

00164



3
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
MAESTRIA EN ARQUITECTURA-TECNOLOGIA**

**ANALISIS DEL OTATE (*Bambusa vulgaris*)
COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.**

TESIS QUE PRESENTA:

AGUSTIN HERNANDEZ HERNANDEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN ARQUITECTURA-TECNOLOGIA



Universidad Universitaria, 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	Pág.
1. Introducción.	1
2. Antecedentes.	3
3. Cultivo del otate.	4
4. Métodos de protección.	10
5. Morfología y estructura celular del otate.	13
6. Propiedades geométricas y mecánicas.	19
7. Aplicaciones del otate en México.	44
8. Técnicas para la construcción.	52
9. Industrialización.	61
10. Conclusión.	66
11. Referencias.	68

Dedico esta tesis a:

A Dios:

Por darme la oportunidad de vivir ahora y el ánimo para desarrollarme en la vida.

A mis padres:

Profra. Andrea Hernández de Hernández y Sr. Melesio Hernández Segura. Por su continuo apoyo y ejemplos que me han sido de gran utilidad para llegar a ser alguien en la vida.

A mis hermanos:

Israel, Rolando, Federica, Antonio, Janet, Cynthia, Gladys E. y Melesio. Por el apoyo que siempre me han brindado y de quienes he aprendido mucho para seguir adelante.

A mis tíos y a mi familia:

Por su apoyo y confianza, que me han impulsado a realizar esta meta en la vida.

A Karina Méndez Amaro:

Mi especial admiración y cariño por su apoyo y comprensión.

A la UNAM:

Por haberme permitido relizar esta maestría y darme la oportunidad de seguir aprendiendo e iniciar a desarrollarme profesionalmente.

Al Dr. Fernando López Carmona:

Mi respeto y estimación por permitirme trabajar y aprender a su lado y por contar con un amigo que nunca imagine tener.

Al Dr. J. Gerardo Oliva Salinas:

Mi respeto y estimación por permitirme colaborar en el laboratorio de estructuras, que es un lugar donde nos experimentamos todos los que participamos en él.

A mis asesores:

M. en Ped. y Arq. Jesús Aguirre Cárdenas

M. en Arq. Francisco Reyna Gómez

M. en Dis. Arq. Jan Van Rosmalen Jansen:

De quienes aprendí mucho durante la maestría y por la confianza que me dieron para concluir esta tesis.

Al Ing. Enrique Santoyo Villa:

Mi agradecimiento por haberme facilitado información para orientar el contenido de esta tesis.

Al Ing. Hilario López Jacome:

Quien desinteresadamente me apoyo para realizar las pruebas de laboratorio.

A la Quím. Beatriz Gómez Looh:

del Laboratorio de Rayos X, del Depto. de Química analítica de la D.E.Pg. de la Facultad de Química de la UNAM; por su valioso apoyo para desarrollar los estudios de microscopía óptica que forman parte de esta tesis.

A mis amigos del Proyecto Catedral y del Laboratorio, por su sincero apoyo y amistad.

1. INTRODUCCION

Conocer, cultivar y aplicar los recursos naturales de cada región, incrementa el conocimiento cultural de los hombres sobre el medio donde se desarrollan, propiciando constantemente el conocimiento y desarrollo de las técnicas adecuadas, social y regionalmente, marcando una característica cultural específica aceptable y más completa.

México como país en vías de desarrollo necesita alternativas tecnológicas integrales para afrontar sus problemas como es el caso de la demanda de espacios propicios para el desarrollo del hombre. Analizando los recursos naturales renovables se deriva una investigación pragmática que se funda con la intención de una alternativa tecnológica a base de otate, que aporte conocimiento y mejore los usos empíricos; titulada "ANALISIS DEL OTATE (*Bambusa vulgaris*), COMO MATERIAL ESTRUCTURAL", donde se analizan sus propiedades geométricas y mecánicas para orientar el uso de este material hacia una tecnología apropiada que exhiba en sus nuevos ejemplos el conocimiento técnico y estético contemporáneo. Actualmente con las condiciones del país, se acentúan necesidades que demandan mejorar los sistemas ligados al desarrollo y bienestar de los habitantes, mediante investigaciones que le aporten al común denominador una identidad más actual adecuada al medio, que conduzca paralelamente a una evolución arquitectónica, fig. 1.



