

METODOS DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDA RURAL CON MATERIALES ALTERNATIVOS Y ECOLOGICOS



JOHAN ALBERTO CALA SANTOS

CODIGO: 2033362

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE

SANTANDER FACULTAD DE FISICO-

MECANICAS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

**METODOS DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDA RURAL CON MATERIALES
ALTERNATIVOS Y ECOLOGICOS**

JOHAN ALBERTO CALA SANTOS

PROYECTO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICO—MECANICAS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2010

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

**METODOS DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDA RURAL CON MATERIALES
ALTERNATIVOS Y ECOLOGICOS**

JOHAN ALBERTO CALA SANTOS

PROYECTO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR: ALVARO REY SOTO.

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICO—MECANICAS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2010

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

AGRADECIMIENTOS

Adquirir el título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER no es tarea fácil se requiere de mucho sacrificio y dedicación pero gracias a que esta institución cuenta con una la mejor calidad humana que se pueda encontrar en el país; personas enteramente profesionales en todos los campo además de disponer tiempo y dedicación para cada estudiante alcance su realización personal tanto en el ámbito profesional como en el de comunidad con su respeto y cariño por eso y muchas cosas es bueno dar los agradecimientos a todas las personas que pasaron por mi vida como estudiante de esta institución y aunque no se pueda nombrarlos a todos estaré eternamente agradecido con su colaboración.

Mis agradecimiento en primer lugar es para mis padres por todo el apoyo prestado; para los directores de las escuela de civil GERMAN GARCIA y del la escuela de diseño industrial JOSE MIGUEL HIGUERA MARIN, al director de proyecto ALVARO REY SOTO a los dos docentes calificadores RICARDO ALFREDO CRUZ HERNADEZ y OSCAR JAVIER BEGAMBRE CARRILO también quiero extender los agradecimiento al personal de servicio de aseo de la escuela y a los encargados de los laboratorios (Mauricio de diseño; Jairo, Jaime y Germán de civil) y sin olvidar a mis amigos y docente que tu el privilegio de conocer y los cuales ayudaron en gran manera a mi formación como persona y profesional.

Solamente me queda decirles a todas estas personas gracias por todo lo que me brindaron en esta etapa que pronto llegara a su fin y dará paso a otra; que esperamos que sea la que haga que se sientan orgullosos de lo que ayudaron a formar solo aspiro a no decesionarlos de nuevo gracias y nos veremos en el nuevo camino que apenas empieza para mí.

➤ TABLA DE CONTENIDO

1) INTRODUCCION	15
2) PROBLEMA DE LA VIVIENDA RURAL.....	16
2.1) OBJETIVOS.....	17
2.1.1) OBJETIVO GENERAL.....	17
2.1.2) OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
3) MARCO TEORICO	18
3.1) ASPECTOS GENERALES DE LA MADERA	18
3.1.1) Características de la madera	21
a) El grano	
b) El diseño	
c) El color	
d) Defectos de estructura	
e) Defectos de manipulación	
3.1.2) Clasificación de las maderas	25
3.1.3) Obtención de la madera	27
3.1.4) Técnicas de descortezado	28
3.1.5) Técnicas de aserrado	29
3.1.6) Técnicas de trituración.....	30
3.1.7) Acabado y tratamiento de la madera	31

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

a) Eliminación de la savia	
b) El secado	
3.1.8) Métodos de protección.....	33
3.1.9) PROPIEDADES FÍSICAS Y MECNICAS DE LA MADERA	34
a) Propiedades físicas	
b) Propiedades térmicas y eléctricas	
c) Propiedades acústicas	
d) Propiedades mecánicas	
3.2) Ventajas:	40
3.3) ¿Por qué de madera?	41
3.4) Casa de madera	41
3.5) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS ..	43
3.6) SISTENCIA A LA TENSIÓN PARALELA A LAS FIBRAS.....	44
3.7) RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LAS FIBRAS	46
4) CONEXIONES EN MADERA	46
a) Ensamblés longitudinales	
b) Ensamblés a media madera	
c) Ensamblés de horquilla	
d) Ensamblés de caja y espiga	
e) Columnas macizas	
f) Columnas de piezas ensambladas	
5) MADERA SAPAN	49
6) CARPINCOL mr-60	50

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

7) PARED EN TAPIA PISADA	52
8) MODELO MATEMATICO DE COMPARACION	57
8.1) EDIFICACION DE DOS PLANTAS SOLO EN MADERA.....	57
8.2) CASA CON MUROS ENTAPIA PISADA Y PORTICO EN MADERA...64	
9) DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	66
9.1) PRIMERA FASE	68
9.2) SEGUNDA FASE	72
9.3) TERCERA FASE.....	78
ANALISIS DE RESULTADOS.....	84
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	95

**SE ANEXARAN PLANOS ARQUITECTONICOS Y ESTRUCTURALES EN UN
FORMATO EN PDF APARTE DE VIVIENDA DEL PROYECTO**

Tabla de contenido de figuras	
FIGURA 1 Ejemplo de edificaciones en madera	42
FIGURA 2 Compresión paralela a las fibras	44
FIGURA 3 Tensión paralela a las fibras	45
FIGURA 4 Ensamblajes longitudinales	46
FIGURA 5 Ensamblajes longitudinales	47
FIGURA 6 Ensamblajes en media madera	47
FIGURA 7 Ensamblajes de horquilla	48
FIGURA 8 Ensamblajes de caja y espiga	48
FIGURA 9 Columnas macizas	49
FIGURA 10 Columnas de piezas ensambladas	49
FIGURA 11 Fotos de CARPINCOL	50
FIGURA 12 Detalles del proceso constructivo	53
FIGURA 13 Modelo	56
FIGURA 14 Fachada del modelo de comparación	57
FIGURA 15 Viga crítica de la edificación en madera (E.M)	63
FIGURA 16 Viga crítica de la edificación en tapia pisada (E.T.P)	65
FIGURA 17 Pórtico tipo	66
FIGURA 18 Unión entre viga y columna	67
FIGURA 19 Fotos del proceso de ensamblado	69
FIGURA 20 Fotos de la fase 2 (f2)	72
FIGURA 21 Fotos de la fase 3 (f3)	78
FIGURA 22 Graficas de tendencia	86
FIGURA 23 Fotos de ensayo extra	89
FIGURA 24 Fotos del sistema de refuerzo	93
FIGURA 25 Fotos de posibles refuerzo	94

TABLA 1 Propiedades del sapan	49
--	-----------

ANALISIS CON SAP2000

TABLA2 Peso del entrepiso 1y2 E.M.....	58
TABLA 3 Peso del techo E.M	59
TABLA 4 Peso del techo E.T.P.....	59
TABLA 5 Peso propio de la placa.....	59
TABLA 6 Peso del entrepiso 1y2 E.T.P	60
TABLA 7 Carga de las viguetas	61
TABLA 8 Carga del entrepiso 1y2 E.T.P.....	64
TABLA 9 Carga del techo.....	65

FASE 1

TABLA 10 Dimensiones de la unión F1.....	68
TABLA 11 Resultados de las probetas F1	68
TABLA 20 Resultados de los esfuerzos F1.....	84

FASE 2

TABLA 12 Dimensiones de la unión F2.....	77
TABLA 13 Resultados de las probetas F2	77
TABLA 21 Resultados de los esfuerzos F2.....	85

FASE 3

TABLA 14 Dimensiones de la unión F3.....	79
TABLA 15 Resultados de las probetas F3	80

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

TABLA 16 Control de humedad	80
TABLA 17 Control de humedad	82
TABLA 18 Control de humedad final.....	84
TABLA 22 Resultados de los esfuerzos F3.....	86

ANALISIS DE RESULTADOS

TABLA 19 Dimensiones de la unión.....	84
TABLA 20 Resultados de los esfuerzos F1.....	84
TABLA 21 Resultados de los esfuerzos F2.....	85
TABLA 22 Resultados de los esfuerzos F3.....	86
TABLA 23 Dimensiones de la unión.....	88
TABLA 24 Resultados del ensayo extra.....	89

RECOMEDACIONES

TABLA 25 Chazo metálico 2.5 cm	91
TABLA 26 Chazo metálico 4.5 cm	91

RESUMEN

Titulo del proyecto: METODOS DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDA RURAL CON MATERIALES ALTERNATIVOS Y ECOLOGICOS

AUTOR: JOHAN ALBERTO CALA SANTOS

Palabras claves: DISEÑO DE UNIONES ENTRE VIGAS Y COLUMNAS ELABORADAS EN MADERA.

Nombre del director: ALVARO REY SOTO.

La finalidad del proyecto es buscar métodos que nos permitan obtener bases para la construcción de vivienda sobre todo en sector rural. Por lo tanto se propondrá el diseño de una vivienda modelo la cual se le realizara un estudio detallado de las cargas a las cuales va a estar sometida luego se realizara un diseño estructural base el cual constara del sistema pórtico tradicional de vigas y columnas en madera (SAPAN) con uniones también madera, además se pretende mirar los efectos importante que pueden llegar afectar este sistema por lo tanto se utilizaran cuatro tipos de ensambles, que nos permitirán observar su comportamiento debido a que el material que se utilizara para realizar la unión será un pegante llamado CARPINCOL es uno de los pegante de mayor resistencia entre los más comerciales y debido a que obtención esta relativamente alcance de todo ciudadanos porque existen otros pegantes como el ETERNA y el PREVICOL que solo trabajan sobre pedidos debido a su alto costo además sus únicas oficinas en COLOMBIA son CALI y BOGOTA . En la vivienda también se propondrá dos clases muros en madera y en tierra ya sea en tapia pisada o en adobe, además se sugerida maneras de cómo se pueden reforzar esta clase de muros de tierra con madera.

Los ensambles se someterán a 3 fases las cuales se encargaran de probar los ensambles y los pegantes en las condiciones desfavorables y cercanas a las condiciones reales (maderas recomendadas sapan o marfil son las más utilizadas). Una vez realizada esta parte se someterá a sus respectivos análisis de donde se obtendrán las respectivas conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

PROJECT TITLE: METHODS OF CONSTRUCTION MATERIALS FOR RURAL HOUSING AND ENVIRONMENTAL ALTERNATIVE

AUTHOR: JOHAN ALBERTO SANTOS CALA

KEYWORDS: DESIGN OF CONNECTIONS BETWEEN BEAMS AND COLUMNS MADE OF WOOD.

NAME OF DIRECTOR: ALVARO REY SOTO.

The project aims to find methods that allow us to obtain bases for the construction of housing particularly in rural sector. Therefore propose to design a model home which will perform a detailed study of the charges which will be submitted then perform a structural design based on the gantry system which consist of traditional wooden beams and columns (SAPAN) also jointed wood, also aims to look at the effects can become important for affect this system is therefore used four types of assemblies, which will allow us to observe their behavior because the material used to make the union will be a glue called CARPINCOL is one of the more resistant glue between the more commercial and because the collection is relatively available to all citizens because there are other glues as the ETERNA and PREVICOL which only work on orders due to high costs in addition to their offices only are in Cali and Bogota COLOMBIA. In the house also propose two kinds of wood walls and ground either rammed earth or adobe, are also suggested ways of how we can strengthen this kind of earth with wooden.

The assemblies were subjected to 3 phases, which would be responsible for testing the assembly and glue in unfavorable conditions close to real conditions (recommended Sapan wood or ivory are the most commonly used). Once this part is subject to their analysis of where will the respective conclusions and recommendat

INTRODUCCION

Los movimientos sísmicos en los últimos 50 o 60 años ha demostrado la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones con tapia pisada ya que presentan un colapso de forma súbita, incluso ante sismo moderados, lo que ha generado un gran número de pérdidas humanas e importantes pérdidas económicas, culturales y patrimoniales.

Las Normas de Colombianas de Construcción Sismo Resistentes, NSR-98 (Ley 400 del 1997 y sus decretos reglamentarios), incorporando un aspecto muy importante, común a la expedición de normas sismo resistente y sus actualizaciones.

Haciendo de un lado lo anteriormente mencionado, el propósito de este proyecto es no solo fomentar la construcción ecológica sino darle al campesino una manera de tener una vivienda digna, segura y económica además de la facilidad de hacerla, ya que como bien sabemos todos el transporte de materiales al sector rural además de mano de obra especializada se puede volver mas costoso que la misma vivienda. Por lo tanto se puede apreciar la necesidad de buscar materiales alternativos como la madera, aunque para edificar con este tipo de material se debe tener en cuenta un sin número de condiciones y aspectos como son las uniones entre vigas y columnas para hacer que su comportamiento se asemeje lo más posible a las uniones pórticos tradicionales de concreto. En conclusión lo que se quiere con este proyecto es probar por medio de ensayos los diferentes pegantes comerciales que estén alcance de cualquier persona y los diferentes tipos de ensambles utilizados para garantizar la seguridad de las uniones y su comportamiento.

2) PROBLEMA DE LA VIVIENDA RURAL

A pesar de que las construcciones habitacionales rurales cuentan con materiales aceptables y con edificaciones en muchos casos satisfactorias desde el punto de vista de estabilidad y de acabados, existe un desconocimiento de ciertos requerimientos indispensables para prevenir enfermedades, acrecentar las condiciones ambientales o para mejorar la habitabilidad de las viviendas.

La mayoría de los esfuerzos por crear vivienda se han enfocado en el sector urbano en cambio para el sector rural en nuestro país han sido poco la investigación y es ahí donde puede nacer un campo de acción para nuestra profesión y como bien lo sabemos todos estamos en una era que se esta enfocando en la ecología además de buscar métodos alternativo de construcción para proteger el medio ambiente; por lo tanto nosotros como parte del futuro de la sociedad debemos comenzar a darles pautas a las nuevas generaciones para consigan los criterios y fundamentos necesarios que les permitan crear una vivienda ecológica segura digna y económica.

Con muy pocos cambios cualquier vivienda rural podría ser adecuada en aspectos como ventilación, aireación, luminosidad y humedad en pisos, entre otros. Si a esto se le añade la costumbre de dormir en grupo, bien sea por falta de espacio, bien por una tendencia habitual que demanda mayor renovación del aire en el interior de las habitaciones, estas adecuaciones se hacen indispensables para obtener una mejor calidad de vida en el hábitat rural.

2.1) OBJETIVOS

2.1.1) OBJETIVO GENERAL

Fomentar la construcción alternativa y segura con materiales ecológicos y económicos para el sector rural.

2.1.2) OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los fundamentos necesarios para que la construcción de vivienda en madera sea viable segura y digna.

Definir las mejores condiciones en las uniones para que se comporten de la manera más eficaz posible.

Obtener los resultados más adecuados para en un futuro diseñar un manual de construcción de fácil comprensión y diseñar una metodología en la cual no se necesite mano de obra de poco calificada (es decir que solo baste un maestro de construcción y ayudantes).

Observar el comportamiento de los diferentes ensambles ante los ensayos e identificar el más adecuado.

Encontrar el deterioro de los ensambles y del pegante sometido a los ataques del medio ambiente y del tiempo.

3) MARCO TEORICO

3.1) ASPECTOS GENERALES DE LA MADERA

La madera, sustancia dura y resistente que constituye el tronco de los árboles, fue el primer material empleado por el hombre debido a sus características como: facilidad de conformación, bajo peso específico, apariencia agradable y buenas propiedades mecánicas, térmicas y acústicas, etc.

Estas, y otras propiedades, han dado a la madera un campo de aplicación muy variado, especialmente como material de la construcción. Hoy en día, sin embargo, la aparición de nuevos materiales con mejores propiedades o más económicos, han desplazado en muchos casos a la madera de sus aplicaciones tradicionales. Otro factor muy importante que ha llevado a la reducción en el uso de la madera ha sido la escasez de bosques provocada por la deforestación.

Componentes y formación de la madera

Por madera entendemos aquella sustancia fibrosa y dura que se sitúa debajo de la corteza de los árboles y que constituye el tronco. La estructura del tronco no es homogénea y, al realizar un corte transversal del mismo, se aprecian diferentes zonas y partes, cumpliendo cada una de ellas una función en el crecimiento del árbol, y por tanto en la formación de la madera. De la parte exterior hacia la interior, las diferentes partes del tronco son:

- Corteza exterior o súber: es la capa protectora del tronco, y está formada por tejido muerto.
- Corteza interna o floema: está formada por tejido vivo y transporta, en sentido descendente, hasta las raíces, los alimentos fabricados en la

fotosíntesis y el oxígeno absorbido del aire usado en la respiración. El floema puede tener fibras de líber, que son muy fuertes, y en algunas especies constituyen la materia prima de la que se obtienen fibras comerciales, por lo que también se denomina a esta zona líber.

- Cábium: capa formada por un conjunto de células, responsables del crecimiento del tronco, y que se sitúa entre el floema y el xilema.
- Xilema: es el término botánico de la madera, y esta formado por tejido leñoso.

El proceso de crecimiento tiene lugar a partir del cábium. Esta capa de células se encuentra siempre en periodo de división y produce alternativamente células de floema y xilema. Cuando una célula del cábium se divide para formar células de xilema, la célula que ocupa una posición más interna de las dos resultantes de la división se transforma en xilema, mientras que la exterior sigue actuando como cábium en la división siguiente. Cuando ésta ocurre, la célula más externa se transforma en célula del floema, y la interna sigue actuando como cábium, y así sucesivamente.

Dado que las células del xilema producidas en primavera son grandes y las formadas más tarde pequeñas, y que durante el invierno el crecimiento se interrumpe, la madera que se forma cada año adopta la forma de anillo anual o de crecimiento. Se diferencian unos de otros por una diferencia de color que alterna el claro (madera primeriza correspondientes al crecimiento primaveral), y el oscuro (madera tardía correspondiente al crecimiento otoñal más lento), de forma que cada alternancia de anillo claro a anillo oscuro indica un año en la vida del árbol. La anchura de cada anillo se ve afectada por el clima, el tipo de árbol y otras variables.

Los anillos anuales más antiguos, de color más oscuro, casi nunca son funcionales y reciben en conjunto el nombre de duramen, mientras que los más jóvenes, de tonalidad más clara, constituyen la albura. En la zona de la albura se sitúan los tejidos que transporta agua y nutrientes minerales disueltos desde el suelo hacia las hojas, y también los productos gaseosos de la respiración, que se forman en todas las células vivas de la planta, hacia las hojas, desde las que pasan a la atmósfera. A medida que el tronco crece, la parte interna de la albura se ve desplazada de la zona de crecimiento activo, el cámbium, y sus células mueren, sufriendo transformaciones químicas por acumulación de resinas, taninos, aceites esenciales y otras sustancias, transformándose en duramen.

