ciudades con edificios de casi 30 metros de altura³.

Las personas que se interesaron en la tierra, se enfocaron en los continentes de África y América debido al auge que podrían tener las construcciones de éste tipo

¹ Higuera, J. (2007). *Arquitectura de Tierra*. Bucaramanga: Sistemas y Computadores.

² Ibid., p

³ Ciudad de Shibam, Yemen

para mitigar los problemas de tipo económico y además en el conocimiento que tenían en estos continentes.

La tercera parte del mundo está construida en tierra⁴, y en la actualidad todavía se ven en buen estado la mayoría de ellas, lo cual quiere decir que pueden llegar a ser muy duraderas. En India y China hay gran cantidad de casas hechas con tierra, algo que no pasa en Europa, que predomina la construcción nueva.

En Francia, se construyó el L-Isle d'Abeau como centro de investigación y aplicación de la tierra, se unieron diferentes profesionales del tercer mundo que se interesaron por el estudio del material, lo cual generó la creación de grupos como los de Lovaina en Bélgica, el grupo del profesor Minke en Alemania y muchos otros. Pero en los intentos que han tenido para estudiar la tierra, no han sido totalmente satisfactorios, pues también se unieron ecologistas que trataban de comprender la interacción de la naturaleza con el hombre, esto hizo que se calificara como una locura hippie.

En Arizona y Nuevo México se crea el Código de Nuevo México para construcción en Adobe y un extracto de UBC – 1982 (Uniform Building Code) que califica éstas construcciones como “Albañilería en ladrillo sin cocer”.

En Colombia, entidades como Fedevivienda con sede en Bogotá y fundaciones como HABITTIERRA y TIERRA VIVA en Barichara, Santander, trabajan en las propiedades de la tierra como material de construcción.

⁴ UNESCO, 1975

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar una documentación de las técnicas constructivas en tierra (muros en tapia pisada, bloques de tierra, muros en bahareque) actualmente utilizadas en el departamento de Santander

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información sobre la evolución histórica de las técnicas constructivas estudiadas.
- Documentar los procesos de las técnicas constructivas en tierra actualmente utilizadas en Santander.
- Describir los materiales empleados para cada técnica constructiva con sus respectivas pruebas y ensayos.
- Hacer un análisis del impacto ambiental que generan estas técnicas constructivas.
- Describir las ventajas y desventajas de las técnicas de construcción en tierra

TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN TIERRA

Las técnicas constructivas en tierra son tradicionales y muy destacadas por el uso de materiales nobles, han sido transmitidas oralmente entre generaciones, por eso son consideradas como supersticiones populares ya que se han encontrado contradicciones en algunos hechos y detalles en el uso de los materiales y en las formas de construir.

El material tierra como elemento de construcción reciclable y no tóxico es en muchas ocasiones el único material con que cuenta la mayoría de personas para construir una vivienda, en las civilizaciones antiguas del Mediterráneo que se conseguía fácilmente, se convirtió en el elemento esencial para la construcción de muros en forma de ladrillos y adobes, y para el cubrimiento de techos y pisos.

En la actualidad, según datos de organismos de Naciones Unidas, cerca de un tercio de la población mundial, y alrededor de la mitad en el llamado Tercer Mundo, vive en edificaciones de tierra como se muestra en la Figura 1.

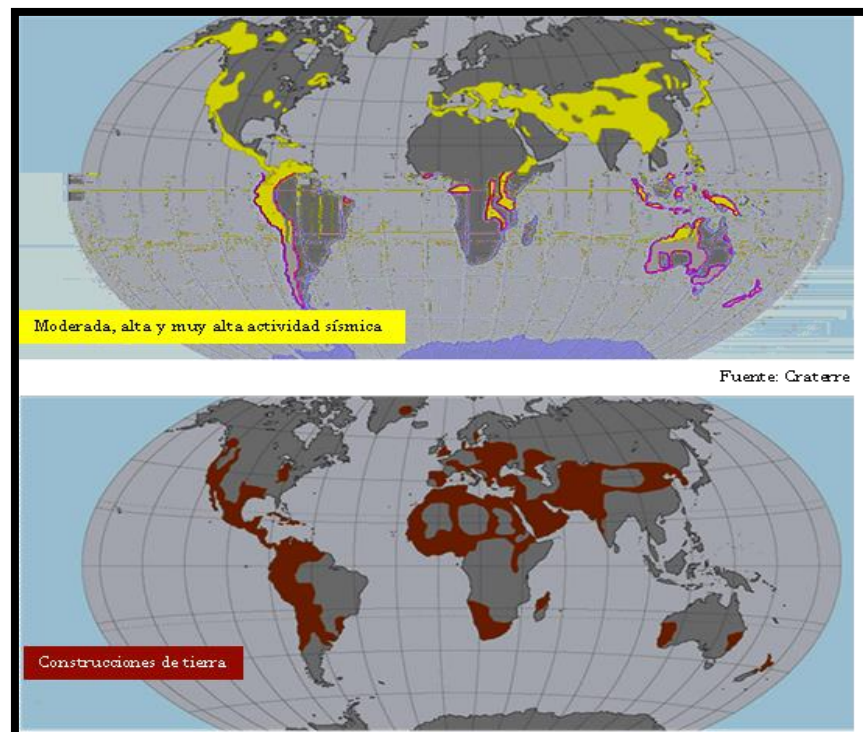


ILUSTRACIÓN 1: CONSTRUCCIONES EN TIERRA EN EL MUNDO

Fuente: Cratere

La trascendencia que han tenido en el mundo las técnicas constructivas en tierra, resultó en la fundación del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios ICOMOS en 1965 que incorporaba al patrimonio rural. Esto tuvo un impacto positivo en la UNESCO, donde declararon inmediatamente Patrimonio de la Humanidad a las ciudades Sanaa y Shibam en Yemen, a los palacios Nazaríes de la Alhambra y al conjunto de la Alcazaba en Málaga, que estaban construidas totalmente en tierra.



ILUSTRACIÓN 2: CIUDAD DE SANAA, YEMEN

FUENTE: WWW.IMARABE.ORG



ILUSTRACIÓN 3: CIUDAD DE SHIBAM, YEMEN

FUENTE: WWW.IMARABE.ORG

En la actualidad, otros trabajos arquitectónicos se están destacando por el manejo de la tierra, generalmente en vivienda, ya que ha habido resultados de muchas investigaciones que han mejorado el concepto que se tiene sobre las

construcciones en tierra, es así como se han organizado eventos como talleres, seminarios, cursos o congresos para fortalecer el conocimiento sobre el tema, organizados por Universidades o entes especializados en las técnicas.

1. TAPIA PISADA

1.1 GENERALIDADES

La tapia pisada fue conocida por siglos en todos los continentes como técnica tradicional de construcción de muros, es un método basado en la compactación de la tierra mediante apisonado manual de grandes aglomeraciones de tierra, empleando un molde desmontable de madera llamado *tapial*.

1.2 GRUPO DE TRABAJO



ILUSTRACIÓN 4: GRUPO DE TRABAJO

Las personas que conforman el grupo de trabajo para la construcción de la tapia pisada se denominan *tapieros*, conformada por una cuadrilla de cinco personas: El *pisón*, el *contrapisón* y tres *zurroneros*. El *pisón* es el *tapiero* de más experiencia (maestro) y el *contrapisón*, su segundo (oficial). Los *zurroneros* (ayudantes) preparan la tierra y la vacían en el *tapial*. El implemento utilizado para cargar la tierra se le llama *zurrón*, fabricado en cuero de cabra, sin embargo ha sido dejado a un lado por recipientes plásticos como baldes.

1.3 HERRAMIENTAS

La herramienta principal es el tapial, construido a manera de cajón, con maderas aserradas y duras, que se puede armar en la obra directamente.

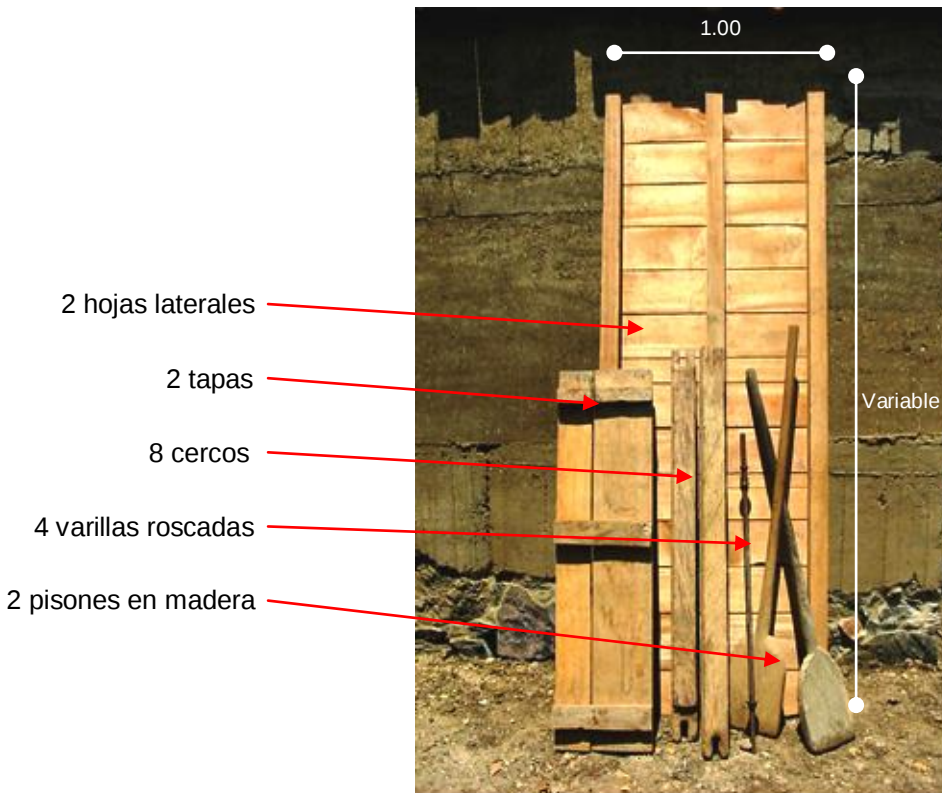


ILUSTRACIÓN 5: HERRAMIENTAS

Las hojas laterales tienen medidas variables dependiendo de la longitud del volumen a pisar (máximo 2.50 ml), colocando en sus extremos las tapas para hacer el encerrado del cajón. La altura es de 1 metro para facilitar el procedimiento de los tapieros.

Las tapas tienen hasta 20 cm más altura de las hojas, son las que definen la longitud de la armada (suma del montaje del tapial y el pisado de la tierra). El ancho de las tapas varía de acuerdo con el espesor del muro, (40 ó 50 cm).

El tapial se refuerza verticalmente con cercos o listones de madera de 6 x 6 cm colocados simétricamente en el conjunto, los 8 cercos se sitúan de dos formas: 4

en forma de *parales* verticales en los extremos del tapial y 4, como *pies de amigos*, en diagonal a 45°, para aumentar su resistencia al peso de la tierra.

A las puntas de los cercos verticales se le hacen muescas para permitir colocar las varillas roscadas, éstas varillas trabajan a manera de ajustadores de los parales, deben ser aceradas tipo 1 de $\varnothing \frac{1}{2}$ pulg. y longitud 80 cm, con sus respectivas tuercas y arandelas. Cuando por fatiga del material pierden rigidez o aparecen torceduras, deben cambiarse.

El pisón de madera, es el mayor símbolo del conjunto de herramientas y del tapial. Es el artefacto con que el tapiero (*pisón y contrapisón*) en una especie de danza, transfieren sus fuerzas, para pisar uniformemente la tierra. Tienen forma de *pala*, y un peso promedio de 10 Kg. y una altura de 1.50 m.

La forma en que se pisa la tierra se explica en la figura 7.

