

**Dr. Francisco Javier Soria López**

Director de la División de Ciencias y Artes para el Diseño  
UAM Xochimilco

## **INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL**

Laboratorio de Pruebas Mecánicas del  
Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM), UNAM  
Periodo: 20 de junio de 2018 al 6 de diciembre de 2019

Proyecto: Estudio del efecto de la temperatura y la presión  
en el conformado de tableros de fibra vegetal  
Clave: XCAD000821

Responsable del proyecto: M. en C. Eliezer Hernández Mecinas  
Asesor Interno: L.D.I. Héctor Espíndola Elizalde



**Mariana Rosales Calvo**

**Matrícula: 2132040747**

**Lic. Diseño Industrial**

**División de Ciencias y**

**Artes para el Diseño**

**Tel: 4171 5631**

**Cel: 55 3438 5989**

**rosalescalvo@gmail.com**

# Introducción

El trabajo realizado es parte de un proyecto multidisciplinar que tiene como objetivo la experimentación de materiales a base de fibra vegetal, una materia prima que se emplea como elemento de refuerzo en materiales compuestos y con lo cual se obtienen materiales con buenas propiedades mecánicas. También se experimenta con diversos componentes (matrices), proceso de producción y propuestas de aplicación para obtener el producto con el mayor beneficio social, económico y ambiental.

Otro objetivo es proponer un proceso de producción que pueda ser replicado por las comunidades interesadas, principalmente de la región de donde se extraen las fibras, con el propósito de fomentar la producción local y reducir el costo ambiental y económico que genera el traslado de materias primas, con esto también se busca que las comunidades de la región sean beneficiadas con una fuente de ingresos extra. Para esto nos apoyamos de investigación de técnicas que se pueden adaptar a las características de los materiales locales.

Para elegir las fibras que serían utilizadas se realizó una visita de campo a una comunidad productora de bambú en Puebla, se conocieron sus procesos y se observó que las hojas caulinares no han sido aprovechadas como lo hacen en países como Colombia, donde se ha invertido en la investigación del bambú (*guadua angustifolia*) y en lo concerniente a la hoja caulinar han desarrollado una técnica artesanal de enchapado.

El cultivo de Bambú, como una alternativa de empleo en zonas que presentan condiciones de pobreza, según la COFUPRO, México tiene establecidas mil 200 hectáreas cultivadas con bambú, un negocio que genera más de cuatro mil empleos directos y más de 26 mil indirectos. A raíz de la crisis de los precios agrícolas, principalmente del café, los productores empezaron a buscar alternativas y comenzaron a desarrollar la industria del bambú de manera integral en Chiapas, Veracruz, Tabasco y Puebla.

La metodología de este proyecto inicia con la recopilación de datos, información general sobre la fibra que se va a trabajar y los adhesivos o aglutinantes que podrían ser utilizados. Se obtienen datos de los procesos de producción de tableros y del proceso artesanal para enchapado con hoja caulinar. Posteriormente se preparan los materiales para la experimentación en laboratorio, se sistematiza el proceso para hacer las pruebas, se hace un registro y análisis de los datos.

Para el trabajo en laboratorio se diseñan y elaboran aditamentos para la realización de las pruebas, en esta etapa se elaboraron placas metálicas para la máquina universal, esta máquina ejerce presión y trasfiere calor en un tiempo determinado.

El material es medido, clasificado, limpiado y cortado. Para facilitar la elaboración de las muestras se elabora una cortadora para obtener laminillas de hoja caulinar. Una vez preparadas las muestras se realizan las pruebas y se lleva el registro de los datos para encontrar los mejores resultados optimizando el tiempo y la temperatura.

En la etapa de aplicación del material se procura que las propuestas sean factibles considerando la producción de la región y procurando en la medida de lo posible no ocasionar un aumento excesivo en la demanda de los recursos naturales. También se deben considerar las características físicas y químicas que presenten los materiales que se obtengan de la experimentación.

## Objetivos generales y específicos

Uno de los objetivos de es obtener un proceso de producción que pueda ser replicado por las comunidades interesadas, principalmente de la región de donde se extraen las fibras, con el propósito de fomentar la producción local y reducir el costo ambiental y económico que genera el traslado de materias primas, con esto también se busca que las comunidades de la región sean beneficiadas con una fuente de ingresos extra.

Se espera que al proponer materiales en donde se aprovechen subproductos agrícolas y que además el proceso de producción de este material sea de bajo impacto ambiental se obtengan productos con un alto valor agregado. Esto aunado a propuestas de aplicación en diseños de mobiliario y artículos decorativos con estilo contemporáneo conseguirá productos más atractivos comercialmente.