En lo referente a la composición de las maderas, al igual que cualquier sustancia de origen natural orgánico, estarán formadas por carbono (50%), oxígeno (42%), hidrógeno (6%), y nitrógeno (0.2%) principalmente, además de otros elementos inorgánicos como fósforo, sodio, calcio, etc. En cuanto a los componentes moleculares tenemos:

- Celulosa (50%): es un hidrato de carbono que se descompone rápidamente con la humedad, pero es inalterable en ambiente seco.
- Lignina (20%): no se conoce con exactitud su composición química, pero es la sustancia que actúa como cementante, endureciendo la madera.
- Hemicelulosa (~20%): es la responsable de la unión fibrosa en la madera, sin influir en la dureza ni en las propiedades mecánicas. Son fácilmente atacables por los hongos.
- Otras: como colorantes, resinas, almidón, taninos, oleínas, azúcares, etc., etc.

En cualquier caso, las composiciones dadas pueden variar, en mayor o menor medida, dependiendo del tipo de árbol y de las condiciones de crecimiento.

3.1.1) Características de la madera

Al igual que para otros materiales, la estructura de la madera determina en gran medida las propiedades y características de ésta. En el caso de las maderas, la estructura viene dada por los elementos anatómicos que la forman: células, vasos leñosos, fibras, canales de resina, etc. Así, la composición celular, el grosor, la simetría, etc., de estos elementos determinan las características de la madera, y junto a las otras propiedades físicas y mecánicas, sus posibles usos.

Las principales características, que además nos permite identificar a los distintos tipos de maderas, son: la textura, el grano y el diseño, además del color y olor.

Se denomina **textura** al tamaño de los elementos anatómicos de la madera. Hablaremos entonces de textura gruesa, mediana y fina. La *textura gruesa* será cuando los elementos de la madera son muy grandes y se ven fácilmente, mientras que en la *textura fina*, estos elementos casi no se diferencian, dando una apariencia homogénea, y por último, la *textura mediana* será una situación intermedia entre las dos anteriores.

a) El grano es la dirección que tienen los distintos elementos anatómicos respecto al eje del tronco, e influirá en las propiedades mecánicas de la madera y en la facilidad de trabajar con ella. Según la dirección de los elementos anatómicos podemos diferenciar distintos tipos de grano como:

Grano recto: cuando los elementos se sitúan paralelos al eje del árbol. La madera con este tipo de grano presenta buena resistencia mecánica y facilidad de trabajo. *Grano inclinado*: Los elementos forman ahora un cierto ángulo con el eje del árbol, y ahora la madera tendrá peor resistencia mecánica y mayor dificultad de trabajo. *Grano entrecruzado*: Los elementos también se disponen formando un ángulo con respecto al eje, pero ahora en cada anillo es en forma opuesta a como se encontraban en el anillo anterior. Las maderas de este tipo presentan dificultades para su trabajo. *Grano irregular*: Los elementos se disponen de forma irregular, siendo este tipo de grano el que se encuentra en los nudos, ramificaciones del tronco, zonas heridas, etc.

b) El diseño es el dibujo que muestra la madera la ser cortada, y se debe al modo de corte y a la distribución de los elementos anatómicos, es decir, al grano. Los diferentes tipos de diseños que podemos encontrarnos son:

Diseño liso: es el que presentan las maderas de textura fina, y da lugar a un color homogéneo. *Diseño rallado*: es debido a las líneas formadas por los vasos leñosos cortados longitudinalmente y los canales de resina. *Diseño angular*: es debido al corte transversal de los anillos de crecimiento. *Diseño veteadado*: El dibujo tiene el mismo origen que en la madera de diseño angular, pero con las franjas paralelas entre sí. *Diseño jaspeado*: el origen del dibujo son las células radiales cuando éstas son anchas. *Diseño espigado*: Aparece en las maderas de grano entrecruzado al cambiar en cada anillo de crecimiento la disposición de los elementos anatómicos.

c) El color de la madera es una consecuencia de las sustancias que se infiltran en las paredes de sus células, y es característico de cada especie. Esta propiedad puede ser de importancia a la hora de emplear una determinada madera con fines decorativos. el color también son consecuencia de las

sustancias que impregna la madera, y son de especial interés a la hora de emplear una determinada madera en la fabricación de recipientes de conservación de alimentos (toneles de vino).

d) Defectos de estructura

Los defectos de estructura son aquellos originados en la misma estructura de la madera durante su desarrollo. Los principales defectos que pueden presentarse son:

- **Nudos:** se forman por restos de ramas que quedan embutidas en la madera a medida que crece el diámetro del árbol. Tienen consecuencias en la resistencia mecánica y, principalmente, a la flexión. También hacen más problemático el trabajado de la madera, especialmente el cepillado.
- **Acebolladura:** es la aparición de rajaduras en el corte transversal del tronco al separarse los elementos anatómicos, las fibras leñosas, en la dirección del radio.
- **Médula excéntrica:** este defecto consiste en que la médula está desplazada del centro. Aparece en maderas de árboles expuestos a fuertes vientos de dirección constante, o en aquellos árboles que buscan la luz y desplazan el eje en su movimiento. Este defecto tiene consecuencias en el aserrado, ya que al no estar la madera centrada se hace más complicado el adecuado aserrado de los troncos.
- **Madera de reacción:** Es la madera generada en árboles curvados y en las zonas contiguas a ramas gruesas. La madera de reacción puede clasificarse en *madera de compresión*, en las que se ven afectadas las propiedades mecánicas, al tiempo que presenta dificultad para su

trabajado; y en *madera de tensión*, que, debido al mayor contenido de humedad, tienden a alabearse en el secado y a variar sus propiedades mecánicas, especialmente la compresión paralela al grano.

- Madera de corazón juvenil: Es la madera generada con un alto ritmo de crecimiento, dando lugar a maderas con un peso específico aparente menor al propio de su especie, teniendo tendencia al alabeo durante el secado.

e) Defectos de manipulación

Los defectos de manipulación son aquellos que se originan, en las maderas ya cortadas, al perder humedad o ser atacadas por insectos que la dañan. Los defectos más comunes son: el colapso, grietas y rajaduras y los alabeos.

- Colapso: es un defecto que se produce durante el secado de la madera, y que consiste en una disminución de las dimensiones de la madera al comprimirse los tejidos leñosos. Se origina en maderas secadas a demasiada temperatura o humedad, y en maderas secadas rápidamente al aire. Para corregir en lo posible este defecto se debe cepillar la pieza de madera, aunque ya habrá perdido propiedades de resistencia mecánica.
- Grietas y rajaduras: consisten en la aparición de aperturas en la madera como consecuencia de la separación de los elementos leñosos. Cuando la apertura sólo alcanza a una superficie ésta se denomina *grieta*, mientras que si alcanza ambas superficies, atravesando la madera, se denomina *rajadura*. Estos defectos se originan al contraerse la madera durante el secado y originan pérdidas en las propiedades mecánicas de la madera.
- Alabeos: son encorvamientos de la madera respecto a sus ejes longitudinales y/o transversales, que se producen por la pérdida de

humedad. La gran porosidad de la madera hace que absorba humedad con gran facilidad, sin embargo, la parte central del tronco tiene una menor capacidad de absorción que las exteriores, y hace que las variaciones de dimensiones no sean uniforme en todo el tronco. Esta característica obliga a manipular cuidadosamente a la madera, tanto en el aserrado del tronco como en el proceso de secado, ya que de lo contrario surgen muy fácilmente los alabeos. Los tipos fundamentales de alabeos que se pueden encontrar son: el abarquillado, el combado, la encorvadura y la torcedura.

El *abarquillado* es el alabeo de las caras de la madera al curvarse su eje transversal (respecto a las fibras), a causa del secado más rápido de una de las caras, a distintos tipos de corte en cada cara o al barnizado de una sola de ellas. *El combado* es el alabeo de las caras al curvarse el eje longitudinal de la madera, y puede originarse por falta de pesos en los extremos, gran contracción longitudinal en maderas de reacción, etc. La *encorvadura* es la curvatura del eje longitudinal al torsionarse los extremos, y se origina al liberarse las tensiones de crecimiento. Por último, las *torceduras* son el retorcimiento que surge en una madera al curvarse al mismo tiempo por su eje longitudinal y transversal, y se originan por tensiones de crecimiento o secado desigual.

3.1.2) Clasificación de las maderas

Las maderas pueden clasificarse de diversas formas según el criterio que se emplee. Uno de los más importantes es el de sus propiedades, las cuales están en función de su estructura, es decir, de su textura. La textura dependerá a su vez del modo de crecimiento del árbol, así por ejemplo, las maderas provenientes de árboles de crecimiento rápido presentarán anillos de crecimiento anchos y serán blandas, mientras que las de crecimiento lento, los anillos serán muy

estrechos y las maderas duras. En función del modo de crecimiento, las maderas se dividen en:

- Maderas resinosas. Suelen ser maderas de lento crecimiento, son propias de zonas frías o templadas, y poseen buenas características para ser trabajadas y buena resistencia mecánica. Este tipo son las más usadas en carpintería y en construcción. Dentro de este tipo, algunas de las más conocidas son: el pino, el abeto, el alerce, etc.
- Maderas frondosas. Son maderas propias de zonas templadas, y dentro de ellas podemos diferenciar tres grupos: duras, blandas y finas. Dentro de las *duras* tenemos el roble, la encina, el haya, etc. Dentro de las *blandas* tenemos el castaño, el abedul, el chopo, etc., y por último, dentro de las *finas* tenemos el nogal, el cerezo, el manzano, el olivo, y otros árboles frutales.
- Maderas exóticas. Son las mejores maderas y las que permiten mejores acabados. Dentro de este grupo tenemos la caoba, el ébano, la teka, el palisandro, el palo rosa, etc.

Otra clasificación ampliamente empleada divide a las maderas simplemente en maderas duras y maderas blandas, coincidiendo esta división con el tipo de hoja. Así, las **maderas duras** son aquellas procedentes de árboles de hoja caduca como el roble, el castaño, el nogal, etc. Las **maderas blandas** corresponderán a las procedentes de árboles de hoja perenne como el pino, el abeto, etc. No obstante, esta clasificación se realiza con independencia de su dureza, y así, muchas maderas blandas son más duras que las llamadas maderas duras.

3.1.3) Obtención de la madera

Silvicultura y procesos de tala

Los diferentes métodos empleados en la tala de los árboles para la obtención de madera, buscan un desarrollo sostenible. El cuidado de los bosques orientado a obtener el máximo rendimiento sostenido de sus recursos y beneficios es el campo de estudio de la silvicultura.

Entre los procedimientos de tala más habituales tenemos el de tala parcial, tala selectiva y el método de árboles sembradores.

- Método de talas parciales: consiste en dividir el bosque a explotar en parcelas que se talan rotatoriamente y, dependiendo del ciclo de crecimiento de la especie, se talará la superficie correspondiente.
- Métodos de árboles sembradores: Si los árboles a talar poseen semillas que desarrollan fácilmente nuevos árboles, y éstos alcanzan rápidamente la madurez, puede procederse a la tala completa de toda la superficie, dejando sólo unos cuantos árboles diseminados que actuarán de reproductores. Una vez la masa arbórea se ha establecido, se eliminan los árboles sembradores para evitar la competencia de luz, agua, suelo, etc. En caso necesario, también se procede a aclarar la zona para evitar una superpoblación de árboles que impediría un correcto crecimiento de los mismos.
- Método de tala selectiva: Los árboles se talan según su tamaño y calidad de todas las zonas del bosque. El coste de este método es elevado, pero permite que el bosque se conserve en buen estado y mantenga su atractivo.

La tala de los árboles conviene llevarla a cabo en otoño o principios de invierno, ya que en esta época la savia ha cesado de circular y se encuentra en menor cantidad que en otras épocas del año. Si la madera se tala con un exceso de savia se pueden favorecer la proliferación de insectos que atacan a la madera.

Además de la gestión silvícola se debe mantener la masa arbórea en buenas condiciones para que los árboles no sufran deformaciones en sus troncos, las cuales repercutirían en las propiedades de la madera. Para tal fin, dos son las operaciones principales que se llevan a cabo: *poda de las ramas*, que tiene por finalidad que toda la energía del árbol se destine a generar madera en el tronco o en ramas gruesas, y la *tala de árboles de gran tamaño* por los motivos expuestos anteriormente en la descripción de la tala por árboles sembradores.

De la madera obtenida, aquellos troncos que serán utilizados en los aserraderos para la obtención de tablones macizos, y que se les denomina *rollos*, son transportados hasta los aserraderos por los medios más adecuados.

3.1.4) Técnicas de descortezado

La operación de descortezado consiste en separar la corteza de la madera, al tiempo que se eliminan las ramas del tronco. La corteza puede resultar de especial interés como en el caso del alcornoque, o servir como materia prima para la elaboración de productos derivados como tableros artificiales, combustible en los hornos del propio aserradero, acondicionador de suelos para jardinería, etc.

Los objetivos que se pretenden conseguir con el descortezado son varío, entre los que tenemos: Facilitar el aserrado, con lo que las máquinas aserradoras tienen un mayor rendimiento; controlar el desarrollo de insectos que anidan en la

corteza; acelerar el proceso de secado de la madera verde; hacer posible su aprovechamiento para la obtención de partículas de madera.

El descortezado puede llevarse a cabo manualmente o mediante elementos mecánicos. El *descortezado manual* se emplea cuando el número de árboles no es grande, o cuando la mano de obra es barata. Además, depende de la especie (hay especies fácilmente descortezables) y de la época del año, pues en condiciones de temperatura y humedad media o elevada, el descortezado es más sencillo. Los *sistemas de descortezado mecánico* constan básicamente de un eje, cuyo giro es producido por un motor, sobre el que van insertos elementos descortezadores.

3.1.5) Técnicas de aserrado

Como paso previo al aserrado de los troncos es necesario cortar éstos a la medida adecuada en cuanto a su longitud, y que dependerá de las instalaciones de la serrería. Esta labor se realiza mediante sierras circulares y es el denominado *tronzado*. Tras esta operación, los troncos cortados son llevados a hornos de secado y posteriormente se pasan por la cepilladora para eliminar cualquier irregularidad y darles un buen acabado.

El objetivo prioritario en el aserrado es la obtención de la mayor cantidad de maderas de un tamaño y características determinadas. Las dimensiones de las piezas a obtener dependen de las necesidades de su uso posterior que están recogidas en las medidas normalizadas, y de las características del tronco como el diámetro, defectos estructurales, etc. Las formas básicas de llevar a cabo el aserrado del tronco son tres:

- Aserrado respecto a los anillos de crecimiento: este tipo de aserrado se puede realizar de tres formas según la dirección de corte, tenemos por tanto corte tangencial, radial y mixto.
- Aserrado respecto al eje longitudinal: los cortes son paralelos al eje longitudinal.
- Aserrados especiales: son los sistemas de aserrados que se utilizan en troncos con defectos o que podrían surgir al ser aserrados. Son cuatro los defectos que requieren de aserrados especiales: nudos grandes, médula podrida, problemas de curvatura y corazón juvenil.

Las dimensiones de los tablones macizos obtenidos por cualquiera de los métodos de cortes están normalizadas, si bien es posible obtenerlos en medidas no estándar según necesidades especiales:

El coeficiente que nos indica hasta qué punto hemos aprovechado correctamente la madera del rollo es el *coeficiente de aserrado* que está definido por:

$$\text{Coeficiente de aserrado} = \frac{\text{m}^3 \text{ de madera aserrada}}{\text{m}^3 \text{ de madera en rollo}}$$

La maquinaria empleada en el proceso de aserrado son las sierras, que pueden ser de dos tipos: circulares y sin fin, aunque existen muchas variantes sobre estos dos modelos que introducen mecanismos complementarios.

3.1.6) Técnicas de trituración

Los rollos cuyo diámetro es muy pequeño y las ramas, o rollos con que tienen defectos que los hacen inservibles junto a los desperdicios que se producen en

los aserraderos, pueden aprovecharse cortándolos en pequeñas partículas que serán empleadas en la obtención de pasta de papel o en la elaboración de maderas prefabricadas, también como combustible y como uso complementario en otras labores como ganadería y agricultura para el acondicionamiento de suelos y terrenos.

Las partículas obtenidas se clasifican, según su tamaño y dirección de corte respecto al grano, en astillas, gránulos, virutas, aserrín, etc., denominándose todas en conjunto como partículas de madera.

3.1.7) Acabado y tratamiento de la madera

La madera que procede directamente de la tala y aserrado contiene un alto grado de humedad que no interesa para la mayoría de las aplicaciones, por lo que antes de ser empleada es necesario someterla a procesos de secado. Con la madera seca se mejoran, en general, la resistencia mecánica, la resistencia al ataque de insectos y hongos, la estabilidad de sus dimensiones, la facilidad de cepillado, lijado y pintado, y se consigue un menor peso para el mismo volumen.

a) Eliminación de la savia

El tratamiento de la madera comienza ya desde el momento de la tala. Tal y como se mencionó anteriormente, la madera se debía cortar en determinada época del año con objeto de que ésta contuviera poca savia. La savia que contenga el tronco cortado debe ser eliminada totalmente a fin de evitar la proliferación de hongos e insectos y de facilitar la siguiente fase de secado. Para ello se emplean fundamentalmente dos métodos: lixiviación y mediante vapor.

En el *método de lixiviación* se extrae la savia mediante el uso de disolventes, siendo este un proceso costoso y que puede durar hasta tres meses. Mediante el *método de vapor* se agiliza el proceso de eliminación al tiempo que, al realizarse a altas temperaturas, se provoca la muerte de insectos y hongos que ya pudieran haberse desarrollado en el árbol.

b) El secado

Hay muchos métodos para secar la madera, pero son dos los más conocidos y utilizados: el secado natural y el secado en horno.