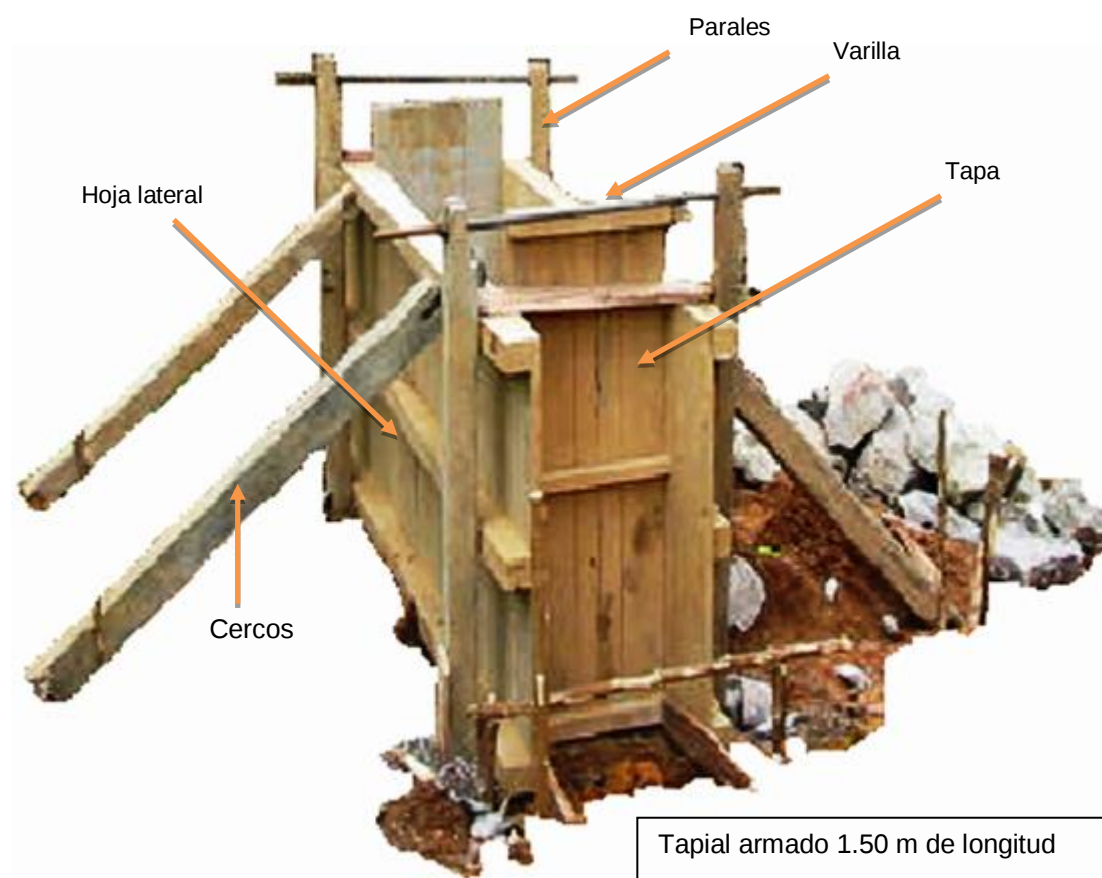


ILUSTRACIÓN 6: TAPIAL

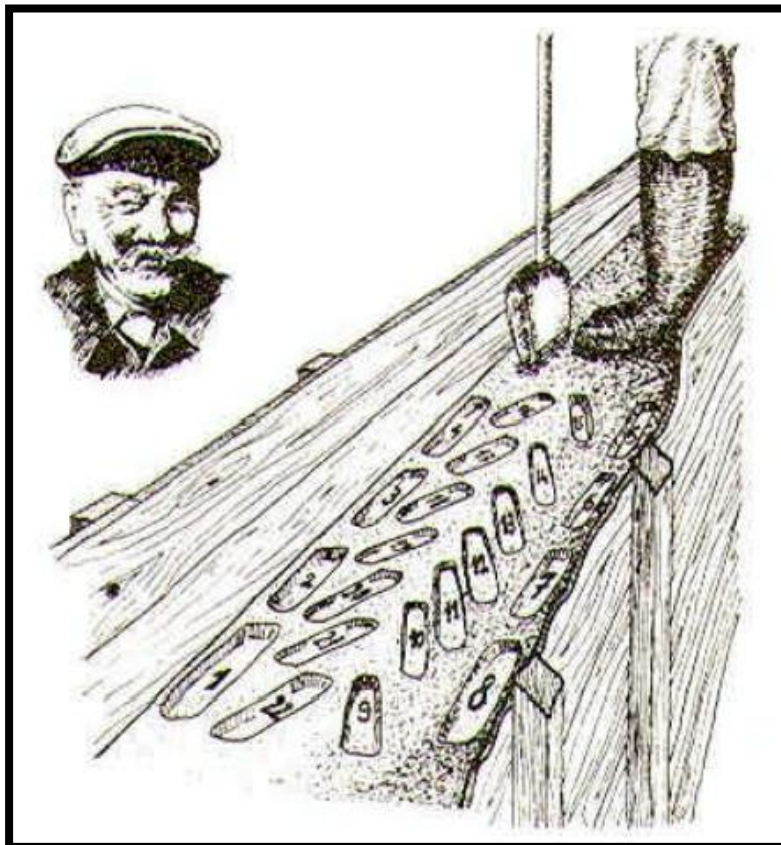


ILUSTRACIÓN 7: FORMA DE PISAR EN ALVERNIA, ORDEN DE LOS GOLPES DE PISÓN
FUENTE: MANUAL DE CONSTRUCCION EN TIERRA GERNIOT MINKE, ED. NORDAN COMUNIDAD

1.4 LA TIERRA

Para pisar tapia sirve cualquier tipo de tierra de los existentes, excepto las *negras* que contienen materia orgánica y son escasas en componentes aglutinadores. De igual forma se deben hacer pruebas de laboratorio para detectar sus características físico-químicas.

Para analizar la composición de la tierra, se prepara una pequeña cantidad humedecida previamente al 10% de su volumen.

- Es *arcillosa*, cuando se observa que es difícil de romper, es muy pegajosa, es fina, resbaladiza y se disuelve lentamente al sumergirla en agua.
- Es *limosa*, cuando es pegajosa, viscosa, fina y fácil de convertirse en polvo.
- Es *arenosa*, si se detecta que es poco pegajosa, quebradiza, frágil y rugosa.
- Es *orgánica*, por su color oscuro o negro y produce olor.

- Es *gravosa*, cuando de su origen proviene con gravas, piedras o guijarros.

Esta clasificación es una forma empírica que se ha dado a medida que se han hecho los ensayos en sitio de generación en generación.

No se recomienda utilizar las tierras arenosas, pues sus propiedades de cohesión son muy bajas, no permitiendo adherencias o estabilizaciones posteriores, presentando la tapia resquebrajamiento en su etapa de secado. Encontrar y usar tierras limo-arenosas mejora sustancialmente el resultado, que preferiblemente esté compuesta por:

GRAVILLA: 0 a 15%

ARENA: 40 a 50%

LIMO: 35 a 20%

ARCILLA: 15 a 25%

1.5 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Los cimientos se deben construir sobre zanjas o chambas, cuyo ancho y profundidad dependen de la calidad del terreno (generalmente entre 40 y 50 cm). La piedra que se utiliza es de tipo rajón o similar, debidamente seleccionada y acomodada, logrando correspondencia entre sus caras, evitando que queden vacíos entre ellas.



ILUSTRACIÓN 8: CIMENTACIÓN

Cuando se trata de suelos de buena capacidad portante, el material de adherencia puede ser *calicanto* (mezcla adherente, preparada entre tierra seleccionada y cernida, libre de materia orgánica, acuosa o lechosa, mezclada con cal en proporción 6 de tierra 3 de agua y 0.5 de cal. Su aplicación es similar al concreto y/o morteros encementados), caso contrario, se debe acudir al concreto ciclópeo o sino a vigas de concreto reforzado. El geotecnista es la persona indicada para indicar qué material utilizar.

El sobrecimiento es también llamado como la *primera armada* en la construcción de un muro en tapia pisada, es el arranque del muro, también en piedra rajón o similar. La acomodación de la piedra se hace buscando que las caras o superficies más lisas, estén sobre la *tapa* del tapial. El sobrecimiento protege el muro de la humedad, de la lluvia y de algunas acciones que suceden a nivel de piso, conforma la base del asiento de los muros. La altura del sobrecimiento generalmente es de 1 m, dependiendo de la altura que vaya a tener el muro de tapia pisada puede llegar a ser más alto o en su defecto más bajo. Cuando se termina el sobrecimiento se comienza el cargue del tapial con la tierra preparada.

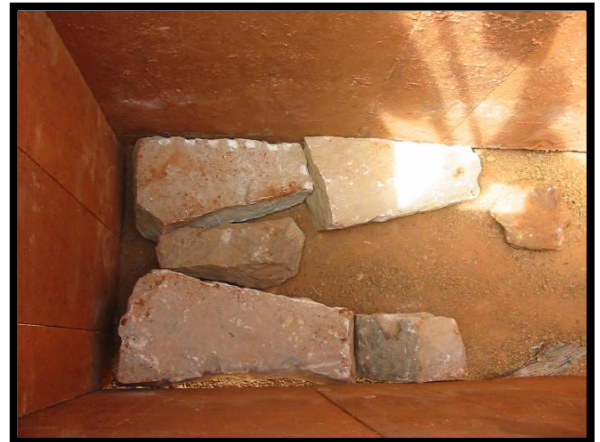
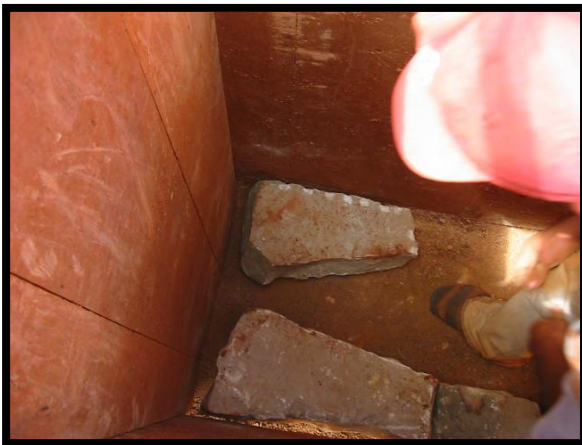


ILUSTRACIÓN 9: SOBRECIMIENTO

Es preferible *cernir* la tierra pasándola por malla entre $\varnothing \frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ de pulgada. Luego, se mezcla con cal apagada Ca(OH)_2 para estabilizarla. La estabilización es un método que disminuye la plasticidad de la tierra y aumenta su resistencia, como por igual, la reacción de la cal con la humedad, aumenta el Ph lo suficientemente para eliminar microorganismos patógenos. No es recomendable usar en la mezcla más del 6%, pues creyendo que se aumenta la resistencia, paralelamente se está aumentando considerablemente la plasticidad. Cuando se considere necesario, se puede acudir a los estudios para tierras estabilizadas con cal: límites de Atterberg, granulometría, compresión y demás.



ILUSTRACIÓN 10: CERNIR LA TIERRA

En el proceso de mezclado, se agrega agua rociada con regadera o manguera jardinera (no a chorro pues acelera la reacción cal-tierra, produciendo grumos o terrones), hasta encontrar su consistencia ideal, que se logra con la ayuda de la prueba por *estallamiento*, que consiste en apretar en la mano una porción de tierra, que al dejarla caer al piso, no se *estalle o desintegre* totalmente. Superada esta situación, se tiene listo el material tierra para ser conducido al tapial, e iniciar su pisado



ILUSTRACIÓN 11: MEZCLA CON CAL

La segunda y las demás armadas se superponen las unas a las otras, la disposición se hace igual que un muro de mampostería de forma intercalada para lograr entrabamientos, se puede imaginar tapial como un “*superladrillo*”.



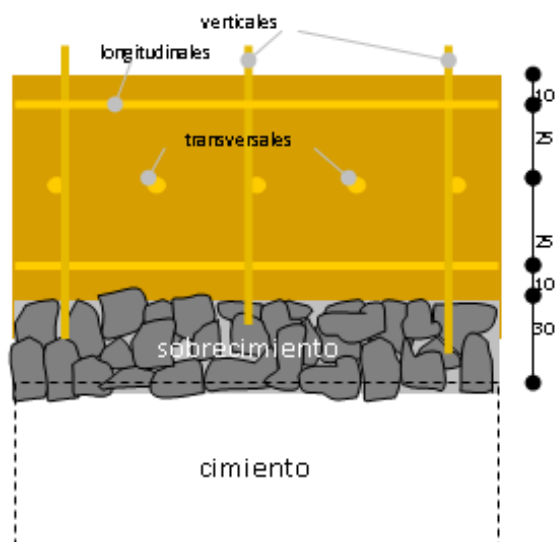
ILUSTRACIÓN 12: ARMADAS EN EL MURO DE TAPIA

El *apisonado* se debe realizar por capas promedio 10 cm de espesor. En el proceso de pisado, se van incorporando *tendidos* de hiladas de *cañabrava* para establecer un sistema de refuerzo al muro de manera intercalada, unas en sentido longitudinal al muro, las otras, transversalmente. Las longitudinales, se distribuyen promedio, en 3 ó 4 cañabravas, y en el transversal, cada 25 cm unas entre otras. Verticalmente, se erigen 3 cañabravas cada metro lineal, sujetándolas con las horizontales, dejando “*pelos*” por fuera, para luego también amarrarse y darle continuidad estructural al sistema.

En cada armada, en sentido vertical, el tendido de las cañas se hará cada 25 cm; se pueden colocar sin *pelar*, siempre inmunizadas previamente.



ILUSTRACIÓN 13: REFORZAMIENTO INTERNO



Los muros deben trabarse simultáneamente en todos sus vértices, de manera similar a la mampostería convencional.



ILUSTRACIÓN 14: VÉRTICES

La última capa de pisado debe dejar medianamente curvo su terminado (convexo) para que al pisar la otra armada, colabore su ajuste y confinamiento.



