

## 2. MATERIALES PARA EDIFICACIONES DE ADOBE

### 2.1. Preliminares

En este apartado se suministra una breve información relativa a los materiales que son requeridos para elaborar correctamente los adobes y construir con ellos la albañilería. Los materiales que se consideran básicos se describirán con algún detalle y sobre los demás, generalmente de tipo industrial, sólo se los mencionará.

### 2.2. Suelos

Elaborar adobes de buena calidad implica realizar como primer paso una adecuada selección de suelos. Para tal fin existen un conjunto de ensayos de laboratorio y una serie de pruebas de campo. Los primeros permiten tener mucha seguridad en relación con suelo escogido y pueden orientar todo el siguiente proceso de preparación de adobes; sin embargo, suelen ser costosos y muchas veces difíciles de aplicar en razón de la distancia a la que suelen encontrarse las canteras; por ello, su aplicación será justificable económicamente sólo en el caso de tratarse de una obra grande, lo cual no es frecuente.

Para obras menores y sobre todo para aquellas que se construyan, como ocurre muchas veces, mediante procesos de autoconstrucción, la selección de suelos puede realizarse con suficiente seguridad mediante los ensayos de campo, los mismos que han sido relacionados en muchos casos con los resultados de laboratorio<sup>17</sup>, lo cual les confiere un aceptable margen de confiabilidad.

Para conseguir un adobe buena calidad, se debe escoger un suelo que cuente con una adecuada proporción entre sus contenidos de arena y de arcilla, formando esta última parte de los materiales finos del suelo. El arcilla es un material que tiene propiedades adhesivas y ligantes, y actúa como un cementante de las arenas, las que constituyen los inertes del suelo y que le confieren su capacidad resistente.

En general, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS, pueden considerarse aceptables los suelos cuyo porcentaje de arenas varíe de 55 a 75% (retenidos en la malla N° 200) y el porcentaje de finos lo haga de 25 a 45% (limos, arcillas, etc. que pasan la malla N° 200). Sin embargo en ningún caso se aceptarán suelos con más de 18% de arcillas. Un porcentaje mayor de arcilla puede producir cambios volumétricos indeseables en los adobes. Sobre este punto, la Norma recomienda que la gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes

---

<sup>17</sup> Véase COBE Adobe Estabilizado. OIN del MVC 1977. También "Experiencias con los Métodos de campo de Clasificación de Suelos para la Construcción con Adobe". Ing. Juan Bariola, Ing. J. Francisco Ginocchio. PUCP. Mayo 1983.

porcentajes: Arcilla 10 - 20%, limo 15 -25% y arena 55 - 70%. Los rangos indicados podría variar para adobes estabilizados.

En cuanto a los límites de Atterberg, es recomendable que el límite líquido varíe entre 20 y 40; por debajo de 20 se trata de suelos no cohesivos, y por encima de 40 el comportamiento del suelo es deficiente ante la humedad. Es recomendable que el índice plástico sea menor que 20.

De otro lado el porcentaje de sales solubles no debe superar el 0.2%, dado que uno mayor, ocasionará a la larga el desmoronamiento del adobe, pulverizándolo literalmente, proceso que se agrava ante la presencia de humedad. La presencia de sales puede observarse en muchos casos cuando el suelo presenta un color blanquecino - grisáceo. En caso de duda se puede aplicar al suelo unas gotas de solución de ácido nítrico al 5%, de producirse burbujeo, ello indicará presencia de sales y hará conveniente profundizar los ensayos de laboratorio.

Es también muy importante evitar la presencia de materia orgánica en el suelo seleccionado para hacer adobes, puesto que ésta incrementa en gran medida el encogimiento de los adobes y reduce su resistencia al generar vacíos debidos a su proceso de descomposición. En muchas ocasiones se suele utilizar como canteras terrenos de cultivo, con el riesgo de introducir materia orgánica; por ello, en caso de que se utilice tales terrenos, deberá retirarse previamente la capa superficial que contiene la materia orgánica y emplear las capas más profundas, situadas por lo menos a unos sesenta centímetros de la superficie.

Es importante señalar que el comportamiento de un suelo suele depender en gran medida de su contenido de finos, variando éstos a su vez de acuerdo a su composición mineralógica. Por ello puede ocurrir que suelos de igual granulometría presenten comportamientos muy diferentes. Lo dicho es una de las razones por la que se recomienda ensayar los suelos en estudio, **elaborando adobes similares en forma y dimensiones, a los que se desea utilizar en obra**. La observación de estos especímenes puede ser el método más eficaz para conocer la aptitud de un suelo para utilizarlo en la preparación de adobes y la bondad de una cantera.