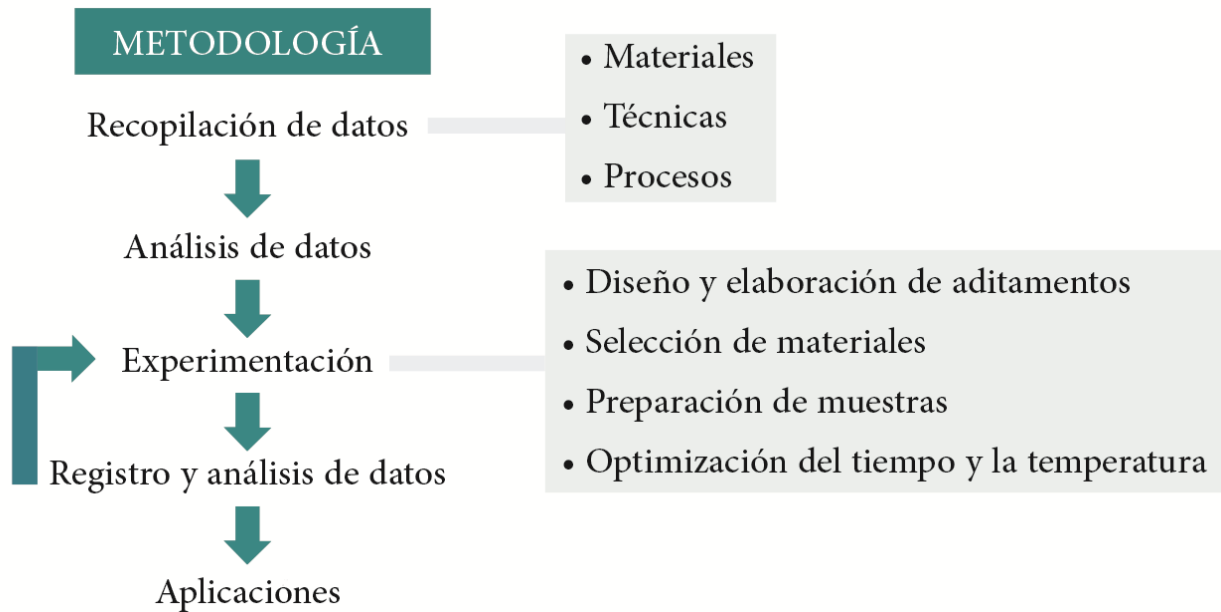
Se procura que las propuestas para el aprovechamiento de recursos sean factibles considerando la producción de la región y procurando en la medida de lo posible no ocasionar un aumento excesivo en la demanda de los recursos naturales.

### *Objetivos específicos:*

- Investigación de técnicas artesanales que puedan ser transferidas y adaptadas a la región.
- Diseño de un material donde el componente de refuerzo sea la hoja caulinar
- Diseño de instrumentos para el proceso de creación y posterior transformación del material creado.
- Aplicación del material en productos tales como mobiliario y artículos decorativos; la propuesta de la aplicación será definida por las características físicas y químicas obtenidas de dicho material.

# Metodología utilizada

Visitas de campo a comunidades productoras de bambú y experimentación en laboratorio



Para realizar una adecuada propuesta de aplicación de los materiales obtenidos de la experimentación se recomienda realizar las pruebas ASTM D 1037-89. Standard test methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials.

# Actividades realizadas

## Recopilación de datos

Las fibras vegetales pueden ser utilizadas como elementos de refuerzo en los materiales compuestos debido a la combinación de sus buenas propiedades mecánicas y su reciclabilidad; sin embargo se deben de considerar sus limitaciones como su naturaleza hidrófila, baja resistencia térmica e inconstantes calidades.

La conducta mecánica final de los materiales compuestos depende, en gran medida, de la adhesión entre el refuerzo fibroso y la matriz circundante. La adhesión entre dos diferentes materiales es función de diversos factores entre los cuales cabe destacar la rugosidad y la polaridad de la superficie. (AEMC, 2003, p.95)

*Hojas caulinares.* Es una hoja modificada de forma triangular, que nace en cada nudo del culmo y que lo protege en los primeros seis meses de desarrollo del bambú. La superficie abaxial (envés) es pubescente, hispida de color café y la superficie adaxial (haz) es glabro o sin pubescencia, lisa, brillante y de color beige claro a café claro; está constituida por vaina, lígula y lámina. Se conoce también como “capacho” o bráctea.