Fig. 1 Mata de otate

El interés de aplicar conocimientos cualitativos en materiales renovables, sumándole la inquietud de conocer la admirada gramínea nombrada internacionalmente bambú y en algunas regiones de México otate, como es el caso de la zona norte del estado de Veracruz, decidí incurrirme en el conocimiento que me conduzca a mejorar las aplicaciones que los hombres de las zonas rurales han hecho desde sus primeros asentamientos y contribuir a disponer de un hábitat integral más digno que mejore la calidad de vida.

La ubicación geográfica del otate y el uso específico de las zonas rurales ha generado poco conocimiento a los profesionales capaces de mejorar su aplicación; el contenido de este estudio está dirigido a todos los lectores, con la intención de incentivar una cultura sobre este singular material que permita conocer una alternativa tecnológica fundada en el conocimiento y buena aplicación de la planta que ha contribuido desde tiempos prehistóricos al desarrollo económico y social de nuestra civilización. Porque el sistema constructivo forma parte insoslayable de una tradición que sigue siendo vigente con atributos para desarrollar y presentando una solución económica.

2. ANTECEDENTES

La historia del bambú se remonta al inicio de la civilización en Asia; según Valenovsky, la planta tuvo su origen en la era cretácea un poco antes de la iniciación de la terciaria, cuando apareció el hombre. Los primeros elementos de ideografía china que existieron, fue un dibujo de bambú.¹

Para muchas tribus el bambú llegó a ser un elemento indispensable para su subsistencia, siguiendo la evolución histórica de la tecnología, muchos de los usos primitivos fueron el origen de herramientas y máquinas que hoy existen en acero así como formas que hoy son símbolo de la arquitectura contemporánea, entre ellos el Taj Mahal, en la India.

Los gigantescos puentes de Himalaya y entre China y el Tibet fueron el origen de los grandes puentes y cubiertas colgantes que hoy se construyen con cables de acero, resueltas con la tecnología más contemporánea. Es importante hacer notar que Thomas A. Edison, utilizó con mucho éxito en sus primeras bombillas eléctricas filamentos carbonizados de bambú.

Desde tiempos inmemoriales el bambú ha sido utilizado por muchos pueblos orientales como alimento humano y animal. En la actualidad se conocen 47 géneros y 1250 especies, ref 1, distribuidas en los continentes con excepción de Europa; en México esta planta se desarrolla regularmente en zonas tropicales; la especie que se estudia en este trabajo es procedente de la Huasteca Veracruzana. Actualmente es importante saber aprovechar los recursos disponibles en el medio; en nuestro caso mediante la disposición del conocimiento de una planta multiusos para el desarrollo de la humanidad, que además, su cultivo contribuirá a la conservación y crecimiento de la flora, asimismo a valorar y mejorar el producto elaborado con este material.

En México la utilización del otate ha desarrollado una técnica tradicional, producto de la experiencia recogida a lo largo del tiempo y del ingenio de los artesanos, el contacto directo con el material, desde que nace hasta su falla, les ha permitido desarrollar más formas y composiciones de mayor grado de dificultad, que le dan personalidad al trabajo haciendo la vivienda con tradición y siempre preocupándose por hacerla mejor.

¹ Hidalgo López, Oscar. Bambú
Colombia, Ed. Estudios Técnicos Colombianos Limitada, 1974.

3. CULTIVO DEL OTATE

Contemplar el cultivo del otate y la importancia de conocer sus propiedades biológicas complementa el presente trabajo para que los lectores tengan mejores posibilidades de incrementar la supervivencia de esta maravillosa planta. Debido a la gran cantidad de especies que tiene esta gramínea, en este trabajo se investigó la taxonomía, del material que se analizó, ref. 8 y 9.