Otro aspecto que debe ser considerado es la fuerza compresiva del suelo, que se determina mediante ensayos de pequeñas probetas en el laboratorio, y que puede también apreciarse mediante ensayos de campo. Se estima que la fuerza compresiva del suelo no debe ser menor que 14.1 Kg/cm<sup>2</sup>, y que preferentemente debe ser mayor que 17.6 Kg./cm<sup>2</sup>.

### 2.2.1. Ensayos de Laboratorio

No está dentro de los propósitos de este trabajo presentar información detallada de los diferentes ensayos de Mecánica de Suelos - instrumental, procedimientos - que se utilizan para analizar los suelos con los que se pretende elaborar adobes; en todo caso, se trata de ensayos estandarizados de acuerdo a las normas ASTM.

Sin embargo mencionaremos los ensayos de laboratorio más empleados y sus propósitos, incluyendo aquellos que se realizan con especímenes pequeños o muestras de suelos y los que se llevan a cabo en especímenes de mayor tamaño, generalmente para analizar bloques de adobe. Los ensayos pueden ser aplicados tanto para suelos naturales utilizados para elaborar adobes comunes, como para los suelos tratados con asfalto, para adobes estabilizados<sup>18</sup>, lo cual, de requerirse, permitiría comparar resultados.

**Tabla 2-1 Especímenes Pequeños**

Ensayo	Propósito
Fuerza Compresiva en las muestras de Suelo.	Medir la fuerza que soporta una probeta de suelo, solo o estabilizado con asfalto, expresada en Kg/cm <sup>2</sup> .
Absorción capilar de muestras de un suelo, simple o tratado con asfalto.	Determinar el porcentaje de agua capilar absorbida por muestras de suelo en un período de 24 horas.
Detección de sales solubles en un suelo.	Determinar el tipo y porcentaje de sales solubles.(Carbonatos, cloruros, sulfatos)
Humedecido y secado de muestras estabilizado con asfalto.	Determinar el desgaste de muestras de suelo estabilizado, sometidas a humedecido y secado durante cinco ciclos.

**Tabla 2-2 Especímenes Grandes**

Ensayo	Propósito
Erosión en los bloques estabilizados con asfalto.	Prueba de aspersion para determinar el desgaste de los bloques por efecto de una lluvia continua durante dos horas.
Módulo de Rotura	Para determinar la fuerza de tensión en un bloque para diferentes porcentajes de asfalto.

<sup>18</sup> Una descripción detallada se puede encontrar en COBE Adobe Estabilizado, OIN del MVC, 1977.

### 2.2.2. Ensayos de Campo <sup>19</sup>

Cuando se evalúe que los ensayos de laboratorio no son indispensables o que, para un caso concreto resulten muy costosos, puede recurrirse a ensayos de campo, los mismos que, como ya se indicó, en muchos casos han sido relacionados con resultados de laboratorio, pudiendo por tanto ser empleados para seleccionar suelos adecuados. Sin embargo los ensayos de campo son numerosos y su descripción sería demasiado extensa; por ello abordaremos en este trabajo sólo aquellos que en nuestra experiencia son los más útiles y que pueden ser aplicados no sólo por técnicos experimentados sino que, además, pueden también ser aprendidos y usados por los autoconstructores.

**Tabla 2-3 Ensayos de campo**

Denominación	Procedimiento	Indicadores Principales
Prueba de Color	Observación del color del suelo	Negro: suelos orgánicos Claros y brillantes: inorgánicos Gris claro: limosos, con carbonato cálcico, suelos poco cohesivos. Rojo: presencia de óxidos de hierro, suelos resistentes.
Prueba dental	Se muele ligeramente una pizca de suelo entre los dientes.	Arenosos: Partículas duras, rechinan entre los dientes, sensación desagradable. Limosos: Partículas más pequeñas, rechinan sólo ligeramente, más suaves que los arenosos. Arcillosos: No rechinan, suaves y quebradizos.
Prueba olfativa	Se aprecia el olor del suelo	Olor rancio: Suelos orgánicos.
Prueba de Brillo.	Se corta con una espátula una muestra de suelo al estado de masilla.	Opacos: Suelos arenosos. Mates: Limosos con poca arcilla. Brillantes: Arcillosos.
Prueba del enrollado	Se forma un rollo de suelo hidratado de 5 a 10 mm. Y se lo desplaza entre el índice y el pulgar.	Si la muestra se rompe entre los 5 a 10 cm. El contenido de arena será el adecuado. Si soporta una longitud mayor, el contenido de arcilla será muy alto; si se rompe antes de los 5 cm. se tratará de un suelo arenoso. (Ver gráfico 2-1) <sup>20</sup>
Prueba de Resistencia	Se preparan tres o más bolitas de	Si las bolitas no se rompen, significará que el contenido de arcilla conferirá adecuada

<sup>19</sup> Una descripción completa puede verse en COBE Adobe Estabilizado, ya citado.