*Técnica de enchape con hoja caulinar.* Este proceso productivo es utilizado por artesanos de Colombia para aplicarlo en artículos decorativos, es una técnica parecida a la marquetería y generalmente adhieren las laminillas previamente teñidas sobre una superficie de madera sólida o aglomerado.

Con el propósito de prescindir del proceso de extracción de fibra se propone el uso de la hoja como un material para contrachapado, para esto se investiga sobre algunos de los procesos de conformado de tableros de donde se extrajeron los parámetros para iniciar las pruebas.

## Diseño y elaboración de aditamentos

Para llevar a cabo las pruebas de compresión fue necesario elaborar dos superficies de placa metálica, se tomaron medidas del interior de la cabina y de las cuerdas donde se fijan a la máquina universal para pruebas mecánicas, Instron 8802, servohidráulica con capacidad de fuerza de  $\pm 250$  kN y cámara de temperatura de  $600^{\circ}\text{C}$ .

Se realizaron los planos de las placas para su maquinado, se especificó el tipo de metal, espesor y terminado considerando que serían sometidas a presión, temperatura y que estarían en contacto con los adhesivos del tablero. Posteriormente fue necesario probar el ajuste en la máquina para hacer rectificado en cuerdas y superficies.

Ver en anexos.



Instron 8802, servohidráulica,  $\pm 250$  kN y cámara de  $600^{\circ}\text{C}$ .



Presentación de las placas dentro de la cabina

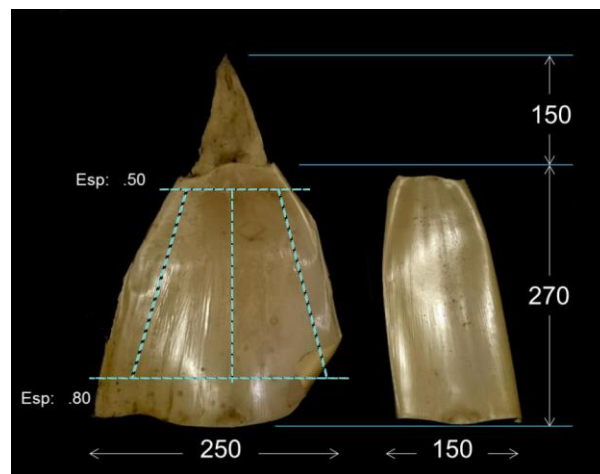
*Máquina manual para el corte de las laminillas.* En las primeras pruebas las laminillas fueron cortadas de forma manual con cuchilla, si bien se obtuvieron cortes precisos, el tiempo y trabajo que se invierte es excesivo. Por lo tanto se propone una cortadora manual que facilite la preparación de las muestras. Se elaboran bocetos, el modelado 3d, los planos constructivos y el prototipo funcional. Ver en anexos.

*Bastidores para el conformado de tableros.* La propuesta de los bastidores surge después de haber realizado algunas pruebas y observar que era necesario mantener los tableros prensados para evitar un alabeo. Se elaboró un modelo 3d, planos constructivos y prototipo funcional. Ver en anexos.

### Obtención y selección de materiales

Las hojas caulinares deben ser deciduas de los bambús (naturales o cultivados), las cuales deben estar abiertas, con bordes firmes y sin síntomas de descomposición.

*Clasificación.* Se hizo la medición de las muestras de hoja para sacar un promedio y clasificarlas por sus dimensiones y peso.





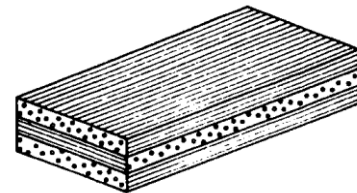
## Preparación de muestras

*Limpieza.* Se realiza dependiendo del grado de humedad de las hojas, cuando están húmedas y flexibles es difícil desprenderles la pelusa, esto se hace cepillando en el sentido de la fibra; sin embargo la materia prima para las pruebas tiene menos humedad y la pelusa se retira fácilmente con una esponja seca. Se recomienda utilizar elementos de protección como gafas, tapabocas, guantes, camisa de manga larga y zapatos cerrados.