Reino:	Spermatophyta
División:	Angiospermae
Clase:	Monocotyledoneae
Orden:	Poales
Familia:	Gramínea o Poaceae
Genero:	Bambusa
Subgenero:	Guadua
Especie:	Bambusa vulgaris Schrad. ex Wendl
Grupo:	Paquimorfo
Nombre científico:	Bambusa vulgaris
Nombre vulgar:	Otate

El otate en México regularmente se da en forma silvestre y su explotación ha sido sin control, ocasionando que las especies se extingan o degeneren; la forma de vida que ha llevado esta planta efectivamente ha sido un factor crítico en el éxito evolutivo del mismo y como todo ser vivo tiene derecho ha desarrollar. Con el fin de evitar esto se mencionan una serie recomendaciones para su explotación; porque el cultivo del otate como el de cualquier vegetal depende de una serie de factores y se debe cultivar con las atenciones que necesitan todas las plantas para mejorar sus propiedades, para nuestro caso esta planta se desarrolla en zonas tropicales con una humedad relativa alta que varía de 80% hacia arriba, en suelos areno-limosos y arcillo-limosos, en forma de bosquecillos, a la orilla de los arroyos, ríos en planadas y también en las partes altas, pero los tallos son de menor diámetro que los que se desarrollan a la orilla de ríos o arroyos, debido a la diferencia de humedad permanente.

- **Distancia de siembra.** Tomando en cuenta que el conjunto de otates que forman la mata brotaron a partir de un rizoma, éste conjunto de brotes procedentes de un rizoma se regeneran dando origen a nuevos tallos y son capaces de retoñar si los cortan, es por eso que la distancia recomendada para la siembra de otate es de 3 a 4.5 m debido a la ramificación en forma radial, de los rizomas que provoca la existencia de un número de tallos cada vez mayor, demostrando su sistema de retoño natural con patrones de posición irregulares; por lo tanto el rizoma puede considerarse como la unidad fundamental con capacidad efectiva para la propagación, fig. 2.



Fig. 2 Conjunto de matas de oate

- **Propagación.** La propagación puede ser por semilla resultante de la floración o utilizando partes de la misma planta tales como su rizoma o raíz y secciones de tallo que contengan yemas desarrolladas. Por rizomas es la forma más segura y efectiva de propagar el oate, la mejor época para sembrar los rizomas y secciones de tallos es cuando inicia el temporal de lluvias, en las zonas tropicales el temporal inicia a finales de junio hasta septiembre, fig 3.



Fig. 3 Distribución de los rizomas

Los nudos son puntos de formación de raíces y la altura del nudo que retoña es regulada por la luz que recibe, si la luz es débil el retoño se localiza casi superficialmente y si la luz es intensa éste se localiza a mayor profundidad aproximadamente a 3 cm. Es conveniente que la siembra del otate no sea tan superficial para que se proteja de la congelación durante el invierno y de los períodos de sequía que se presentan con más frecuencia. De esta forma se consigue proteger la mata de las condiciones externas desfavorables.

- **Crecimiento.** En condiciones normales y en la época de mayor desarrollo, el crecimiento promedio en 24 hrs, es de 5 a 10 cm. Esta extraordinaria capacidad de crecimiento vegetativo, no es regular porque depende de cada estación del año, normalmente se registran mayores crecimientos y regeneraciones en los temporales de lluvia. Este rápido crecimiento proporciona una variación estructural que responde a la autoprotección para afrontar el medio donde se desarrolla.

- **Florecimiento del otate.** Ver una mata de otate colmadas de flores amarillas, es uno de los fenómenos más extraordinarios que tiene, después del florecimiento la planta regularmente muere como ocurre con otras gramíneas como el trigo, la avena, la cebada, etc. ref. 1.

Las causas del florecimiento que se conocen son muy variadas y a la vez empíricas; pero se conoce que el otate se adapta a un medio y adquiere un ciclo de vida que puede variar en relación a otras zonas, este ciclo de vida varía de acuerdo a las condiciones del lugar donde se desarrolle. En el presente no se ha determinado un ciclo de vida en ninguna especie nativa en América, por lo tanto se considera que su ciclo de vida es muy largo.