<sup>20</sup> Dibujos tomados del clásico Manual para la Construcción de Viviendas con Adobe. CRYRZA-PREVI.

Seca o de la Bolita <sup>21</sup>	suelo hidratado de unos 2 cm. de diámetro y se dejan secar 24 horas. Luego se presionan entre el pulgar y el índice.	resistencia a los adobes; si se rompen el suelo será de baja resistencia.
Prueba de la Botella.	Se utiliza una botella o tubo de ensayo de $\frac{1}{2}$ litro de capacidad, llenar $\frac{1}{4}$ parte con suelo y $\frac{3}{4}$ partes con agua. Se agitar la suspensión y se la deja reposar 5 horas.	Permite establecer aprox. Los porcentajes de finos y arenas. Las arenas reposan inmediatamente. Los limos reposan a los pocos minutos. Las arcillas requieren para reposar 5 horas. Luego de ese tiempo se puede establecer los porcentajes aproximados de los componentes del suelo.

**Gráfico 2-1 Prueba del Enrollado**

En todo caso, como se dijo en líneas anteriores, la mejor prueba será fabricar adobes de muestra con el suelo seleccionado en las mismas condiciones que serán requeridas en obra y a analizar el comportamiento de los adobes de prueba apreciando resistencia, fisuración, cambios volumétricos y otras características.

### 2.2.3. Canteras

Para establecer que una cantera contiene suelos para fabricar adobes, se deberá realizar ensayos de campo para determinar su calidad.

Además de ello será muy deseable que su ubicación sea lo más cercana a la obra, a fin de reducir los gastos de transporte. Un factor muy importante será la presencia de agua cercana a la cantera. De existir, sería económicamente muy favorable fabricar los adobes al pie de la cantera, dado que siempre será más fácil y



<sup>21</sup> Sobre la importancia de este ensayo puede verse Construcciones con Tierra en Áreas Sísmicas. Julio Vargas Neumann. Memorias del V Curso Internacional sobre Edificaciones de Baja Costo en Áreas Sísmicas. CISMID - UNI. 1993.

menos costoso trasladar adobes que tierra suelta. Si se moldean los adobes en el lugar de extracción, el volumen a transportar se reduce en un 40%. El volumen de suelo necesario es 20% mayor que el volumen de adobes.

Ciertamente ubicar una cantera puede ser una tarea difícil si no se cuenta con referencias previas, y podría significar la realización de numerosos ensayos de campo para seleccionar el mejor lugar. Por eso será muy útil conversar con los pobladores de la localidad en la cual se construirá la obra, en especial con aquellos que poseen viviendas de adobe cuya calidad sea satisfactoria.

Como se explicó en líneas anteriores, en muchas ocasiones se suele utilizar como canteras terrenos de cultivo, con el riesgo grande de introducir materia orgánica; por ello, en caso de utilizarse tales terrenos, repetimos, deberá retirarse previamente la capa superficial que contiene la materia orgánica y emplear las capas más profundas, situadas por lo menos a unos sesenta centímetros de la superficie.

Podría ser necesario proceder a la mezcla de suelos, dado que no siempre es posible encontrar suelos totalmente adecuados en la misma cantera, pudiendo ser los suelos de ésta muy arcillosos o muy arenosos, lo que haría necesario realizar la mezcla<sup>22</sup>.

Finalmente, otra fuente eventual de materia prima son los adobes antiguos que pueden ser nuevamente hidratados y moldeados. Esa posibilidad puede presentarse en caso sea necesario hacer reparaciones en edificaciones de adobe, o si éstas han sufrido daños por efecto de un sismo u otro evento destructivo que obligue a reconstruirlas.

### 2.3. Asfalto

Una de los más importante aportes conseguidos para mejorar la calidad del adobe, en cuanto resistencia, durabilidad y, sobre todo, para protegerlo de la humedad, es su estabilización con asfalto.

El adobe estabilizado con asfalto es aquel en cuya preparación se añade un porcentaje de asfalto que puede variar de 0.5 a 4% en peso de suelo seco, según el tipo de suelo, pero que habitualmente varía entre 1.5 a 2%. El asfalto tiene como efecto impedir la disolución del adobe en presencia de agua, lo que le otorga grandes ventajas en zonas de gran precipitación pluvial o cuando no es posible evitar riesgos de inundaciones.

En general se puede decir que un suelo adecuado para preparar adobes comunes lo es también para adobes estabilizados con asfalto.