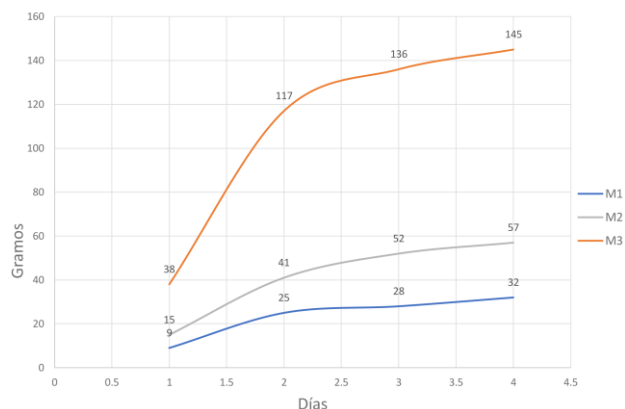
*Modulación.* Se determinó las dimensiones de las laminillas a partir del área útil de la hoja y de las distancias a las cuales tiende a seccionarse si es presionada, esto debido a la forma cóncava de la hoja.

*La importancia de la orientación de las fibras.* Los componentes de altas prestaciones consisten usualmente en capas o láminas apiladas en una ordenación predeterminada para alcanzar cometidos y propiedades óptimos.

En la siguiente figura se ilustra una ordenación simple de láminas. Un apilado de láminas se llama laminado. El laminado de la siguiente figura consta de láminas unidireccionales idénticas apiladas con las fibras de las láminas adyacentes a 90° unas con otras. (Hull, 1987, pp.61-62)



*Hidratación del material.* Se registra el peso para determinar el momento donde se da la mayor absorción de humedad



*Pruebas iniciales con prensado mecánico.* Como primer acercamiento al material se hicieron pruebas que nos permitieron observar comportamientos de la hoja al ser procesada y después del secado, también nos mostró la apariencia y textura que ofrece este material y que será una variable importante en las posteriores propuestas de aplicación en productos de diseño industrial. Para una segunda etapa se preparan pruebas para un conformado controlado y que permita manejar variables como la presión, temperatura y tiempo.

Se realiza el encolado utilizando brocha, inmediatamente se cubre toda la superficie de la placa (20 cm de ancho por 60 cm de largo), se realiza tres veces este procedimiento, por último se sujetan las placas con dos prensas tipo C de tres pulgadas. Se deja secar durante un día y se recortan los sobrantes antes de liberar el panel.

*Resultados.* En las primeras pruebas se observa que el panel presenta alabeo en un setenta por ciento de su cuerpo, la superficie es irregular, los bordes de las hojas no se integran en todas las áreas del panel debido a una diferencia en la distribución de la presión dejando la superficie irregular. Se realizaron cortes de sierra caladora con cuchillas para madera, los bordes o cantos muestran resquebrajamiento.



Panel prensado, de sobrantes del proceso de corte



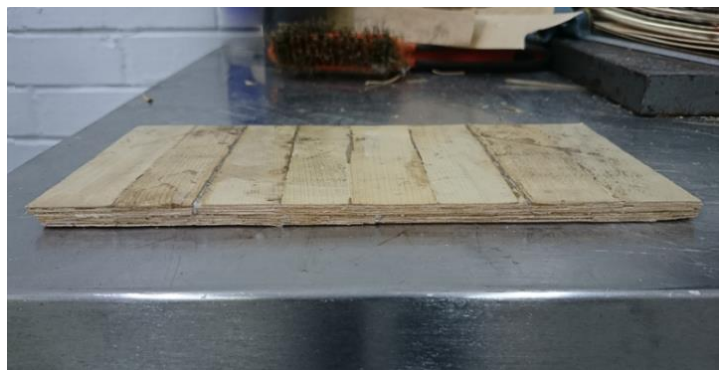
Panel prensado, de hojas enteras

## Optimización del tiempo y la temperatura

Previo a las pruebas de conformado se realiza un análisis termogravimétrico o análisis gravimétrico térmico (TGA) es un método de análisis térmico en el cual la masa de una muestra se mide a lo largo del tiempo a medida que cambia la temperatura. Esta medición proporciona información sobre fenómenos físicos, tales como transiciones de fase, absorción, adsorción y desorción; así como fenómenos químicos que incluyen reacciones químicas, descomposición térmica y reacciones de gas sólido (por ejemplo, oxidación o reducción).

Pruebas de presión y temperatura en la máquina universal.

Datos registrados: No. de muestra, fecha, presión, temperatura, tiempo, adhesivo o aglutinante, disposición de las laminillas.



*Pruebas de Teñido.* En la técnica de enchapado con hoja caulinar se tiñen las laminillas de hoja caulinar sumergiéndolas en una solución de alcohol con una sustancia colorante hidrosoluble.