- **Edad de corte.** Los tallos deben cortarse cuando están sazones, de 5 a 6 años, es la edad apropiada para su empleo en la construcción y para usos que requieren mayor resistencia a las sollicitaciones mecánicas; después su tallo comienza a ponerse blanco, y el rizoma se vuelve improductivo.

Conociendo las extraordinarias propiedades que posee este material renovable, es importante planear su explotación y continúa la reforestación, para contribuir a elevar y mejorar la producción, así como el nivel técnico de trabajo que promueva la competitividad del producto elaborado con otate.

- **Forma de cortar.** El corte se debe hacer sobre el primer nudo, de manera que el agua no se deposite en la zona del entrenudo y pudra el rizoma. Esta actividad puede desarrollarse en época de invierno cuando los insectos se encuentran en hibernación. El contenido de humedad varía según la estación del año, normalmente el valor más alto de humedad se registra durante la temporada de lluvias; tres veces mayor que en temporada seca. En el estado de Veracruz, la gente nativa de las zonas tropicales, corta el otate bien sazón, en la época de la "canícula", que es cuando hace mucho sol y hay luna llena, para que el material no se "pique". Esta costumbre se respeta porque ha dado buenos resultados, la gente corta el material cuando su contenido de humedad es bajo, por lo tanto hay menos posibilidades que sea atacado por los insectos y presenta menos contracciones, porque este último fenómeno depende del contenido de humedad original.

- **Limpieza.** En las matas congestionadas se deben cortar los otates de la periferia o los que obstaculicen el crecimiento vertical de los nuevos tallos asimismo de deben cortar los otates atacados por insectos o enfermedades y considerar el número de tallos a cortar de manera que siempre se tenga acceso al interior de la mata, para su cuidado y explotación.

- **Plagas y enfermedades.** Todos los vegetales son propensos a ser atacados por varios insectos; en la Universidad de Puerto Rico, se han hecho experimentos utilizando tallos maduros de otate, en los que se presentan perforaciones de aproximadamente 12 mm de diámetro y próximas a ellas otras perforaciones de 2 mm de diámetro. En el interior del entrenudo se encontró una larva blanca, rolliza de unos 5 cm de larga por unos 7 mm de diámetro en su parte más ancha, y la cabeza de color pardo ahumado con una "Y" invertida de color crema en la parte frontal a la que el doctor Adalberto Figueroa Potes, ha denominado "broca de la guadua", figs. 4a, 4b y 4c.



Fig. 4a Reducción de la corteza



Fig. 4b Destrucción del nudo



Fig. 4c Perforaciones del otate

Su explicación es que la mariposa deposita los huevos sobre la guadua; una vez que estos eclosionan, la larva recién nacida hace la perforación de los 2 mm y se introduce en el entrenudo, cuando ya está desarrollada abre de adentro hacia afuera la perforación de los 12 mm para salir convertida en mariposa, ref 2.

Además de estas perforaciones unos tallos aparecen con entrenudos destrozados por la acción del pájaro carpintero. Durante su desarrollo los otates sanos deben dejarse siempre, los atacados por insectos o enfermedades deben ser cortados.

- **Contenido de humedad.** El contenido de humedad decrece con la altura, a partir de la base del tallo; varía según la edad y la estación del año, como se explicó anteriormente. Las variaciones de contenido de humedad, producen cambios volumétricos que pueden ocasionar problemas en las aplicaciones estructurales e influye en la durabilidad porque cuando su contenido es alto el material es susceptible al ataque de los hongos. Por ello debe someterse previamente a un secado.

Para reducir al mínimo los cambios de dimensión durante su trabajo el contenido de humedad debe aproximarse al 18%, en esta condición no sobreviven los organismos que lo deterioran; cuando se llega a este contenido de humedad el volumen ha disminuido y las propiedades mecánicas han aumentando.