---

<sup>22</sup> Sobre este punto se recomienda revisar el trabajo "Estabilización del Adobe Tradicional por Granulometría" Ing. Juan Julio Menéndez García, Ing. Washington Esquivel Zamora, de la Universidad Nacional del Cusco. Memorias del Seminario Latinoamericano de Construcciones de Tierra en Áreas Sísmicas. PUCP Mayo 1983.

Cuando se desea preparar adobe estabilizado con asfalto se utiliza asfalto de curado rápido usualmente denominado RC-250 o RC2, conocido como asfalto de caminos, que suele ser comercializado en cilindros de 54 galones. Se trata de un material muy adhesivo e impermeable. Se almacena a temperatura ambiente, siendo conveniente mantener los envases cerrados para evitar la volatilización del solvente.

Para determinar el porcentaje de asfalto más adecuado para un determinado tipo de suelo, el procedimiento más conveniente consiste en **preparar adobes de muestra con diversos porcentajes**, y luego proceder a ensayarlos. Se escogerá el menor de los porcentajes que arroje un comportamiento satisfactorio. Un inconveniente para el empleo del asfalto es su costo. Sin embargo se recomienda considerar su empleo, por lo menos en las 10 o 12 primeras hiladas cuando se prevea la posibilidad de inundaciones que no puedan resolverse con variaciones de ubicación, o cuando se evalúe la necesidad de obtener una adecuada protección frente a presencia de agua.

#### 2.4. Paja

Es costumbre tradicional en muchas zonas del país donde se emplea adobe, utilizar paja en la preparación de éstos y también en el mortero de asiento. Como se comprobó a lo largo de las investigaciones, la paja reduce efectivamente las contracciones debidas al secado al aire libre de los adobes y mejora su adherencia con otros materiales, con lo cual se consigue mejorar el conjunto de la albañilería al incrementarse la adherencia con el mortero y con los revestimientos. Su empleo es casi indispensable cuando se trata de preparar tortas de barro, que se usan mucho en los techos, a fin de reducir el agrietamiento por contracción durante el secado.

La paja que suele emplearse varía según las localidades. Puede tratarse de distintos tipos como: de arroz, de trigo, gras común, bagazo de caña, ichu; en algunos lugares se usa guano, crines y productos similares. En todo caso es recomendable utilizar paja picada en trozos de unos 10 cm y, de preferencia, en un porcentaje de alrededor del 1% en peso. Un porcentaje excesivo puede hacer al barro poco trabajable y reducir la resistencia de los adobes.

En zonas costeras, la paja suele facilitar la penetración de insectos, en particular avispas que anidan en el interior de los adobes, creando dentro de los mismos "túneles" de pequeño diámetro, que a la larga los debilitan.

Cuando se utiliza adobe estabilizado con asfalto, el empleo de paja no es necesario para fines de control de fisuraciones. Sin embargo podría considerarse su empleo para mejorar las interfaces mortero - adobe; en ese caso es muy importante tomar en cuenta que la paja debe introducirse al suelo hidratado **después** que éste haya sido mezclado con el asfalto. De lo contrario el asfalto se adherirá en gran parte a la paja, impidiendo obtener los efectos estabilizantes que suministra este material.

Ciertamente será muy conveniente el uso de paja con barro estabilizado en el caso de tortas para techos.

## 2.5. Cañas<sup>23</sup>

El término genérico caña se refiere en nuestro país generalmente a la caña brava, al carrizo o a la caña de Guayaquil, aunque puede aludir a cualquier otro tipo de bambusas. Siendo la caña un material que resulta en la actualidad de la mayor importancia en la técnica de construcción con adobe, se presenta a continuación una breve descripción de estas gramíneas.

La caña brava es una gramínea de tallo relleno, muy dura y flexible. Suele crecer en las riberas de los ríos de la costa y de ceja de selva, mostrando en estas últimas localidades tallos de mayor diámetro, el mismo que suele ser habitualmente de 2.5 cm como mínimo.

El carrizo es hueco, algo menos resistente que la caña brava, y su diámetro varía entre  $\frac{1}{2}$  pulgada y  $1 \frac{1}{2}$  pulgadas; alcanza una longitud de unos 6 metros. Su sección transversal es casi redonda y cuenta con tabiques transversales rígidos que evitan su ruptura al doblarse. Se puede utilizar entera o en tiras longitudinales.

La caña Guayaquil es un tipo de bambú, cuyo diámetro varía de 10 a 40 cm y cuya longitud puede llegar a los 40 metros. Existen más de 600 especies de bambúes que crecen principalmente en los trópicos y las regiones cálidas y templadas; son generalmente huecos, cuentan con fuertes tabiques transversales y tallos lisos. En proporción a su peso las cañas de bambú son de gran resistencia. La caña Guayaquil, es la más utilizada en zonas costeras, se usa generalmente "chancada" o en tiras, tanto como refuerzo de la albañilería de adobe como en techos.