El *secado natural* consiste en secar la madera directamente al aire libre. Puede realizarse con la madera apilada y sin ningún tipo de construcción, bajo techo o con aire forzado utilizando ventiladores. En estos métodos el proceso es muy lento, calculándose en dos años para las maderas blandas y en un año por centímetro de grosor para las maderas duras. Además, se deben tener en cuenta diferentes factores como son el movimiento del aire, la temperatura ambiente, la insolación, la humedad, la especie del árbol de la que procede la madera, las dimensiones de las piezas, la forma de apilado y la distribución de las pilas, etc. Se suelen pintar los extremos de los tablones a fin de que su secado no sea demasiado rápido en relación con el resto de la pieza, y colocar pesos sobre las pilas para evitar movimientos.

Los métodos de *secado artificial* tienen por finalidad eliminar la humedad de la madera de forma más rápida que la que proporciona el secado natural. Mediante estos procedimientos se obtienen rendimientos muy grandes, periodos relativamente cortos de secado, pero al requerir instalaciones especiales resulta más costoso.

El *secado en hornos* consiste en introducir la madera en una construcción dotada de elementos que controlan el secado. Estos elementos actúan sobre el aire calentándolo, variando su humedad y regulando su circulación, además de aislar la madera del exterior.

3.1.8) Métodos de protección

Después del secado de la madera, hay que tener en cuenta que ésta puede verse alterada por una serie de factores de origen climático, biológico y humano. Para proteger la madera frente a ellos se la somete a una serie de procesos de preservación y protección, que alargan su durabilidad y rendimiento. Los agentes preservadores empleados para tratar las maderas son una serie de sustancias químicas que pueden ser de tipo oleoso, oleo solubles o hidrosolubles.

En el proceso de protección influyen fundamentalmente de dos factores: las características anatómicas de la madera y su secado. Estos factores determinarán la facilidad de penetración de los líquidos preservadores, el método de preservación a emplear y la sustancia aplicable. En función de estas características de la madera que se vaya a tratar se pueden seguir dos tipos de tratamientos: sin presión y con presión.

Dentro de los *tratamientos sin presión* se encuentran el pintado o barnizado, y la inmersión en frío o en caliente. En estos procedimientos se trabaja siempre a presión atmosférica, sin someter la pieza de madera a cambios de presión, ya sean sobre presión o de vacío. En los *tratamientos con presión* se recurre a un aumento o disminución de la presión para introducir en la madera las sustancias preservadoras. Además de estos dos tipos también son posibles procedimientos mixtos en los que se aplica a la madera tratamientos con y sin presión en etapas sucesivas.

Las *fases de acabado* a base de pinturas, barnices, resinas, etc., tienen fines similares a los tratamientos de preservación, pero además intentan realzar las características de la madera y embellecerlas antes de su puesta en servicio. Las sustancias de acabado requieren para su aplicación de una limpieza previa de la madera, y pueden ser opacos, como las pinturas, y transparentes como las resinas y barnices.

3.1.9) PROPIEDADES FÍSICAS Y MECNICAS DE LA MADERA

Las propiedades de las maderas dependen de muchos factores tales como: tipo y edad del árbol, condiciones de crecimiento como el terreno y el clima, etc. Como en todo material, varias son las propiedades a tener en cuenta a la hora de emplearlo, y que dependerán del fin queramos darles.

Desde tiempos remotos la madera se ha usado en la construcción, como un material eficiente, debido a las ventajosas características y propiedades que posee, entre otras principales se enuncian las siguientes:

a) Propiedades físicas

Las propiedades físicas que se definen para las maderas son: la humedad, el peso específico o densidad, la contracción e hinchamiento.

- La *humedad* es la cantidad de agua que tiene la madera en su estructura. Esta agua puede aparecer formando parte de las células de la constitución leñosa, impregnando la materia leñosa o dentro del sistema vascular del árbol. El agua del sistema vascular desaparece con el tiempo, el agua de constitución leñosa sólo desaparece por combustión, mientras que el agua

de impregnación variará según la higroscopia de la madera. La humedad de la madera está directamente relacionada con el peso, y afecta a otras propiedades físicas y mecánicas. Por eso, es importante conocer el contenido de humedad de una madera para las condiciones en la que va a emplearse, y cómo reaccionará ante la pérdida o ganancia de agua.

Cuando la madera húmeda comienza a secarse va perdiendo peso y se contrae hasta un límite en el que no puede disminuir más su grado de humedad, para la temperatura a la que se encuentre. Si se desea eliminar todo el contenido posible de agua, es necesario llevar a cabo un secado en laboratorio, que se basa en someter la madera a una temperatura de 105°C hasta que ésta alcance un peso constante. En ese momento se dice que la madera está totalmente seca o anhidra, y si se desea disminuir su contenido en agua es necesario combustionarla.

En función del grado de humedad, las maderas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- Madera verde: madera recién cortada y completamente húmeda (contenido en agua: 30-33%). En estas condiciones no puede ser empleada ya que al secarse se encoge y agrieta.
- Madera oreada: es la que ha perdido una parte de su agua, pero que no ha sufrido aún contracciones ni cambio de sus propiedades mecánicas.
- Madera comercial: es la que tiene un contenido en humedad inferior al 20%.
- Madera seca: Su grado de humedad está en equilibrio con la humedad relativa del aire. Se obtiene apilando las tablas y tablones durante un

periodo de tiempo, que puede llegar a varios meses, de forma que permita el paso de corrientes de aire a su través.

- Madera desecada: es la que tiene una humedad inferior al 12%.
- Madera anhidra: presentan un grado de humedad en torno al 3%.

El peso específico es la relación entre el peso de la madera y el volumen que ocupa. Sin embargo, la madera es un material poroso, y los poros contienen aire; por esta razón se distinguen dos tipos de pesos específicos: el peso específico de la madera, que corresponde a pesar la madera sin poros, y el peso específico aparente que se obtiene pesando la madera con todos sus poros. La primera varía muy poco de unas maderas a otras, y está determinada por los componentes de la misma (celulosa, etc.); la segunda varía enormemente.

Como la humedad influye tanto en el peso como en el volumen, para obtener resultados sobre el peso específico, el grado de humedad en el que se tomen las medidas debe estar comprendido entre 0 y 30%, ya que en este rango el volumen varía en la misma proporción que la humedad.

- Contracción e hinchamiento

Tal y como ya se ha indicado, la madera experimenta variaciones en su volumen, es decir, se contrae o se hincha, según el grado de humedad de la misma. Al punto al cual las fibras de la madera están saturadas en humedad, y ya no absorben más agua, se le denomina punto de intersección, e indica el grado de humedad a partir del cual la madera empieza a sufrir contracciones e hinchamientos. Como consecuencia de la anisotropía que muestran las propiedades de la madera, estas contracciones e hinchamientos son diferentes a lo largo de las tres direcciones principales. Así, las variaciones axiales son muy

pequeñas ($< 1\%$), en la dirección radial pueden llegar a un 6%, y en la dirección tangencial pueden alcanzar un 18%.

b) Propiedades térmicas y eléctricas

Las dilataciones y contracciones, originadas en las maderas por efecto de cambios en la temperatura son mucho menos importantes que las originadas por cambios en la humedad. En otro aspecto, los poros en la madera la convierten en una pésima conductora del calor (los poros constituyen cámaras de aire), por lo que suele emplearse como aislante térmico, aunque conforme la humedad y/o la densidad aumenta en ésta también aumentará la conducción térmica. Además, la conductibilidad térmica también dependerá de la dirección de transmisión, siendo mayor en la dirección longitudinal.

En cuanto a las propiedades eléctricas, la madera es un buen aislante eléctrico, si bien al igual que en las propiedades térmicas, su carácter aislante disminuye con el aumento de humedad, pero al aumentar la densidad, el carácter aislante aumenta.

- Dureza

Es la resistencia que presenta la madera a ser marcada, al desgaste o al rayado. Se calcula introduciendo una semiesfera de metal con la que se deja una huella de 1cm^2 , siendo el valor de la dureza la carga necesaria para producir dicha huella.

La dureza de la madera está directamente relacionada con: la densidad (a mayor densidad, mayor dureza), con el modo de crecimiento del árbol (crecimiento más

lento produce madera más dura), con el clima de crecimiento (en climas cálidos se obtienen maderas más duras), con la zona de tronco (la parte central, más antigua, son más duras que las exteriores), el grado de humedad (a medida que aumente éste, la dureza primero aumenta para posteriormente disminuir).

- **Durabilidad**

Es la resistencia de la madera a la acción del tiempo, y es una propiedad muy aleatoria que depende de multitud de factores. Así, por ejemplo, las maderas expuestas a fuertes alternativas de humedad y sequedad durarán poco tiempo; si se empotran las maderas en el suelo, duran más si éste es arcilloso y muy poco si es calizo; aquellas maderas desarrolladas en terrenos húmedos tienen la capacidad de durar largo tiempo sumergidas en agua, pero expuestas al aire se pudren con facilidad; en general, las maderas blandas duran menos que las duras.

c) Propiedades acústicas

La madera proporciona un medio elástico adecuado a las ondas sonoras, por lo que se emplea ampliamente en la fabricación de instrumentos musicales y en la construcción de salas de conciertos, teatros, etc. Las características de la madera que más influyen sobre esta propiedad son el peso específico aparente, es decir, la humedad, el tipo de grano y la ausencia de defectos.

d) Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas dependen de la especie botánica del árbol y de las condiciones de crecimiento de éste, puesto que estos factores determinan la

velocidad de crecimiento y la presencia de defectos. Al igual que en las propiedades físicas, el grado de humedad influye notablemente sobre las propiedades mecánicas. Por ello, éstas se referirán siempre a maderas secas, con un contenido del 12% en humedad. También resultará importante diferenciar los resultados obtenidos para las diferentes propiedades, según la dirección sobre la que se apliquen los diferentes tipos de esfuerzos.

- La resistencia a la compresión es la facilidad a ser comprimida al aplicarle un esfuerzo, el cual puede darse en dos direcciones: paralela y perpendicular al grano, siendo máxima la resistencia para la dirección paralela y mínima para la perpendicular. Por otro lado, a partir de un contenido de humedad del 30%, la resistencia a la compresión permanece constante, pero hasta el 30% la resistencia aumenta al decrecer la humedad.
- la resistencia a la tracción se trata de medir la resistencia de la madera cuando se aplican dos esfuerzos, en igual dirección y sentido opuesto, dirigidos hacia fuera de la pieza en estudio. Al igual que para la compresión, esta resistencia será muy pequeña si los esfuerzos son perpendiculares a las fibras, pero si se aplican paralelos a éstas se observa una gran resistencia, siendo éste un comportamiento general a la mayoría de las maderas. En cuanto a la influencia de la humedad, se observa que al aumentar ésta, disminuye la resistencia.
- Resistencia a la flexión y elasticidad

Es la resistencia que opone la madera a flexionarse sin romperse ante un esfuerzo. Si el esfuerzo se aplica perpendicular a las fibras la resistencia será máxima, mientras que si es en paralelo será mínima. No obstante, defectos

estructurales en la madera pueden hacer perder resistencia, al igual que una disminución de humedad y la antigüedad de la madera, es decir, las maderas húmedas son más flexibles que las secas, y las maderas jóvenes lo son más que las viejas.

- La resistencia al corte es la capacidad de la madera de resistir una carga que tiende a seccionarla por un plano normal al eje longitudinal. En general, si el esfuerzo se aplica en la dirección normal a las fibras, la resistencia será alta, mientras que en la dirección paralela es necesario realizar ensayos a fin de evaluarla.
- Hendibilidad o clivaje

Es la resistencia que presenta la madera a rajarse al introducirle un clavo, es decir, la resistencia de las fibras a separarse en sentido longitudinal. En general, las maderas húmedas aceptan mejor el clavado que las secas, y las blandas que las duras.

3.2)) Ventajas:

- *. Las construcciones de madera son mucho más ligeras necesitando la base con un coste bajo
- *. El riesgo sísmico insignificante
- *. El coeficiente general de transferencia termal superior a los construcciones de albañilería (1.2-1.5 veces mejor)
- *. Rapidez de la realización 1-2 meses

- *. Las casas 95% ecológicos (naturales)
- *. Los precios más bajos que las de los sistemas clásicos.

3.3)¿Por qué de madera?

La comodidad, el deseo de potenciar la calidad de la vida y el regreso a la naturaleza representan preocupaciones importantes para los que quieren un sustento familiar decente y sano.

Cada día más la gente encuentra una respuesta a estas tendencias: casas de madera.

La madera es de todos los materiales de construcciones, el único natural.

La casa de madera es una casa que respira. La madera absorbe y emana humedad, que contribuye a la evasión de los dolores reumáticos y los problemas de respirar, para estabilizar la humedad, filtrar y purificar el aire.

3.4)Casa de madera

Presenta en comparación con las casas echas de otros materiales de construcción un excelente componente durante el tiempo. Con un grande poder aislamiento y un consume de emergía bajo, las casas de madera dan un excelente confort de vivir para la vida y una tranquilidad muy deseada de cada uno de nosotros.

Figura1

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto



Casa Polan, parcial con dos niveles
Superficie total: 160 mc

>



La madera utilizada en estas construcciones es alerce y pino de la región del norte de nuestro país, ideal gracias a su concentración en construcciones. Los tablados pueden también ser cobradas con entarimado de encina.

En todas nuestras construcciones la madera usada este de la mejor cualidad, secado en nuestras secadoras automáticas con la humedad media menos de 14% para afuera y menos 12% por la madera utilizada en interior.

La madera está tratada contra: el moho, de las carias con productos naturales importados de Italia con garantía 10 años, opcional se puede tratar con solución ignifugo con productos importados de Polonia con garantía 40 años.

La superficie externa se acaba con 3 capas: una capa de bait, dos capas de barniz hidrosistente, ecológico.

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

3.5) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS

La madera en general presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a las fibras. Esta proviene del hecho que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación del micro fibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. Esta es la capa de mayor espesor de las fibras.

Está dada por la máxima carga a compresión que puede actuar en un cuerpo de prueba con sección determinada. La madera en la dirección de las fibras, resiste menos a compresión que a tensión, siendo la relación del orden de 0,50 aunque varía de una especie a otra de 0,25 a 0,7.

En la práctica las piezas sometidas a compresión dependen del módulo de elasticidad de la madera, sobre todo cuando estas son esbeltas, por tanto que un valor relativamente bajo del módulo de elasticidad reduce la resistencia a la compresión de piezas esbeltas.

Para la buena realización de un ensayo a compresión se debe comprobar la inestabilidad de la pieza para aprovechar totalmente su resistencia y que no falle por pandeo, para esto la norma ASTM D198 propone que la longitud de las probetas a compresión paralela a las fibras debe ser inferior a 17 veces el radio de giro. En el caso de la madera rolliza, el radio de giro es de $0,25 D$ donde D es el diámetro, dando un límite de longitud de $4,25 D$. La alta resistencia a la compresión es una propiedad que es necesaria en gran cantidad de tipos de piezas tales como pilares, pares de cubierta, soportes en construcción, elementos en compresión en cerchas, etc.

Figura 2. Compresión paralela a las fibras



Fuente: Corporación Chilena de la Madera. "La construcción de vivienda en madera"

3.6) RESISTENCIA A LA TENSIÓN PARALELA A LAS FIBRAS

Es la carga máxima a tensión en dirección de las fibras que soporta una sección mínima de una pieza de madera. La resistencia de la madera a tensión en la dirección de las fibras, se debe a las moléculas de celulosa que constituye, en parte, la pared celular.

Una pieza sometida a tensión paralela a las fibras, tendrá una deformación menor que si se somete a esfuerzo a compresión y la rotura que se produce se puede considerar como rotura frágil.

En el momento de realizar un ensayo con este tipo de esfuerzo a tensión, se debe tener en cuenta los defectos de la madera como nudos, inclinación de fibras, etc. ya que afectan su resistencia disminuyéndola en una proporción mayor que en los esfuerzos de compresión. Durante el ensayo se debe tener en cuenta que en

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

la zona de agarre de la pieza, se pueden presentar compresiones, cizallas, etc. que harían fallar la pieza por corte, sin llegar a aprovechar su gran resistencia a tensión.

Un ejemplo de piezas solicitadas a esfuerzos de tensión son los tirantes y los pendolones de las cerchas, que son muy utilizadas e importantes en diversas estructuras.

La madera es un material que trabaja muy bien a tensión paralela a las fibras, pero se ve limitado por la dificultad de transmitir estos esfuerzos, esto quiere decir que las piezas sometidas a tensión presentaran problemas en las conexiones.

Figura 3. Tensión Paralela a las Fibras



Fuente: Corporación Chilena de la Madera. La construcción de vivienda en madera

3.7) RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LAS FIBRAS

La resistencia al corte paralelo a las fibras proviene de la capacidad del cementante de las fibras es decir la lignina. El esfuerzo de rotura de probetas sometidas a corte paralelo varia entre 0,25 y 2 KN/cm².

Para la madera teca seca al aire con contenido de humedad del 12 % , la resistencia al corte paralelo a las fibras es de 1,11 KN/cm², mientras que para la madera en estado verde con contenido de humedad del 30 % es de 1,03 KN/cm².

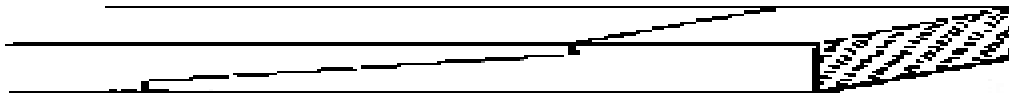
4) CONEXIONES EN MADERA

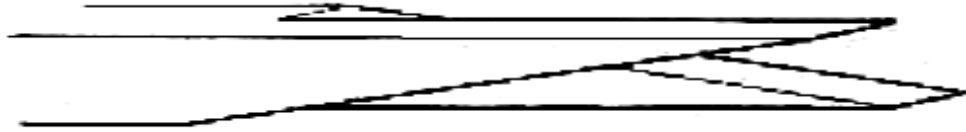
Aunque las siguientes son unas de las uniones o ensambles mas usados en la madera para las pruebas de laboratorio vamos a utilizar el empalme en traslapo y espigo también atope y con espigo.

Los más utilizados son los **longitudinales**, a **media madera**, de **horquilla**, y de **caja y espiga**. Los cuales detallamos a continuación:

a) Ensamblajes longitudinales: A la hora de unir dos tirantes de madera en sentido longitudinal, se puede hacer un empalme simple, o una unión con cubre juntas, siendo esta última la mas apropiada para trabajos pesados.

