

"TAPIA TRADICIONAL" HACIA EL RESCATE Y MEJORA DE UNA TECNOLOGIA(*)

Juan Borges Ramos (**)
Alexis Yanez (***)

- (*) Trabajo presentado en el Tercer Concurso Iberoamericano de Informes de la construcción "Técnicas y tecnologías aplicadas a la rehabilitación" del INSTITUTO EDUARDO TORROJA, Madrid.
- (**) Profesor Facultad de Arquitectura. Departamento de Tecnología de la Construcción. Universidad de los Andes Facultad de Arquitectura Mérida.
- (***) Agro-Artesano Constructor El Molino-Mérida.

1. INTRODUCCION

"La tradición no es siempre sinónimo de inmovilismo. Cada vez que un hombre se enfrenta con una nueva dificultad y encuentra una solución para resolverla, da un primer paso para establecer una nueva tradición. Cada vez que otro hombre aplica la misma solución la tradición se refuerza"
(H. Fathy)

Los pueblos situados en los páramos andinos venezolanos han venido deteriorándose en su riqueza patrimonial, ambiental y cultural, por la incorporación de materiales y técnicas constructivas extrañas a la forma tradicional de construir del habitante alto andino; el cual utilizó la tierra, piedra y madera, para construir sus viviendas con procedimientos constructivos como la tapia, el adobe y el bahareque.

La arquitectura andina construida desde la época prehispánica, en nuestra zona por los Timotocuicas quizás, con influencia de la expansión de los últimos 90 años del imperio Inca (por demostrarse, hay pruebas de que llegaron hasta Colombia y en nuestra región se encuentran ruinas de casas de piedra con nichos, similares a las construcciones Incaicas.), con una integración armónica al paisaje geográfico y al clima de la región, se ha visto en peligro de desaparecer por la incorporación de nuevas tecnologías y el empleo de estilos arquitectónicos extraños al país.

La Facultad de Arquitectura de la Universidad de los Andes ha realizado estudios con el Ministerio de Desarrollo Urbano a fin de normar las construcciones en los pueblos andinos y rescatar su patrimonio cultural.

Hace algunos años se debate sobre la inadecuación de la vivienda rural que se construye en los programas de vivienda para nuestro campesino, las tecnologías tradicionales han sido avasalladas por una vivienda que si bien cumple con dar un techo a familias campesinas desde el punto de vista de Sanidad y Seguridad Estructural, no es así en procurar un equilibrio funcional entre lo que es deseable desde el punto de vista técnico, métodos y materiales locales y lo que es abordable para las personas sin viviendas y para el país en general. Actualmente se trabaja conjuntamente con el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, para diseñar las viviendas y las tecnologías que se incorporarán o reincorporarán al medio rural andino.

La promoción de la acción individual y comunitaria, que en otros tiempos fue esencial en la vida del campesino, habitante de estos pueblos con tradición económica en la agricultura, en el proceso de construcción de su vivienda, ha sido marginada al imponer una vivienda, donde su participación en el proceso constructivo, y el aprendizaje que de éste puede obtener, ha sido minimizada.

El uso de materiales no acordes al medio donde se instalan estas viviendas, ha dejado para la historia, un material sólido, barato, de buena inercia térmica y el uso más sencillo de todos los materiales conocidos, la Tierra, (Concreto de Arcilla, ya que la arcilla contenida en toda tierra hace el papel de aglutinante y el aglomerado es la arena como en todo Concreto.)

Los avances tecnológicos de hoy y el interés por rescatar nuestro pasado, permiten redimensionar el uso de este material humilde y valioso que está en todos lados, a un costo muy bajo y que ha sido usado por el hombre desde tiempos inmemoriales para la construcción de su vivienda, vinculado a la vida y a su historia.

Actualmente en nuestro país no podemos excluir un nuevo desarrollo del concreto de arcilla como material

básico para la construcción, y se presenta ideal por la necesidad imperante de rehabilitar nuestros pueblos y de construir sus viviendas aledañas para una gran masa de familias que espera cada día ver resuelto su futuro lejano.

Nuestro trabajo tiene como objetivos:

- Rescatar y mejorar procedimientos de construcción, específicamente la Tecnología de la Tapia, utilizados en otros tiempos para la construcción de las viviendas en comunidades de la región andina, las cuales tienen un alto valor histórico y el incremento del turismo nacional e internacional hacia ésta región se hace cada vez mayor.

- Devolver una tecnología mejorada al campesino, habitante de estos pueblos, que renove su espíritu al emplear un procedimiento constructivo que no le es extraño y que su mismo empleo revivirá la acción individual y comunitaria (convite, cayapa, manovuelta) en la producción de su vivienda.

- Bajar los costos actuales de las viviendas que se construyen en los programas de vivienda rural que lleva a cabo la Dirección de Obras de Saneamiento del Ministerio de Sanidad, minimizando la subvención de costos de transporte con el uso de materiales locales.

- Generar una Tecnología con el uso del concreto de arcilla como material básico, que estimule la participación de la mano de obra al simplificar el proceso productivo.

- Diseñar los encofrados que serán el punto de partida para moldear el material concreto de arcilla.

- Diseñar nuevos componentes constructivos adicionando al concreto de arcilla nuevos materiales y, nuevos y viejos procedimientos.

El presente trabajo tiene las siguientes metas:

- Incorporar a los programas de vivienda rural en la región andina las tecnologías rescatadas y las mejoras incorporadas.
- Lograr un equilibrio ambiental y adaptación de la vivienda al medio al emplear materiales locales.
- Demostrar la factibilidad económica de las tecnologías desarrolladas en relación a la vivienda que se construye actualmente.

• Mejorar la calidad de la vivienda construida. • Mejorar el "Estado del Arte" existente en el medio rural andino, en relación a la producción de la vivienda y observar las perspectivas de esta tecnología en el medio urbano. • Generar tecnologías competitivas con materiales industrializados

2. ANTECEDENTES

La Casa de Nuestros Abuelos. La presencia del pasado es inevitable al pensar construir hoy una casa de tierra o concreto de arcilla, nos viene a la mente la casa de nuestros abuelos, una casa estable, segura, fresca y alegre construida con un conocimiento sencillo transmitido de generación en generación donde muchas veces se hacía con la participación espontánea de la familia o de los futuros vecinos, todos ayudaban y el trabajo pesado se hacía más ligero por la alegría del compartir, de participar desinteresadamente, de buena voluntad, en erigir la nueva vivienda.

La promoción de la acción individual y comunitaria, que en otros tiempos fue esencial en la vida del campesino en el proceso de construcción de su vivienda, ha sido marginado al traer de la ciudad nuevos materiales, técnicas y procedimientos constructivos que aunque siendo más costosos, son aceptados con gran facilidad porque vienen de "La Ciudad", produciéndose en el campesino, una negación a los valores que por generaciones ha tenido, en esa casa que permanece en el tiempo en un lugar que no es desconocido para el ni para el extraño, porque ahí están sus raíces, su vida....

El uso del Concreto de Arcilla en las construcciones es una tradición milenaria común a todas las culturas del mundo incluyendo la América Prehispánica. Plinio el Viejo lo refiere en su Historia Natural, en 1772 los Franceses contrataron créditos con los Romanos para introducir la tecnología de arcilla pisada en Inglaterra. Los Chinos lo usaron en la Gran Muralla y la Arquitectura Precolombina Incaica tiene obras arquitectónicas de incalculable valor. El uso del Concreto de arcilla en Venezuela estaba arraigado en nuestros indígenas antes de la llegada de los españoles, viviendas hechas de armadura de horcones, cañas atadas con bejucos y rellenas de concreto de arcilla conformaban una

tecnología constructiva conocida como bahareque, la cual fue aceptada en principio y aplicada en la construcción de las primeras casas coloniales.

"...Son las casas de Tapería de tierra con sus cimientos de piedra; hay cantidad de piedra para todo lo que se quisiera hacer. Empiezase ahora a hacer ladrillos y teja...", (1) reza la relación de 1579 refiriéndose a la ciudad de Trujillo en territorio de los Timoto-Cuicas donde el Concreto de Arcilla fue usado en la Tecnología de la Tapia.

No existía diferencia entre la arquitectura rural y urbana y la tecnología predominante, siempre fue la misma durante algo más de trescientos cincuenta años.

Los últimos 100 años. En 1872 la tecnología de "cal y canto" dominaba el "estado del arte", los muros y paredes se construían de sillería de piedra, adobe, tapia y adoboncitos. La techumbre de vigas y cuarterones de madera, cañabrava, píritu o carruzo, tejas y en ocasiones hierro galvanizado, y en el medio rural eran de paja.