En la tabla siguiente se consigna algunas características de las cañas más usuales en nuestro medio:

**Tabla 2-4. (Fuente: ININVI - PUC**

**\*Esfuerzo a tracción.)**

Tipo de Caña	Nombre Científico	*fs Kg/cm <sup>2</sup>	E Kg/cm <sup>2</sup>
Caña Guayaquil entera	<i>Guadua angustifolia</i>	1350	$1.52 \times 10^5$
Caña Guayaquil sin pulpa	<i>Guadua angustifolia</i>	1810 - 1900	$2.25 \text{ a } 2.6 \times 10^5$
Carrizo	<i>Chusquea spp.</i>	1100 - 1150	$1.3 \text{ a } 1.77 \times 10^5$
Caña Brava	<i>Gynesium sagittatum</i>	1319 - 2700	$2.59 \text{ a } 4.2 \times 10^5$

<sup>23</sup> Una buena descripción de la caña puede verse en Quincha Pre - Fabricada. Ing. Aníbal Díaz Gutiérrez. Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda - ININVI. 1986.

En general las cañas son fáciles de cortar cuando están húmedas, pero al estado seco adquieren gran dureza, muchas veces superior a muchas maderas. Las cañas deben ser utilizadas cuando están maduras, secas y de preferencia que hayan sido cosechadas en la época adecuada. La caña cortada antes de su madurez se contrae excesivamente en el proceso de secado -se arruga- y tiene poca durabilidad, siendo fácilmente atacable por hongos e insectos xilófagos.

Un punto que es conveniente tener en cuenta al utilizar la caña como refuerzo de muros de adobe, especialmente si es usada en tiras, es su tendencia a absorber agua durante el asentado de los adobes y consecuentemente a hincharse; posteriormente cuando el muro ha sido terminado reduce su volumen al secarse, y ello puede ocasionar su separación del mortero, reduciendo su adherencia. Para atenuar este fenómeno conviene que, previamente a la utilización de la caña, ésta sea pintada con asfalto disuelto en gasolina u otro solvente, procedimiento que de acuerdo a las experiencias realizadas, reduce los cambios volumétricos de la caña por acción del agua.

Es útil también señalar que es conveniente emplear la caña de modo que ésta quede, en la medida de lo posible, sin contacto directo con el ambiente. Es decir conviene que la caña quede embebida en el mortero, en el caso de muros, o que quede entre una capa de tierra y otra de revoque, en el caso de techos. Esto ayudará a la durabilidad de la caña puesto que los xilófagos que la atacan son aeróbicos y no pueden desarrollarse en ambientes que carezcan de oxígeno. En caso que las cañas deban quedar expuestas al medio ambiente, es recomendable proceder a su preservación, mediante la aplicación de productos como creosota o pentaclorofenol, de manera similar a las maderas.

## 2.6. Maderas

Las edificaciones de adobe, al igual que otras de distintos materiales, requieren el empleo de maderas para sus diversos elementos estructurales como vigas, dinteles, techos, entresijos; y también para los no estructurales como puertas, ventanas, muebles. Para cubrir las necesidades de madera se ha usado tradicionalmente, tanto en costa como en sierra, diversas especies como el mangle, el aliso, el sauce, el huayro, el capulí, el nogal, el cedro y, el importado, pino oregón. En la actualidad sin embargo las maderas más utilizadas son el eucalipto y las maderas tropicales.

Las secciones de los troncos de los árboles son sensiblemente circulares, y los tejidos celulares que los componen crecen en anillos concéntricos, lo que hace que la madera se comporte de distinta manera en las direcciones longitudinales, radiales y

tangenciales a los anillos; por ello las propiedades de la madera suelen especificarse según las indicadas direcciones<sup>24</sup>.

La madera suele dividirse en dos grandes grupos, las latifoliadas (angiospermas) que corresponde a las que se encuentran en nuestras zonas tropicales, y los pinos o coníferas (gimnospermas), contando estas últimas con tejidos más uniformes los que las hace más trabajables.

### 2.6.1. Maderas Tropicales

El Perú posee una gran variedad de maderas que crecen en sus bosques tropicales. En la Universidad Nacional Agraria, se tiene registradas muchas de ellas<sup>25</sup>, sin embargo se utilizan muy pocas especies como la caoba, el cedro, el tornillo, la moena y otras, quizá debido a la poca difusión de sus características.