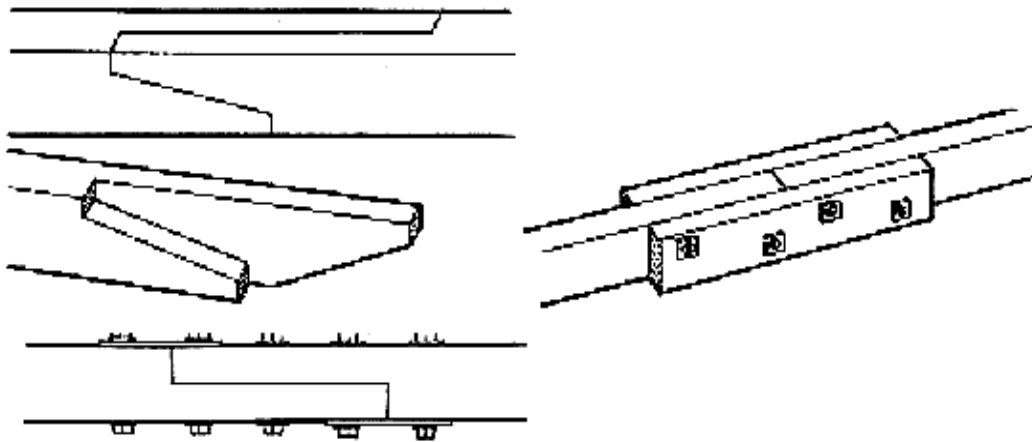
La siguiente figura muestra dos tipos de empalmes simples que funcionan muy bien: Figura 4



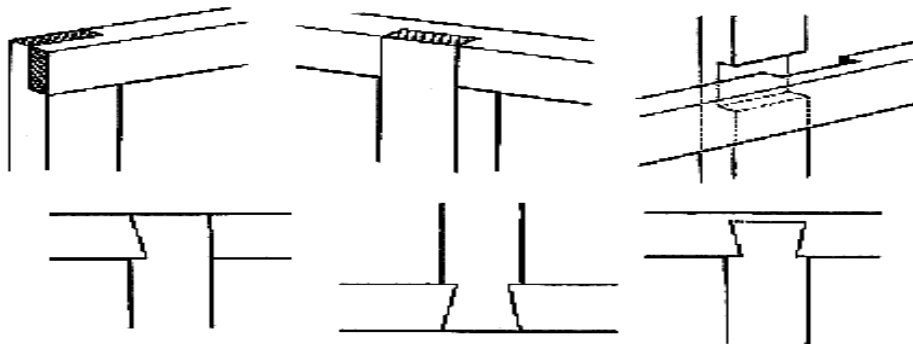


Si se necesita mayor resistencia, lo más indicado es hacer una unión con cubre juntas, donde la junta se cubre con piezas metálicas o de madera, y se aprieta el conjunto con tornillos pasantes zunchos metálicos.

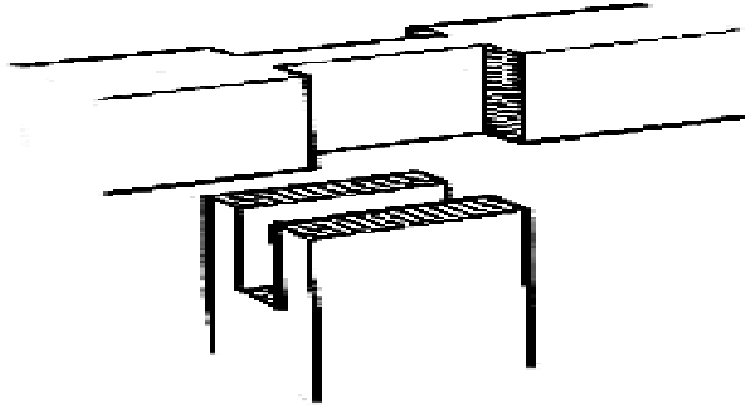
Este sistema puede usarse con los cortes mostrados en el ejemplo anterior, o como muestra la siguiente figura 5:



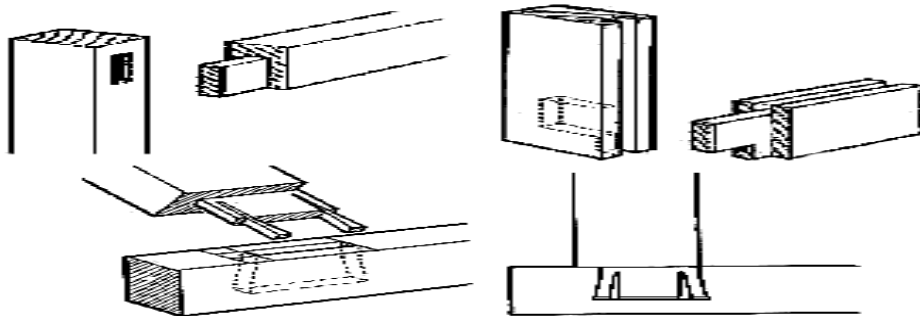
b) Ensamblajes a media madera: Este tipo de ensamble es uno de los más simples, y tiene numerosas aplicaciones como muestra la siguiente figura 6:



c) Ensamblajes de horquilla: Es otro ensamble utilizado con frecuencia, es mas resistente que el anterior, pero requiere mayor trabajo y precisión. La siguiente figura 7 muestra un ejemplo:



d) Ensamblajes de caja y espiga: Este tipo de ensamble se usa para uniones en ángulo recto, generalmente se lo utiliza en carpintería. Tiene numerosas variantes según el uso, de las cuales solo ilustramos las más comunes: figura 8

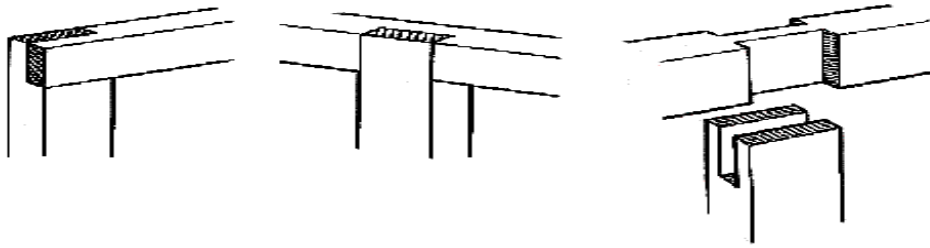


Las columnas de madera pueden ser **macizas**, o de varias **piezas ensambladas**, las cuales detallamos a continuación:

e) Columnas macizas: Generalmente se unen al techo mediante un ensamble a media madera, o en forma de U, como muestra la siguiente figura 9:

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto



f) **Columnas de piezas ensambladas:** De las numerosas variantes, solo ilustramos la más utilizada, que consiste en dos tablas paralelas separadas por tacos de madera. El conjunto se prensa por medio de tornillos pasantes figura 10.



5) MADERA SAPAN (tabla 1)

SAPAN

Propiedades físicas

DENSIDAD gr / cm 3	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BASICA
	1.22	0.97	0.93	0.82
CONTRACCIÓN NORMAL	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA	T/R
	2.15	1.63	3.78	1.31
CONTRACCIÓN TOTAL %	6.69	5.02	11.71	1.33

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

SAPAN

Propiedades mecánicas

CONDICIÓN CH%	FLEXION ESTÁTICA			COMPRESION		CIZALLADURA	
	EPL kg / cm ²	MOR Kg/cm ²	MOE x 10 (3) kg/CM ²	Paralela ELP kg/cm ²	Perpendicular ELP kg/cm ²	Radial ER	Tangencial ER
VERDE +30%	-	-	-	-	-	-	-
SECO AL AIRE 12%	1254	2012	246	757	134	137	-

CONDICIÓN CH%	DUREZA - kg		TENACIDAD Kg - m	
	Lados	Extremos	PROM.	-
VERDE +30%	-	-	-	-
SECO AL AIRE 12%	1309	1420	3.02	-

EPL: ESFUERZO EN EL LIMITE PROPORCIONAL

MOR: MODULO DE ROTURA

MOE: MODULO DE ELASTICIDAD

6) CARPINCOL mr-60



figura11

Categoría: Ferrería

Subcategoría: Pegantes * PEGATEX *

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

ADHESIVO PVA PARA MADERA

CARPINCOL mr-60 es un pegante sintético a base de polivinil acetato en una alta concentración, cuya original y única composición química ofrece pegues de alta exigencia y proporcionan su característico olor y color rosado. Es recomendado en procesos de: Ensamble, Empalme, Laminación y Enchape.

CARPINCOL mr-60 pega Madera - Triplex® - Aglomerados - Hardboard - Laminados de alta presión (Formica®) y chapillas entre sí o a otros materiales. Es ideal para pegar todo tipo de maderas con porcentajes de **humedad** altos (18%), en procesos que requieran de un tiempo de prensado corto (20 minutos).

Beneficios:

Secado rápido, permite un corto tiempo de prensado

Alto contenido de sólidos, proporciona un pegue de alta fuerza y rendimiento.

Viscosidad alta permite un alto cubrimiento sobre sustratos porosos y ser aplicado con espátula.

Alta resistencia al calor, para realizar uniones que durante su uso pueden estar sometidas a temperaturas elevadas.

Datos Técnicos **Porcentaje de sólidos: 47 - 50% / Viscosidad: 20.000 - 30.000 cP**

Presentaciones **180gr - 500gr - Kilo - Galón / 10Kg - 20 Kg - 100Kg - 200Kg y 1.000Kg**. En la industria existente también otros pegantes superiores pero más costosos y su distribución en Colombia es selecta y solo se encuentran en algunas capitales entre los que están el pegante ETERNA cobertura: Perú, Ecuador, Venezuela Bolivia y oficina de pedidos en Bogotá; pegante epóxido transparente para madera seca y humedad alta resistencia PROVICOL cobertura: Latinoamérica y Cali Colombia.

7) PARED EN TAPIA PISADA

Entre las características físicas del cajón de tapial cabe destacar una baja dilatación térmica, $0,012 \text{ mm/m a } ^\circ\text{C}$, así como su buen comportamiento como aislante acústico, debido a sus grandes espesores, con una reducción de 56 dB en un muro de 40 cm., para una frecuencia de 500 Hz.

Mecánicamente, el tapial tiene una resistencia aproximada de 1,5 Mpa (15 kg/cm²), pudiendo variar entre 10 y 22 kg/cm², en tanto la resistencia a la tracción es muy baja, entre 2 y 4 kg/cm².

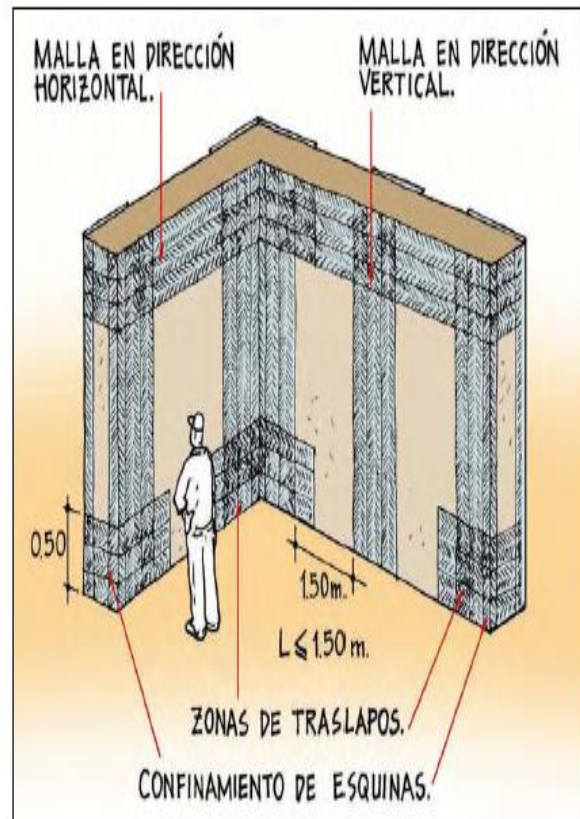
Cuando el material está endurecido, presenta buen comportamiento frente al desgaste y al punzonamiento. Sin embargo, tiene muy baja resistencia frente a esfuerzos cortantes y, por ello, mal comportamiento ante situaciones de posible cizallamiento, lo que propicia la aparición de fisuras y grietas verticales, especialmente en la proximidad de las esquinas o contrafuertes. La densidad media de la tapia está en el entorno de 2 T/m^3 , en función de la mezcla adoptada, variando generalmente entre 1,8 y 2,1 T/m³. Adquiere cada vez mayor importancia la realización de estudios previos y ensayos para conocer las características y comportamiento de las fábricas, y poder adoptar, con las debidas

garantías, los criterios de intervención en cada caso. Resulta fundamental la determinación de los límites de Atterberg, líquido y plástico, así como el índice de plasticidad, llevando sus valores al Gráfico de Casagrande y verificando que la muestra es aceptable. FIGURA 12

DETALLES Y PROCESO CONSTRUCTIVO

(1) Ubicación de orificios de conectores según distribución de las venas de la malla y zonas de traslapos. Preparación de alambres para conexión.

(2) Detalle de instalación de malla en las esquinas. Definir ubicación de malla para localizar orificios. Soportar mallas en su posición con puntillas.

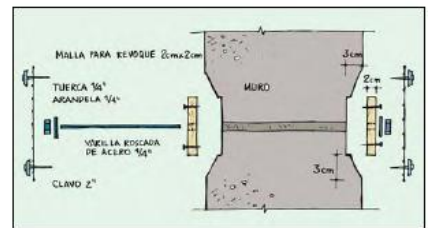
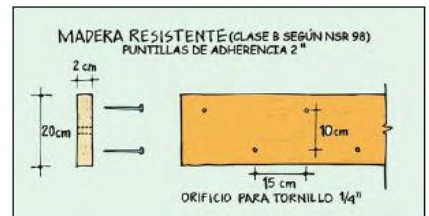
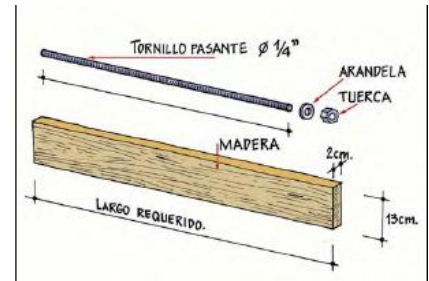
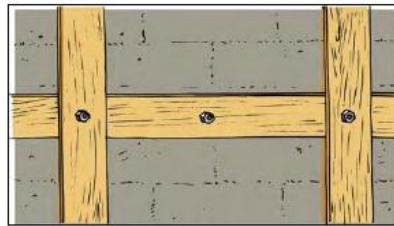


REHABILITACIÓN CON ELEMENTOS DE MADERA CONFINANTES

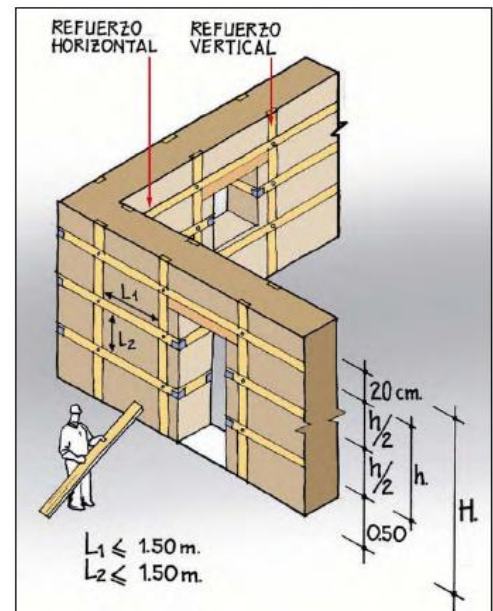
Consiste en la instalación de tablas de madera horizontales y verticales con el fin de aumentar la resistencia de los muros y mantener la consistencia y unidad de la estructura. Las tablas deben colocarse tanto por la cara externa como por la cara interna de todos los muros. Las tablas horizontales de los muros que se intersectan se unen mediante pernos de acero de manera que se evite la desarticulación de los diferentes muros y se mantenga siempre unida la edificación. Las tablas de madera se interconectan mediante pernos pasantes y mediante puntillas convencionales clavadas sobre las tablas hasta penetrar los muros.

Materiales

- Tablas de 15 cm de ancho y 2 cm de espesor Clase B según NSR-98
- Tornillos de 1/4 pulgada galvanizado o varilla de acero roscada con longitud igual al ancho del muro más 5 cm
- Dos juegos de tuerca y arandela por cada tornillo de 1/4 pulgada
- Platinas de 1/8 pulgada para conexión de esquina interna y externa
- Tornillos golosos para platinas exteriores de esquina
- Puntillas de 2 pulgadas
- Mortero de cal y arena



- El ancho de las platinas de esquina debe ser del orden de 3/4 del ancho de la tabla de madera de refuerzo. El espesor de estas platinas debe ser de 1/8" o superior.
- Cuando se trate de muros de tapia pisada, los orificios de los mechinales se rellenan con una matriz de mortero de cal, arena y roca o ladrillo. Para lograr un mejor llenado se recomienda clavar una cuña de madera en el orificio apenas unos minutos después de haberlo llenado.
- El espaciamiento máximo entre pernos conexión las tablas de madera debe ser de 50 cm.



Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

Reforzamiento con elementos confinantes en Madera

Esta alternativa consiste en instalar elementos de madera en el plano del muro, por las dos caras simultáneamente e interconectarlos entre sí mediante pernos pasantes cuyo orificio previamente perforado se rellena con mortero de cemento. La ubicación y las dimensiones de los elementos de madera serán variables según el diseño específico del muro, Sin embargo a continuación se plantean unas especificaciones mínimas tentativas. Los elementos de madera confinantes para viviendas de uno y dos pisos a escala real deberán tener una dimensión mínima de 15 cm x 2 cm y deben instalarse tanto en sentido horizontal como en sentido vertical. Para su instalación se recomienda abrir regatas con las dimensiones de la madera en los muros de adobe y/o tapia o de un espesor ligeramente superior con el fin de «pañetar» posteriormente el elemento de refuerzo para conservar la apariencia original del muro. La madera será como mínimo de la Clase C según el Título G de la NSR- 98. Horizontalmente deben colocarse elementos cerca a la base de los muros y cerca a la losa de entrepiso y a distancias verticales que no deben sobrepasar en principio los 2.0 m. En el sentido vertical deben colocarse elementos confinantes cerca de las uniones o intersecciones con otros muros perpendiculares, alrededor de aberturas de puertas y ventanas, y a distancias horizontales de máximo 3.0 m. Los elementos verticales y horizontales deben interconectarse siempre entre sí mediante pernos pasantes de 1 A de pulgada colocados en el centro del punto de intersección. Además, los elementos horizontales de muros ortogonales deben conectarse entre sí mediante conectores metálicos tipo platina de 1/2" con la forma de la esquina. Dicha conexión debe realizarse tanto en la cara interna como en la externa. La platina de conexión debe estar anclada al muro y a los elementos de madera mediante pernos pasantes de 1/4" de pulgada. Todos los elementos de madera confinantes deben estar firmemente anclados al muro mediante pernos de 1/4" de pulgada cada 50 cm, cuyo orificio previamente perforado debe inyectarse con mortero de cemento,

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

mínimo del tipo S dado en el Título D de la SR-9S. Además, todas las maderas utilizadas en el reforzamiento de muros en tierra serán atravesadas con puntillas colocadas cada 15 cm con el fin de garantizar una superficie de contacto rugosa con los muros de tierra, garantizando así la compatibilidad de deformaciones entre los dos materiales. Cuando el muro presente aberturas tales como ventanas o puertas se deben colocar elementos confinantes de madera en dirección vertical a lado y lado del hueco. Estos elementos deben prolongarse en lo posible hasta las losas de entrepiso superior e inferior en el piso sujeto a reforzamiento o hasta los elementos de madera horizontales más cercanos, Cuando esta alternativa de rehabilitación se aplique sobre muros de tapia pisada deben rellenarse los agujeros dejados por las agujas (formaletas de .instrucción) con mortero de cal y arena. Además, se deben clavar cunas de madera sobre el mortero para garantizar una adecuada adherencia. Este tipo de refuerzo fue aplicado a dos modelos, uno en tapia y el otro en adobe.

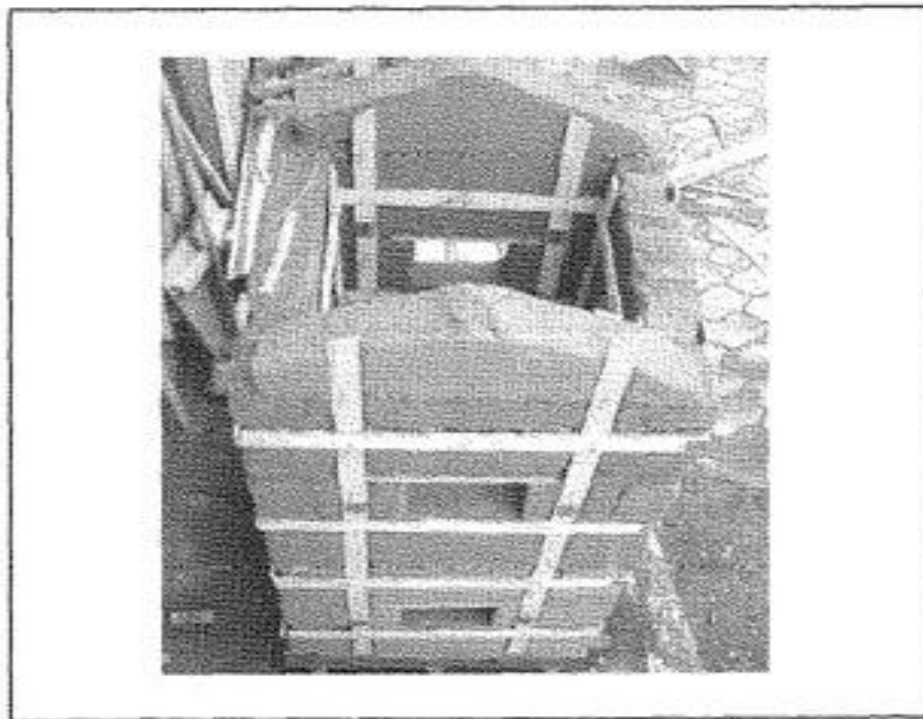


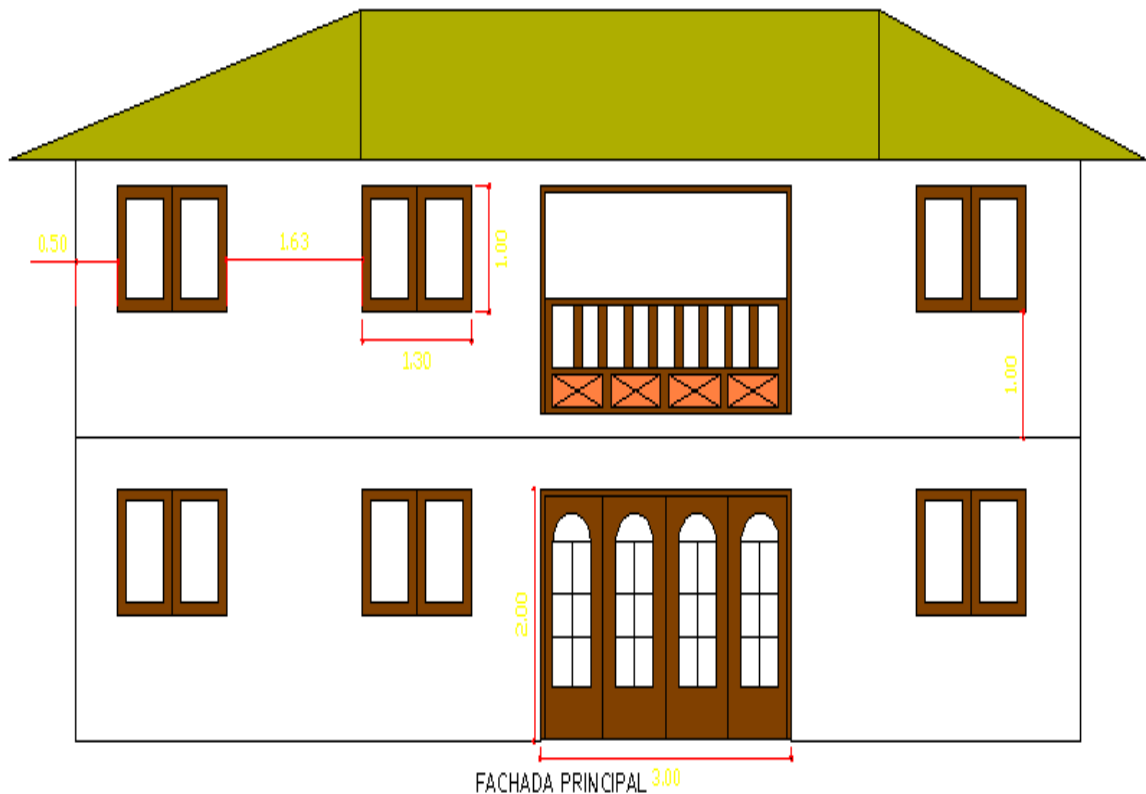
FIGURA 13

8) MODELO MATEMATICO DE COMPARACION

Basado en la edificación propuesta en los planos anexos se estimó dos posibles clases de edificaciones las cuales solo se diferencian por el tipo de muros tanto de fachada como divisores. Para la obtención de datos el programa utilizado es el sap11 y los dos tipos de muros son:

8.1) Edificación de dos plantas en solo madera sapan:

Figura 14



Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

TABLA 2

PESO DEL ENTREPISO 1 Y 2												
tipo	categoría	espesor (m)	ancho (m)	largo (m)	cantidad	cantidad de muros	densidad (Kg/m ³)		peso Kg		CARGA KN/M ²	CARGA KN/M
							verde	seca al aire	verde	seca al aire		
VIGA 1	tablón	0.2	0.2	3	13	0	1220	970	1903.2	1513.2	1.94	0.39
VIGA 2	tablón	0.2	0.2	2	3		1220	970	292.8	232.8	1.94	0.39
VIGA 3	tablón	0.2	0.2	1.95	1		1220	970	95.16	75.66	1.94	0.39
VIGA 4	tablón	0.2	0.2	0.85	1		1220	970	41.48	32.98	1.94	0.39
VIGA 5	tablón	0.2	0.2	2.4	4		1220	970	468.48	372.48	1.94	0.39
COLUMNA	tablón	0.2	0.2	2.7	16		1220	970	2108.2	1676.16	1.94	0.39
MURO 1	listones	0.05	0.05	3	12	12	1220	970	3513.6	2793.60	3.88	0.78
	machimbre	0.01	0.1	3	50							
MURO 2	listones	0.05	0.05	3	11	2	1220	970	567.3	451.05	5.64	1.13
	machimbre	0.01	0.1	3	50							
MURO 3	listones	0.05	0.05	3	11	1	1220	970	283.65	225.53	5.78	1.16
	machimbre	0.01	0.1	3	50							
MURO 4	listones	0.05	0.05	3	9	1	1220	970	155.55	123.68	7.28	1.46
	machimbre	0.01	0.1	3	20							
MURO 5	listones	0.05	0.05	3	12	2	1220	970	585.6	465.60	4.85	0.97
	machimbre	0.01	0.1	3	50							
TOTAL DE MUROS									4059.45			
TOTAL DE VIGAS									2227.12			
TOTAL DE COLUMNAS									1676.16			

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

PESO DEL TECHO								
tipo	espesor (m)	ancho (m)	largo (m)	cantidad	densidad (Kg/m ³)		peso Kg	
					verde	seca al aire	verde	seca al aire
VIGA 1	0.2	0.2	2.8	1	1220	970	136.6	108.64
VIGA 2	0.2	0.2	3.5	1	1220	970	170.8	135.8
VIGA 3	0.2	0.2	6.4	1	1220	970	312.3	248.32
VIGA 4	0.05	0.1	2.8	36	1220	970	614.9	488.88
VIGA 5	0.05	0.1	3.5	36	1220	970	768.6	611.1
COLUMNA	0.2	0.2	1	16	1220	970	780.8	620.8
MACHINBRE	0.01	0.1	3	380	1220	970	1391	1105.8

TABLA3

a) Edificación de dos plantas en madera y en tapia pisada o adobe: TABLA 4

PESO DEL TECHO								
tipo	espesor (m)	ancho (m)	largo (m)	cantidad	densidad (Kg/m ³)		peso Kg	
					verde	seca al aire	verde	seca al aire
VIGA 1	0.2	0.2	2.8	1	1220	970	136.64	108.64
VIGA 2	0.2	0.2	3.5	1	1220	970	170.8	135.8
VIGA 3	0.2	0.2	6.4	1	1220	970	312.32	248.32
VIGA 4	0.05	0.1	2.8	36	1220	970	614.88	488.88
VIGA 5	0.05	0.1	3.5	36	1220	970	768.6	611.1
COLUMNA	0.2	0.2	1	16	1220	970	780.8	620.8
MACHINBRE	0.01	0.1	3	380	1220	970	1390.8	1105.8

b) Placa: TABLA 5

peso propio de la placa								
tipo	espesor (m)	ancho (m)	largo (m)	cantidad	densidad (Kg/m ³)		peso Kg	
					verde	seca al aire	verde	seca al aire
listones	0.05	0.1	6	18	1220	970	658.8	523.8
listones	0.05	0.1	4.8	2	1220	970	58.56	46.56
listones	0.05	0.1	3.4	3	1220	970	62.22	49.47
tablones	0.2	0.025	3	76	1220	970	1390.8	1105.8
tablones	0.2	0.025	4.5	7	1220	970	192.15	152.775
tablones	0.2	0.025	2	16	1220	970	195.2	155.2
total							2557.7	2033.605

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

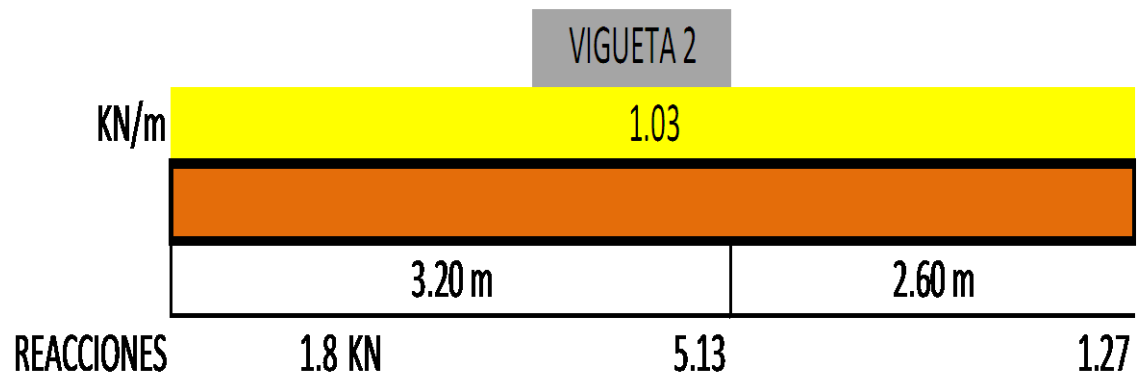
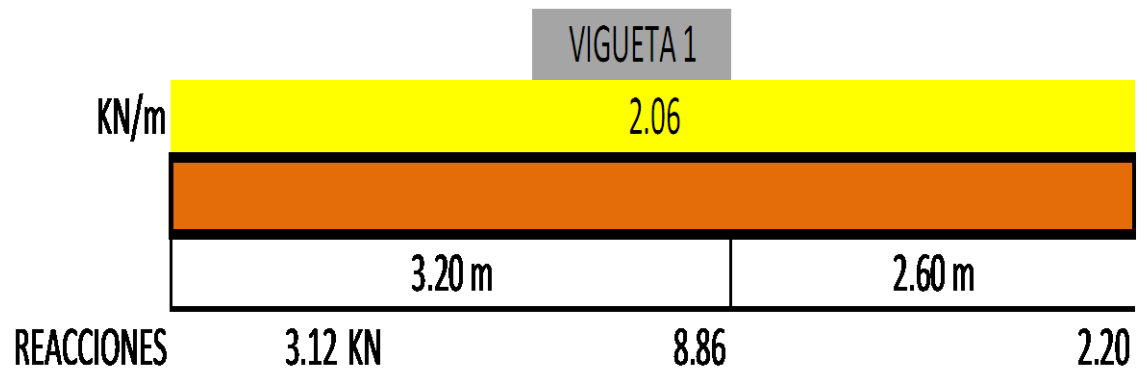
PESO DEL ENTREPISO 1 Y 2										
tipo	espesor (m)	ancho (m)	largo (m)	cantidad	densidad (Kg/m ³)		peso Kg		CARGA KN/M ²	CARGA KN/M
					verde	seca al aire	verde	seca al aire		
VIGA 1	0.2	0.2	3	13	1220	970	1903.2	1513.2	1.94	0.39
VIGA 2	0.2	0.2	2	3	1220	970	292.8	232.8	1.94	0.39
VIGA 3	0.2	0.2	1.95	1	1220	970	95.16	75.66	1.94	0.39
VIGA 4	0.2	0.2	0.85	1	1220	970	41.48	32.98	1.94	0.39
VIGA 5	0.2	0.2	2.4	4	1220	970	468.48	372.48	1.94	0.39
COLUMNA	0.2	0.2	2.7	16	1220	970	2108.2	1676.16	1.94	0.39
MURO 1	0.2	2	3	12	2100		30240		42	8.4
MURO 2	0.2	2	2	2	2100		3360		42	8.4
MURO 3	0.2	2	1.95	1	2100		1638		42	8.4
MURO 4	0.2	2	0.85	1	2100		714		42	8.4
MURO 5	0.2	2	2.4	2	2100		4032		42	8.4
TOTAL DE MUROS							39984			
TOTAL DE VIGAS							2227.12			
TOTAL DE COLUMNAS							1676.16		TABLA 6	

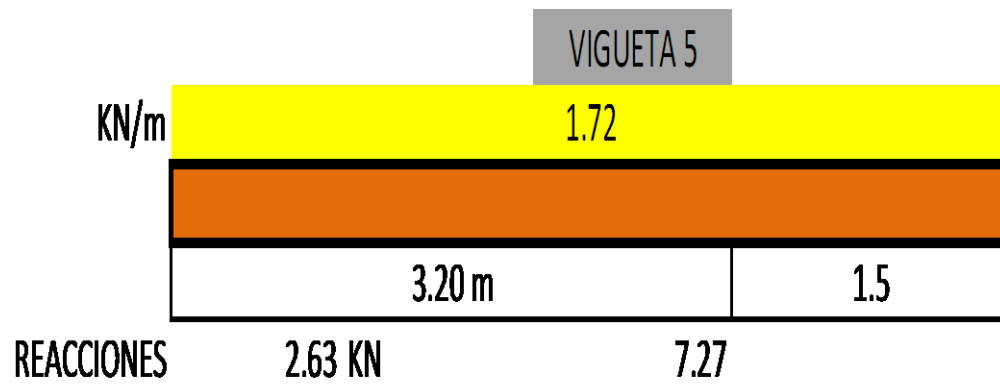
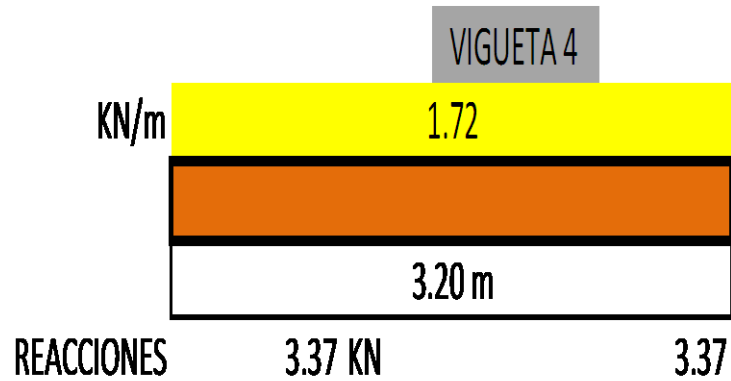
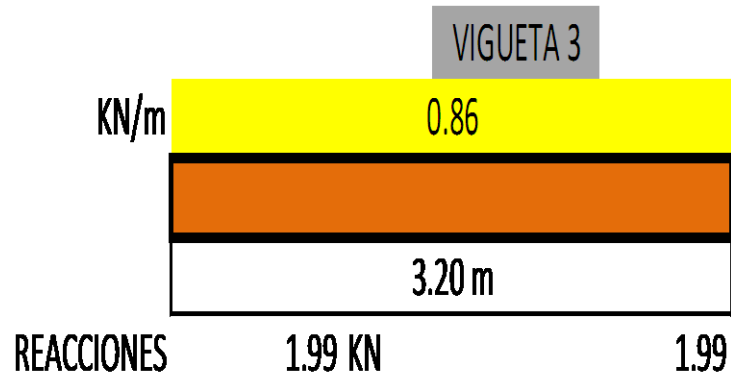
Proyecto de grado