ILUSTRACIÓN 15: CONFINAMIENTO ENTRE ARMADAS

Los bajantes de redes sanitarias, durante el proceso del pisado, pueden dejarse embebidos dentro de los muros. Para las eléctricas e hidráulicas, se hace un perfil de madera dura o metálico en “ele” de 1 ½. x 1 ½ pulg que se monta antes de iniciar el pisado del muro, de tal forma que cuando se desencofre el tapial, quedará elaborada la *regata* para la tubería.



ILUSTRACIÓN 16: INSTALACIONES

Los *chazos* para soportar las puertas y ventanas, se dejan embebidos en la tapia durante su proceso de pisado en número de tres (3) por cada costado, repartidos proporcionalmente en su altura. Estos *chazos* son de madera rolliza con diámetro de 3 pulg o cuadrada de longitud 25 cm y se instalan diagonalmente al *vano* para brindarle mayor adherencia y resistencia. Para evitar futuros desajustes de la carpintería instalada, los *chazos* se envuelven en *mall*a tipo *gallinero* o similar.

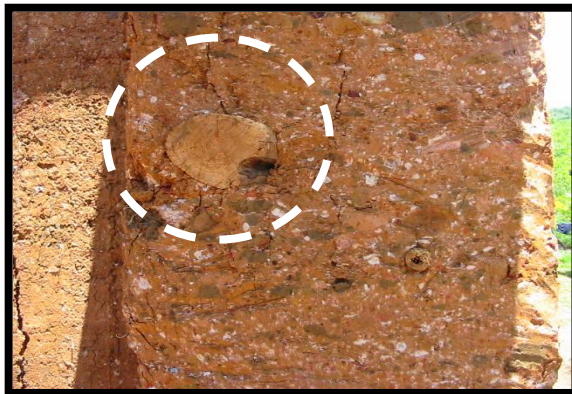


ILUSTRACIÓN 17: CHAZOS

La colocación de dinteles, fabricados con maderas duras canteadas o rollizas, se realiza simultáneamente con el pisado de muros, enbebiéndose en el lugar que ocuparán su sitio las puertas, ventanas o vanos. Deben penetrar al muro en cada extremo, mínimo el tercio ($1/3$) de longitud de la luz del vano. La madera previamente se debe inmunizar por inmersión; su acabado final, puede ser a la vista o recubierto con pañete, debidamente dilatado.

La altura entre puertas, ventanas o vanos deben ser diferentes una entre otras, mínimo 30 cms. De ésta manera se evita generar una línea de corte sísmica.

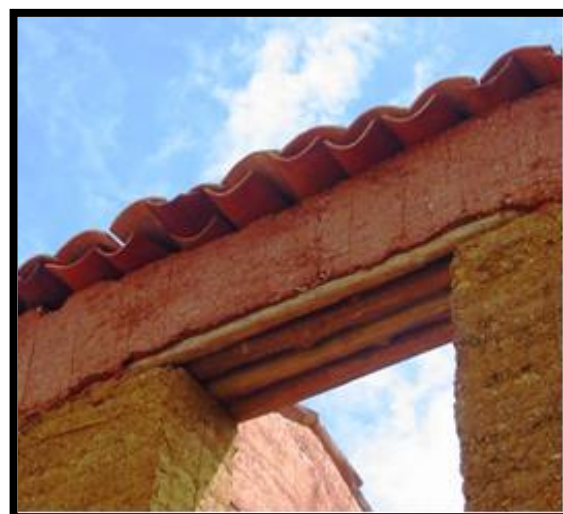


ILUSTRACIÓN 18: DINTELES

Al terminar de pisar y lograda la altura final del muro, sobre este descansará la viga corona de madera, quedando espacios entre ésta y la cubierta. Allí se debe *encorozar*, siendo esto, el relleno con adobes o bloques de tierra estabilizada. De igual forma se deben solucionar los dinteles.



ILUSTRACIÓN 19: ENCOROZADO

Tanto en el proceso de construcción como posterior a él, los muros podrán presentar fisuras o resquebrajamientos, causando prevención, más no problemas de estabilidad. Generalmente es su condición normal, pues la tierra pisada seguirá por buen tiempo, en su proceso de secado, apretamiento o consolidación de sus componentes. Esas fisuras se deben *resanar* o reparar con los mismos materiales de tierra, incluidos desechos de teja de barro o bloques.



ILUSTRACIÓN 20: RESANES

Al construirse en dos o más alturas, el entrepiso, desde el orden estructural, protagoniza valiosa labor, como intermedio de la edificación al efecto sísmico. En las construcciones de tierra tapiadas, predomina el entrepiso enmaderado, pues está en correspondencia con los demás materiales utilizados.

Los flexibles, son aquellos que se construyen con elementos enmaderados, ya sea por encontrarse la construcción en suelos altamente estables, por desarrollarse en pequeñas áreas, por no tener que soportar altas cargas muertas o por pertenecer a construcciones en terrenos planos.

Los rígidos son aquellos que requieren conllevar una placa de concreto, ya sea por recomendaciones geotécnicas, por desarrollarse sobre grandes áreas, por tener que soportar altas cargas muertas, por ubicarse en alturas considerables o por pertenecer a construcciones en terrenos pendientes; en todos los casos, la placa se fundirá sobre el entrepiso flexible y tendrá entre 8 y 10 cm de espesor.

De esta forma se logra confinar todo el sistema estructural, sin restarle participación principal al entrepiso enmaderado. Es así como los entrepisos descansan sobre una viga corona que se asienta y embebe en los muros tapiados. La placa de concreto puede fundirse sobre el tendido de cañabrava.

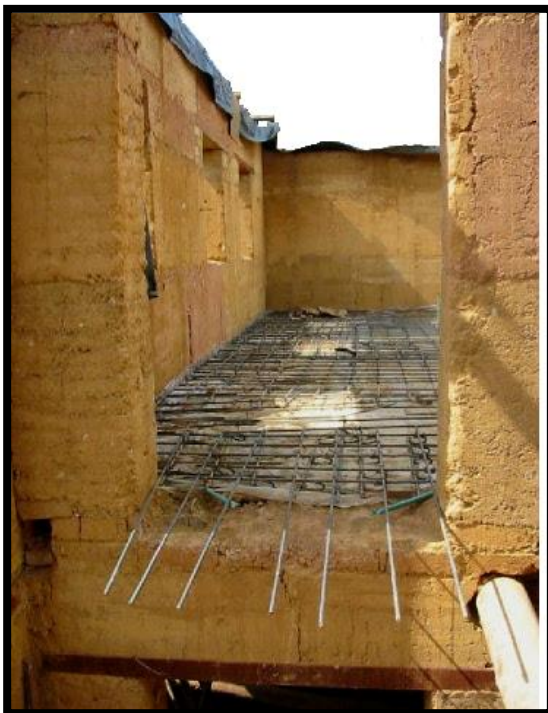


ILUSTRACIÓN 21: ENTREPOSOS

1.5.1 ESTRUCTURA DE MADERA

Las vigas son los elementos portantes principales. Sostienen el peso del entrepiso irrigado a través de la viga corona. La viga corona se afirma al muro embebiéndola por la mitad de su diámetro y se asegura con *grapas* aceradas que la abrazan; las grapas o ganchos son de 40 cm y la varilla de $\varnothing \frac{1}{2}$ pulg. Transversalmente la viga corona se conecta, a manera de arriostramiento, con otras similares o vigas auxiliares. Este sistema ayuda a evitar que los muros colapsen hacia el interior.

Características

Nombres de la madera: zapán, maquí, abarco, eucalipto.

Diámetro: mayor a 9 pulg.

Longitud: superior a 6 m.

Densidad básica: mayor a 720 kg/m^3 ⁵ Tipo A.

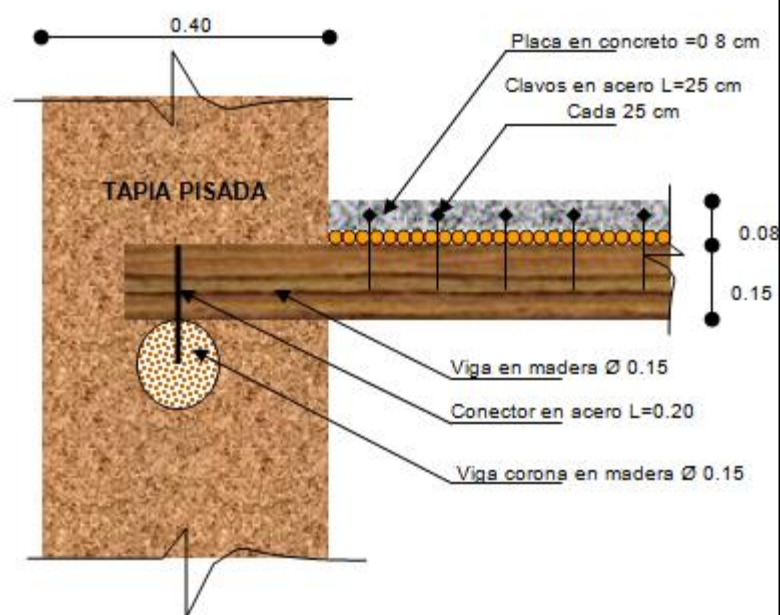


ILUSTRACIÓN 22: VIGA CORONA

⁵ Densidad básica= peso anhidro (sin agua) / volumen verde. Programa Colombia Forestal/ USAID, Diciembre 2005

Las vigas auxiliares son las que confinan la viga *Corona* ya soportarán los materiales con que se construye el entrepiso. Las vigas se *cantean* para nivelar el tendido de cañabrava que recibirá la placa de concreto o el terminado final de piso. Este puede variar entre tablón de arcilla, baldosín, cerámicas y cuando es en tabla de madera a la vista, se instala sobre durmientes o listones en madera cuadrada, fijada con tornillos *golosos*, debidamente *machihembrada*. Se ha experimentado instalar el tablón de arcilla, asentándolo directamente sobre barro, con muy buenos resultados. En todos los casos, antes de iniciar el proceso, se debe colocar malla tipo gallinero para mejor adherencia de los materiales. La cañabrava, como cielorraso del entrepiso, puede lucirse a la vista o empañetada con pañete cagajón.

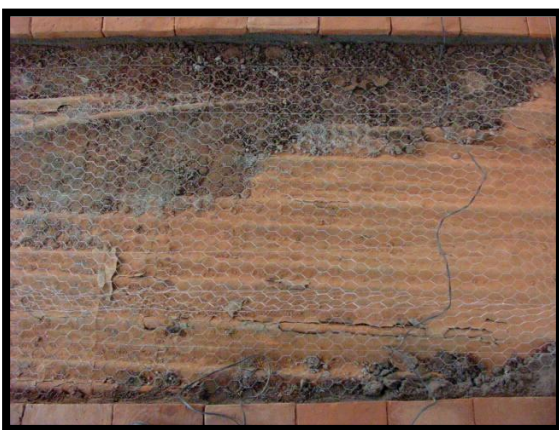


ILUSTRACIÓN 23: VIGAS AUXILIARES

El conjunto de una cubierta en teja de barro, lo conforman la estructura de madera, compuesta entre *vigas*, *soleras* y *varas*, y su material de cubierta compuesta por teja de barro y sus materiales complementarios. Las maderas se arman de acuerdo a las pendientes y sentido de las aguas a controlar, cuyas dimensiones de longitudes, espesores, separaciones, se someten a diseños previos.

La estructura de madera al adquirirse, se debe acreditar la procedencia de la madera para que sea de corte y cultivo controlado. Al realizar su selección, conviene tener en cuenta, su estado de secamiento, la regularidad de su espesor sin curvas y la presencia de posibles contaminaciones por descomposición o ataque de insectos. En el manejo de *traslapos*, *empalmes* o *mediasmaderas* en los que se recurre al apuntillamiento, hay que evitar el golpeteo; para ello, las maderas se atraviesan anticipadamente con taladro eléctrico, para luego colocar los *pasadores* o puntillones de 6 pulg evitando deteriorar el material. La *mediamadera* es una especie de caja que se le hace a las maderas, para que al cruzarse o encontrarse, no cambien su nivelación.

Los *traslapos* son la superposición de maderas, haciéndoles *muescas* para ajustarse mutuamente; los *empalmes*, son el encuentro de varias maderas, ya sea en perpendicular o en diagonal. Aquí aparece el término castizo “boca de pescado” que significa redondear las puntas de las maderas (en cóncavo) para empatarlas perfectamente con su similar redonda.