Cuando el otate esta trabajando en un medio en que se mantienen constantes la temperatura y la humedad relativa, el contenido de humedad tiende a estabilizarse, reduciendo los cambios dimensionales indeseables y el biodeterioro. Una de las razones del secado es mejorar sus propiedades como material estructural y aplazar su permanencia.

4. METODOS DE PROTECCION

Normalmente los materiales empleados en la construcción son susceptibles a deteriorarse con el tiempo, la durabilidad es un factor importante en el uso estructural. Después de haber cortado el otate debe tratarse para hacerlo más resistente al ataque de los insectos, intemperismo, humedad, fuego, desgaste mecánico, etc.

- **Curado en la mata.** Durante el corte los otates deben permanecer verticales aislándolos del suelo sin quitarles las hojas, para conseguir un mayor secado y que la savia contenida en la estructura del material sea consumida por el mismo; durante cuatro a ocho días aproximadamente. Durante este período los tallos conservan su color, no se rajan y no son atacados por hongos.

- **Secado al aire.** Consiste en colocar horizontalmente los otates bajo una cubierta, protegidos del sol y de la lluvia; separando verticalmente una capa de otra y lateralmente medio diámetro entre pieza y pieza; para permitir la circulación del aire.

Después de dos meses el contenido de humedad se reduce proporcionalmente al del medio ambiente que lo rodea. El proceso de secado tiene un papel muy importante, porque se debe extraer la humedad antes de poner en servicio el material, hasta un grado cercano al que va a tener cuando este trabajando. La localización del sitio de secado, debe ser en una parte elevada que permita una buena circulación de los vientos, alejado de un depósito de agua, donde la tierra y el aire continuamente están húmedos.

- **Tratamientos.** Una vez que el material está seco, se debe dotar de una mayor protección con sustancias químicas preservadoras, dependiendo del trabajo que va a tener el material y de la técnica que se pueda aplicar. La técnica que se describe a continuación tiene un buen grado de efectividad y las sustancias que se recomiendan no son tóxicas y pueden prepararse sin tener conocimientos técnicos avanzados.

- **Técnica de tratamiento por inmersión, ref. 1.** Este método consiste en sumergir totalmente los tallos de otate en un depósito con una sustancia preservante, según el uso final del material a tratar. La aplicación de este método varía según el tipo de sustancia. Se recomienda tener un densímetro en el sitio de tratamiento, para que siempre se conserve la misma densidad y que todo el material absorba el mismo grado de preservante.

- **Con pentaclorofenol.** El material a tratar debe estar bien seco ya que en estado verde con mucha humedad no absorbe el preservante. Esta sustancia se emplea para tratar tallos que van a estar bajo tierra, o en contacto con la humedad o el agua. Su efecto es como el de un sellador impermeable ante los insectos, con la particularidad de no manchar el material tratado.

Los otates deben sumergirse durante 5 días, en una mezcla de 5% de pentaclorofenol en diesel, "porcentaje en volumen", por ejemplo: para un depósito de 100 litros, mezclar 5 litros de pentaclorofenol en 95 litros de diesel. El depósito puede ser de metal galvanizado o plástico; al sacar los postes deben inclinarse para que salga el exceso de preservante. Todo el proceso de tratamiento se recomienda hacerlo en un lugar con suficiente ventilación. No es conveniente pintar los recipientes que contienen la sustancia preservante, debido a que podría mancharse el material a tratar.

- **Cromato de zinc clorado cobrizado.** Consiste en 73% de cloruro de zinc, 20% de bicromato sódico y 7% de cloruro de cobre "porcentaje en peso"; esta mezcla se disuelve en 100 litros de agua. Tiene la ventaja de dar protección de contra los hongos, los insectos y el fuego. El otate puede pintarse, no tiene un olor desagradable y su permanencia es buena, el material tratado no puede emplearse para estar en contacto con la humedad o el agua.

Esta sustancia tiene la virtud de que si el material ya trae bacterias u hongos, los elimina. El período de tratamiento consiste en sumergir durante 3 días, al material en un depósito con preservante. La ventaja que tiene este método, es que el depósito que contiene al preservante, puede ser de cualquier material.