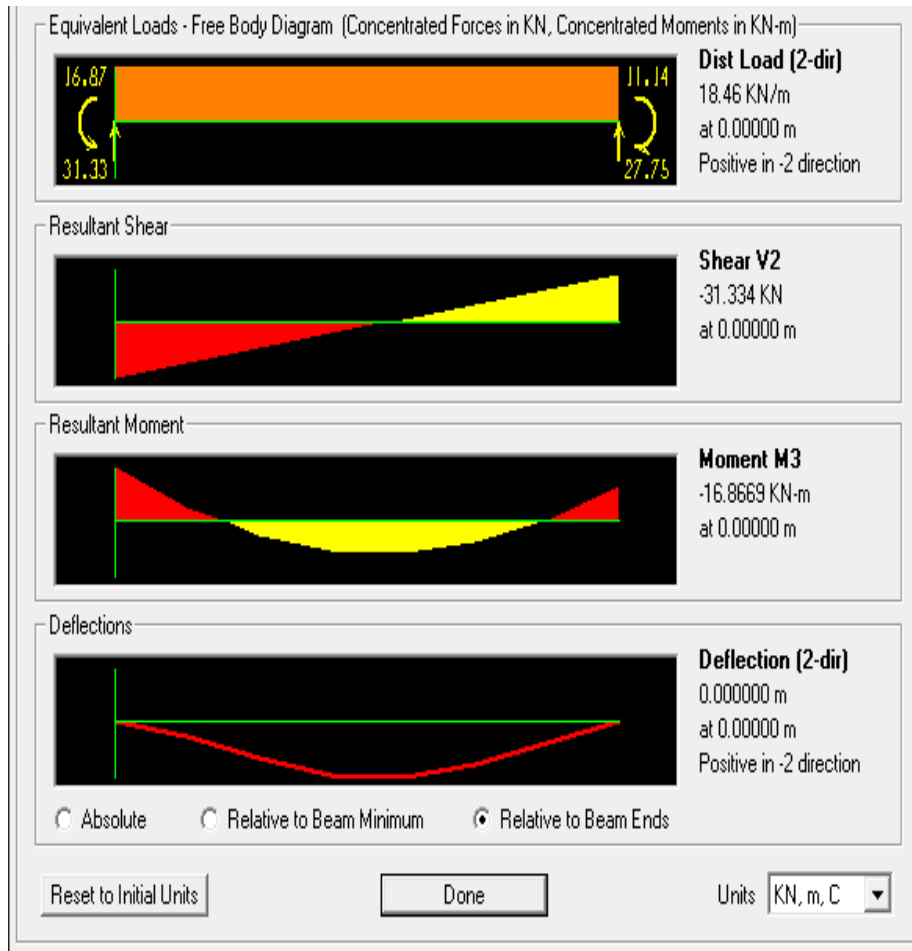
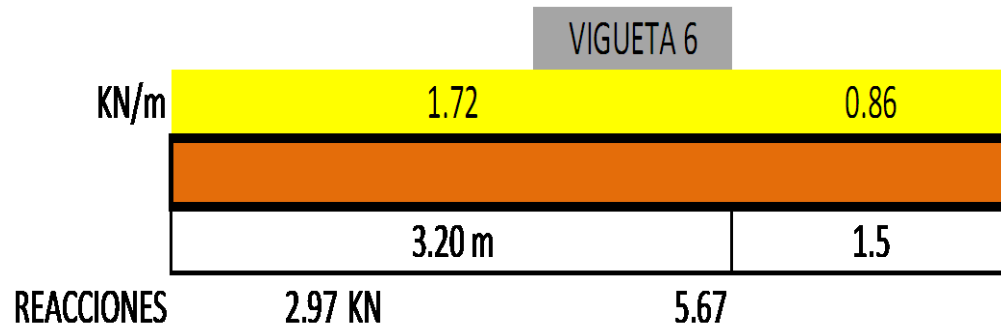
Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

b) Carga y tipo de viguetas: TABLA 7

carga de vigueta			
tablón	15.25	9.70	kg/m ²
listón	6.10	9.70	kg/m ²
tablón	152.50	0.10	KN/m ²
listón	61.00	0.10	KN/m ²
total	213.50	0.19	KN/m ²
viva	2.00	2.00	KN/m ²
Wu	259.40	3.43	KN/m ²







Esta es la viga mas critica y los datos correspondiente a ella figura 15

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

8.2) Casa con muros en tapia pisada y pórtico en madera sapan:

TABLA 8

PESO DEL ENTREPISO 1 Y 2										
tipo	espesor (m)	ancho (m)	largo (m)	cantidad	densidad (Kg/m ³)		peso Kg		CARGA KN/M ²	CARGA KN/M
					verde	seca al aire	verde	seca al aire		
VIGA 1	0.2	0.2	3	13	1220	970	1903.2	1513.2	1.94	0.39
VIGA 2	0.2	0.2	2	3	1220	970	292.8	232.8	1.94	0.39
VIGA 3	0.2	0.2	1.95	1	1220	970	95.16	75.66	1.94	0.39
VIGA 4	0.2	0.2	0.85	1	1220	970	41.48	32.98	1.94	0.39
VIGA 5	0.2	0.2	2.4	4	1220	970	468.48	372.48	1.94	0.39
COLUMNA	0.2	0.2	2.7	16	1220	970	2108.2	1676.16	1.94	0.39
MURO 1	0.2	2	3	12	2100		30240		42	8.4
MURO 2	0.2	2	2	2	2100		3360		42	8.4
MURO 3	0.2	2	1.95	1	2100		1638		42	8.4
MURO 4	0.2	2	0.85	1	2100		714		42	8.4
MURO 5	0.2	2	2.4	2	2100		4032		42	8.4
TOTAL DE MUROS							39984			
TOTAL DE VIGAS							2227.12			
TOTAL DE COLUMNAS							1676.16			

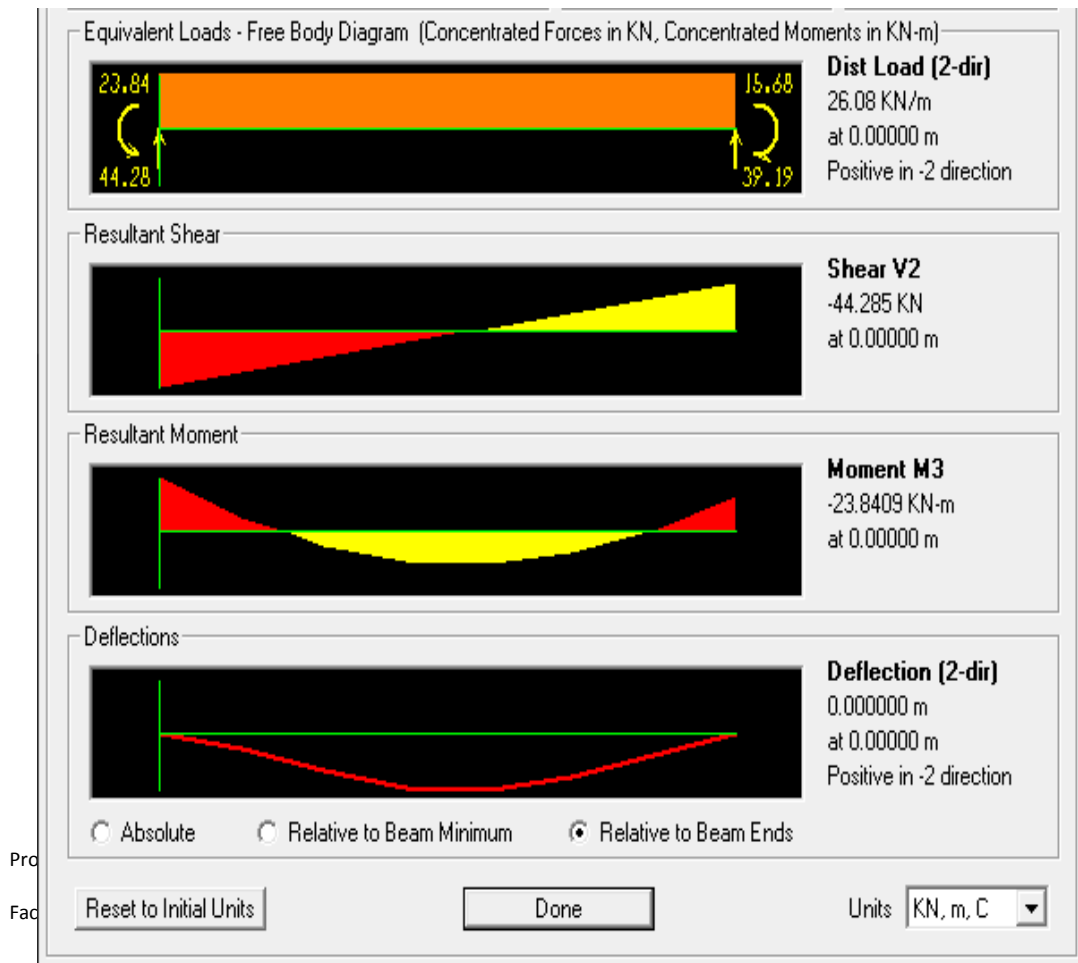
Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

TABLA 9}

CARGA DEL TECHO								
tipo	espesor (m)	ancho (m)	largo (m)	cantidad	densidad (Kg/m ³)		CARGA KN/M ²	CARGA KN/M
					verde	seca al aire		
VIGA 1	0.2	0.2	2.8	1	1220	970	1.94	0.39
VIGA 2	0.2	0.2	3.5	1	1220	970	1.94	0.39
VIGA 3	0.2	0.2	6.4	1	1220	970	1.94	0.39
VIGA 4	0.05	0.1	2.8	36	1220	970	0.485	0.05
VIGA 5	0.05	0.1	3.5	36	1220	970	0.485	0.05
COLUMNA	0.2	0.2	1	16	1220	970	1.94	0.39
MACHINBRE	0.01	0.1	3	380	1220	970	0.097	0.01

FIGURA 16 VIGA CRITICA



9) DESCRIPCION DEL PROYECTO

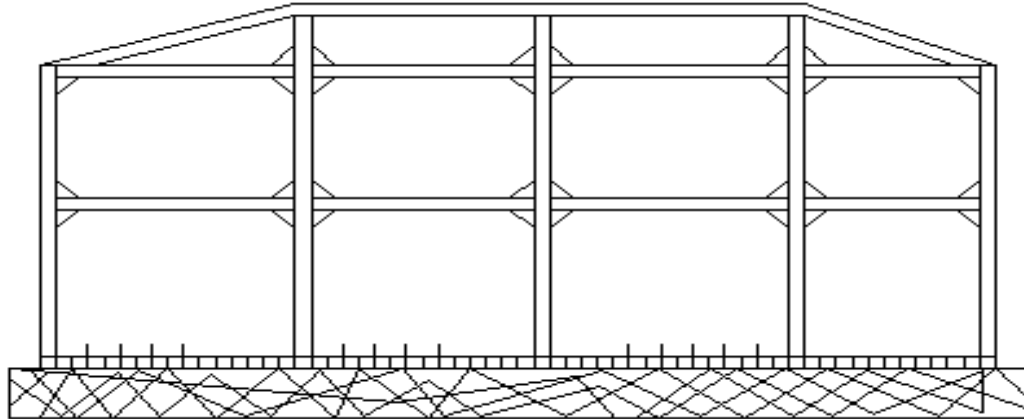


FIGURA 17

El proyecto se basa en 3 fases las cuales se encargaran de probar los ensambles y los pegantes en las condiciones desfavorables y cercanas a las condiciones reales (maderas recomendadas sapan o marfil son las más utilizadas).

La primera fase es escoger la madera y los pegantes a utilizar realizar los ensambles darle el secamiento al pegante recomendado por la fábrica de dicho pegante y fallarlo en laboratorio.

La segunda fase consta de fabricar los ensambles y dejarlos a la intemperie por unos 30 días y luego llevarlos a laboratorio y probarlos.

La tercera fase consta de dejar los ensambles en terrados en tierra humedad o saturada por 30 días y luego llevarlos a laboratorio y probarlos.

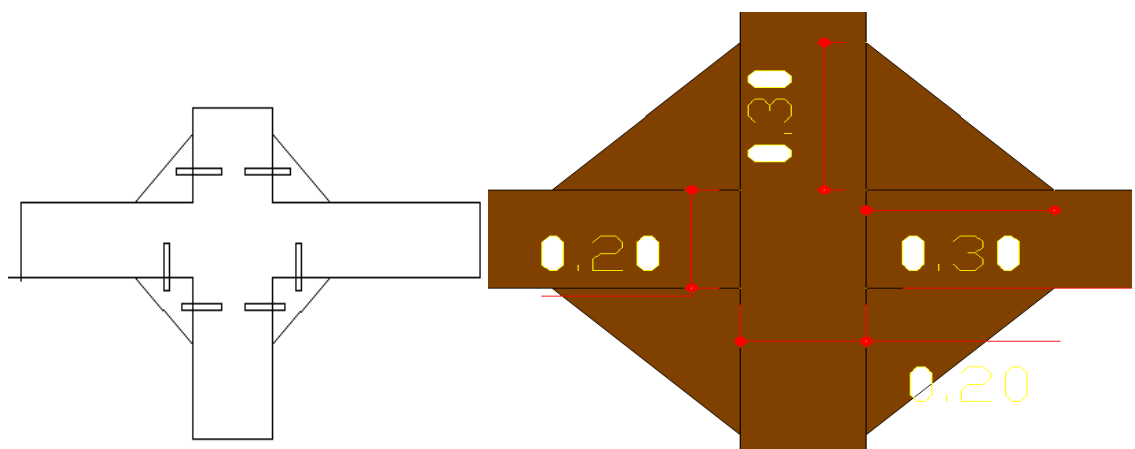
El procedimiento que realizaremos es muy similar al que se somete la soldadura eléctrica en los dos tipo de empalme en el empalme de traslapeo y en el empalme a

tope la idea principal de realizar estos ensayos con pegante y madera en vez del tradicional acero. El objetivo es determinar los esfuerzos de cortante y los de tracción además de su disminución con el tiempo y contra un medio agresivo. Hay que tener en cuenta que el pegante va aplicado entre las dos cara de los elementos y no como la soldadura que aplica entre el filo de uno de los elemento y la cara del otro.

El otro sistema el que lleva un tarugo de madera ese va cumplir la misma función que un perno de acero en las estructuras metálicas y se piensa determinar su aporte a la conexión. Se fabrican una serie de probetas con su respectivo sistema de agarre se llevan a la maquina universal de ensayo y se aplica esfuerzos de tracción se toman los datos luego analizan por métodos estadísticos y de resistencia esto se repite en cada una de las fases anteriormente mencionadas.

La idea principal de estos ensayos es comenzar a aprobar o a rechazar materiales de construcción de tal manera que nos permita cada vez mas acercarnos al objetivo principal el cual es la construcción de una vivienda ecológica segura digna y económica.

FIGURA 18 UNION ENTRE VIGA Y COLUMNA



Proyecto de grado

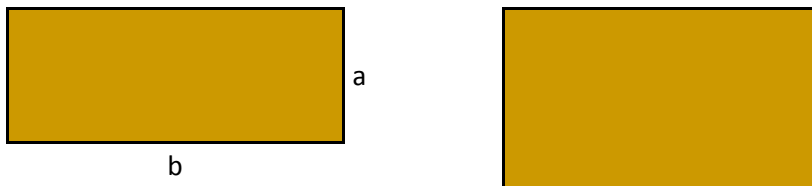
Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

9.1) PRIMERA FASE

Esta consta de hacer una serie de ensambles donde las piezas se unen por medio de una pegante o adhesivo y solo darle tiempo de secamiento necesario o recomendado por el fabricante para que este alcance su máxima resistencia.