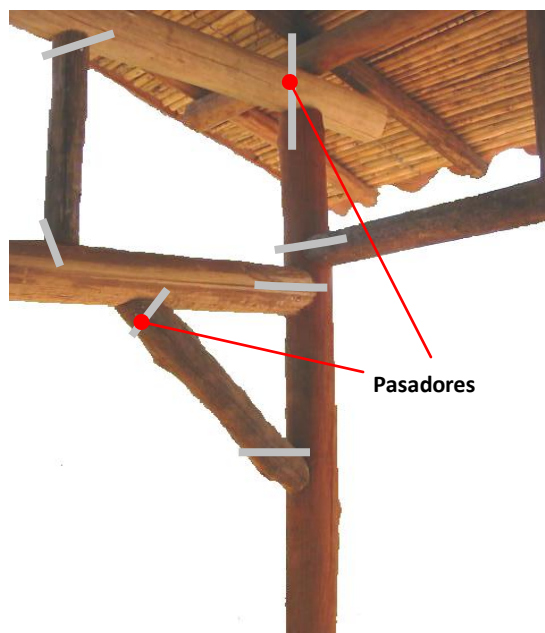


ILUSTRACIÓN 24: ESTRUCTURA DE MADERA

Fuente: Jaime Higuera Reyes

Antes y después de instalada, la madera se somete a procedimientos de inmunización, por inmersión y por aspersión, respectivamente. Para incrementar el efecto, se recomienda en obra preparar un procedimiento doméstico de excelentes resultados, pues ha controlado plagas de todo tipo y clima, especialmente de insectos. Para su aplicación, se deben tomar precauciones, a pesar de no ser un veneno de alta toxicidad.

INMUNIZANTE DOMÉSTICO:

Para 1000 cm³ (un galón)
400 cm³ de ACPM
400 cm³ de petróleo
50 cm³ de lorseban o similar
100 cm³ de creolina
100 cm³ de formol
75 gr. de naftalina
75 gr. de sal de cocina

Agitar constantemente; aplicar por aspersión y en puntos difíciles, a

Las vigas en cubierta tienen características en todos los aspectos, iguales a las presentadas para los entrepisos.

Las soleras, actúan como elementos secundarios en la estructura de la cubierta, jugando papel importante, pues son las encargadas de transmitir las cargas hacia las vigas corona, provenientes de las cumbreras, limahoyas y limatesas, en donde principalmente se sitúan. Las *soleras* se colocan donde se considere necesario consolidar la estructura, pues son apoyos importantes, y sirven para aminorar sus luces, especialmente las de las varas



ILUSTRACIÓN 25: ESTRUCTURA DE MADERA

Características

Nombres de la madera: zapán, maquí, abarco, eucalipto, pajarito, pardillo.

Diámetro: desde 5 hasta 9 pulg.

Longitud: superior a 4 m.

Densidad básica: mayor a 720 kg/m³ Tipo A.

Las varas actúan como elementos terciarios en la estructura de la cubierta, y se encargan, ante todo, de establecer el área nivelada que soportará el tendido de las tejas y sus materiales complementarios; en todo caso, son parte del conjunto estructural de la cubierta. Se instalan con separaciones no mayores a 60 cm entre ejes, ni menores a 40 cm. La nivelación del conjunto de las varas debe asumirse cuidadosamente y realizarse en los tres sentidos: longitudinal, horizontal y diagonalmente. Esto cooperará a una mejor instalación y presentación de la cubierta cuando se instalen las tejas, evitando al mismo tiempo ondulaciones y futuras filtraciones.

Cuando se usen varas de longitud mayor a 4 m, se debe ubicar soleras intermedias.

Características

Nombres de la madera: cucharo, pajarito, chingalé, zapotillo.

Diámetro: entre 3 y 5 pulg.

Longitud: entre 3 y 6 m.

Densidad básica: mayor a 720 kg/m³ Tipo A.

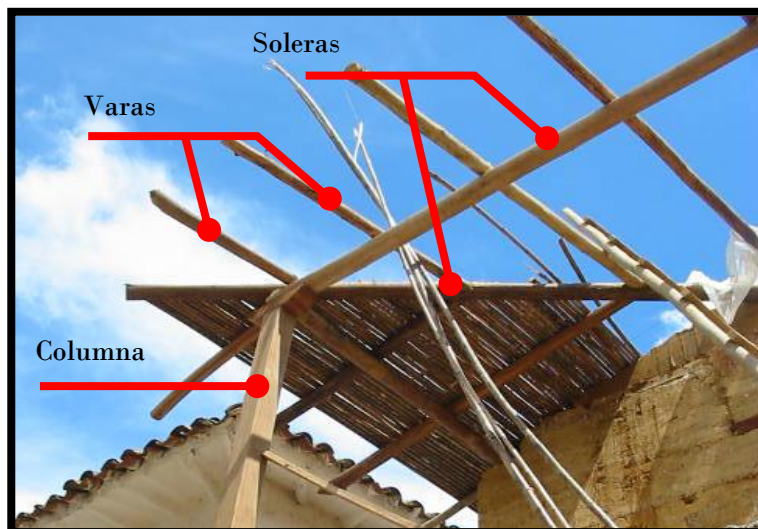


ILUSTRACIÓN 26: ESTRUCTURA DE MADERA

Piedeamigos, sanantonios, pendolones, moños y parnudillos, son nombres que se adoptan para describir formas de usar la madera generalmente, como elementos auxiliares de apoyo estructural. En su instalación predomina el uso del ángulo a 45°, excepto los parnudillos por ser horizontales, a manera de tensores.

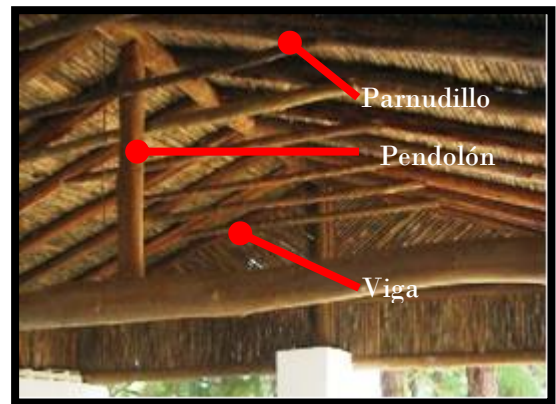
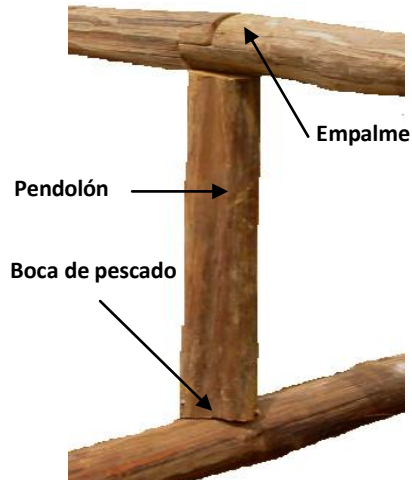


ILUSTRACIÓN 27: FORMAS DE USAR LA MADERA

1.5.2 CUBIERTA

La cañabrava⁶ es una especie de bambú, de climas tropicales, de excelente ductilidad (capacidad de deformación) flexible y de bajo costo. En la tradición popular, se afirma que su corte en cultivo controlado, se debe efectuar en temporada de luna menguante, época en que la planta no absorbe gran cantidad de agua y que por ello, “tendrá más durabilidad y no estará propensa al futuro ataque de plagas”. Se inmuniza por aspersión posterior a su instalación; el acabado final se escoge entre en su estado natural, o *pelada* (raspada) obteniendo especiales brillos.



Características

Longitud: entre 5 y 6 m

Espesor: entre 2 y 3 cm.

Peso: 3 Kg/und.

Rendimiento: 12 und/m² para cañas de 6m.

Instalación: 60 m²/día entre 2 ayudantes.

Pelado: 300 unid/día x 1 ayudante.

Debidamente nivelada la estructura de la cubierta, se comienza la instalación desde los extremos de la cubierta (aleros) hacia las cumbreras, apuntillándose una a una sobre cada vara que sobrepasa. En dichos extremos, se colocan dos cañabras para servir de tranca a las tejas; el material se organiza con guías de alambre calibre 16, que se colocan entre vara y vara, y que van asegurando cada cañabrava. Este sistema sirve para establecer líneas rectas en el conjunto de las cañas y puedan dejarse a la vista.



ILUSTRACIÓN 28: CAÑABRAVA

⁶ Gynerium sagittatum. Similares: totora, cañamansa.

Concluida esta etapa, se instala sobre el tendido, algún tipo de *manto impermeabilizante* en frío, caliente o autoadhesivo, siguiendo las instrucciones del fabricante. Este manto no es estrictamente necesario, pues las tejas de barro se pueden asentar directamente en tierra sobre la cañabrava.

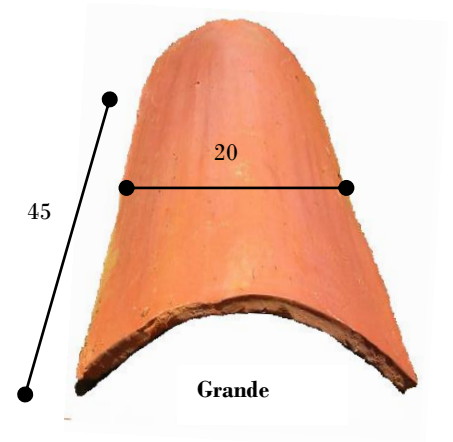
Existen diversos tipos de teja de barro: fabricadas manualmente en *chircales*, y las industrializadas. Sus tamaños y pesos varían de acuerdo a la región de producción, pues dependen del tipo de arcillas utilizadas. Para su cocción artesanal se elevan temperaturas en los hornos entre 800 y 1000°C.



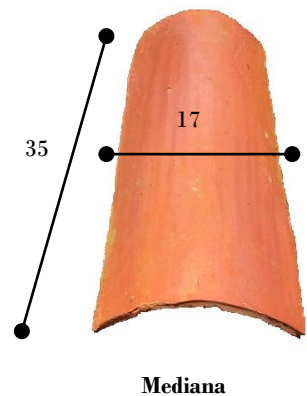
ILUSTRACIÓN 29: TEJA DE BARRO

Características

Teja grande: Longitud= hasta 45 cm, ancho promedio 20 cm. Peso 4 Kg. Espesor = 15 mm. Rendimiento del material: 18 und/m². Rendimiento Mano de Obra: 60 m²/día entre 1 oficial y 1 ayudante.



Teja mediana: Longitud= hasta 35 cm, ancho promedio 17 cm. Peso 3 Kg. Espesor = 15 mm. Rendimiento del material: 25 und/m². Rendimiento Mano de Obra: 50 m²/día entre 1 oficial y 1 ayudante.



Teja pequeña: Longitud= hasta 28 cm, ancho promedio 15 cm. Peso 2 Kg. Espesor = 10 mm. Rendimiento del material: 34 und/m². Rendimiento Mano de Obra: 40 m²/día entre 1 oficial y 1 ayudante.

Una manera de comprobar la calidad de la teja es por sonido y carga. Por sonido, debe emitirlo fino, cristalino o de campaneó agudo. Por carga, al pararse sobre una teja colocada de canal, no debe partirse. Igualmente, no debe presentar porosidades y el espesor promedio debe ser uniforme.



ILUSTRACIÓN 30: CALIDAD DE LA TEJA



Por las irregularidades en el tamaño de las tejas artesanales, antes de colocarlas, se debe organizar una selección de 2 ó 3 tamaños, para facilitar su instalación de hilado y nivelación de la cubierta.



ILUSTRACIÓN 31: ORGANIZACIÓN DE LAS TEJAS ANTES DE COLOCARLAS

Para la instalación de las tejas de barro, el porcentaje de la pendiente recomendada es máximo el 40% y mínimo 30%. Hilar en todas la direcciones X-Y e inclusive, diagonalmente, para controlar la nivelación de las tejas y una acomodación exacta. Se procede afín a la cañabrava, es decir, desde los alares hacía la cumbre.

Se disponen en hiladas de *roblón*, en cóncavo, y de *canal*, en convexo, para cumplir su función; los traslapes en los extremos varían entre 4 y 6 cm. Las hiladas en canal van asentadas sobre tierra estabilizada con cal apagada al 2%; mezcla mojada con abundante agua hasta lograr densidad barrosa. Esta capa no requiere superar 8 cm de espesor.

Las tejas en roblón estarán simplemente apoyadas, montadas sobre las de canal.

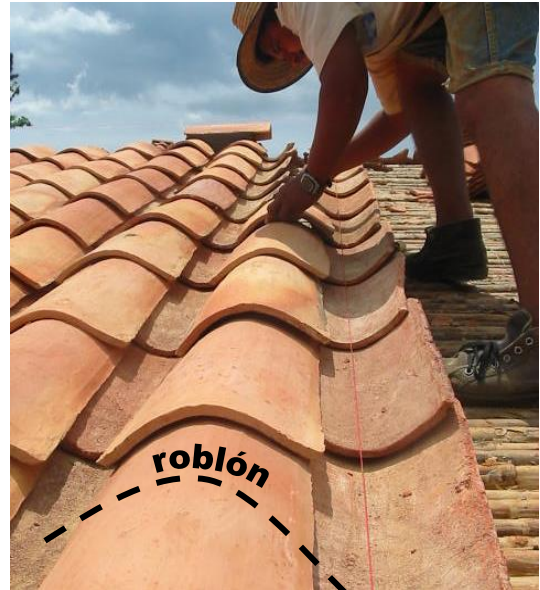


ILUSTRACIÓN 32: CANAL Y ROBLÓN EN LAS TEJAS DE BARRO

En los alares laterales de la cubierta, se coloca una hilada de tejas de volteo que trabajan como alfajías para goteo de lluvia.