Otra técnica de teñido de fibras que es por inmersión en agua caliente con colorante, da muy buenos resultados de color, no obstante se descartó esta técnica por que el colorante no se puede volver a utilizar y tiene que ser desechado.

Al realizar cualquiera de las dos técnicas de inmersión se obtuvieron buenos resultados de color, sin embargo se pierde mucho pigmento al quedar depositado en el fondo de la laminilla, además que el tiempo de secado es mayor que si se esparciera la tinta solo en la superficie como se hace al teñir la madera con tintas al alcohol. El proceso de tinción por inmersión no es conveniente en el proceso de elaboración de tableros ya que aumenta procesos, tiempos y limita las opciones de terminado.



Tableros de 3 mm con la última capa teñida por inmersión en agua caliente



Tablero 9mm esp. Terminado con terminado superficial

*Propuestas de aplicación del material.* Se realizó el diseño de un pequeño mueble de uso doméstico para mostrar la apariencia y la forma en la que sería utilizado el tablero. Se sugiere hacer uso del tablero sobre estructuras como los bastidores que se hacen para los muebles de madera contrachapada.

## Objetivos y metas alcanzados

- Se logró un proyecto integral y se crearon vínculos al ser partícipes comunidades productoras, especialistas en materiales y diseñadores de producto.
- Se investigaron de técnicas artesanales para el uso de la hoja caulinar. Se llevaron a cabo pruebas con estas técnicas y se hicieron modificaciones que optimizaron el proceso.
- Se definió una metodología para la experimentación con materiales de fibras vegetales y para el registro de los resultados.
- Se hicieron los prototipos funcionales de implementos que facilitan el proceso de conformado.
- Con base al material que se obtuvo se realizó una propuesta de aplicación en mobiliario.

## Conclusiones

Experimentar con nuevos materiales es una labor que requiere una constante dedicación y que genera resultados imprevisibles. Es indispensable sistematizar el proceso y llevar un riguroso registro de todos los datos posibles (fechas, variables, fotografías, muestras, etc.) para hacer el análisis y los cambios pertinentes.

Sabemos la generalidad de los beneficios del cultivo de bambú sin embargo tenemos que considerar que introducir una nueva especie sin estudios de impacto ambiental puede generar un desequilibrio ecológico, por eso es importante que las propuestas de diseño que proponen el uso de esta materia prima consideren la demanda que se generaría.

Si se opta por la aplicación en mobiliario se necesita dar alternativas al estilo rustico que se ha utilizado hasta ahora en la mayoría de las propuestas de mobiliario hecho con bambú, también se recomienda que los diseños sean desarmables y ligeros para facilitar su envío y ser más competitivos.

Para llegar a utilizar el bambú y subproductos en la industria es necesaria la estandarización de la producción de sus fibras y de su uso en los materiales compuestos.

.

## Recomendaciones

Debido a que el proyecto llego hasta la etapa de conformado del material se recomienda que en las siguientes etapas se realicen las pruebas de resistencia y/o caracterización para hacer adecuadas propuestas de aplicación y definir los procesos de producción.

Se recomienda trabajar en propuestas de máquinas para cortar la fibra que tengan mayor producción y en prensas que tengan la opción de transferir calor.

## Referencias

Asociación Española de Materiales Compuestos, Materiales Compuestos 2003p.95 Obtenido de <http://www.aemac.org/wp/wp-content/uploads/2015/05/MATCOMP03.pdf>

BAMBUVER. <http://www.bambuver.com/index.php/productos/planta-tipo/oldhamii-bambusa-oldhamii>

Cedeño Valdiviezo, A \* & Jaime Irigoyen Castillo, EL BAMBÚ EN MÉXICO, usjt • arq.urb • número 6 | segundo semestre de 2011 223

COFUPRO, El cultivo de Bambú, una alternativa de empleo en zonas que presentan condiciones de pobreza en México.  
[http://www.cofupro.org.mx/cofupro/cofupro\\_web.php?idseccion=1530](http://www.cofupro.org.mx/cofupro/cofupro_web.php?idseccion=1530)

Hansen, H.1972. Diseño moderno de estructuras de madera. México D.F Compañía Editorial Continental.

Hull D. Materiales Compuestos.Barcelona, Editorial Reverté (1987)

INECOL, Usos del bambú, <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/137-usos-del-bambu>

<http://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/bitstream/001/3712/2/INST-D%202014.%20421.%202.pdf>



## Anexos



Placa antes de ser rectificada.



Placa con superficie rectificada

## Prototipo funcional de la cortadora y bastidores