TABLA 10

d (cm)	2.22	AREA DEL CHAZO	3.88	(cm ²)
a (cm)	4	AREA ATOPE	22	(cm ²)
b (cm)	5.5			
a (cm)	5	AREA DE TRASLAPO	27.5	(cm ²)
b (cm)	5.5			



E1= ENSAMBLE ATOPE SIMPLE

E2= ENSAMBLE ATOPE CON CHAZO

E3= ENSAMBLE EN TRASLAPO SIMPLE

E4= ENSAMBLE EN TRASLAPO CON CHAZO

TABLA 11

No	E1 CARGA (Kg)	E2 CARGA (Kg)	E3 CARGA (Kg)	E4 CARGA (Kg)
1	560.00	720.00	1600.00	1360.00
2	720.00	1280.00	2400.00	1600.00
3	720.00	1280.00	2720.00	1760.00
4	1680.00	1360.00	2960.00	2080.00
5	1920.00	1360.00	4160.00	2080.00
6	1920.00	1840.00	4480.00	2240.00
7	2080.00	2240.00	4800.00	2800.00

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

8	2560.00	2400.00	5440.00	3440.00
9	2560.00	2720.00	5440.00	3440.00
10	3120.00	2720.00	6800.00	3440.00

MAXIMO	3120.00	2720.00	6800.00	3440.00
MEDIA	1920.00	1600.00	4320.00	2160.00
MINIMO	560.00	720.00	1600.00	1360.00

CARGA EN NEWTON				
MAXIMO	30576.00	26656.00	66640.00	33712.00
MEDIA	18816.00	15680.00	42336.00	21168.00
MINIMO	5488.00	7056.00	15680.00	13328.00

FIGURA 19



Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto



Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto



Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

9.2) SEGUNDA FASE

Esta fase consta de someter los mismos tipos de ensambles de la primera fase a condiciones ambientales es decir dejarlos a la intemperie por un lapso de 30 días y luego llevarlos al laboratorio y mirar cuanto es el porcentaje de pérdida de resistencia o carga soportada. (FIGURA 20)



	
29 DE MAYO DEL 2010	30 DE MAYO DEL 2010
	
31 DE MAYO DEL 2010	01 DE JUNIO DEL 2010
	
02 DE JUNIO DEL 2010	03 DE JUNIO DEL 2010
	
04 DE JUNIO DEL 2010	05 DE JUNIO DEL 2010

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

	
06 DE JUNIO DEL 2010	07 DE JUNIO DEL 2010
	
08 DE JUNIO DEL 2010	09 DE JUNIO DEL 2010
	
10 DE JUNIO DEL 2010	11 DE JUNIO DEL 2010
	
12 DE JUNIO DEL 2010	13 DE JUNIO DEL 2010

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

	
14 DE JUNIO DEL 2010	15 DE JUNIO DEL 2010
	
16 DE JUNIO DEL 2010	17 DE JUNIO DEL 2010
	
18 DE JUNIO DEL 2010	19 DE JUNIO DEL 2010
	
20 DE JUNIO DEL 2010	21 DE JUNIO DEL 2010

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

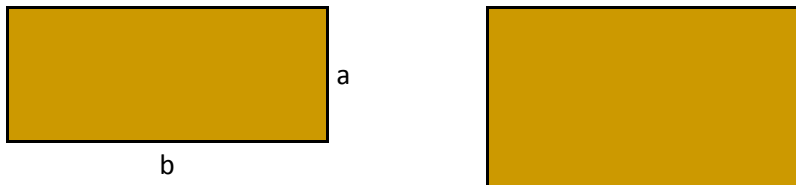
	
22 DE JUNIO DEL 2010	23 DE JUNIO DEL 2010
	
24 DE JUNIO DEL 2010	25 DE JUNIO DEL 2010



Proyecto de grado

d (cm)	2.22	AREA DEL CHAZO	3.88	(cm ²)
a (cm)	4	AREA ATOPE	22	(cm ²)
b (cm)	5.5			
a (cm)	5	AREA DE TRASLAPO	27.5	(cm ²)
b (cm)	5.5			

TABLA 12



- E1= ENSAMBLE ATOPE SIMPLE
E2= ENSAMBLE ATOPE CON CHAZO
E3= ENSAMBLE EN TRASLAPO SIMPLE
E4= ENSAMBLE EN TRASLAPO CON CHAZO

No	E1 CARGA (Kg)	E2 CARGA (Kg)	E3 CARGA (Kg)	E4 CARGA (Kg)
1	560.00	720.00	1600.00	1360.00
2	720.00	1280.00	2400.00	1600.00
3	720.00	1280.00	2720.00	1760.00
4	1680.00	1360.00	2960.00	2080.00
5	1920.00	1360.00	4160.00	2080.00
6	1920.00	1840.00	4480.00	2240.00
7	2080.00	2240.00	4800.00	2800.00
8	2560.00	2400.00	5440.00	3440.00
9	2560.00	2720.00	5440.00	3440.00
10	3120.00	2720.00	6800.00	3440.00

TABLA 13

MAXIMO	3120.00	2720.00	6800.00	3440.00
MEDIA	1920.00	1600.00	4320.00	2160.00
MINIMO	560.00	720.00	1600.00	1360.00

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

CARGA EN NEWTON				
MAXIMO	30576.00	26656.00	66640.00	33712.00
MEDIA	18816.00	15680.00	42336.00	21168.00
MINIMO	5488.00	7056.00	15680.00	13328.00

9.3) TERCERA FASE

Esta fase consta de someter los mismos tipos de ensambles de la primera fase en condiciones que simulen la humedad transmitida por una pared de tapia pisada aunque se procederá a colocar las probetas en una capa de tierra que esté sometida a un grado de humedad cerca de la saturación o de la sobresaturación por un lapso de 30 días y luego llevarlos al laboratorio y mirar cuanto es el porcentaje de pérdida de resistencia o carga soportada.

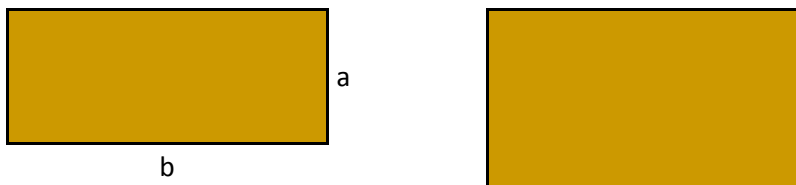


FIGURA 21



TABLA 14

d (cm)	2.22	AREA DEL CHAZO	3.88	(cm ²)
a (cm)	4	AREA ATOPE	22	(cm ²)
b (cm)	5.5			
a (cm)	5	AREA DE TRASLAPO	27.5	(cm ²)
b (cm)	5.5			



- E1= ENSAMBLE ATOPE SIMPLE
 E2= ENSAMBLE ATOPE CON CHAZO
 E3= ENSAMBLE EN TRASLAPO SIMPLE
 E4= ENSAMBLE EN TRASLAPO CON CHAZO

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

TABLA 15

No	E1 CARGA (Kg)	E2 CARGA (Kg)	E3 CARGA (Kg)	E4 CARGA (Kg)
1	240.00	240.00	240.00	720.00
2	240.00	320.00	240.00	800.00
3	240.00	320.00	320.00	880.00
4	240.00	320.00	320.00	960.00
5	320.00	320.00	320.00	960.00
6	320.00	320.00	320.00	960.00
7	320.00	320.00	320.00	1040.00
8	320.00	400.00	400.00	1040.00
9	400.00	400.00	400.00	1040.00
10	480.00	560.00	480.00	1120.00

MAXIMO	480.00	560.00	480.00	1120.00
MEDIA	320.00	320.00	320.00	960.00
MINIMO	240.00	240.00	240.00	720.00

CARGA EN NEWTON				
MAXIMO	4704.00	5488.00	4704.00	10976.00
MEDIA	3136.00	3136.00	3136.00	9408.00
MINIMO	2352.00	2352.00	2352.00	7056.00

TABLA 16

FASE DE TIERRA CONTROL DE HUMEDAD				
INICIO 25 DE MAYO DE 2010				
DATOS				
TARA 1				
FECHA	PESO TARA (gramos)	P. TARA + MUESTRA HUMEDAD	P. TARA + MUESTRA SECA	PORCUNTAJE DE HUMEDAD

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

25/05/2010	0.00	0.00	0.00	0.00
26/05/2010	28.00	108.00	97.50	15.11
27/05/2010	25.60	116.10	99.60	22.30
28/05/2010	CERRADA LA UNIVERSIDAD POR VOTACIONES PRESIDENCIALES			
29/05/2010				
30/05/2010				
31/05/2010	25.50	133.90	118.10	17.06
01/06/2010	25.50	110.40	97.00	18.74
02/06/2010	25.50	85.70	74.00	24.12
03/06/2010	25.50	109.20	94.50	21.30
04/06/2010	25.50	137.40	114.20	26.16
05/06/2010	SABADO DOMINGO Y LUNES FESTIVO NO SE PERMITE ASCESO AL LABORATORIO			
06/06/2010				
07/06/2010				
08/06/2010	25.60	122.10	105.60	20.63
09/06/2010	25.70	132.90	114.10	21.27
10/06/2010	25.50	126.30	105.20	26.47
11/06/2010	25.50	117.70	100.10	23.59
12/06/2010	SABADO DOMINGO Y LUNES FESTIVO NO SE PERMITE ASCESO AL LABORATORIO			
13/06/2010				
14/06/2010				
15/06/2010	25.70	100.30	88.50	18.79
16/06/2010	25.60	97.90	83.80	24.23
17/06/2010	25.70	101.80	88.70	20.79
18/06/2010	CERRADA LA UNIVERSIDAD POR VOTACIONES PRESIDENCIALES			
19/06/2010				
20/06/2010				
21/06/2010	25.70	132.90	117.20	17.16

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

22/06/2010	25.70	116.90	100.00	22.75
23/06/2010	25.70	128.50	106.60	27.07
24/06/2010	25.70	96.30	81.30	26.98
25/06/2010	25.70	90.70	75.20	31.31
26/06/2010	0.00	0.00	0.00	0.00

TABLA 17

FASE DE TIERRA CONTROL DE HUMEDAD				
INICIO 25 DE MAYO DE 2010				
DATOS				
TARA 2				
FECHA	PESO TARA (gramos)	P. TARA + MUESTRA HUMEDAD	P. TARA + MUESTRA SECA	PORCUNTAJE DE HUMEDAD
25/05/2010	0.00	0.00	0.00	0.00
26/05/2010	0.00	0.00	0.00	0.00
27/05/2010	25.60	129.90	111.90	20.86
28/05/2010	CERRADA LA UNIVERSIDAD POR VOTACIONES PRESIDENCIALES			
29/05/2010				
30/05/2010				
31/05/2010	25.20	114.50	100.10	19.23
01/06/2010	25.20	91.30	79.60	21.51
02/06/2010	25.20	96.90	82.80	24.48
03/06/2010	25.20	125.90	109.80	19.03
04/06/2010	25.20	115.00	97.00	25.07
05/06/2010	SABADO DOMINGO Y LUNES FESTIVO NO SE PERMITE ASCESO AL LABORATORIO			
06/06/2010				
07/06/2010				

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

08/06/2010	25.20	126.60	109.60	20.14
09/06/2010	25.20	163.90	140.60	20.19
10/06/2010	25.20	101.80	87.50	22.95
11/06/2010	25.20	127.70	109.90	21.02
12/06/2010	SABADO DOMINGO Y LUNES FESTIVO NO SE PERMITE ASCESO AL LABORATORIO			
13/06/2010				
14/06/2010				
15/06/2010	25.20	100.70	89.80	16.87
16/06/2010	25.20	106.40	91.10	23.22
17/06/2010	25.20	85.30	73.70	23.92
18/06/2010	CERRADA LA UNIVERSIDAD POR VOTACIONES PRESIDENCIALES			
19/06/2010				
20/06/2010				
21/06/2010	25.20	127.00	111.60	17.82
22/06/2010	25.20	114.80	98.10	22.91
23/06/2010	25.20	148.70	122.80	26.54
24/06/2010	25.20	91.10	77.30	26.49
25/06/2010	25.20	126.80	103.10	30.42
26/06/2010	0.00	0.00	0.00	0.00

El 25 de junio del 2010 su porcentaje de humedad era de aproximadamente del 31% a partir de este día se dejo de adicionarle agua, por lo tanto la condición se estabilizo en un porcentaje cercano al 12% hasta el día 15 de septiembre del 2010 cuando se extrajeron las probetas y se procedió a ensayarlas, por lo tanto se consiguieron los datos ya mencionados en la tabla 22.

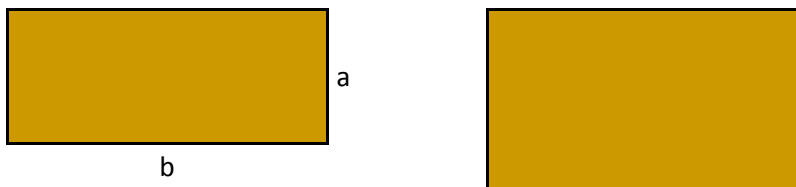
TABLA 18

HUMEDAD FINAL PARA EL ENSAYO		
TARA 1 CON MUESTRA HUMEDA	288	gr
TARA 1 CON MUESTRA SECA	252	gr
TARA 2 CON MUESTRA HUMEDA	274	gr
TARA 2 CON MUESTRA SECA	240	gr
PORCENTAJE DE HUMEDAD 1	12.50	%
PORCENTAJE DE HUMEDAD 2	12.41	%

RESULTADOS DE ANALISIS

TABLA 19

d (cm)	2.22	AREA DEL CHAZO	3.88	(cm ²)
a (cm)	4	AREA ATOPE	22	(cm ²)
b (cm)	5.5			
a (cm)	5	AREA DE TRASLAPO	27.5	(cm ²)
b (cm)	5.5			



- E1= ENSAMBLE ATOPE SIMPLE
 E2= ENSAMBLE ATOPE CON CHAZO
 E3= ENSAMBLE EN TRASLAPO SIMPLE
 E4= ENSAMBLE EN TRASLAPO CON CHAZO

TABLA 20

FASE 1				
No	E1 CARGA (Kg/cm ²)	E2 CARGA (Kg/cm ²)	E3 CARGA (Kg/cm ²)	E4 CARGA (Kg/cm ²)
1	58.18	88.30	58.18	71.12
2	83.64	114.79	66.91	74.51

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

3	87.27	114.79	84.36	77.90
4	105.45	119.20	84.36	81.29
5	123.64	128.03	93.09	84.67
6	130.91	136.86	96.00	88.06
7	141.82	136.86	101.82	88.06
8	145.45	141.28	101.82	91.45
9	152.73	141.28	104.73	91.45
10	178.18	158.94	119.27	111.77

MAXIMO	178.18	158.94	119.27	111.77
MEDIA	127.27	132.45	94.55	86.37
MINIMO	58.18	88.30	58.18	71.12
DES. ESTAN	36.72	19.63	18.25	11.42

TABLA 21

FASE 2 INTERPERIE				
No	E1 CARGA (Kg/cm ²)	E2 CARGA (Kg/cm ²)	E3 CARGA (Kg/cm ²)	E4 CARGA (Kg/cm ²)
1	25.45	39.73	58.18	57.58
2	32.73	70.64	87.27	67.74
3	32.73	70.64	98.91	74.51
4	76.36	75.05	107.64	88.06
5	87.27	75.05	151.27	88.06
6	87.27	101.54	162.91	94.83
7	94.55	123.62	174.55	118.54
8	116.36	132.45	197.82	145.64
9	116.36	150.11	197.82	145.64
10	141.82	150.11	247.27	145.64

MAXIMO	141.82	150.11	247.27	145.64
MEDIA	87.27	88.30	157.09	91.45
MINIMO	25.45	39.73	58.18	57.58
DES. ESTAN	39.76	38.33	59.21	33.87

Proyecto de grado

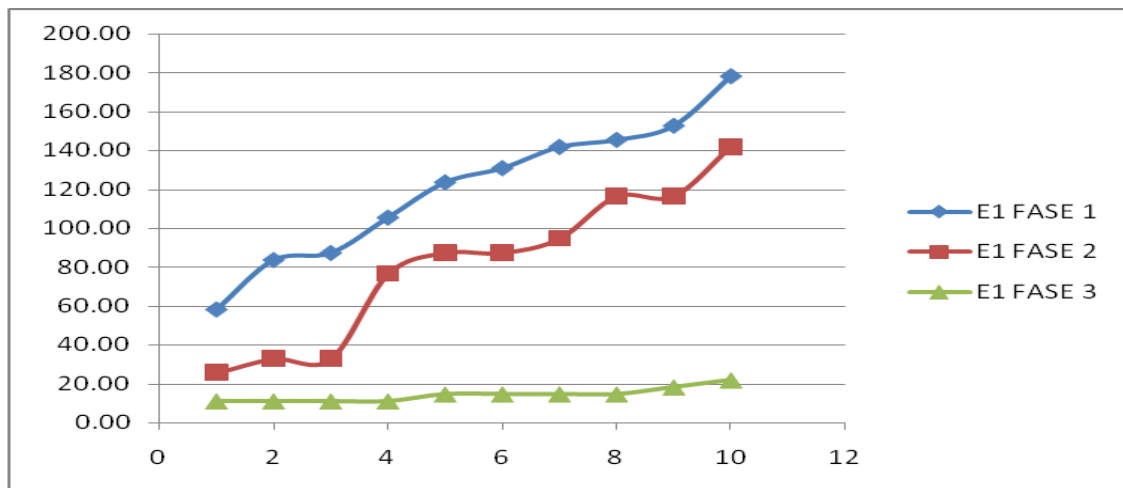
Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

TABLA 22

FASE 3 TIERRA				
No	E1 CARGA (Kg/cm ²)	E2 CARGA (Kg/cm ²)	E3 CARGA (Kg/cm ²)	E4 CARGA (Kg/cm ²)
1	10.91	13.24	8.73	30.48
2	10.91	17.66	8.73	33.87
3	10.91	17.66	11.64	37.26
4	10.91	17.66	11.64	40.64
5	14.55	17.66	11.64	40.64
6	14.55	17.66	11.64	40.64
7	14.55	17.66	11.64	44.03
8	14.55	22.07	14.55	44.03
9	18.18	22.07	14.55	44.03
10	21.82	30.90	17.45	47.42