La cal era el material básico de los morteros y comenzaba a tener un competidor en 1874 con la introducción del cemento el cual se importaba en su totalidad de Francia.

Sin embargo el concreto de Arcilla alcanza con el sistema de "Tapia y Rafa" (2), su máxima expresión, cuando se construyen los edificios más importantes de la época: El Capitolio decretado por Guzmán Blanco el 11 de Septiembre de 1872 a cargo del Ing. Luciano Urdaneta, El Palacio Federal 1876, hoy día la Casa Amarilla, y el último edificio de importancia en 1888 con Rojas Paul quien promulga un régimen de licitación pública para la construcción del Hospital Nacional de 1000 camas, hoy día el Hospital Vargas, todas éstas en Caracas. En Mérida y en otras ciudades importantes de Venezuela se construyeron un sin fin de casas con un valor constructivo y ornamental de gran riqueza, que hoy día muchas de ellas han sido rescatadas y restauradas como patrimonio cultural.

Con la importación y uso del cemento en las nuevas construcciones, a partir de 1891, comienza una nueva etapa en las obras a realizarse en Venezuela por el

Estado, quien ve y espera en el nuevo material lo que muchos soñamos, el material del futuro.

En 1909 se inaugura la primera fábrica de cementos en Venezuela, (3) convirtiéndose así en el primer incentivo para la introducción de la tecnología del concreto de cemento portland y en el primer material que compite con el concreto de Arcilla después de 350 años. Por supuesto el carácter industrial implícito en este nuevo material llega a cambiar totalmente la mentalidad hasta ahora artesana de los constructores en tierra a un pensamiento novedoso, industrial, productivo, y por el ciudadano común quien ve en el nuevo material de construcción la moda, la seguridad, la rapidez, el fácil mantenimiento, la durabilidad y el acabado.

Lo avasallante de esta nueva tecnología hizo olvidar muy rápidamente esos 350 años de tradición en la forma de construir, y los Profesionales de la Ingeniería y la Arquitectura, que según el Presidente del Colegio de Ingenieros Ing. Agustín Aveledo, el 1º de Diciembre de 1900 había 200 titulados (solo 3 Arquitectos), volcaron su aprendizaje hacia la nueva tecnología y se comenzó a descartar paulatinamente el uso del concreto de Arcilla en las construcciones.

A partir de 1912, comienza el dominio de la tecnología del concreto armado en la industria de la construcción venezolana y en 1926 es oficialmente desechado el uso del Concreto de Arcilla en la ordenanza de Policía Urbana y Rural, el artículo 116 dice:

"En la ciudad de Caracas, no se podrán construir paredes de ninguna clase de tierra, tapia, adobe crudo u otro material soluble en agua". (4)

Entre los años 1938 y 1940 hubo como un deseo de volver a la arquitectura de tierra, así el Dr. Luis Urbaneja describe sus ensayos realizados en la revista técnica del M.O.P. No. 77 de 1938 y el Colegio de Ingenieros en su revista de 1940 da algunos datos sobre tapia, pero no hay continuidad en lo que se desea con el material, desde lo que son normas de uso hasta los procedimientos de construcción.

La tecnología del concreto de Arcilla pasó a ser olvidada en las ciudades que comenzaban a desarrollarse y quedó relegada al medio rural,

básicamente en los Pueblos Andinos, que comienzan al sur del Tocuyo en el Estado Lara y terminan en la depresión del Río Táchira en el Estado Táchira (Niquitao, Mitibibo, Mucuchíes, San Isidro, San José de Acequías, El Molino, Mucuchachi, Canaguá, Bailadores, La Grita, San Pedro, Independencia y tantos otros) donde aún quedan vestigios de una tecnología noble y perecedera. En Venezuela con relación a otros países siempre ha existido un desfase tecnológico en técnicas y procedimientos constructivos, ahora bien, en relación a la tecnología del concreto de arcilla donde si teníamos tradición, nos encontramos igualmente desfasados ya que cortamos a principios de siglo nuestras raíces y hoy día tenemos un desfase de al menos 60 años, esto nos obliga a pensar, en analizar y estudiar técnicas constructivas para rehabilitarlas en sí mismas así como utilizarlas para rehabilitar edificaciones históricas que requieran de una restauración auténtica.

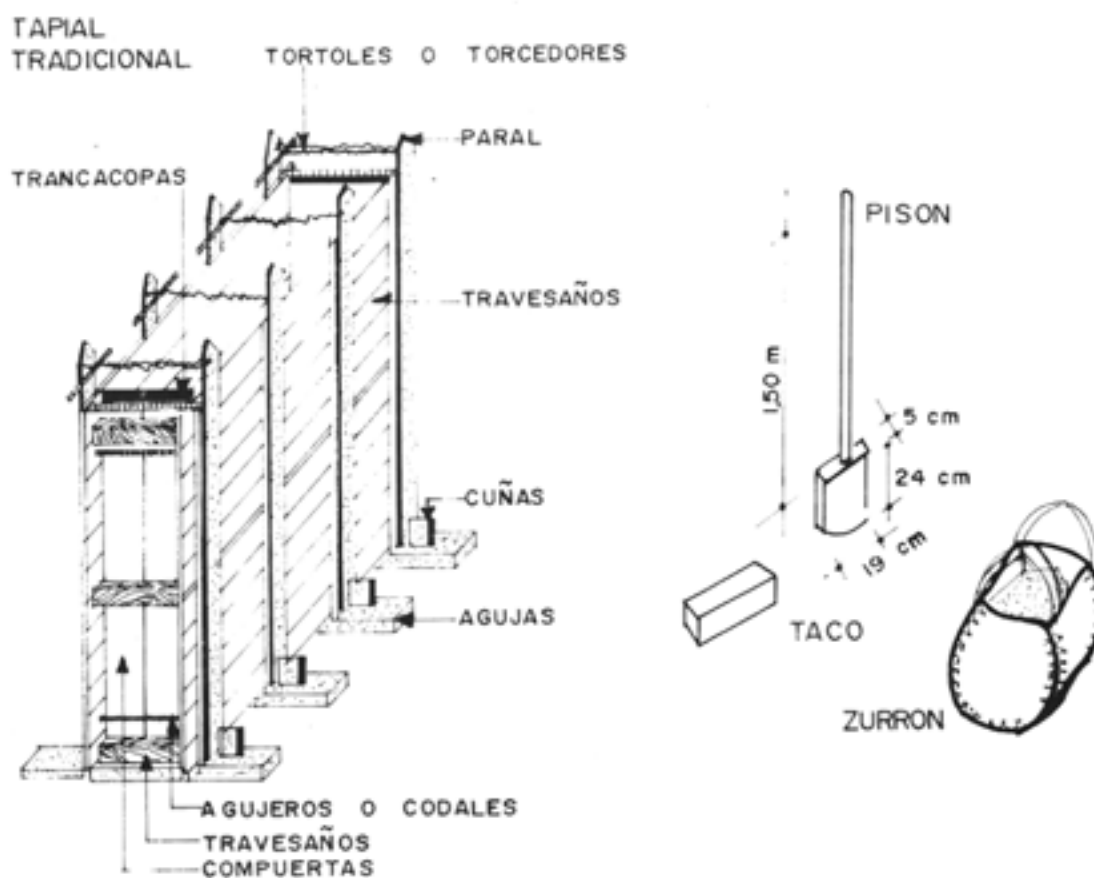
3. CONSTRUYENDO UNA CASA DE TAPIA TRADICIONAL

El Maestro Tapiero que aún subsiste en pocos pueblos andinos, nunca ha dibujado un plano, pero maneja un lenguaje (en pueblos apartados, un castellano que nos es ajeno), perfectamente entendible para su equipo de trabajo, conocen la altura que deben tener las paredes y sus espesores, pendientes de techos, requerimientos de uso de los materiales y más aún de como estructurar la casa para que resista los terremotos. La distribución de los espacios se realizaba según criterios de orden familiar vivencial, productivo y mágico-religioso, en orden a crecer orgánicamente.

3.1. UBICACION DE LA VIVIENDA

Los requerimientos para ubicar la vivienda en el campo hoy día no difieren mucho de lo que pensaron nuestros abuelos y sus maestros constructores, a diferencia de la vivienda de la ciudad donde no hay suficiente terreno para construir y donde muchas veces nosotros los arquitectos actuando dentro de un mercado formal ni pensamos en la conexión de la vivienda con su medio ambiente por pensar solo en lo limitante de la parcela (adquirida por la familia muchas veces más con criterio económico del bolsillo y no de su ubicación respecto a transporte, servicios, características del

TAPIA TRADICIONAL



Tortoleros o Torcedores:

Presionan los parales para evitar que el empuje de la tierra abra las hojas.