ILUSTRACIÓN 33: ALARES DE LA CUBIERTA

La cubierta remata en su cumbrera (que funciona a manera de soporte) con una hilada de tejas asentadas con mezcla calicanto, pudiéndose armar en dos direcciones desde el centro hacia afuera. Esta disposición es más estética que técnica.



ILUSTRACIÓN 34: CUMBRERA EN LA CUBIERTA

Las limahoyas, son canales interiores en la cubierta. Estos canales se construyen con la misma teja colocada en canal. Cuando son cubiertas de grandes áreas, se requiere mayor ancho de la limahoya, que se puede fabricar en lámina galvanizada calibre 20; una aproximación, es calcular por cada 100 m² de cubierta, 2 m de canal de 30 cm de ancho. Para evacuar las aguas lluvias, se pueden instalar bajantes metálicos en lámina galvanizada, mínimo de calibre 22. También por cada 100 m² de cubierta debe existir un bajante de Ø 4 pulg.

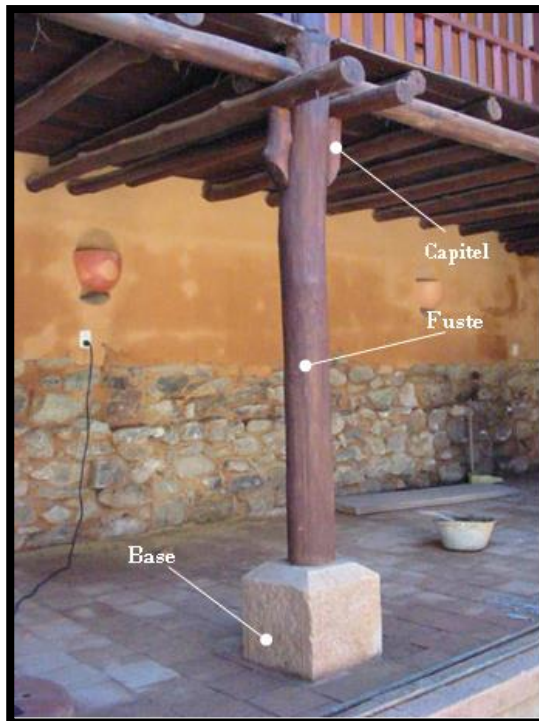
Las limatesas, son cumbreras interiores en la cubierta; se deben construir idénticamente como las cumbreras o caballetes. Se diferencian en que generalmente se desplazan diagonalmente dentro de la cubierta, como ocurre con las limahoyas, obligando a realizarle cortes diagonales a las tejas. Estos deben ejecutarse con cortadora eléctrica.

Las tuberías de reventilación, desfuegos de cocinas y chimeneas, antenas de telecomunicaciones, brotan en la cubierta. Cuidadosamente hay que situar sistemas para su impermeabilización en el punto de encuentro con las tejas.



ILUSTRACIÓN 35: LIMAHOYA Y LIMATESA

Frecuentemente los corredores, balcones o terrazas, se diseñan apoyados en columnas mixtas (madera y piedra) o monolíticas (sólo piedra). Sus componentes



son: **Base:** en material monolítico (piedra o concreto) antecediéndole un cimientado de material similar. **Fuste:** en madera rolliza o cuadrada, en diámetros mínimos de $\varnothing$ 15 cm hasta altura de 3.00 m debe apropiarse un *pin* acerado (varilla de hierro corrugado $\varnothing$ ½ pulg. longitud mínima 25 cm) entre el fuste y la base. **Capitel:** en madera rolliza o cuadrada de acuerdo al estilo propuesto. El diseño, puede prever la localización de platinas metálicas para unir sólidamente el capitel con maderas, solera o vigas.

ILUSTRACIÓN 36: BASE, FUSTE Y CAPITEL DE UNA COLUMNA

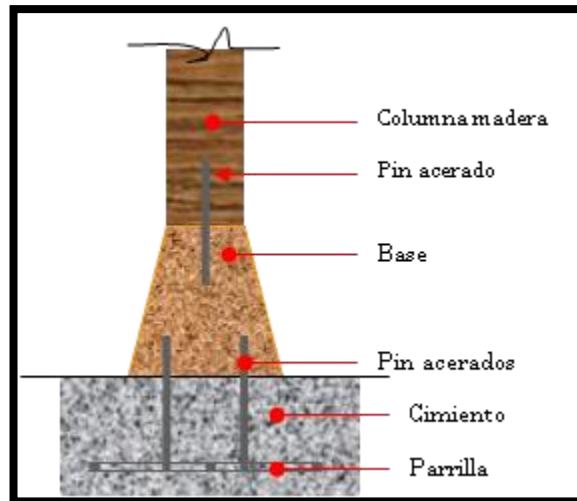


ILUSTRACIÓN 37: PLATINAS METÁLICAS EN LAS COLUMNAS

1.5.3 INSTALACIONES

Las instalaciones de redes hidráulicas, sanitarias, eléctricas, voz y datos, son idénticas a las realizadas en construcciones convencionales, aplicando las normas vigentes en cuanto a diámetros, espesores, pegues, uniones, doblado, limpieza o cableado.

Las redes sanitarias e hidráulicas, deben tener un cuidado intenso en su instalación y pruebas previas, superiores, a lo mejor, que en las otras construcciones convencionales, para evitar accidentes e imprevistos nada bienvenidos. Las tuberías de bajantes de aguas lluvias y sanitarias (generalmente de Ø 4") se deben ubicar, evitando al máximo instalarlas dentro de los muros tapiados, pues para embeberlas, hay que regatearlos significativamente, y ante un sismo, se convierten en elementos aleatorios al mismo.

La recomendación primordial para las instalaciones eléctricas e hidráulicas (Ø ½ pulg) apunta al manejo de las regatas en los muros, que deben realizarse verticalmente, utilizando las dejadas durante el pisado de los muros; como los materiales para estas instalaciones son en PVC, los futuros movimientos podrán generar pequeñas fisuras, y entre verticales y diagonales, son menos notorias las primeras.

Cuando se trata de entresijos y en donde se recomienda fundir placa de concreto, las instalaciones adoptan iguales maneras de montaje convencional.

Para controlar fugas hidrosanitarias, es importante construir cuantas cajas de inspección sean necesarias y ubicar para cada zona húmeda (baños, cocina, oficios), una llave registro o de paso.

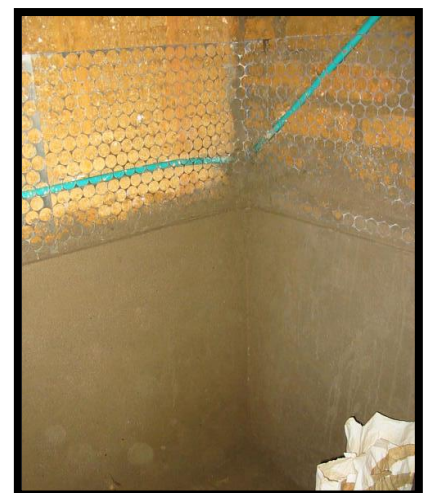


ILUSTRACIÓN 38: INSTALACIONES

Estos muros soportan todo tipo de acabados de los ofrecidos comercialmente. Cuando se trata de aquellos enchapes que presentan grandes pesos por su tipo, densidad o espesor como los mármoles, granitos prefabricados, piedra o similares, tendrán procedimientos especiales, auxiliados por materiales o componentes complementarios que los adhieran firmemente a los muros para impedir su desprendimiento. Se acostumbra a *tejer* alambre asegurado con puntillas y tapas de gaseosa o metálicas, pretendiendo ser elemento adherente para el friso; por no ser un enmallado uniforme, deja áreas que se desprenden posteriormente.

Lo adecuado es enmallar con *malla gallinero* o retal de aluminio, extendiéndola sobre el área a intervenir y fijada al muro con clavos tipo zinc, para luego aplicar sobre ella, frisos de calicanto y proceder a instalar los enchapes respectivos. El friso debe ser impermeabilizado integralmente en el caso de áreas húmedas como baños, cocinas o de oficios.

ILUSTRACIÓN 39: ENCHAPES



Los rendimientos de mano de obra en los enchapes son idénticos a los clasificados en construcciones convencionales. Dependiendo del tipo de material utilizado.

1.5.4 PAÑETE

El pañete “cagajón” es utilizado en el recubrimiento de los muros de tierra o en los cielorrasos de la cubierta. El cagajón o excremento de caballo (de mula o de asno), es la materia prima para la elaboración del pañete. En su estado natural y seco, se recoge de los potreros; el de animales criados en establo, no es apropiado por su modo de alimentación (concentrados). Debe estar libre de componentes como el tamo, cascarilla o piedras.

El procedimiento para su preparación es desmenuzarlo o desmoronarlo para lograr un material parejo, como el aserrín de madera. Se puede obtener de dos maneras: Manualmente o por fricción, que consiste en restregarlo sobre una malla cernidora para desmenuzarlo. Su rendimiento es de 5 bultos de 50 kg/día x 1 ayudante. Mecánicamente: utilizando la reconocida máquina despulpadora de café, asistida con motor eléctrico o de combustible, procediendo a pasar el cagajón por el rodillo. Su rendimiento es de 15 bultos de 50 Kg/día x 1 ayudante.



ILUSTRACIÓN 40: PREPARACIÓN DEL PAÑETE



Posteriormente, para conseguir un material uniforme, tipo aserrín de madera grueso, se pasa por cernidor de abertura 3 mm; los sobrantes se destinan para abono agrícola.



El paso a seguir es mezclar los materiales, cagajón, *arenilla* y cal apagada. La *arenilla* es tierra fina *de peña*, seleccionada y libre de desperdicios y materia orgánica. Es rica en arcilla, pegajosa, resbaladiza, de color amarillo intenso.

Para obtener una *torta*, se mezclan 50 baldes⁷ de *arenilla*, 25 baldes de cagajón y 9 baldes de cal apagada o una proporción equivalente. Inicialmente se mezcla en seco, la *arenilla* con el cagajón; se le agrega agua potable (aproximadamente 5 baldes o 50 lts) hasta obtener una masa homogénea, tipo mortero.



Se procede al pisado (pisado a pie descalzo) para combinar bien la mezcla; posterior y lentamente, se le aplica la cal apagada para continuar con el pisado. En este paso, se recomienda el uso de botas de caucho para proteger los pies del operario.



El de optimización de la preparación, se comprueba frotándola entre las manos, observando que debe presentar consistencia viscosa y no adherente a las manos (prueba de bola). También, otra forma confiable, es deslizar una pala sobre la *torta*: al no adherirse pañete a la herramienta, es el punto exacto.

ILUSTRACIÓN 41: PREPARACION DEL PAÑETE

⁷ Recipiente plástico utilizado en obra de volumen 8 lts

El material acumulado en la torta debe permanecer a la sombra, cubierto con plástico negro durante mínimo 3 días para transpiración y desagüe; óptimo y máximo, 5 días. La torta escurrirá líquidos sobrantes. Su punto ideal se comprueba por segunda vez con la técnica del deslizado de pala.



Su rendimiento en la preparación del material es de dos tortas/día x 2 ayudantes, y del material preparado con la proporción referenciada, puede llegar a tener un rendimiento de aproximadamente 90 m² en superficies de muros en tapia pisada, y 75 m² en cielorrasos, bahareques o muros de bloque y adobe.



El pañete cagajón, se aplica directamente sobre las superficies secas, con llana metálica. En espacios abiertos, su secado en temperaturas superiores a 28°, ocurre en 72 horas, y en temperaturas de 15°C, en 6 días. En espacios cerrados se duplica el tiempo de secado, pudiéndose acelerar el proceso con ventilación e iluminación artificiales.

El material es de excelente adherencia y no requiere de enmallamientos de las superficies en donde se aplicará. Permite realizarle filos y dilataciones.



Luego de aplicado el pañete cagajón, en su proceso de secado no debe presentar resquebrajamientos o fisuras; si esto ocurre, significa que en la preparación del material deben modificarse las dosificaciones sea de la cal o del tipo de arenilla seleccionada; por ello, los ensayos previos, hay que realizarlos con varias muestras de arenillas. Conviene verificar la homogeneidad de las mezclas obtenidas, tanto en seco como en húmedo. Algunas veces aparecen “floraciones” o puntos blancuzcos: son

ILUSTRACIÓN 42: FRISOS CON PAÑETE

formas del proceso de secado producidas por condensaciones o humedad relativa; basta con limpiarlos o pintarlos.