**Tabla 2-5 Maderas Tropicales más Conocidas y Utilizadas<sup>26</sup>.**

Nombre Común	Densidad(*)	Peso Aproximado (**)
Caoba	0.43	1.05
Cedro Colorado	0.42	1.03
Cedro Blanco	0.38	0.93
Diablo Fuerte	0.46	1.12
Ishpingo	0.43	1.05
Lagarto Caspi	0.51	1.25
Lupuma Blanca	0.28	0.69
Moena Amarilla	0.56	1.37
Moena Negra	0.47	1.15
Roble Corriente	0.58	1.42
Roble Amarillo	0.65	1.59
Tornillo	0.42	1.03

(\*) En gramos /cm<sup>3</sup> (\*\*) Al 15% de humedad en Kg / pie tablar.

Desde 1975, los países andinos integrantes del llamado Acuerdo de Cartagena, emprendieron un proyecto denominado Estudio Integral de la Madera para la Construcción, mediante el cual cada uno de ellos estudió 20 especies de madera, con el propósito de integrarlas a sus respectivas economías. En nuestro país, los

<sup>24</sup> Una breve e ilustrativa presentación de las características de la madera puede encontrarse en Tratamiento y Preparación de la Madera. Arq. Luis Takahashi. Memorias del V Curso Internacional Sobre Edificaciones de Bajo Costo en Zonas Sísmicas. UNI - CISMID. 1993,

<sup>25</sup> Se puede ver Características Técnicas y Usos de la Madera del País. Ing. A. Aróstegui. UNA.1974, donde están registradas 116 especies distintas.

<sup>26</sup> Datos tomados de Madera para la Construcción, separata 08-78 de la OIN. 1978.

estudios básicos, realizados con maderas de Pucallpa, Tingo María y Villa Rica, estuvieron a cargo del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Agraria de La Molina<sup>27</sup>, por encargo del Ministerio de Agricultura, los mismos que formaron parte de los PADT REFORT.

**Tabla 2-6 Maderas Tropicales Peruanas Estudiadas por el PADT-REFORT**

Nombre Común	Densidad Básica(*)	Peso (**) aproximado	Uso más frecuente
Almendro	0.65	1.59	Construcciones pesadas.
Cachimbo	0.59	1.35	Estructuras, carpintería de obra, pisos.
Casho moena	0.53	1.12	Estructuras, carpintería de obra, encofrados.
Catahua amarilla	0.41	1.05	Carpintería de obra, construcciones livianas.
Copaiba	0.60	1.37	Estructuras, carpintería de obra.
Chimicua	0.70	1.69	Construcciones pesadas
Diablo fuerte	0.53	1.12	Estructuras, carpintería de obra, pisos.
Estoraque	0.78		Pisos, pasos de escalera, torneado.
Huayruro	0.60	1.40	Pisos, construcciones pesadas.
Huimba	0.56	1.37	Estructuras, fabricación de papel.
Machinga	0,68	1.67	Construcciones pesadas.
Maquizapo ñagcha	0.30	0.66	Carpintería de obra, construcciones livianas.
Marupa	0.36	0.95	Carpintería de obra, construcciones livianas.
Moena negra	0.41	1.15	Carpintería de obra, construcciones livianas.
Palo sangre amarillo	0.71	1.72	Pisos, pasos de escaleras.
Palo sangre negro	0.72	1.72	Pisos, pasos de escaleras.
Panguana	0.48	1.15	Pulpa, papel, encofrados.
Pumaquiro	0.67	1.5	Pisos, construcciones pesadas.
Tornillo	0.44	1.03	Estructuras, carpintería de obra, pisos, construcciones livianas.
Ucshaquiro blanco	0.38	0.98	Carpintería de obra, construcciones livianas.

(\*) En gramos / cm<sup>3</sup>

(\*\*) Al 15% de humedad en Kg / pie tablar

<sup>27</sup> Estudio Integral del la Madera para Construcción, M.S. Antonio Aróstegui V. Segunda Edición, Abril de 1979. UNA

Las propiedades mecánicas de la madera están muy ligadas a sus densidades, en especial el esfuerzo de rotura en flexión. Por ello se agrupó a las maderas estudiadas en tres grupos estructurales, con algunas excepciones, de acuerdo a su resistencia y densidad básica. De mayor a menor resistencia los grupos se denominaron A, B y C<sup>28</sup>.

**Tabla 2-7 Grupos Estructurales de Maderas Tropicales**

Grupo	Rango de Densidades
A	0.71 a 0.90
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

La clasificación indicada de las maderas, permite establecer para cada grupo estructural los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad, independizándolos de cada especie en particular.

Se muestran a continuación los valores de los esfuerzos admisibles obtenidos y los módulos de elasticidad, para cada grupo estructural.