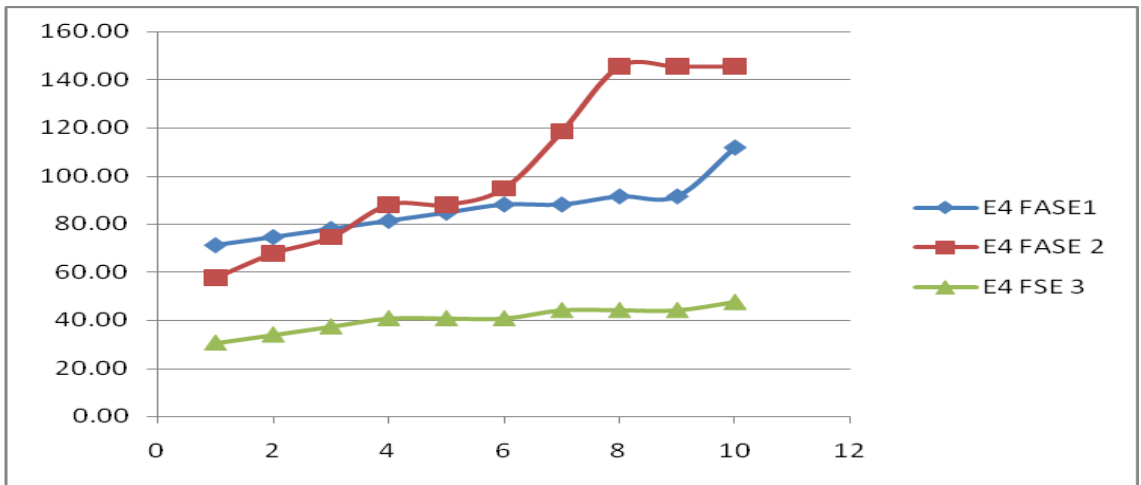
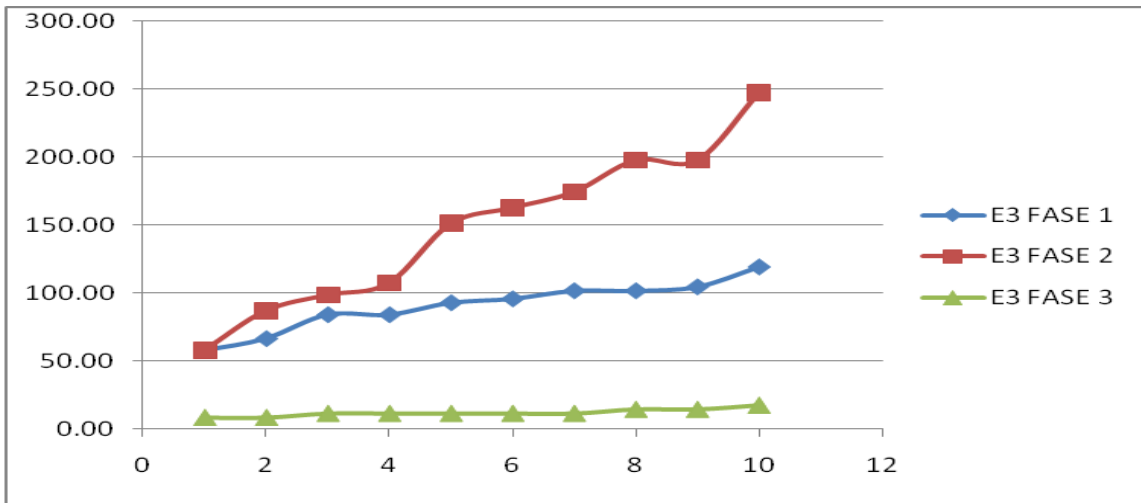
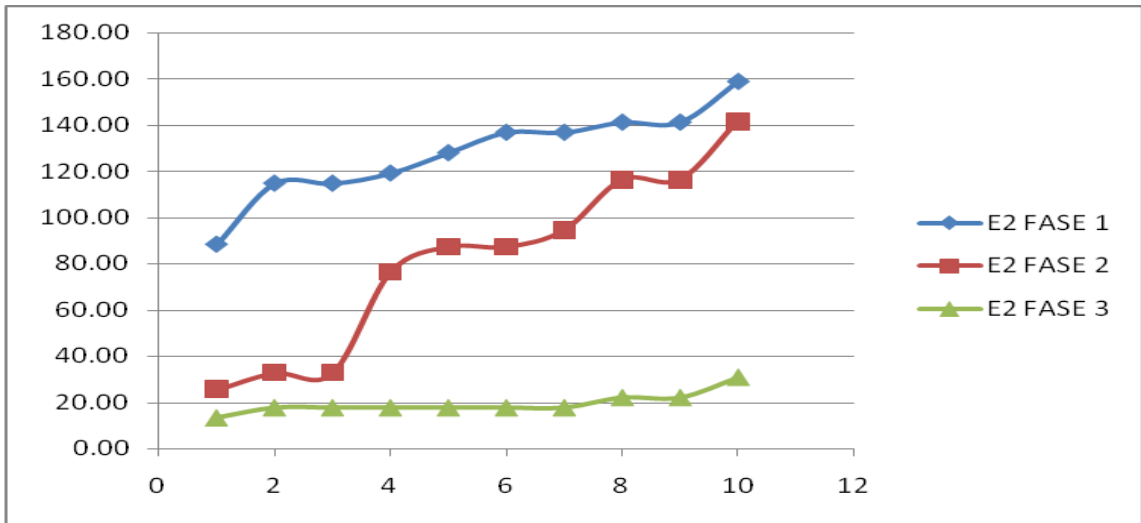
MAXIMO	21.82	30.90	17.45	47.42
MEDIA	14.55	17.66	11.64	40.64
MINIMO	10.91	13.24	8.73	30.48
DES. ESTAN	3.62	4.75	2.67	5.16

FIGURA 22 GRAFICAS DE CADA ENSAMBLE EN LAS TRES FASES
No DE PROVETA VS ESFUERZO



Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto



Proyecto de grado

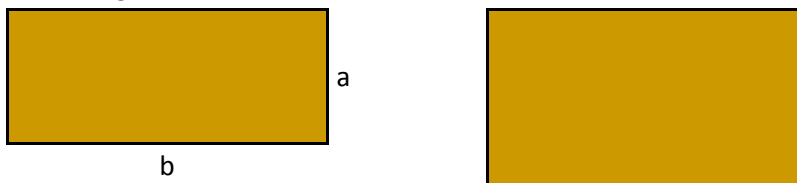
Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

Debido a una discrepancias entre la fase 1 (fase control sin exposición a ningún medio ambiente agresivo) y la fase 2 (fase intemperie) se opto por hacer un ensayo extra que consiste en probar el ensamble 3 variando la fase 1 un poco las probetas es decir se van a exponer al sol por unos días pero solo a este medio; el objetivo es comprobar si el pegante tiene problemas para su secamiento debido a que este puede ser otro factor de rechazo para la unión ya que coloca en riesgo la resistencia de esta.

Con el fin de saber a qué se debe la discrepancia anteriormente mencionada se procedió a tomar ocho probetas cuatro expuestas al aire libre pero en la sombra y las otras cuatro expuestas al sol durante 4 días luego se procedió a ensayarlas y se obtuvieron los siguientes resultados:

d (cm)	2.22	AREA DEL CHAZO	3.88	(cm ²)
a (cm)	4	AREA ATOPE	22	(cm ²)
b (cm)	5.5			
a (cm)	5	AREA DE TRASLAPO	27.5	(cm ²)
b (cm)	5.5			

TABLA 23



- E1= ENSAMBLE ATOPE SIMPLE
- E2= ENSAMBLE ATOPE CON CHAZO
- E3= ENSAMBLE EN TRASLAPO SIMPLE
- E4= ENSAMBLE EN TRASLAPO CON CHAZO

TABLA 24

PROBETAS EXPUESTAS A LA SOMBRA							
No	1	2	3	4	MAXIMA	MEDIA	MINIMA
CARGA Kg	1040	2320	2480	2000	2480	2160	1040
PROBETAS EXPUESTAS AL SOL							
No	1	2	3	4	MAXIMA	MEDIA	MINIMA
CARGA Kg	3920	3280	4160	4960	4960	4040	3280

FIGURA 23



Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los ensayos nos indican que por ahora estos tipos de ensambles no proporcionan los fundamentos necesarios para que la construcción de vivienda en madera sea viable segura y digna.

Los resultados obtenidos en los ensayos también nos muestran que la fase tierra no es una de las mejores condiciones en las uniones para que se comporten de la manera más eficaz e eficiente porque el deterioro es muy considerable.

Se observó que el comportamiento de los diferentes ensambles ante los ensayos que el pegante utilizado no es el más adecuado para la construcción que puede servir como elemento de apoyo mas no como material de diseño.

El chazo o perno en madera a igual que el pegante Carpincol también se descarta como material de diseño ya que no cumple con las expectativas de resistencia esperadas.

El ensayo adicional demuestra que el pegante necesita mucho tiempo para secar además requiere de condiciones muy específicas para alcanzar su máxima resistencia.

RECOMENDACIONES

Una recomendación es sustituir los chazos o pernos de madera por metálicos ya sean de hierro o acero y dejar que resistencia de diseño la asuma la madera como lo muestran los datos de los ensayos que obtuvieron y que daremos a continuación.

CHAZO O PERNO METALICO

TABLA 25

2.5 cm DEL BORDE DE LA PROBETA				
No	1	2	3	4
LECTURA	0.88	0.86	0.90	0.88
CARGA Kg	3520.00	3440.00	3600.00	3520.00
CARGA N	34531.20	33746.40	35316.00	34531.20
ESFUERZO Kg/cm ²	907.34	886.72	927.96	907.34

TABLA 26

4.5 cm DEL BORDE DE LA PROBETA				
No	1	2	3	4
LECTURA	1.10	1.12	1.14	1.12
CARGA Kg	4400.00	4480.00	4560.00	4480.00
CARGA N	43164.00	43948.80	44733.60	43948.80
ESFUERZO Kg/cm ²	1134.17	1154.79	1175.42	1154.79

EN ESTOS ENSAYOS LO QUE FALLO FUE LA MADERA EL CHAZO O PERNO
NO SUFRIO NINGUN DAÑO O ESFUERZO APRECIABLE COMO VEREMOS
EN LAS FOTOGRAFIA TOMADAS.



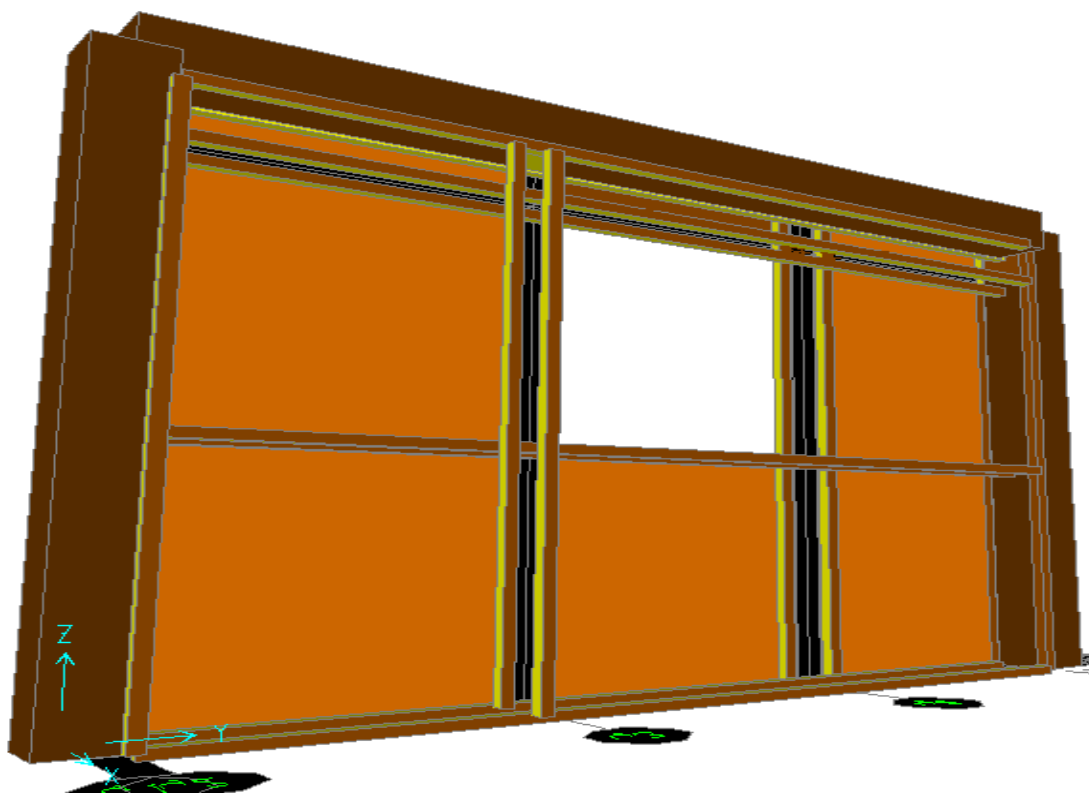
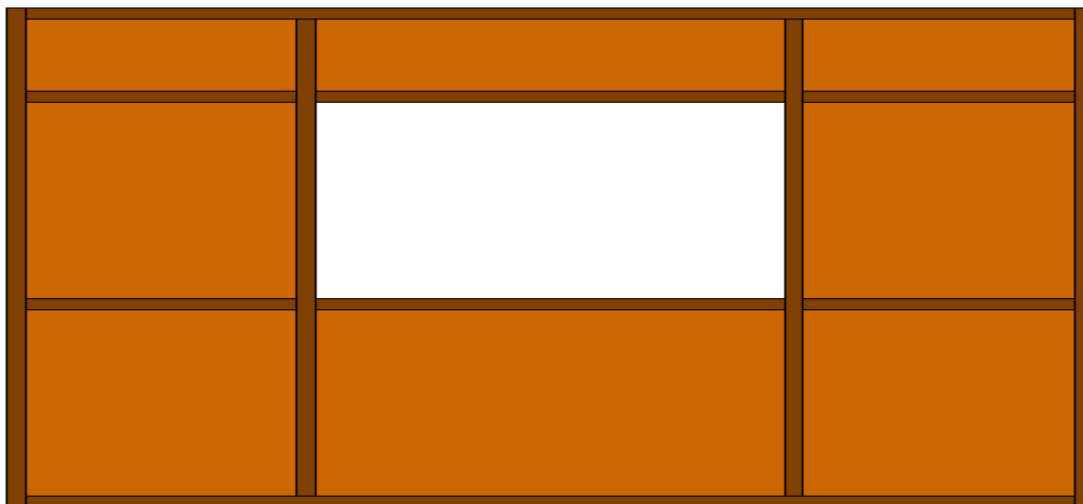
La segunda recomendación es con respecto a la unión entre la columna y la viga es común en lugares donde un pegante industrial especializado es muy difícil de conseguir o no es comercializado por el país, debido a su costo y su poca demanda es necesario utilizar platinas de acero ya sea en forma lineal, de L o de cruz; se acostumbra incrustarla sobre todo en la viga para después cubrirla con una pieza de madera decorativa; esto solo se hace para la parte arquitectónica no

tiene nada que ver con la resistencia aunque se sabe que la mejora un poco porque restringe en cierta manera la rotación. FIGURA 24



La tercera recomendación para edificar con muros en tapia pisada es reforzar la estructura con un marco en madera por ambos frentes de la pared la madera empleada para esto puede ser de un material diferente al de las columnas y vigas

aunque lo más recomendable es que sea el mismo y las dimensiones mínimas de área transversal de estos listones es de 4X4 cm. FIGURA 25



Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

BIBLIOGRAFIA

EVALUACION DE CONEXION NO RIGIDA EN MADERA TECA ROLLIZA DE PEQUENO DIAMETRO SOMETIDA A FUERZAS AXIALES proyecto de grado de la **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER** / Andres Mauricio Vila Quintero, Neyra Valderrama Moreno ; director Ricardo Alfredo Cruz Hernandez

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE MUROS DE ADOBE MODIFICADO CON CONFINAMIENTO DE MADREA ROLLIZA proyecto de grado de la **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER/** Camilo Andres Florez Aguilar, Olber Alexander Lopez Hernandez ; director Ricardo Alfredo Cruz Hernandez de

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE MUROS EN TIERRA APISONADA REFORZADOS VERTICALMENTE CON CANA SOMETIDOS A CARGAS HORIZONTALES proyecto de grado de la **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER** / William Amaury Prada Diaz, Santiago Rivero Bolanos; director Dalton Moreno Girardot

MANUAL PARA LA REHABILITACION DE VIVIENDA CONTRUIDA EN ADOBE Y TAPIA PISADA elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS

Aislamiento y evaluación de la actividad enzimática de hongos descomponedores de madera (Quindío, Colombia)

Revista Iberoamericana de Micología, Volumen 26, Issue 4, October-December

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

2009, *Pages* 238-243
Deisy Fernanda Chaparro, Diana Carolina Rosas, Amanda Varela

Madera y **muebles** de **madera**
para la construcción (incluye pisos y techos), **madera** aserrada, **madera** inmunizada, manufacturas de De **madera** en **Colombia** presentó una balanza comercial...

www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DDE.../Maderas.pdf

Madera

1: Materiales **para la Construcción**. Colección Técnica de Bibliotecas Profesionales. ... Las **Maderas** en **Colombia**. Centro Colombo Canadiense de la **Madera**. ...materiales.eia.edu.co/.../bibliografia-maderas.htm

Productos en Madera - Productos para Construcción - Construcción...

Las Páginas Amarillas de **Colombia** - Sección: Productos en **Madera** - Productos **para Construcción - Construcción** - Empresas - Negocios y Economía - Bogotá DC...www.quehubo.com/colombia/modules.php?op...l... -

Strontium isotopic composition of the Madera Formation (Pennsylvanian) near Albuquerque, New Mexico

Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 40, Issue 6, June 1976, Pages 611-616 Bimal Mukhopadhyay, D. G. Brookins

Dermatitis de contacto en la industria de la madera

Piel, Volumen 23, Issue 7, August 2008, Pages 349-355
Juan García Gavín, Virgina Fernández-Redondo

Xu BH, Taazount M, Bouchaïr A, Racher P. Numerical 3D finite element modelling and experimental tests for dowel-type timber joints. *Constr Build Mater* 2009. doi:10.1016/j.conbuildmat.2009.04.006.

Xu BH, Bouchaïr A, Racher P. Mechanical analysis of timber connections with glued-in rods in bending. *Mater Struct* 2008 (under revision).

CSA 086-01. Canadian Standard Association. Engineering Design of Wood. CSA, Toronto, Ontario, Canada, 2001.

Contents lists available at ScienceDirect

Engineering Structures

journal homepage: www.elsevier.com/locate/engstruct

Adhesive systems for structural connections in timber

J.G. Broughton, A.R. Hutchinson *

Joining Technology Research Centre, Oxford Brookes University, Gipsy Lane, Headington Campus, Oxford OX3 0BP, UK

Accepted 28 November 2000

Agenda Construcción Sostenible:

<http://www.csostenible.net/castellano/default.htm>

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR):

<http://www.aenor.es>

Asociación Española de Recuperadores de Madera:

<http://www.confemadera.es/aserma>

Proyecto de grado

Facultad de Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Rey Soto

Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera y el Corcho:

<http://www.aitim.es>

Asociación Nacional de Empresas de Protección de la Madera:

<http://www.aneproma.es>

Federación Española de Industrias de la Madera: <http://www.feim.org>

Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia:

<http://www.cismadera.com/>

Centro de Investigación para el sector de la construcción, la madera y el

mueble: <http://www.cidemco.es>

Centro Tecnológico de la Madera de Toledo: <http://www.fedeto.es/ctm/>