Paral:

De sección circular con diámetro aproximado de 6 cms. y altura de 2 mts. el paral lleva en su extremidad inferior una espiga de unos 10 cms. de altura, que entra en una caja en la perforación hecha en la aguja.

Travesaños:

De 12 x 5 cms. utilizados para unir las hojas. Constituidas por tablones de 25 cms. de espesor.

Cuñas:

Ajustan los parales a las agujas.

Agujas:

En número de 4, constituidas por cercos de 1.40 x 9 x 7.

Agujeteros o codales:

En número de cuatro, son estacas de madera o cabillas que mantienen la compuerta en posición.

Compuertas:

Formadas por tablones del mismo espesor y unidos por travesaños de 7 x 5 cms.

vecindario, trabajo y escuela) y la normativa de permisología vigente, antiguamente se pedía el consejo a los más viejos de la comunidad, la opinión del maestro cordelero y los "sueños" de la familia que habitaría la casa conformaba el inicio de una vida en armonía con su medio ambiente.

Es necesario poder considerar y ensamblar el mayor número de los siguientes requisitos:

- Ubicar el movimiento del sol para su mejor aprovechamiento al momento de orientar habitaciones, corredores, patios y el resto de ambientes de la vivienda, bien sea para calentar e iluminar los ambientes, o para captar energía y concentrarla con fines de irradiar calor hacia el interior de la vivienda.

"El patio interior aunque pareciera, contradictorio, está asociado al sistema de climatización de la vivienda, tradicionalmente, el patio inferior se ha concebido (desde el punto de vista del control climático), como un recurso que permite el enfriamiento de viviendas localizadas en ámbitos geográficos cálidos, tal es el caso de la vivienda de la baja Andalucía Española, éste patio permite un movimiento continuo del aire desde el exterior a través de las ventanas o aberturas perimetrales de la vivienda, hacia el interior fluyendo por la abertura del techo. Esta dinámica del movimiento del aire solo es posible por la existencia de aberturas o vanos perimetrales. En la vivienda paramera venezolana estas aberturas perimetrales no existen o están reducidas a su mínima expresión y generalmente cerradas por un pequeño paño de vidrio embutido en el muro. Esto impide la dinámica del movimiento del aire en el interior, donde éste espacio actúa entonces como un colector de luz solar, produciéndose una burbuja de aire caliente, que por no poder ser sustituida por flujos perimetrales de aire contribuye (durante el día) al calentamiento interior de la vivienda". (5)

- El mejor sitio será aquel que contemple las mejores visuales hacia el paisaje natural, centro poblado, vecinos o cualquier otro elemento que facilite la comunicación y permita realizar vida social.
- Suficiente terreno que permita ampliar la vivienda cuando sea necesario.
- Seleccionar terrenos que tengan protección natural de vientos, tormentas y terremotos; muchos árboles pueden controlar estos fenómenos naturales, no se recomienda

ubicar las viviendas en conos de deyección.

- Deben evitarse terrenos con mucha humedad, ya que no es conveniente ni para la familia que habitará la vivienda, ni para las paredes de ésta construidas con concreto de arcilla.

- La cercanía de árboles de raíz larga no es recomendable ya que desestabilizaría la construcción general y si se cortan las raíces, de cualquier manera podrán perjudicar, puesto que las raíces se pudren y puede presentarse desestabilización del suelo.

- La ubicación de la casa cerca de taludes naturales, o pedregales facilita la extracción y utilización de la tierra y la piedra como materiales básicos de la casa de tierra o concreto de arcilla.

3.2. EL EQUIPO DE TRABAJO

Al iniciar la construcción de una vivienda en tierra pisada (Tapia Tradicional) debe prepararse muy bien el equipo adecuado para realizar las labores necesarias de construcción, por un lado las personas que conformarán el grupo de trabajo y por el otro las herramientas adecuadas para la transformación de los materiales en los objetos a construir. El equipo de personas lo componen: **Maestros Cordeleros o Maestros Tapieros**, son los encargados de la dirección de los trabajos pero al mismo tiempo participan en las labores de mayor importancia para la construcción de los conjuntos de obra. **Pisoneros**, en número de tres, son los encargados de compactar el concreto de arcilla dentro del encofrado o "tapial", su experiencia permite controlar el punto de apisonado. **Zurroneros**, en número de tres, son los encargados de transportar el concreto de arcilla en bolsas de cuero o zurrónes hasta el tapial. **Tierrero**, es uno, y donde el terreno es muy pedregoso se emplean dos, a fin de poder separar la piedra de mayor tamaño a la que pueda ser abarcada al cerrar la mano.

3.3. SELECCION DE MADERAS

Escogencia: Tradicionalmente la escogencia de la madera se hace a través de la experiencia local transmitida de generación en generación, en nuestra zona, los andes venezolanos, la mayoría de las maderas son de especies latifoliadas en donde se encuentran variedades que no requieren preservantes, como el Cívaro (*Pepsidium Caudatum*), Anime y Guayacan entre otras, se usan las siguientes maderas:

- **En Trabas internas y cuñas para las paredes de tapia** se usan, Anime, Cínaro (*Pepidium Caudatum*), Pumarroso, Say Say (*Weimannia Glabra*), Cochinito (*Escallonia Floribunda*), estas maderas tienen la propiedad de ser durables dentro de las paredes de tierra (en algunas zonas de escasas maderas estas son reemplazadas por piedras laja largas).

- **En Dinteles** además de las anteriormente citadas para trabas y cuñas se usan, Cedro (*Cedrela Mexicana*), Peralejo, Laurel Amarillo (*Nectandra turbasensis*), Guayacan (*Guajacum Offinale*) y Vero (*Bulnesia Arborea*), las cuales son maderas de árboles grandes que dan los diámetros necesarios para dinteles.

- **Para Estructura de techo**, se usan por lo general, Say Say (*Weimannia Glabra*), Caja de escopeta, Granizo, Canelo o Lacre (*Canelo cupis*), Laurel amarillo (*Nectandra turbasensis*), Uvito amarillo y Naranjito, las cuales tienen la propiedad de ser duraderas en la estructura y de producir varas de gran longitud y derechas. Para la cubierta se usa generalmente carrizo o pito (*Chusquea spp.*) el cual es una gramínea muy resistente a esfuerzos de flexión y tracción, que se obtiene generalmente en las riberas de ríos y quebradas con diámetros que oscilan de 2 a 4 cm, y longitudes de hasta 5 m.

- **Para el Tapial** se usan maderas livianas e indeformables (en tablas y cuarterones), como Ceibo (*Ceiba pentandra*), Caracolí o Mijao (*Anacardium excelsum*) y Pino Lazo. Un tapial construido en estas maderas permite producir de 15 a 20 viviendas sin deformarse (entre 600 y 800 usos).

- **Para los Pisones y Tacos** se emplean madera resistentes como el Cochinito (*Escallonia Floribunda*), Garrocho y Cínaro (*Pepidium Caudatum*).

- **Para Puertas y Ventanas** se usa generalmente Laurel Amarillo (*Nectandra Turbasensis*), Cedro, (*Cedrela Mexicana*), Pino Lazo, Pardillo (*Terminalia amazonia*), Vero (*Bulnesia Arborea*) y Caoba.

- **Para columnas:** se usan comunmente el Vero (*Bulnesia Arborea*), Pardillo (*Terminalia amazonia*) y Cínaro (*Pepidium Caudatum*).

Corte y Labrado: En los Andes venezolanos es tradición cortar las maderas en Luna menguante y en los Viernes de creciente, la cual debe descortezarse el mismo día.

Para el labrado se utiliza el serrucho, la cuchilla (especie de machete), azuelas, hachuelas, martillo, clavos y clavijas de madera.

Secado: En los pueblos andinos el secado de la madera se hace en forma natural, separando del suelo la madera cortada y cubriendo con helechos y paja para evitar el secado violento producto de los rayos del sol, que acarrearía a su vez rajaduras en la madera.

La madera no ha de estar completamente seca, a efectos de permitir y facilitar los trabajos de techos, por lo cual requiere de un mínimo de humedad.

Tratamiento: El tratamiento más antiguo de las maderas en los pueblos andinos es realizar mezclas de kerosene con ajo, o alquitrán. Actualmente se utiliza aceite usado o de desecho de motores, gasoil y creolina, así como productos químicos comerciales.

El preservante se aplica tradicionalmente con brocha, colocando de 2 a 3 manos de éste sobre la madera relativamente seca.