**Tabla 2-8 Esfuerzos Admisibles y Módulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>).(\*)**

Grupo	Flexión fm(**)	Tracción Paralela ft	Compresión Paralela fc//	Compresión Perpendicular ar fc_ _	Corte Paralelo fv	E mín	E promedio
A	210	145	145	40	15	95,000	130,000
B	150	105	110	28	12	75,000	100,000
C	100	75	80	15	8	55,000	90,000

(\*) Los datos indicados corresponden a madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

(\*\*) Los esfuerzos admisibles en flexión pueden incrementarse en un 10% al diseñar entablados o viguetas, siempre que se garantice la acción de conjunto de esos elementos.

<sup>28</sup> Esta clasificación ha sido adoptada oficialmente mediante la NTE E-101 Agrupamiento de Madera para Uso Estructural, aprobada en 1989. Contiene también datos sobre las propiedades físico mecánicas de la madera y de los criterios empleados para su valoración. ININVI.

### 2.6.2. El Eucalipto

El eucalipto es un árbol de la familias de las mirtáceas que tiene más de 600 especies, fue descubierta por L'Heritier en 1788<sup>29</sup>. Es originaria de Australia, Oceanía; se aclimató prontamente en Europa donde fue utilizada inicialmente para sanear terrenos pantanosos.

En el Perú el eucalipto se emplea desde el siglo XIX, existiendo varias variedades del mismo; sin embargo la especie dominante es *Eucalyptus Globulus* Labill, que suele crecer entre los 5° y 18° de latitud sur, desde el nivel del mar hasta los 4,000 m.s.n.m. El eucalipto se emplea tanto en costa como en sierra, pero es en esta última región donde su cultivo se ha difundido más y también su utilización es mayor. Se sabe que en 1965 habían 1,370 Hectáreas sembradas de eucalipto y en 1983 eran ya 3,500; no se dispone de información actualizada pero por lo que se ha observado, se estima que tal cifra, por lo menos, se ha duplicado, lo que muestra el importante potencial de este recurso nacional.

Se suministrarán a continuación algunas cifras relacionadas a las propiedades físico - mecánicas del eucalipto, tomadas de una investigación sobre esta especie realizada en el departamento de Cajamarca<sup>30</sup> sobre madera de eucalipto en estado rollizo, por ser ésta la que más se utiliza en construcciones de adobe. Se debe señalar que en la investigación se siguieron las normas técnicas del ITINTEC y la normatividad recomendada por el proyecto PADT-REFORT.

Aunque los autores indican expresamente que los valores por ellos encontrados son apropiados sólo para las zonas estudiadas, se considera que son una referencia útil para otras en las cuales no se disponga de datos específicos.

**Tabla 2-9 Densidades Promedio en gr/cm3.**

Básica	0.740
Saturada	0.965
Anhidra	0.806

<sup>29</sup> Una buena descripción de las especies de eucalipto utilizadas en el Perú puede encontrarse en Utilización del Eucalipto Rollizo en la Edificación de Viviendas Económicas, de la Ing. Isabel Moromi y el Ing. Gerardo Parodi Olivera. ININVI, 1989.

<sup>30</sup> Ver Estudio de las Propiedades Físico - Mecánicas de la Madera de Eucalipto en Estado Rollizo, Ing. Tulio Segura Rojas e Ing. Héctor Pérez Loayza. Universidad Nacional de Cajamarca - ININVI. Diciembre 1989.

**Tabla 2-10 Esfuerzos Admisibles y Módulo de Elasticidad para el Eucalipto Rollizo (kg/cm<sup>2</sup>).**

Grupo	Flexión fm(**)	Tracción Paralela ft	Compresión Paralela fc//	Compresión Perpendicular fc_ _	Corte Paralelo fv	E mín (*)	E promedio (*)
Verde	260	---	133	---	2	61,000	100,000
Seco	283	---	131	---	3.4	77,000	120,000

(\*)Corresponden a flexión.

### 2.6.3. Recomendaciones generales sobre el uso de la madera

- En general, a mayor densidad mayor resistencia mecánica. De acuerdo a ello se puede considerar que para usos no estructurales pueden ser utilizadas maderas de toda especie. Sin embargo, para uso estructural debería escogerse a las especies cuyos pesos específicos varíen entre 0.35 y 0.75. Pesos mayores dificultan la trabajabilidad de la madera.
- La resistencia a la flexión y a la compresión de la madera suelen ser suficientes para la mayoría de usos estructurales. Sin embargo la naturaleza anisotrópica de la madera hace recomendable verificar sus resistencias en sus diversas direcciones y analizar la ubicación de los elementos constructivos.
- Se debe preferir preparar la madera en un taller bajo techo, no a la intemperie, para evitar que el sol o la lluvia afecten a las piezas; además se reducen las posibilidades de error, que en la madera no pueden repararse. Se debe usar patrones o escantillones para preparar piezas repetitivas, a fin de reducir trabajo y equivocaciones en dimensiones. Las estructuras complejas conviene sean prearmadas en el taller.
- Se debe tener cuidado en las uniones y en el contacto de piezas que trabajan a la compresión, para asegurar la trasmisión de los esfuerzos.
- No almacenar la madera en contacto con el suelo, colocarla sobre listones de madera o parrillas de carga y bajo techo. Todos los elementos metálicos que se requieran deben ser zincados o galvanizados.
- El diseño estructural se realizará utilizando procedimientos elásticos manteniéndose dentro de los límites de los esfuerzos admisibles.