El pañete cagajón recibe muy bien las pinturas a base de agua (vinilos) y muy especialmente, las de cal (natural o tipo dolomítica). También las de base de aceite (esmaltes) pueden ser aplicadas. La gran diferencia es que las primeras, permiten respirar al muro por sus condiciones naturales y las segundas, lo sellan.

Sea con cal o vinilos, los pañetes se pintan generalmente a tres (3) manos para un buen acabado y uniformidad, previéndose la primera mano, con pintura muy acuosa o de Tipo 3, para generar una subbase a las posteriores manos. La aplicación se realiza con brocha de fique o rodillo de felpa.

Cuando es con cal, se prepara en caneca de 55 galones de agua potable, mezclando en ella 20 Kg de cal, hasta que ésta se disuelva, aproximadamente en 48 horas, el rendimiento es de 250 m² a una mano.

Para darle mayor adherencia y evitar que la cal, luego de aplicada, suelte residuos, se le adiciona un aglomerante o pegante fabricado a base de agua (colbón o similar). La proporción es de que por cada 55 galones, mezclar 2 galones de aglomerante.



ILUSTRACIÓN 43: PINTURAS

1.5.5 PISOS

Los tipos de pisos recomendados y frecuentemente utilizados en este tipo de construcciones, y que tienen correspondencia con ellas son los pisos en tablón y los pisos en piedra.

Los pisos en tablón se producen en *chircales*, combinando a veces su producción con la de teja de barro, de tal manera que los procedimientos de extracción de la materia prima, transportación, pisado, cocción y bodega, son idénticos; y sólo cambia la forma de preparación del mismo, el artesano ha condicionado una *gavera* de madera, cuyo tamaño depende de la pieza a producir; la teja, también la somete a secado al sol durante 3 días, para llevarla posteriormente, al horno para cocerla.



ILUSTRACIÓN 44: PISOS EN TABLÓN

En Santander, los formatos más comunes son 20 x 20 cm y 25 x 25 cm; existen formatos hasta de 50 x 50 cm en Cundinamarca y Norte de Santander, departamentos en donde las calidades de la arcillas permiten mayores espesores y dimensiones, soportando en el horno temperaturas de 1.200°C o superiores.

El Tablón de 20 x 20 cm tiene un espesor de 4.5 cm y un peso de 4.5 Kg, el rendimiento del material sin brechar es de 25 und/m² y con brecha 20 und/m², el rendimiento de la mano de obra es de 25 m²/día entre 1 oficial y 1 ayudante.

El Tablón de 25 x 25 cm tiene un espesor de 4.5 cm y un peso de 5.0 Kg, el rendimiento del material sin brechar es de 16 und/m² y con brecha 12 und/m², el rendimiento de la mano de obra es de 30 m²/día entre 1 oficial y 1 ayudante.

Para la instalación de los pisos en tablón, se debe detectar un buen suelo, ejecutando la nivelación tradicional del piso y su compactación, el tablón se puede

asentar directamente sobre el terreno (en espacios interiores) con mezcla *calicanto* en espesor de hasta 10 cm; no necesariamente se tienen que brechar. Cuando se han hecho o se detectan rellenos, no son recomendables estos procedimientos. Sin embargo, para un buen ajuste del conjunto del piso, se sugiere hacer trabas entre las hiladas.



ILUSTRACIÓN 45: PISOS EN TABLÓN

Para su instalación, y tratándose de productos artesanales, el procedimiento inicial es similar al de las tejas de barro: seleccionar 2 ó 3 tamaños, para facilitar el alineamiento de las hiladas.

Cuando se instalan a cielo abierto, deben asentarse sobre morteros encementados de espesor 8 cm, debidamente brechados entre 1 y 1.5 cm de espesor. En todos los casos y existiendo niveles freáticos altos o humedades constantes en los suelos, se recomienda extender un manto impermeabilizante, siguiendo para su instalación, las instrucciones del fabricante, o también, aplicarle al mortero, impermeabilización integral.

Los tabloncillos deben humedecerse constantemente durante su instalación, para impedir *resecamiento* de las mezclas que los soportan, y por consiguiente, pérdida de adherencia entre los materiales utilizados.

Su mantenimiento es sencillo a partir de aplicar ACPM, mezclado con cera líquida de tonos rojizos con frecuencia semanal, y posteriormente, cada mes. Con brilladora eléctrica se logran relucientes visos.



ILUSTRACIÓN 46: INSTALACIÓN DEL TABLÓN

Los pisos en piedra, los definen su uso, el vehicular, el peatonal, para muros y para enchapes. La cantería y la talla en piedra son dos oficios afines y asociados. El cantero, explota la mina ubicada en lugares rurales, para obtener el material utilizado posteriormente por el tallador. La cantería es un trabajo fuerte, agotador, exento de herramientas o maquinarias modernas; hecho a pulso, a pleno rayo del sol y habitualmente, en grupos familiares.

El cantero, generalmente no es propietario del terreno donde se ubica la cantera; el paga a su propietario un valor por cantidad extraída. Para partir las grandes piedras utiliza porras y cuñas (pequeños cinceles) y las escoge a ojo por sus características (vetas, color, tamaño)

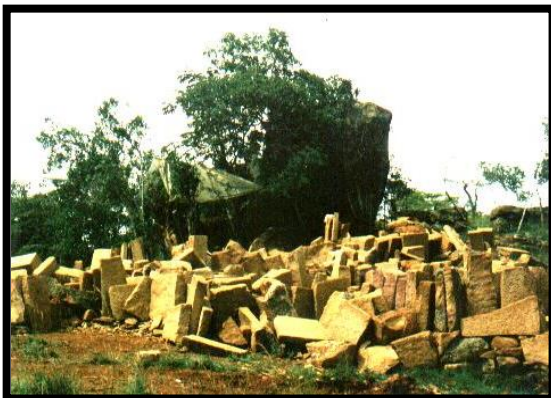


ILUSTRACIÓN 47: CANTERAS DE PIEDRA



ILUSTRACIÓN 48: PIEDRA PARA CARRETERAS

Las piedras para uso vehicular, denominadas también piedras para calles, son piezas obtenidas directamente de las canteras cuyo acabado es rústico, disperejo en su forma y superficie. Se ha comprobado su gran resistencia al paso de vehículos de alto tonelaje. El tamaño promedio es de 1.00 m x 60 cm, su espesor promedio es de 17 cm y su peso aproximado es de 100 Kg⁸.

Para su instalación se prepara el terreno nivelándolo debidamente, las piedras se asientan sobre barro humedecido, no estabilizado, ajustándolas con piedras pequeñas para nivelarlas; luego se brechan con mezcla de mortero 1:4, afinado con palustre o llana metálica. Se permite usarlas luego de 48 horas de asentadas.

⁸ Peso de piedras de la región: 1 M3 = 1.150 Kg.



ILUSTRACIÓN 49: PIEDRA PARA USO PEATONAL

Las piedras para uso peatonal son piezas arregladas o trabajadas por los picapedreros en su taller, y se les denomina “piedra chapa”. Su acabado se determina por el tipo de textura labrado en una de sus superficies; las piezas pueden regularizarse con corte de pulidora para lograr filos parejos. Entre menos sea su espesor, son más costosas por acrecentarse la mano de obra, uso de herramientas y aumentarse desperdicio de material. Los tamaños pueden ser cuadrados desde 30 x 30 cm hasta 1.50 x 1.50 cm y rectangulares, hasta 1.50 x 30 cm, el espesor mínimo es de 5 cm, el peso aproximado para una pieza de 1 x 1m x 8 cm es de 92 Kg y las texturas son lisas, “punterizadas”, abuzardadas o ralladas. Para la instalación se realiza similarmente como las piedras de calle; cuando se asientan a cielo abierto o reciben altas cargas como parqueaderos, se deben brechar con mortero 1:4.

Las piezas de los enchapes son de dos formas: las *regulares*, cortadas con pulidora, produciéndoles filos parejos, y las *rústicas*, partidas con cinces y porras. En ambos casos, se adhieren al muro con calicanto o mortero de cemento. Se elaboran en espesores de hasta 3 cm, siendo muy delicada su manipulación.



ILUSTRACIÓN 50: ENCHAPES EN PIEDRA

Los muros contruidos en piedra pueden ser de dos tipos, los naturales y los de labor. Los naturales son los que se construyen con las piedras tal cual se encuentran en la cantera, se utilizan esencialmente en muros de cerramiento y en las bases de los muros tapiados. Se levantan superponiéndolas al ajuste entre unas piezas con otras, auxiliadas por chazos o piedras pequeñas, casi nunca se brechan. Tienen espesores desde 40 hasta 70 cm y alturas no superiores a 3m.



ILUSTRACIÓN 51: MUROS EN PIEDRA

Los muros en piedra de labor son contruidos con piedras arregladas en el taller de los picapedreros en tamaños, texturas y formas regulares. El tamaño puede llegar a ser hasta de 1 x 1 m el peso aproximado para una pieza de 1 x 1 m x 1 cm es de 1.150 Kg y las texturas son lisas, “punteriadas”, abuzardadas o ralladas.

Para la instalación las piezas se disponen una encima de otra a *juntas perdidas* o brechadas, aplomándolas constantemente. Para garantizar su estabilidad, se recomienda introducir “grapas” o ganchos en varilla de hierro de Ø ½ pulg entre pieza y pieza, e igualmente, no superar alturas de más de 4 m por su peso, se



ILUSTRACIÓN 52: MUROS EN PIEDRA

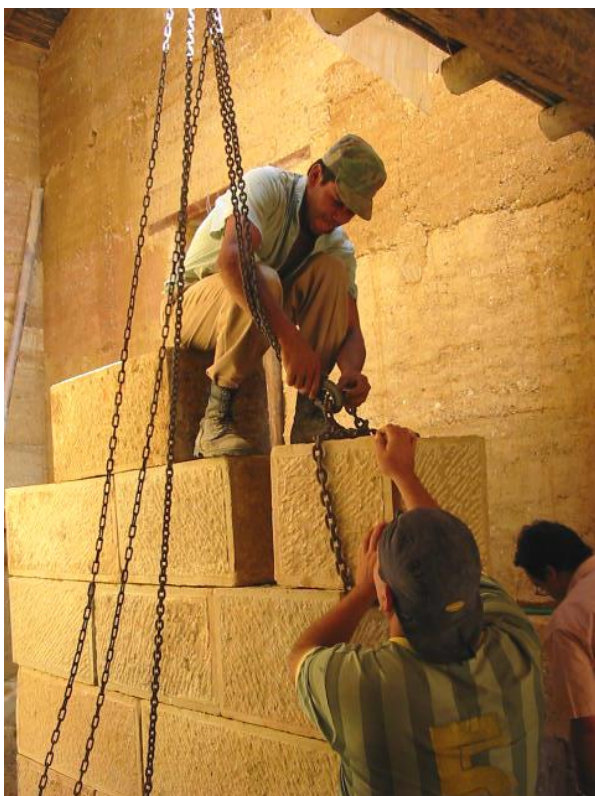


ILUSTRACIÓN 53: MUROS EN PIEDRA

1.6 RENDIMIENTOS

Es adecuado tener en obra, mínimo 3 tapiales, por una parte, para aumentar los rendimientos, y por la otra, prever distintas longitudes en el proceso de construcción de los muros. La cantidad de usos del tapial, en buenas condiciones de mantenimiento, se puede calcular en 1.000 veces. Su desventaja radica en el peso de las hojas del tapial (entre 80 y 100Kg cada una) dificultando su transporte y las labores de la armada, y aún más, cuando se hace en alturas considerables, repercutiendo en los rendimientos de la obra.

Una cuadrilla arma un tapial, a nivel de piso, en máximo 30 minutos, y en niveles superiores en un promedio de 20 minutos.

En las fases de diseño arquitectónico, es recomendable desarrollar una modulación de la longitud de la armada estandarizando una o dos medidas para que durante la construcción se logren mejores rendimientos.



ILUSTRACIÓN 54: RENDIMIENTOS EN LOS TAPIALES

Para poder cargar otro tapial y pisar sobre uno recientemente desencofrado se deben esperar 72 horas. Se ha comprobado que a medida que se erigen los muros, el rendimiento aumenta, debido a que no tiene el arranque o sobrecimiento, es decir, rinden más las armadas superiores que la primera.

Un viaje de tierra de 7m³ son 5.40 m³ de tierra pisada de espesor 40 cm. El volumen de tierra expandida es menos el 23% en tierra comprimida. Para la estabilización se necesitan en promedio 5 bultos de 50 Kg por viaje de tierra de 7m³. Para la primera armada de un muro de espesor de 40 cm rinde de 5 a 6 m² por día.