3.4.-CONSTRUCCION DE RANCHERIA

Es un pequeño espacio para ubicar la cocina y el comedor del equipo de trabajo, en algunos casos tiene espacios para dormitorio.

3.5.-REPLANTEO

Siendo accidentada la topografía de los Andes el inicio del replanteo es el "banqueo previo", y se termina con la extracción de la tierra, que en muchos casos, servirá para la construcción de las paredes o tapias. En terreno plano debe eliminarse la capa vegetal y se deposita en los alrededores para el futuro jardín, ésta puede variar entre 25 y 40 cm.

Se nivela y se procede al trazado, en la forma convencional (triangulación 3:4:5).

3.6.-EXCAVACIONES

Se excavan las zanjas con un ancho promedio de 85 cm. (igual a una vara, unidad de medida usual) y profundidad mínima de 42.5 cm. (1/2 vara).

Si el terreno no es plano, caso más común, se realiza un escalonado de adentro hacia afuera, es decir ubicando el centro de la vivienda sobre el punto más alto del terreno en forma simétrica, de manera que el escalonamiento permita obtener, el mayor desnivel en las esquinas, y por lo tanto la mayor altura del cimiento a fin de contrarrestar las fuerzas horizontales.

3.7.-FUNDACIONES

Por lo general se usa una fundación o cimentación corrida, la cual puede profundizarse, según desniveles, hasta 1.50 m., prolongándose por encima del nivel de piso, con lo que se conoce como encepado.

En las zonas donde no hay vialidad se hacen las fundaciones de piedra y barro, siendo de piedra y cemento (concreto ciclópeo) en construcciones cercanas a las vías.

La piedra por lo general proviene del banqueo y replanteo o del trabajo de limpieza de terrenos para la agricultura.

Encepado: Conocido como sobrecimiento o cepa (cuando no existe cimiento) para paredes de tapias tiene la función de aislar de la humedad a las paredes de concreto de arcilla y recibir las cargas de tapias y techo, así como, repartirlas al suelo.

Se construye colocando el tapial en su posición y se procede a la construcción de puentes, utilizando piedras largas, y esquinas, con piedras que den cara o bonitas, teniendo cuidado de organizar su trabado, rellenando los intersticios con una mezcla de piedra y barro. La altura usual del encepado en viviendas de una planta es de 40 cms.

3.8.-CONSTRUCCION DE TAPIAS

Es la tierra el material básico para la construcción de tapias, y según las propiedades de sus constituyentes, la tierra utilizada como material es un producto compuesto, análogo al concreto ordinario, gracias a su cohesión interna, "la arcilla" hace el papel de argamasa, mientras que la "arena" hace de esqueleto interno.

El procedimiento constructivo utilizando la tecnología del concreto de arcilla lleva implícito parámetros que

van desde el uso de encofrados, herramientas, equipo, mano de obra y técnicas de planificación, que deben conocerse, así como manejar las interrelaciones que existen entre ellos para garantizar la eficiencia, optimización y calidad del objeto construido y aumentar la productividad para poder competir con otras tecnologías de buen rendimiento, existentes en el mercado.

Selección y Preparación de la Tierra: La tierra seleccionada debe ser bien escogida con mucho cuidado, evitando tierras muy arenosas.

- Se saca la tierra vegetal y se amontona a un costado, ya que puede recuperarse después para la siembra.

- Se excava la tierra y se rompen los terrones quitando las piedras demasiado grandes, sobre todo aquellas más grandes que un puño, ya que pueden afectar la resistencia del muro.

- La tierra debe ser preparada con tiempo a fin de garantizar el aireamiento y obtener así la desecación del material orgánico, lo que evitaría agrietamientos posteriores.

- La relación ideal de la mezcla es usar tierras con un 30% de arcilla y 70% de arena, con una relación de arcilla entre 20% y 40% se pueden hacer aún buenos muros.

- El agua facilita el movimiento de los granos de la tierra, es decir actúa como lubricante, entonces mucha agua impide compactar porque el agua no se puede comprimir, mientras que poca agua dificultará la compactación porque falta lubricante. La proporción de agua para la mezcla óptima es un índice que permite caracterizar el comportamiento de un suelo en presencia de agua y será la cantidad de agua necesaria para lubricar las partículas del suelo.

- La arcilla presente en la mezcla de tierra es susceptible siempre de presentar variaciones de volumen en caso de modificar la proporción de agua, ciclos alternos de humedecimiento y secamiento, en particular producirá un hinchamiento y una contracción de la

arcilla, originando desórdenes en la masa del material y por lo tanto variaciones en el volumen de la tierra.

- La tierra con un porcentaje medio de grava facilita la adherencia del material de revestimiento.

- Conociendo las proporciones óptimas se puede agregar más arena o grava en relación al contenido de arcilla en la mezcla, para ésto, tradicionalmente se usa la prueba de la botella, la cual consiste en llenar una botella con la muestra de tierra hasta 1/3 de su capacidad y luego completar con agua. Se agita fuertemente la botella con la mezcla y el agua durante algunos minutos hasta que se mezclen bien todas las partículas, dejando la mezcla en reposo por 2 horas. De ésta forma podremos observar, midiendo el espesor de las capas que se formarán del material. El contenido de arcilla en la muestra quedará en la parte superior en forma gelatinosa y el material más pesado, arena y grava estará en el fondo de la botella.

- La humedad óptima en la mezcla la podemos determinar, elaborando una bola de la mezcla y dejándola caer desde la cintura, si se desintegra en múltiples partes es que está muy seca, si se aplasta en el suelo y no suelta partículas, es que tiene mucha agua; la humedad ideal en la mezcla será cuando de la bola solo se desprendan pocas partículas. El maestro tapiero y los pisoneros saben por la práctica, cuando a la tierra le sobra o le falta agua.

Por lo general las tierras en los andes venezolanos son ideales para éste tipo de construcciones, ya que su porcentaje de arcilla, arena y grava están entre las proporciones adecuadas (25 a 30% de arcilla y 70 a 75% de arena y grava, con variaciones de color que van del blanco al rojizo.

Transporte y Colocación del Concreto de Arcilla en el Tapial: En nuestra zona, para transportar el concreto de arcilla, utilizamos la "Perra o Zurrón", bolsa construida con la piel de bovinos de fácil adquisición, el cual es transportado por los zurroneiros.

El volumen de tierra contenida en el zurrón, es la proporción ideal para que el pisón pueda compactar hilando la tierra. Cada zurroneiro transporta la tierra de un pisonero.

El Tapial: Antes de realizar cualquier proposición de técnicas o tecnologías de construcción debemos conocer y analizar con profundidad los procedimientos tradicionales, sin el conocimiento del "estado del arte", en un determinado tiempo y lugar, poco podremos acertar en nuestras propuestas de racionalizar o simplificar un procedimiento constructivo.

El tapial es un encofrado mediano de madera movido hacia los lados y hacia arriba, conocidos actualmente como encofrados trepadores o deslizantes y es el "Tapial tradicional", tiene dimensiones en los andes venezolanos de 3 mts. de largo, alto comprendido entre 1.10 y 130 mts. y de ancho variable dependiendo de las necesidades de estructuración según altura de paredes.

El encofrado es muy versátil puesto que en las zonas rurales se puede fabricar con facilidad, tomando un árbol, y con éste elaborar sus partes, obteniendo las tablas y los cercos para la construcción del tapial.

El tapial permite, que en su fabricación, cualquier persona sin conocimiento de los sistemas de medida convencionales, pueda fabricarlo, utilizando como unidad de medida el codal, con el cual todas las partes del encofrado (fig.1) son múltiplos de éste.

La Tapia: Pared de tierra comprimida, apisonada o entibada dentro del tapial, constituye un procedimiento constructivo según el cual podemos construir paredes continuas presando "tierra semi-humeda" "in situ". Son paredes con un alto valor agregado, ya que son al mismo tiempo, cerramientos eficientes, contienen armarios y muros de carga o muros portantes, los cuales transmiten las cargas al suelo a través de su superficie, por lo tanto, a fines de estructuración en los andes venezolanos, existe una lógica armonía en las viviendas, ya que el techo, es generalmente a cuatro aguas, distribuyendo su peso uniformemente a todo el perímetro del muro, minimizando la cantidad de carga a transmitir por superficie de muro.

En nuestros pueblos se planifica su construcción en los meses de verano, es decir Octubre y Abril. La vivienda típica campesina del páramo es de gruesos muros de tapia con un espesor mínimo de 50 cm. lo cual hace que se convierta en una pared altamente eficiente

a los efectos de captar, acumular y restituir el calor irradiante del sol.