- Cuando sea indispensable hacer perforaciones grandes para pasar instalaciones, éstas deben ubicarse a la altura del plano neutro y siempre en zonas sometidas a fuerzas cortantes bajas.

En lo referente a maderas tropicales, la gran mayoría de los datos que se disponen, fueron obtenidos de los estudios realizados por los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de Recursos Forestales Tropicales, PADT REFORT. Los criterios técnicos utilizados en esos estudios, han sido seguidos en investigaciones posteriores y por tanto son también aplicables a especies no tropicales como el eucalipto. Los PADT-REFORT, editaron el Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino<sup>31</sup>, documento de carácter integral, muy completo, que abarca los más diversos aspectos de la tecnología de las maderas estudiadas. En base a ese documento y a las normas técnicas vigentes sobre maderas, se ha preparado un Anexo que se presenta a final de este trabajo, que contiene la información que se considera más importante sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera y sobre los procedimientos de diseño estructural con este material.

#### 2.6.4. Notas sobre Preservación de la Madera

La madera puede ser atacada por diversos hongos e insectos xilófagos, entre estos los pulverizadores, las termitas y los perforadores marinos. Ello hace necesario el empleo de productos preservantes, que son de dos tipos, solubles en agua o en solventes orgánicos.

Los hidrosolubles son productos químicos, algunos de los cuales se lixivian fácilmente, como el arseniato de sodio, bórax, ácido bórico, sulfato de cobre, fluoruro de sodio, cloruro de zinc; y otros que incorporan sales en su composición para ganar estabilidad, como las sales de cobre, cromo, boro (CCB), sales de cobre, cromo, arsénico (CCA) y cromo - cloruro de zinc.

Los solubles en elementos orgánicos u óleosolubles son la creosota, el pentaclorofenol y los naftanatos de cobre y de zinc. La creosota está constituida por hidrocarburos aromáticos sólidos y líquidos, más pesados que el agua. El pentaclorofenol es un producto químico cristalino formado por la reacción del cloro y el fenol, muy estable e insoluble en agua.

Los preservantes se aplican por métodos diversos, siendo los principales el de vacío y presión, utilizado industrialmente y de alta eficacia; y los de presión normal, que son los más fáciles de usar, aunque de menor eficacia; sin embargo en

---

<sup>31</sup> Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, PADT - REFORT, Junta del Acuerdo de Cartagena, 1984.

localidades alejadas de centros industriales pueden ser los únicos aplicables. El primer método a presión normal es el de brocha, aplicando el producto sobre la superficie de la madera; es útil principalmente para dar mantenimiento. El segundo es el de pulverización, con el cual la penetración de producto es algo mayor, aunque los resultados son de poca duración.

Un tercer procedimiento es el de inmersión, mediante el cual se sumerge la madera en una tina de tratamiento en la que se encuentra el preservante, a temperatura del ambiente. Cuanto más prolongada sea la inmersión los resultados serán mejores y superiores a los producidos con los métodos anteriores. La madera así tratada se emplea luego de un proceso de secado.

Existe también un procedimiento algo más complejo de baños sucesivos de preservantes calientes y fríos, principalmente para aplicar creosota y pentaclorofenol. El método requiere de equipamiento e instalaciones especiales por lo que, a pesar de su eficacia, es más difícil de utilizar.

### 2.7. Agua

Debe ser limpia. Libre de sales e impurezas orgánicas y debe tener un pH menor que 7; valores mayores no favorecen la estabilización con asfalto, en caso de ser aplicada. Se estima que un metro cúbico de suelo seco requiere, para su preparación e hidratación completa, unos 350 litros de agua.

### 2.8. Materiales Varios

Para concluir este capítulo, se debe señalar que, además de los materiales ya citados, que constituyen los más característicos y de mayor uso para la construcción con adobe, se requieren, aunque en menor proporción, materiales industrialmente procesados, que es necesario tomar en cuenta al realizar trabajos con adobe.

Así será necesario utilizar cemento para cimentaciones, morteros y revoques; yeso para revoques y enlucidos. Diversos tipos clavos, alambres, pernos para entrepisos, tijerales, puertas, escaleras; pinturas, barnices, cerámicos, tuberías, aparatos sanitarios, cerraduras, calaminas, y otros.