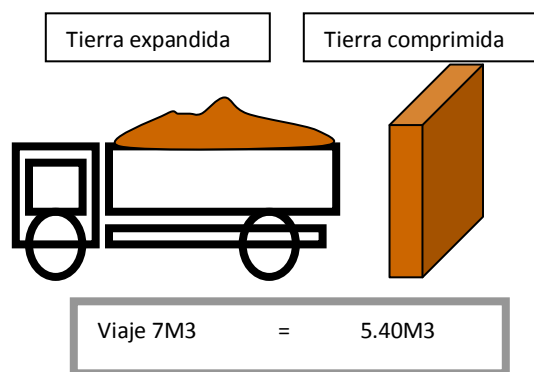


ILUSTRACIÓN 55: RENDIMIENTOS EN LA TIERRA

2. BLOQUES DE TIERRA

Los bloques de tierra son elementos prismáticos usados en las obras de construcción de edificaciones, se obtienen de aplicar una presión a la tierra que se encuentra dentro de un molde, ya sea por medios manuales o mecánicos. Esto hace que se mejoren las propiedades mecánicas de la tierra. Se dividen en tres tipos: adobes, bloques de tierra compactados y bloques de tierra estabilizados. La tierra que se utiliza para cualquier bloque de tierra, puede ser la misma con la que se construye la tapia pisada.

2.1 ADOBES DE TIERRA

2.1.1 GENERALIDADES

Los adobes de tierra se caracterizan por ser ladrillos fabricados completamente a mano, en un molde de madera, mezclados con paja seca, haciéndoles una presión con un pisón de madera igual o más pequeño que el que se utiliza para la tapia pisada.

2.1.2 GRUPO DE TRABAJO

Para fabricar un adobe, es necesaria una persona que realice el pisado, ella misma puede realizar la preparación de la tierra y el vaciado al molde. Si se quiere más rendimiento en la fabricación se requiere de otra persona.



ILUSTRACIÓN 56: GRUPO DE TRABAJO PARA ADOBES DE TIERRA

2.1.3 HERRAMIENTAS

La herramienta principal es el molde, que se puede armar en la obra directamente, y el pisón, aunque en algunas tradiciones, la persona hace presión con sus manos.

ILUSTRACIÓN 57: PISON PARA ADOBE



ILUSTRACIÓN 58: MOLDE PARA ADOBE

2.1.4 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

La tierra para los adobes, debe estar formada de 25% a 45% de limos, de arcilla de 15% a 17% y el resto de arena.



ILUSTRACIÓN 59: BUEYES MEZCLANDO EN CHIRCAL

Se agrega la cantidad necesaria de agua al barro y se realiza el mezclado preferiblemente con los pies caminando constantemente, en los chircales utilizan a los *bueyes* para realizar el mezclado, se le agrega a la mezcla fibras de paja o pasto seco o en algunos casos fibra de fique, con una proporción del 20% en volumen.

Para verificar la humedad de la mezcla se coge un *puñado* de la mezcla y se forma una bola, se deja caer al suelo; si se rompe en pedazos grandes, hay suficiente agua, si rompe en muchos pedazos, falta agua, y si solo se aplasta sin romperse, hay demasiada agua.

El molde puede ser el tradicional, sin fondo, y vaciando la mezcla directamente, o el molde con fondo, que hace que los adobes sean más uniformes, más resistentes y mejor presentados.



ILUSTRACIÓN 60: PROCESO DE CONSTRUCCION DEL ADOBE

Para poner a secar los adobes, debe ser en una superficie horizontal y limpia. Luego de una semana, se acumulan todos los adobes y deben estar cubiertos para que no se mojen por la lluvia.



ILUSTRACIÓN 61: SECADO DEL ADOBE

No presentan la mejor resistencia a la compresión, a agentes climáticos y son muy permeables. Para mejorarles su comportamiento es recomendable adicionarles cal apagada.

2.1.5 RENDIMIENTOS

Por su tamaño se clasifican en dos:

Los adobes grandes en su fabricación se compactan con un pisón mediano de tamaño y peso, las dimensiones del adobe son de 20x20x40 cm, el peso es aproximadamente de 20 lb, el volumen de 0,016 m³. En la fabricación se hacen 70 unid/día, incluida la preparación de la tierra, el rendimiento es de 12,5 unid/m², el proceso de secado es de 8 días. Se usa en encorizados de los muros tapiados.

Los adobes medianos en su fabricación se compactan a mano, las dimensiones del adobe son de 12x9x25 cm, el peso aproximado es de 8 lb, el volumen es de 0,0027 m³. En la fabricación se hacen 200 unid/m² por un ayudante, incluida la

preparación de la tierra, el rendimiento es de 35 unid/m², el proceso de secado es de 6 días. Se usa para muros divisorios y encorizados

2.2 BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS

2.2.1 GENERALIDADES

En 1960, el Centro Interamericano de Vivienda en Bogotá, junto con el Ingeniero Raúl Ramírez, inventaron una máquina para hacer bloques de tierra (de ahí su sigla). El bloque de tierra comprimido es un material de construcción fabricado con tierra y un estabilizante (cal o cemento), que como su nombre lo dice, es comprimido y moldeado utilizando ésta máquina CINVARAM; se utiliza en la construcción de muros juntándolos manualmente y unidos por una mezcla de los mismos materiales como pega.

A partir de la máquina colombiana CinvaRam, en el mundo se han desarrollado modelos industrializados, automáticos, de altos rendimientos en su producción y que han tomado otras denominaciones comerciales: BanRam, TekRam, TestaRam.

Los bloques de tierra comprimidos resultan de procesos semi-industrializados o industrializados y por consiguiente, ofrecen buena presentación del producto y mejores condiciones de resistencia. Entre los dos tipos de bloques, es el que reúne mejores características, dadas las condiciones de su manufactura, desde su proceso de mezclado de los componentes, hasta el momento de someterlos a calculadas y uniformes fuerzas de procedencia mecánica e hidráulica.

Algunos fabricantes estabilizan los bloques con cemento Portland, especialmente por las condiciones de las tierras utilizadas, y buscando mejores circunstancias de resistencia y lograr posicionamiento en los mercados de la construcción. Los moldes ofrecen variados modelos, inclusive aquellos que permiten contener instalaciones hidráulicas y eléctricas. Su manipulación y transporte supera en todos los aspectos a sus similares.

2.2.2 GRUPO DE TRABAJO

Para fabricar los BTC se necesitan dos personas, pues si una sola lo hace, el rendimiento no es el mejor. Los dos preparan la tierra y uno de ellos hace el bloque, y el otro, lo lleva al lugar donde se ponen a secar.



ILUSTRACIÓN 62: GRUPO DE TRABAJO PARA BTC

2.2.3 HERRAMIENTAS

La herramienta principal es la máquina CinvaRam, el cernidor y la pala para la tierra.



ILUSTRACIÓN 63: HERRAMIENTAS PARA BTC

2.2.4 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

La tierra para los bloques de tierra debe ser arcilla de 5% a 35%, limo de 0% a 20% y arena de 40% a 80%.

Para la estabilización del bloque se utiliza cal o cemento, es recomendable trabajar con un porcentaje del 5 al 12% del volumen.

A la tierra se le realiza un tamizado por una malla de alambre de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{8}$ ", se adhiere la cal y/o el cemento y la cantidad de agua necesaria, se vierte en la CinvaRam, y se realiza el prensado.



ILUSTRACIÓN 64: TAMIZADO DE LA TIERRA PARA BTC

Para verificar la humedad de la tierra se realiza el mismo procedimiento para los adobes.



ILUSTRACIÓN 65: PROCESO DE CONSTRUCCION DE BTC

Para el secado de los bloques, es necesario también que sea una superficie plana y que se cubran de la humedad con plásticos sobre ellos.



ILUSTRACIÓN 66: SECADO DE BTC

2.2.5 RENDIMIENTOS

Las dimensiones de los bloques son de 14x10x29 cm, el peso aproximado es de 11 lb, su volumen es de 0,0027 m³. La fabricación de los bloques puede ser de 500, 1.000, 5.000 y hasta 6.000 unid/día, el rendimiento es de 30 unid/m² y duran secándose 2 días. Se usan para hacer muros divisorios a la vista o empañetados o muebles fijos.



ILUSTRACIÓN 67: MURO EN BLOQUE DE TIERRA



ILUSTRACIÓN 68: MUROS EN BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS

3. MUROS EN BAHAREQUE

3.1 GENERALIDADES

La técnica del bahareque, que en algunos países de Latinoamérica se le llama *quincha* consiste en muros *entamborados* y rellenos en su interior, cuya estructura se construye con maderas redondas o cuadradas y recubiertos con *cañabrava*, reemplazada en algunas regiones por *esterilla* de guadua. Son altamente resistentes a la flexión, precisamente por la flexibilidad de sus componentes constructivos.

3.2 GRUPO DE TRABAJO

Para los muros en bahareque, se necesita una persona que pele la cañabrava, y otras dos para que vayan armando el muro.

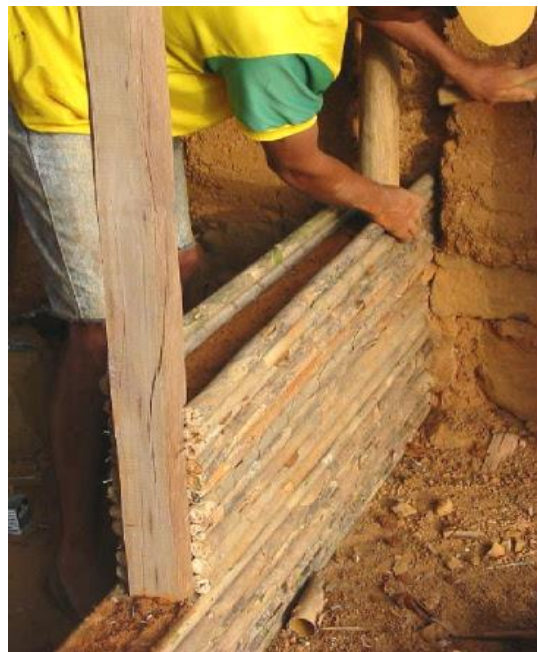


ILUSTRACIÓN 69: GRUPO DE TRABAJO BAHAREQUE

Para la fabricación del muro, se necesitan para el marco, maderas aserradas o guaduas, puntillas o tornillos, la cañabrava, la tierra estabilizada con cal o cemento.

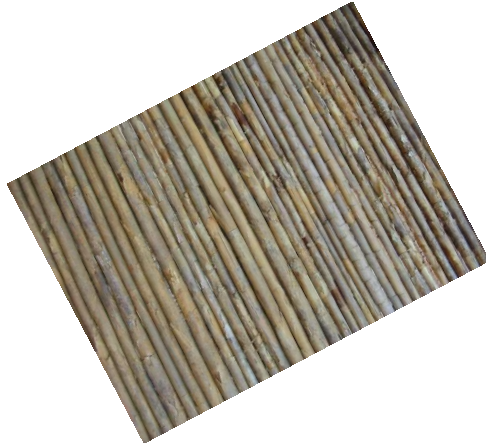


ILUSTRACIÓN 70: CAÑABRAVA

3.4 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Se arman parales verticales enmaderados, distribuyéndolos uniformemente en distancias no mayores a 1.50 m; se confinan con otros horizontales y/o diagonales. Como en los muros tapiados, también tiene su sobrecimiento en piedra rajón, pero en los muros en bahareque son pequeñas (4 a 10 cm) tamaños que permiten introducirlas cómodamente, sobre estos se continúa rellenando con tierra seleccionada y estabilizada.

Todas las instalaciones quedan embebidas dentro de los muros, su acabado se logra con pañete cagajón.

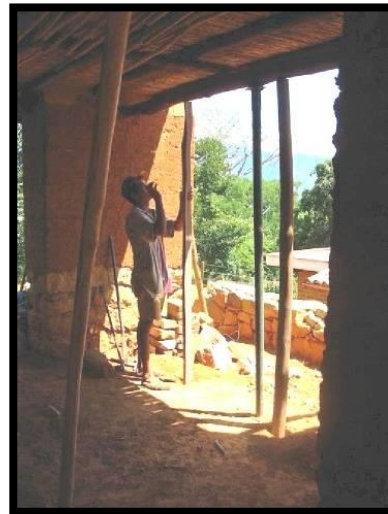


ILUSTRACIÓN 71: PROCESO DE CONSTRUCCION BAHAREQUE

3.5 RENDIMIENTOS

Para 1 m² el espesor es entre 10 y 15 cm, los paraleles son de 4m y el peso aproximadamente es de 180 kg. Por metro cuadrado se van 24 unidades de cañabrava de 5 m por lado y lado. El rendimiento es de 9 m²/día entre un oficial y dos ayudantes. Se usan para muros divisorios.

En los segundos pisos es conveniente utilizar este tipo de muros para restarle peso a la edificación, su mayor debilidad es la baja resistencia a los impactos, causantes de desprendimientos del pañete; por esto se recomienda adherirlo con malla tipo gallinero o similar.