Proceso Constructivo: Se arma y nivela el tapial comenzando por una esquina, generalmente en la que converge la pared más larga. La tradición señala la esquina de la vivienda queda al Este.

- Para mantener las paredes rectas y aplomadas, el tapial debe ser nivelado cada vez que se monta.

- Se procede a utilizar los mirones para alinear el tapial por el costado derecho.

- Luego de nivelado se colocan las piedras trabadas para la cepa o encepado, que se realiza con un mortero de tierra (barro) y alcanza una altura de 20 a 60 cm. dependiendo de la humedad del terreno, se le conoce también como alfombrado.

- Inmediatamente se procede al apisonado, o prensado a mano, de la tierra traída por los zurroneiros, realizándose de afuera hacia adentro, al inicio, y de adentro hacia afuera al final. Es importante apisonar muy bien las orillas o extremos de la pared.

- El tapiado o apisonado lo realizan los pisoneros que son tres por lo general, y son los encargados de golpear la tierra dentro del molde con un "pisón de madera y conformar el prensado a un ritmo de tres por uno, para realizar ésta labor se requiere de mucha experiencia puesto que el sonido producido por el pisón sobre la tierra pasa de un golpe sordo al iniciar el apisonado a un golpe seco, claro y resonante cuando la sección está lista para un nuevo relleno y así sucesivamente hasta completar el muro, es decir cuando no se producen asentamientos considerables al efectuar el pisado. Cada pisada determina claramente una hilada visible al desenconfrar, con espesores que varían entre 8 y 10 cm., medida determinada por la capacidad del zurrón y que garantiza un buen compactado.

- Colocación de trabas. Existen varios tipos de trabas dependiendo de su ubicación:

Trabas sencillas o Llaves (madera rolliza de 1.20 m. a 1.50 m. de longitud y $\phi = 10$ a 15 cm.), durante el proceso de tapiado se colocan las trabas de manera

horizontal que permiten asegurar la unión y trabazón de cada tapialado, así como los "tacos" para realizar el remonte.

Trabas enclavijadas (madera rolliza de 1,20 m. a 1.50 m. de longitud y $\phi = 10$ a 15 cm.), se utilizan en la mitad del apisonado del enrase o cuando éste es muy alto (superior a 50 cm) así como también en paredes largas.

De igual manera se colocan las mochetas o zoquetes (madera rolliza de 50 cm. de largo y $\phi = 10$ cm.) los cuales servirán para la fijación de los marcos de puertas y ventanas.

- El tapiado se realiza en tres partes:

Se inicia con una primera fase que es la descrita anteriormente y que contiene al encepado, tiene una altura de 1.10 m. y debe terminarse en su totalidad la hila que contiene las tapias de la planta de la vivienda.

La segunda fase se conoce como el "remonte", el cual se realiza deslizando verticalmente el tapial apoyándolo en agujeros obtenidos previamente al extraer los tacos. Es la parte central de la pared donde van ubicadas las trabas internas, que pueden ser de madera o de piedra, se determinan los espacios o vanos para las ventanas y armarios a empotrar.

Por último, el enrase o sobretapia, es el desplazamiento final del tapial y determina la culminación de la tapia, permite alinear la altura y colocar dinteles de puertas y ventanas.

- Las tapias deben siempre cruzarse en las esquinas o en la unión entre dos muros, por lo tanto hay que cambiar en cada hilera la dirección de trabajo.

- El desenconfrado determina la finalización de un tapialado y se realiza:

- a- aflojando los tortoles o torcedores

- b- se sacan las paralelas de los agujeros o agujas para liberar las hojas o costados

- c- concluye con la extracción de los agujeteros.

Las esquinas: Son las partes más débiles de una vivienda en tierra pisada, por lo tanto deben reforzarse. En los andes venezolanos se emplean las trabas enclavijadas las cuales pueden ser dos o tres y se asegura en el borde superior de la pared con el cuadril, el cual consiste en una diagonal de madera que impide la separación de los muros, al empujar la viga de limatesa que se apoya en la intersección de muros.

Protección de Tapias: Las tapias se protegen tradicionalmente con tejas luego de cada apisonado, para evitar que por alguna eventualidad el agua de lluvia lave el concreto de arcilla.

Es recomendable luego de curada la tapia, colocar un zócalo de un material impermeable (p.ej. pintura de concreto de azufre), a fin de impedir que el agua suba a la pared, así como aceras exteriores con pendientes hacia afuera que aleje el agua del muro.

Características Estructurales: El sistema estructural solo permite soportar y transmitir solicitaciones de cargas verticales por lo que, dentro de las mejoras a incorporar en este sistema, están el de prever su comportamiento ante cargas horizontales y disminuir la flexión del muro.

Según Antonio L. Picón *"De todas las construcciones de muros o paredes -dice- la que más resistió en esta ciudad (Mérida) al temible empuje del movimiento del 28 de Abril de 1894, fue la de Tapias, y fueron éstas las que mejor se soportaron: ninguna cayó desde sus cimientos, y solo en las casas que perdieron los techos se vió que cayeran, se desplomaron o agrietaron las tapias laterales.* (6)

"Las edificaciones construidas en tapia, tanto para viviendas como para templos, respondían a una tipología constructiva y estructural la cual no varió desde las primeras construcciones en el siglo XVI hasta las últimas construidas en los primeros decenios de este siglo. Esta tipología estaba constituida fundamentalmente por muros perimetrales de tapia coronados por vigas de solera de madera, sobre las cuales se apoyaban las armaduras de madera de los techos de dos o más vertientes cubiertos generalmente de entablonados sobre los que se colocaba la techumbre de tejas curvas. Las armaduras triangulares de los techos estaban conformadas por pares, alfardas o viguetas inclinadas que se apoyaban en el vértice superior, sobre una viga de cumbrera perpendicular al plano de la armadura, y la cual constituía la intersección de las vertientes de los techos o limatesa.

Para contrarrestar los empujes horizontales producidos sobre los muros por los extremos inferiores de los pares se colocaban de muro a muro y de trecho en trecho (entre 2 y 3 metros), las vigas tirantes conectadas a las soleras. Cerca del vértice superior de cada armadura, se colocaba, a veces conectando a los pares, una pequeña viga tirante, viga collar o nudillo.

Los muros en una dirección se trababan con los muros transversales mediante piedras de gran tamaño que alternativamente se colocaban en la intersección, una vez en la dirección de un muro y la otra en la dirección del transversal. Para reforzar esta unión, se colocaba a nivel del plano superior de los muros y conectando a las soleras una viga diagonal tirante llamada cuadril o rinconera, que impedía la separación de los muros producida por el empuje de la viga inclina de la limatesa de dos vertientes o faldones de un techo de varias vertientes, que se apoyaba en la intersección de los muros. Estos a su vez soportaban en compresión su propio peso y las cargas de gravedad impuestas por los techos, justificándose el grosor de los muros como la manera de impedir el desarrollo de esfuerzos de tracción debidos a la flexión producida sobre la sección del muro por las cargas verticales excéntricas". (7)

3.9.-CONSTRUCCION DEL TECHO

La estructura de los techos de la vivienda campesina alto andina es generalmente de madera y se usa el sistema conocido de pares o péndolas y tirantes con pendolones los cuales equilibran las luces adecuadas para transmitir la carga de las vigas de cumbrera a las soleras o sobre soleras que rematan las paredes de tapia y reciben el resto de las cargas de cada péndola.

Nuestras casas tradicionalmente se arman de dos maneras: La forma llamada de cañón, empleada generalmente en las piezas principales, en que el techo se levanta sobre dos paredes de carga, con dos costados, faldones o vertientes para las aguas de lluvia; y la forma llamada de "media agua" o "colgadizo", en que el techo se apoya en su parte más alta sobre una sola pared y su respectiva solera (la sobretapia o enrase), y en la parte más baja, sobre pilares de madera que sostienen la otra solera.

La forma de media agua resiste más los esfuerzos horizontales, ya que la de cañón aunque más elegante tienden sus péndolas a desclavarse de la cumbrera ocasionando el hundimiento del techo.

Para asegurar los techos de cañón se usa generalmente el sistema de nudillos, pequeños tirantes entre péndola y péndola y colocando a mitad de cada faldón del techo un madero perpendicular a los pares o

péndolas y por debajo de éstas, que se conoce con el nombre de "cinta".

Las cubiertas son de tejas curvas o lomuda (árabe) y tienen por lo general cuatro faldones o cuatro aguas, aunque se encuentran techos con morfología muy variada debido a la adaptación orgánica del esquema de planta, se mantiene el orden geométrico, se conservan las pendientes y se integra a la estructura de la caja mural (paredes de tapia) mediante las formas de apoyo antes descritos. En techos a dos aguas generalmente se forman tímpanos cerrados hacia el exterior el cual a veces tiene pequeñas ventanas para la entrada de luz, siendo su cerramiento tradicional de bahareque.

Soleras: El entechado se inicia con la colocación de las soleras, conocidas también como durmientes, rematan las paredes de tapia y se encargan de recibir las cargas de tirantes y péndolas. Se emplean maderas escuadradas o madera rolliza desbastada en su plano de contacto con la tapia, con secciones de 20 cm. x 20 cm. en maderas escuadradas o diámetros $\phi=20$ cm. en maderas rollizas. Se anclan a las tapias generalmente en las esquinas usando clavijas de madera o cabillas que atraviesan la tapia en una profundidad no menor a 40 cm.

Aleros: Se colocan posterior a las soleras y se le da también el nombre de "garrabanete". Por lo general es recto, a fin de enviar las aguas de lluvia, por el cambio de dirección, lo más alejadas de las paredes de tapia, evitando que penetre la humedad en éstas. Los pares van separados, al igual que las péndolas de los faldones, 50 cm. entre uno y otro.

Envigado: Se inicia con la colocación de las vigas soleras, luego los tirantes y posteriormente los pares del alero. Seguidamente se colocan los pendolones, según la pendiente estimada (en nuestros techos se estima entre 20 y 30%), se colocan las vigas cumbreiras y limatesas, para concluir con las péndolas o pares. Todas las uniones se realizan con clavos de acero de 5".

Cubierta: La cubierta es generalmente de teja árabe pegada con un mortero de barro con espesor de 5 a 7 cm. que se extiende sobre el encañizado de carruzo, el cual se fija a cintas clavadas a los pares o péndolas de

la estructura de techo. El mortero de barro se prepara con paja picada a fin de garantizar, además de un buen aislamiento, el efectivo pegado de la teja.

3.10.-CONSTRUCCION DE REVESTIMIENTOS

El revestimiento de la vivienda paramera tiene texturas rugosas como acabado final en las paredes exteriores ayudando a incrementar la superficie de absorción de energía calórica.

El material de revestimiento debe ser muy similar al concreto de arcilla utilizado en la construcción de las paredes de tapia a fin de que pueda adaptarse al proceso de encogimiento del muro y no se desprenda.

Recomendaciones para Acabados en Paredes de Tierra

- Barro preparado con mezcla de tierra arenar-cillosa cernida. No es recomendable para exteriores.
- Tierra arenosa usada en la misma tapia, con un porcentaje de cemento en volumen entre el 7% y el 10%, este revestimiento debe ser curado por lo menos durante una semana mediante humedecimiento periódico.
- Mezcla de yeso-arena-cal en relación volumen 1:1:1/10 respectivamente.
- Mortero de cemento-cal-arena en relación volumen 1:1:6 a 8 respectivamente.
- Proporción cemento-arena 1:12 más el 5 al 10% de cal en cemento.
- No se recomienda ningún mortero de tierra con cemento.
- En tierras con grava antes de fijar el revestimiento debe cepillarse el muro de tapia.

3.12 PINTURA O ENCALADO

La vivienda campesina tradicional es pintada con una pintura a base de: cal, agua y sal: la cual va formando diversas capas con el tiempo y ayuda a evitar la humedad en los muros.

Una excelente pintura para patios, frentes en general (exteriores):

- Cal aérea (apagada) 3 Kg.
- Polvo colorante (Oxidos metálicos) = color deseado
- Aceite de linaza = 1 litro
- Rendimiento 40 m²

4. MEJORAS AL SISTEMA

Estabilización del Concreto de Arcilla: El concreto de arcilla utilizado en todo muro de tapia requiere que sea muy bien estudiado puesto que de él depende en gran parte la calidad de las paredes. No todas las tierras permiten obtener un concreto de arcilla óptimo, por lo que requiere sea estabilizado con cal (Tapia Real), con cemento, asfalto, fibras vegetales, aceites o con azufre (procedimiento más completo). La cal tiene diferentes efectos sobre la tierra, las tierras arcillosas, por ejemplo, se ponen más livianas y se dejan trabajar mucho más fácilmente el agregar cal. El concreto de arcilla requiere un producto estabilizante que mejore su resistencia a la humedad.

Estabilización del material: El estabilizador tendrá por objeto unir las partículas de arena y arcilla entre sí a fin de evitar que la mezcla absorba agua, y evitar así las contracciones y dilataciones. Cuando se use como estabilizador el cemento (tipo Portland), se necesita un buen mezclado a fin de evitar los grumos, por otro lado seca muy rápido y la mezcla debe prepararse a medida que se necesite.

Añadiendo el 15% de cemento ordinario a la mezcla, con un contenido del 74% de arena, la solidez de un muro aumenta de 20 a 80 Kg/cm². El encogimiento disminuye a la mitad de lo que encogería una pared de tierra sin cemento, o sea 1 cm/3.6 m. en vez de 2.5/3.6 m. En mezclas estabilizadas con cemento, a fin de aumentar su resistencia se recomienda retrasar el secamiento aproximadamente una semana, por lo que debe resguardarse del sol durante el secado. Con la finalidad de obtener un volumen mayor de mezcla disponible durante la fabricación de muros, es recomendable agregar cal (viva o apagada) más el cemento, la resistencia final se mantiene y el tiempo de secado es más largo. Esto es recomendable sobre todo en suelos con más contenido de arcilla que arena.

Las mezclas estabilizadas por impermeabilización (betún), la cual consiste en envolver las partículas de arcilla en una capa impermeable con el fin de formar unos compuestos estables y volverlos insensibles a la acción de la humedad, no son eficientes en la construcción de muros de tierra pisada, ya que la

cantidad de agua es relativamente grande y esto no es recomendable en construcción de tierra comprimida, para la cual la tierra no debe estar muy húmeda; sin embargo puede utilizarse una mezcla a base de acetona y tolueno menos requerida de agua, la cual confiere a la mezcla la plasticidad necesaria para ser trabajada en muros de tierra comprimidos o tapias.

Se puede estabilizar químicamente la mezcla con cal ya que esta puede reaccionar con los silicatos y auluminatos para formar compuestos puzolánicos estables, disminuyendo la plasticidad de la tierra. Los silicatos de sosa son productos poco costosos y muy eficaces logrando el mismo efecto anterior.

La utilización de estabilizadores puede hacerse tanto en la ejecución de las tapias o muros de tierra comprimida como para la realización de sus revoques, resultando efectivos para los acabados los impermeabilizadores.

Las cenizas de madera pueden emplearse como estabilizadores de tierra. La ceniza blanca y de buena calidad, procedente de la combustión completa de la madera noble, parece ser más eficaz. Se pueden estabilizar los muros por armazón, lo cual consiste en agregar a la mezcla un material de cohesión (fibras, granos...), que permita asegurar, por un frotamiento de los elementos mezclados a la arcilla, una mayor firmeza. El azufre puede utilizarse para estabilizar la tierra, aumentar su resistencia, hacerla impermeable y alejar los insectos, solo que el proceso de elaboración de los componentes cambia radicalmente los procesos conocidos puesto que la mezcla deberá moldearse en caliente y con maquinaria semi-industrial para un mejor control del mezclado. Evidentemente el empleo del azufre conlleva un gran desarrollo en cuanto al material compuesto tierra-azufre se refiere.

La estabilización puede resultar costosa si se emplea en todo el volumen de concreto de arcilla a verter en las paredes de una vivienda, sin embargo, puede usarse solamente en los puntos más débiles de la vivienda como las esquinas, el encepado de muros, apoyo de ventanas y revestimiento de tapias.

TAPIAL. El encofrado o tapial es el elemento principal en el procedimiento constructivo puesto que el concreto

de arcilla es un material moldeable, por lo tanto el diseño o mejora de un buen tapial debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Estabilidad de volumen
2. Utilización reiterada
3. Fácil manejo, armado y desarmado
4. Poca adherencia y fácil limpieza
5. Versatilidad
6. Transportabilidad
7. Facilitar el llenado y apisonado
8. Autonivelantes y ligeros

Son pocas las modificaciones a realizar al tapial tradicional ya que es muy versátil y facilita el llenado y apisonado, sin embargo, sus mayores problemas se pueden resumir en lo siguiente:

- No permiten una nivelación eficiente, el maestro debe permanecer alerta ante el desplome del tapial.
- Deben preverse la colocación de los "tacos" en puntos específicos a fin de garantizar o tender hacia una autonivelación del "remonte" y el "enrase".
- Debe pensarse en el uso de un material de fácil limpieza, poco peso y usos reiterados, como el acero o el aluminio sobre todo en los planes de vivienda que lleva a cabo el Ministerio de Sanidad.