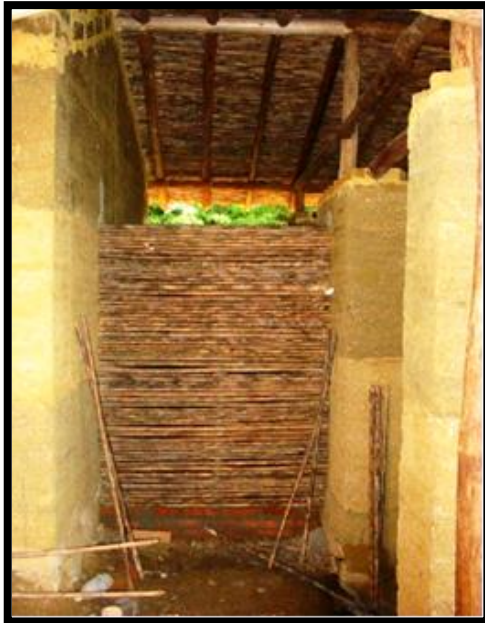


ILUSTRACIÓN 72: MUROS EN BAHAREQUE

4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Las ventajas y desventajas en las técnicas constructivas en tierra son importantes a la hora de que el usuario sepa construir una edificación, de qué forma y con qué técnicas.

4.1 VENTAJAS

- Las construcciones con tierra son sencillas y con mínimo consumo energético.
- No demandan gran transporte de materiales.
- Por no contener sustancias tóxicas, el material tierra es un material inocuo, fácil de obtener localmente, totalmente reciclable, su obtención es respetuosa con el medioambiente y no está asociada con la deforestación o la minería a tajo abierto, que involucra a otros materiales constructivos.
- Posee excelentes propiedades térmicas, de aislamiento acústico; por naturaleza, transpira, permitiendo la regulación climática natural de los espacios interiores, impidiendo condensaciones.
- Las construcciones en tierra no se incendian, no se pudren o son presa fácil de insectos o plagas.
- Desde el orden económico, la tierra como material, no tiene costo; solamente se presupuesta su transportación cuando no se utiliza la del propio terreno de la construcción. Esto incide sustancialmente en el valor final de la construcción.

4.2 DESVENTAJAS

Muchos factores adversos ha tenido que superar las técnicas constructivas en tierra, aparte de aquellos medioambientales, por deterioro natural, destrucción artificial, desacertadas intervenciones, situaciones que han propiciado que exista dejadez por su estudio en casi todos los recintos académicos, especialmente los de arquitectura e ingeniería civil. Además, las organizaciones gubernamentales encargadas de difundirla o protegerla, y a pesar de contar con instrumentos

jurídicos, no los han hecho valer con fortaleza, así sea de que muchos no conciben estas edificaciones como una opción factible a futuro, por suponer que no compensan las necesidades de una sociedad que debe “progresar”.

Al valorarse el patrimonio construido en tierra, se dan considerables dificultades, y una de ellas, no recibir la atención que se merece. Se suele creer que no tiene ningún sentido salvaguardar y conservar un elemento que puede ser reemplazado con tanta facilidad, considerándose de cierta manera, como construcción desechable, lo que ha estimulado la pérdida de incalculables ejemplos, cuyo valor es inestimable como evidencia histórica de una sociedad.

Tal vez la posición más grave, permanece en el poco o nulo valor que le conceden los propios beneficiarios y legatarios de este patrimonio, de que se trata de obras “insalubres”, inestables estructuralmente e incongruentes con los patrones de “modernidad”. Se suma igualmente, las modificaciones a su morfología por reformas o ampliaciones, insertándoles construcciones hechas con “material”, creyendo con ello, que se mejora estatus social y económico. Con ello también observamos frecuentemente, incontables ejemplos de abandono premeditado, buscando que el Estado y sus leyes, permitan posteriores alteraciones o demolición total de la edificación, seguramente pensando en la valorización del terreno más no en la construcción misma. Para poder incorporar este tipo de patrimonio edificado a la vida contemporánea, será necesario salvaguardarlos, preservar la tradición constructiva que los originó, e incorporar la tecnología reciente, para aminorar sus carencias.

Algunos consideran las siguientes, como las mayores debilidades:

- *“Para su construcción, es difícil conseguir personal cualificado”*. El proceso de aprendizaje es sencillo, sin acudir a mano de obra calificada.
- *“El proceso de construcción se considera más lento”*. En programación de obra, se incrementa la mano de obra para igualar rendimientos.
- *“La composición de los suelos nunca es uniforme”*. No es obstáculo para construir y se superaría con soluciones de cimentación.
- *“Lo que se ahorra en material, se invierte en mano de obra”*. El valor de la mano de obra es similar que en construcciones convencionales.
- *“Es más susceptible a la humedad”*. Como en toda construcción, se deben tomar medidas preventivas.

- *“Exige mayor mantenimiento”*. Mantenimiento es sinónimo de cuidado, prevención, higiene.

5. SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD

Aunque están muy relacionadas, muchas veces se confunden los significados de sustentabilidad y sostenibilidad. Sustentable es sustentar (mantener, apoyar), y se sustentan *desde* adentro. Sostenible es sostener, y se sostienen desde afuera. Sustentar desde adentro, es equilibrar y armonizar lo que se posee en razón a su economía, historia, patrimonio, lo natural y lo propio. Sostener desde afuera, es permitir el mismo equilibrio y armonía de lo que se posee, en razón a agentes compuestos, en donde participan las ciencias y las tecnologías. Se desprende de acá que la sustentabilidad, es un proceso más no un estado, algo que si tiene competencia en la sostenibilidad.

Las actividades humanas, bajo un modelo de desarrollo sustentable, repercuten en el medio ambiente, usufructuando los recursos naturales, cuyo desarrollo integral lo componen tres unidades: ambiente, social y economía, que se encuentran correspondidas dinámicamente. La cadena equilibradora entre las tres unidades, se establece interpretando que la sociedad, depende de la economía, y la economía, del ambiente; por lo tanto, si contamos con un ambiente saludable y colmado de recursos naturales, puede existir una economía viable y con ella, una sociedad equitativa, haciendo vivible la relación medioambiente-social, que son todas, las grandes preocupaciones del futuro de las generaciones venideras, que deben ser resueltas, satisfaciendo en primera instancia, las necesidades de las generaciones de hoy, no comprometiendo las oportunidades ni las capacidades de las futuras.

Hay inquietud de personas y grupos realizando investigación, capacitación y fomento de técnicas constructivas que utilizan materiales naturales renovables como la tierra, madera, desechos agrícolas, guadua, caña y otros materiales reciclados. Con estas técnicas es posible hacer bioconstrucción y edificar viviendas y otro tipo de edificios a bajos costos, cero impactos ambientales y significativa calidad constructiva. Estas técnicas pueden ser definidas como tecnologías apropiadas, si se adaptan a las condiciones específicas de un lugar determinado y su contexto social, considerando:

- Características físicas del lugar: el clima, temperatura, humedad, lluvia, vientos, incidencia solar, orientación.

- Características del sistema constructivo; materiales, procedimiento constructivo, resistencia estructural, valor.
- Riesgos de la zona: sismicidad, inestabilidad geológica, inundaciones.
- Disponibilidad del material al pie de obra.
- Las características del terreno: pendientes, composición del suelo, paisaje.
- Aspectos biológicos: tipo de vegetación, cultivos.
- Valor del transporte de los materiales y el grado de participación de los usuarios en la concepción de su vivienda.

6. CONCLUSIONES

- Para pisar tapia sirve cualquier tipo de tierra, excepto las negras que contienen materia orgánica y son escasas en componentes aglutinadores.
- Las tierras limo-arenosas son las indicadas para pisar tapia.
- La cimentación como en todas las construcciones convencionales, es muy importante, debe tenerse en cuenta cómo se encuentra el suelo para definir si se tienen que hacer vigas en concreto.
- La estabilización es un método que disminuye la plasticidad de la tierra y aumenta su resistencia.
- El apisonado se debe realizar por capas promedio 10 cm de espesor.
- Los muros deben trabarse como los ladrillos en la mampostería convencional.
- La fabricación de los bloques de tierra comprimida con la maquina CinvaRam puede ser de 500, 1.000, 5.000 y hasta 6.000 unid/día, el rendimiento es de 30 unid/m² y duran secándose 2 días.
- Para los muros en bahareque por metro cuadrado se van 24 unidades de cañabrava de 5 m por lado y lado. El rendimiento es de 9 m²/día entre un oficial y dos ayudantes.
- Las construcciones con tierra son sencillas y con mínimo consumo energético.
- No demandan gran transporte de materiales.
- Por no contener sustancias tóxicas, el material tierra es un material inocuo, fácil de obtener localmente, totalmente reciclable, su obtención es respetuosa con el medioambiente y no está asociada con la deforestación o la minería a tajo abierto, que involucra a otros materiales constructivos.
- Posee excelentes propiedades térmicas, de aislamiento acústico; por naturaleza, transpira, permitiendo la regulación climática natural de los espacios interiores, impidiendo condensaciones.
- Las construcciones en tierra no se incendian, no se pudren o son presa fácil de insectos o plagas.
- Desde el orden económico, la tierra como material, no tiene costo; solamente se presupuesta su transportación cuando no se utiliza la del propio terreno de la construcción. Esto incide sustancialmente en el valor final de la construcción.
- La gente cree que las construcciones en tierra no se deben conservar, en cambio, que deben ser demolidas para poder hacer edificaciones modernas.

- El proceso de aprendizaje para construir en tierra es sencillo, sin acudir a mano de obra calificada. Solo es necesario tomar talleres de entidades que tienen conocimiento sobre el tema.
- En la programación de obra se debe incrementar la mano de obra para igualar rendimientos con las construcciones convencionales
- El valor de la mano de obra es similar que en construcciones convencionales.
- La población debe darse cuenta, que estos tipos de construcciones son ambientalmente aceptables, se construyen con materiales nobles y propios de la naturaleza.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para otros proyectos de grado, se investigue con laboratorios y pruebas, para comprobar que lo que se ha dado de generación en generación de forma empírica sea verdadera.
- No se recomienda utilizar las tierras arenosas, pues sus propiedades de cohesión son muy bajas, no permitiendo adherencias o estabilizaciones posteriores, presentando la tapia resquebrajamientos en su etapa de secado. La madera recomendada para las vigas son: zapán, maquí, abarco y eucalipto.
- Cuando se usen varas de longitud mayor a 4 m, se debe ubicar soleras intermedias.
- El corte de la cañabrava debe ser en luna menguante.
- Por las irregularidades en el tamaño de las tejas artesanales, antes de colocarlas, se debe organizar una selección de 2 ó 3 tamaños, para facilitar su instalación de hilado y nivelación de la cubierta.
- Para la instalación de las tejas de barro, el porcentaje de la pendiente recomendada es máximo el 40% y mínimo 30%.
- Para el pañete cagajón no se recomienda utilizar el de caballo criado en establo, no es apropiado por su modo de alimentación (concentrados).
- Es adecuado tener en obra, mínimo 3 tapias para que el rendimiento sea eficaz.
- Se recomienda desarrollar una modulación de la longitud de la armada estandarizando una o dos medidas para que durante la construcción se logren mejores rendimientos.
- En el proceso de secado, la tapia tiende a tener fisuras, esas fisuras se deben resanar o reparar con los mismos materiales de tierra, incluidos desechos de teja de barro o bloques para lograr mayor adherencia entre los materiales. En los segundos pisos es conveniente utilizar muros en bahareque para restarle peso a la edificación.
- La mayor debilidad de los muros en bahareque es la baja resistencia a los impactos, causantes de desprendimientos del pañete; por esto se recomienda adherirlo con malla tipo gallinero o similar.
- Los adobes no presentan la mejor resistencia a la compresión, a agentes climáticos y son muy permeables. Para mejorarles su comportamiento es recomendable adicionarles cal apagada.
- Para los adobes se recomienda hacerlos en un molde con fondo, que hace que los adobes sean más uniformes, más resistentes y mejor presentados.

8. BIBLIOGRAFÍA

Higuera Reyes, Jaime. *Arquitectura de Tierra, Sustentabilidad y Cultura*. Barichara, 2007.

Craterre, *Construir en Tierra Tomo I y II, Traducido del libro original. Construire en Terre*, Paris, 1979

Arango, Silvia. *Historia de la arquitectura en Colombia*. Universidad Nacional, Bogotá, 1990.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, *Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas en Adobe y Tapia Pisada*. Bogotá Imprenta Nacional de Colombia. 2004

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, *Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente*. Bogotá Imprenta Nacional de Colombia. 1998

Hays Alain y Matuk Silvia, *Técnicas Mixtas de Construcción con tierra*. Edición Fundadores do Geodomus International.

Aprile-Griset, Jackes. *La Ciudad colombiana prehispánica, de conquista e indiana*. Biblioteca Banco Popular, Bogotá, 1991.

Arango, Silvia. *Historia de la arquitectura en Colombia*. Universidad Nacional, Bogotá, 1990.

Garzón, Gustavo. *La casa y oficina ecológicas*. Planeta Colombiana Editorial S.A. 1997.

Lynch, Kevin. *La ciudad como medio ambiente*. Alianza Ed., Madrid. 1965