Normalmente se usa en la construcción de una vivienda, un solo tapial, sin embargo, es recomendable el uso de dos o más tapias, cuando se requiere, o bien, construir más rápidamente la vivienda o conjuntos de viviendas.

Un tapial fuerte para el encepado, construido de maderas resistentes, para soportar el maltrato de las piedras al encepar y a la vez por su peso, permite mantener a plomo el tapial. Un tapial liviano, construido con maderas ligeras que permita la movilización ágil, para el remonte. Por último un tapial pequeño para entrepaños y divisiones pequeñas.

TAPIA. Es evidente que al mejorar el concreto de arcilla se obtienen muros de mejor calidad, sin embargo pensamos que el espesor de la tapia se puede reducir a fin de aumentar los rendimientos, los cuales se han comprobado hoy en la construcción que muestra la fotografía (), entre 10 y 12 m²/día, al apisonar menor

volumen de la mezcla. Este se puede aumentar también, utilizando tapias de mayores dimensiones o un juego de tapias como se mencionó anteriormente, que permitan minimizar el tiempo de desencofrado y nivelado. Los muros de tapia son muy débiles, la resistencia a la rotura en compresión de los muros construidos con concreto de arcilla, es un promedio de 8 Kg. /cm², los cuales, afectados por un coeficiente de seguridad de 10, darían un coeficiente de trabajo o esfuerzo admisible a la compresión de 0,8 Kg. /cm².

La resistencia de flexión disminuye y por lo tanto los espesores actuales se justifican, ahora bien, si rescatamos el uso de las "rafas" horizontales en materiales como piedra, ladrillo o concreto de azufre (8) (el cual permite buena adherencia y fraguado rápido, solo 5 minutos), aumentamos su resistencia a flexión y podríamos reducir el espesor de los muros. Ensayos realizados muestran un aumento de 5 veces la resistencia a la flexión en las probetas de concreto de arcilla con una simple impregnación, se estima que solo 6 cm. vaciados sobre el muro antes del remonte y antes del enrase, garantizan al menos 5 veces más la resistencia de la tapia a estas solicitaciones.

La incorporación de marcos de puertas y ventanas dentro del tapial antes del tapiado, ahorraría tiempo y garantiza una mayor colaboración a la transmisión de los esfuerzos, solo que hay un gran consumo de madera.

TECHOS. Las mejoras en la estructura de techos, deberán orientarse, hacia el diseño de juntas y uniones entre los diferentes componentes, simplificando de este modo el montaje y ensamblaje del mismo, así como de mejorar su eficiencia para resistir los empujes laterales producidos por movimientos sísmicos.

CUBIERTA. En la zona andina urge rescatar los tejares que existieron en otras épocas y que hoy están en abandono, por la incorporación de láminas de fibrocemento, zinc o acerolit, por otro lado en muchos pueblos, sobre todo los más altos (2500 a 3200 m.s.n.m.) escasea la madera, la cual es abundante a pie de monte andino, por lo cual para mantener el paisaje geográfico se propone incorporar una nueva tecnología como la del concreto de azufre, que permite con gastos muy bajos de energía impregnar tejas cruda de concreto de arcilla

con la mezcla incorporándole a la teja resistencia y durabilidad. La proposición de la mezcla para estos propósitos será de: una parte de azufre y una parte de arena fina más un 2% en peso del volumen de azufre utilizado del estabilizador (aceite vegetal sin refinar o hipoclorito).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Un proyecto piloto como el que tenemos la oportunidad y el compromiso de desarrollar en los meses venideros para el programa de vivienda rural, que promueve el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, daría la oportunidad de rescatar, las Tecnologías de la Tapia, Adobe y Bahareque para no deteriorar el patrimonio cultural en la arquitectura de nuestros pueblos andinos, sin embargo, el Artículo 1 de las resoluciones de la UNESCO sobre Restauración, establece el que no se concibe la restauración del monumento sino existen garantías de mantenimiento, esta resolución es válida para el rescate de la tecnología del Tapial y la Tapia, si no van a existir garantías de su utilización después de la elaboración de los prototipos.

- Rescatar a través del "convite" la alegría del trabajo de construir en tierra, con la música y la poesía implícitas en él, la "conversa", que enriquece la comunicación entre los participantes, significa enriquecer y enaltecer el folklore popular.

- El Concreto de Arcilla debe competir con las mismas herramientas que el concreto de cemento portland, es decir, tradicionalmente este último ha dispuesto de equipo (encofrados) y maquinaria cada vez más compleja a fin de aumentar su productividad y por ende mejorar su "Estado del Arte", Sin embargo a riesgo de parecer romántico, la armonía, la riqueza orgánica y el equilibrio ambiental obtenido de una vivienda en tierra pisada, hecha "con el tiempo", sin apresuramientos, no altera la pureza de las sonrisas.

- Si el concreto de arcilla dispone de la maquinaria adecuada (usar la misma que para el concreto de cemento portland) tendrá hoy día, las mismas oportunidades de ingresar al mercado de la industria de la construcción.

- La necesidad de actualizar normas y criterios respecto al uso del concreto de arcilla y los procedimientos constructivos es perentoria, ya que en el país se están realizando proyectos con mucha improvisación y desconocimiento de las propiedades del material. Los nuevos productos no podrán competir con los antiguos mientras las normas no estén basadas en el concreto de rendimiento.

- Es necesario rescatar, innovar y desarrollar tecnología, por lo tanto la investigación es necesaria aunque la construcción es una de las industrias con menos subvención para investigación. La investigación por lo tanto tiende a ser dispersa y desorganizada ya que no existe un marco adecuado que estimule e invite a mancomunar esfuerzos para organizar y distribuir la información disponible con el objeto final de apuntar una dirección a seguir en sucesivas investigaciones.

- Es imperativo conocer las necesidades del usuario, la demanda del mercado, así como la ubicación geográfica donde se insertará la vivienda, si queremos realizar innovaciones en técnicas y tecnologías constructivas.

- Para lograr la armonía del paisaje y preservar la tradición de la arquitectura a desarrollar para la vivienda alto andina de nuestros pueblos, es necesario:

- a - Utilizar en lo posible equipos y herramientas sencillas y en un mínimo que garantice la perfecta producción de la vivienda, por lo que el peso de los componentes., o el de partes del tapial no debe superar los 75 Kgs.

- b - Emplear al máximo los materiales locales.

- c - Respetar el medio ambiente natural así como el medio ambiente construido a pesar del gran cambio socio-cultural que el medio ambiente construido ha proporcionado a nuestros pueblos andinos en los últimos años.

- d - Crear escuelas rurales de construcción en tierra (Tapia, Adobe, Bahareque) y pensar en pequeños talleres de producción que incorporen al usuario en la elaboración de diversos componentes (adobes, tapiales, tejas), y que ayuden a:

- Preservar el patrimonio cultural y arquitectónico de nuestros pueblos andinos.

- Generar innovaciones a los sistemas de construcción a fin de mejorar el "Estado del Arte". Incorporar al campesino desde pequeño a una labor útil que puede realizar mientras descansa de su labor de agricultor, entre cosechas.
- Aprender a querer, apreciar y respetar su medio ambiente construido.

6. GLOSARIO DE TERMINOS

AZUELA.

Herramienta de carpintería, compuesta de una plancha de acero con borde cortante y un pequeño mango de madera que se usa generalmente para desbastar.

CODALES .

Determinan el espesor de las paredes y se usan como guías para colocar las hojas del tapial sobre las agujas o agujeteros.

CONVITE.

Acción y efecto de convidar, invitar a otra persona o a un grupo de personas a participar en la construcción de la vivienda

CUARTON.

Pieza de madera de sección rectangular que resulta de aserrar longitudinalmente una troza y cuya menor dimensión es por lo menos 10 cm.

ENRASE.

Ultimo desplazamiento del tapial y determina la finalización de la tapia. Permite alinear y colocar dinteles de puertas y ventanas.

MADERA ROLLIZA.

Madera utilizada en forma cilíndrica, con o sin corteza.

MANO VUELTA.

Se usaba no solo para fabricar las casas, sino para trabajar toda la agricultura. Quien va a fabricar una vivienda o a limpiar un terreno para la siembra, convoca a los vecinos. Después según sus alcances económicos,

brinda unos tragos, o si es posible, comida. Quienes son así ayudados, quedan obligados a retribuir el servicio a los participantes.

MIRONES.

Jalones de madera (cuartón) que se usan para el replanteo o "encuadre"

PIEDRA BONITA O PIEDRA QUE DE CARA.

Se dice de aquellas piedras de buen aspecto y forma regular que a la vista del ayudante o del maestro facilitan la labor, el encaje entre piedras y una buena estética (cara) si queda vista hacia el exterior.

PIEDRA CONDENADA.

Se llama a la piedra que impaciente al maestro porque no armoniza con las demás en ninguna de sus caras, muchas veces es desechada y se pide al ayudante una nueva piedra y que ésta sea una piedra bonita. Hay gran satisfacción en el ayudante cuando la nueva piedra que selecciona es una piedra bonita.

PIEDRA PLANA LARGA.

Piedra muy delgada (laja) y ancha que se usa según el nivel tomado para el borde superior del cimiento, en la elaboración de Puentes para el paso de las aguas del Tapial, así como para el paso de las instalaciones.

TACOS.

Piezas de madera que permiten dejar orificios en la tapia para realizar el remonte o desplazamiento vertical del Tapial.

TAPIADO.

Serie de 15 a 18 tongadas de concreto de arcilla que conforman un bloque apisonado dentro del Tapial.

TRANCA COPA.

Barra de madera escuadrada que se utiliza para asegurar las compuertas.

ZURRONES.

Bolsas de cuero para transportar la tierra con un 0 de 40 cms. y 30 cms. de alto y capacidad de 30 a 40 Kg. de concreto de arcilla.

7. NOTAS

(1) A Arellano Moreno, "Fuentes para la Historia Económica de Venezuela", Tomada de la "Casa Colonial etc". de "Carlos M. Moller. "El Farol", No. 192, Caracas 1961.

(2) El Sistema de "Tapia y Rata" consistía en muros de "Tapia" fabricados con tierra amasada y aplisonada dentro de los moldes o encofrados de madera, con espesores a 40 cms. Los muros se reforzaban con piedras o machones de mampostería llamados "ratas" de forma trapezoidal, distanciados no más de 4 mts.

(3) Fábrica de Cementos La Vega

(4) Caraballo Ciro, "Tierra cruda en la Arquitectura Tradicional Venezolana" p.p. 5. monografía S/F

(5) Luengo F. Gerardo, "Arquitectura Alto Andina" El Orden Espacial" p.p. 21 FA-ULA monografía Mérida 1985

(6) Febres Cordero, Tulio, "Archivo de Historia y Variedades", Tomo II p.p. 165 Ed. Sur América. Caracas. 1931

(7) Castillo William, "El Reforzamiento Estructural de Edificaciones de Tapia", Un Caso en los Andes Venezolanos. p.p. 2., Seminario Latinoamericano de Construcciones Sismoresistentes de Tierra, Lima, Mayo 1983

(8) Material macromolecular (Termoplástico) obtenido por calentamiento del azufre y los agregados minerales ¿por qué es termoplástico?

A cualquier temperatura por encima del cero absoluto, las moléculas y trozos de moléculas están en movimiento continuo y desordenado, yendo de un sitio a otro enrollándose y desenrollándose. El movimiento total suma cero y el objeto conserva su forma.

Al aumentar la temperatura el movimiento molecular aumenta, las fuerzas de atracción se reducen, el material se dilata y se vuelve más blando para fluir fácilmente y adoptar una nueva forma.

Al enfriarse se vuelve progresivamente rígido, y a una temperatura crítica puede volverse duro, vítro y quebradizo o blando y flexible a las temperaturas ordinarias. El que un material sea duro y quebradizo o blando y flexible a las temperaturas ordinarias depende de si la temperatura de "transición a cristal" está por encima o por debajo de las temperaturas de utilización; entonces la propiedad característica de los materiales termoplásticos es ésta, debida a la estructura lineal no interconectada que puede ablandarse y endurecerse reiteradamente calentando o enfriando.

Esta propiedad hace que el uso de este material en la construcción permita ser reciclado cuantas veces sea posible sin perder sus propiedades. Esto en un futuro sería además beneficioso para la construcción y el ambiente puesto que, las edificaciones construidas con este material y que requieran ser demolidas no acarrearían contaminación alguna, puesto que podrían reutilizarse para producir otros componentes constructivos y construir nuevas en otro lugar.

El concreto de azufre es un producto elaborado con agregados minerales (arena, piedra, pirita o cuarzo) y azufre y algún plastificante o estabilizador (Diciclopentadieno, polímero hidrocarbonato, aceites vegetales sin refinar, hipoclorito, o el metilciclopentadieno entre otros), para hacerlo trabajable debido a su alta viscosidad y retardar la formación de azufre ortorrómbico. Tiene un peso unitario que oscila entre 220 a 2440 Kg/m³. La temperatura de fusión del azufre se encuentra entre 112°C y 120°C y de la mezcla para el moldeado entre 125°C y 160°C ya que a más de 170°C la mezcla produce Hidrógeno sulfuroso, siendo este un gas tóxico.

La mezcla de concreto de azufre luego de ser moldeada, fragua entre 5 y 10 minutos obteniéndose el 90% de su resistencia en solo 6 horas. Su resistencia a la compresión oscila entre 500 y 600 Kg/cm² dependiendo de la calidad de los agregados. Si la relación azufre-agregado favorece el azufre la resistencia a la compresión tiende a disminuir; ensayos realizados mostraron que una proporción en peso de 70 a 75 % de agregados (arena + finos) y un 25 a 30 % de azufre + aditivo para las mezclas, garantizaban la estabilidad interna de las piezas.

8. BIBLIOGRAFIA

Acosta Saignes, Miguel, "Historia del Folklore Venezolano", Edic. Facultad de Humanidades U.C.V. 1963.

Aguirre T. Carlos "¿Tapias: Arquitectura Popular de los Andes Venezolanos", Trabajos de Ascenso, Facultad de Arquitectura -U.L.A. Mérida 1983.

Architecture D. Aujouard, Hui Nº 160. Bender Richard, "Dust In Dust" Marzo, 1972.

Bardouy Arzoumanian, "Arquitecturas de Adobe" ed. Gustavo Gil, Barcelona, 1979.

Borges R. Juan, "Aspectos de Diseño y Producción de Componentes en Concreto de Azufre", tesis de ascenso, Facultad de Arquitectura, U.L.A. Mérida, 1983.

Borges R. Juan, "Los Residuos Industriales en la Producción de Viviendas de Bajo Costo", Monografía FA-ULA, Mérida 1986. "Tecnologie per lo Sviluppo, Urbano e Suburbano in América Latina" E.A., Fiere de Bologna, Italia, 1987.

Borges R. Juan, "La Actualización del Concreto de arcilla en Venezuela", Monografía FA-ULA, Mérida 1987.

Caraballo Ciro, "Tierra Cruda en la Arquitectura Tradicional Venezolana", Monografía S/F.

Castillo William, "El Reforzamiento Estructural de Edificaciones de Tapia", Un Caso en los Andes Venezolanos, Seminario Latinoamericano de Construcciones Sismoresistentes de Tierra, Lima, Mayo 1983.

Clemente Sarí, Alfredo, "Seminario Programación y Producción de Viviendas en Venezuela", FA-ULA-Colegio de Ingenieros, Mérida, Octubre 1983.

Cratens, "Construire en terre", éditions Alternative et Parallèles, 1979.

Febres Cordero, Tulio, "Archivo de Historia y Variedades", Tomo II Ed. Sur América, Caracas, 1931.

Fine Home Building Nº 11 "Rammed Earth", pag. 21, Octubre/Noviembre 1982. Gasparini Graziano, "La Arquitectura Colonial en Venezuela", Ed. Armitano, Caracas, 1965.

INTERTEC. International Newsletter: Earthen Buildings in Seismic Areas, Yuly 1987.

Junta del Acuerdo de Cartagena. PADT-REPORT, "Manual de Diseño para Maderas del Gopo Andino", 3a. Edición, Lima, Perú. 1984.

Ken Ken, "La Casa Autoconstruida", Ed. Gustavo Gil, Barcelona 1979.

MINKA Nº 9, Revista Peruana de Ciencia y Tecnología Campesina, Perú, Octubre 1982.

Museo de Arte Contemporáneo de Caracas, "Las Arquitecturas de Tierra o el Ponerse de una Tradición Milenaria", guía de estudio Nº 67, Caracas 1985.

Museo de Bellas Artes de Caracas, "Venezuela 1498/1810", Caracas 1965.

Van Lengen Johan, "Manual del Arquitecto Descaizo", Ed. Concepto, México 1983. Borges R. Juan, "Aspectos de Diseño y Producción de Componentes en Concreto de Azufre", tesis de ascenso, Facultad de Arquitectura, U.L.A. Mérida, 1983.