Para elaborar esta sustancia se deben mezclar 3.65 kg de cloruro de zinc, 1 kg de bicromato sódico y 0.35 kg de cloruro de cobre en 100 litros de agua.

- **Cromato de cobre ácido.** Consiste en iguales cantidades de sulfato de cobre y bicromato sódico, disueltos en agua con suficiente cantidad de ácido acético para mantener los preservativos en solución. Este método proporciona una buena protección contra hongos e insectos, además de que no tiene mal olor, el otate o la madera pueden pintarse y usarse en contacto con el suelo y el agua.

La duración de tratamiento es de 3 días y también se puede usar un depósito de cualquier material que se adapte a las características de los otates.

Para hacer esta mezcla, inicialmente se debe disolver en 100 litros de agua, 1 kg de bicromato sódico e ir agregando poco a poco y cuando ya no se pueda disolver fácilmente, agregar un poco de ácido acético, hasta la completa disolución del bicromato sódico; posteriormente debe adicionarse la misma cantidad en peso que se uso de bicromato sódico pero ahora de sulfato de cobre. La cantidad máxima de químicos, que se debe usar en 100 litros de agua es de 2.5 kg de sulfato de cobre y 2.5 kg de bicromato sódico.

Para los anteriores métodos de protección el otate debe sumergirse en la solución por un mínimo de 3 días, porque es difícil que el otate absorba rápido la sustancia conservadora, debido a que esta tiene que vencer los obstáculos de la savia seca que en un principio se encontró en las células de parénquima y especialmente en la zona de los nudos.

Los productos químicos requeridos para la preparación de estas sustancias preservadoras, pueden adquirirse fácilmente en droguerías más establecidas o con algún proveedor de sustancias químicas, que permitan asegurarse que la adquisición de estas productos tienen un grado de pureza aceptable y se puedan seguir los métodos recomendados de manera natural. Como medida de seguridad en el manejo de las sustancias químicas, así como en el tratamiento del otate es conveniente utilizar guantes de Latex, " de plástico resistente al contacto con los químicos".

5. MORFOLOGIA Y ESTRUCTURA CELULAR DEL OTATE

Este singular material que existe de manera natural en parte del territorio nacional, se produce formando matas, que se desarrollan ramificándose en forma radial produciendo tallos elásticos, flexibles y resistentes, debido a sus propiedades naturales que le permiten afrontar las solicitaciones del medio donde se desarrollan.

Desde el momento que uno observa la relación diámetro-altura, es lógico aceptar que este material posee una enorme resistencia a la flexión y más, si consideramos que constantemente esta expuesto a vientos fuertes; el otate permite exitosamente esta sollicitación; sin embargo debido a su característica anatómica, su estructura tiene un sistema de elementos mecánicos combinados y colocados en toda su longitud, que trabajan homogéneamente adquiriendo una gran elasticidad, incluso con poca cantidad de material y peso, influyendo las características de su sección.

Desde que brota el otate, se aprecian sus cualidades básicas, dignas de estudio; la vaina que sale primero encierra totalmente y protege al brote, sirviendo para sostener el tallo en una posición vertical, ya que sin ésta, los tallos podrían romperse por estar tiernos, por la inmensa conducción de sustancias y por las estructuras anatómicas que se están definiendo.

- **Tallo.** El otate es de forma tubular circular de superficie lisa, surcado y con ramificaciones; consiste principalmente de células parenquimatosas medulares con haces de conducción y elementos mecánicos asociados y colocados en toda su longitud a distancias regulares de donde pueden brotar ramas.

Las fibras más cerradas así como el tejido mecánico se localiza en la periferia de la sección, esto define la capacidad a la compresión y flexión; la parte superior de los otates normalmente tiene menos vacío y por lo tanto el tejido mecánico está más centralizado, esto señala que la capacidad del otate en esta zona es más efectiva a la fuerza de tracción.

Normalmente la parte inferior del tallo es de mayor sección debido a que en estos tejidos de la base se almacenan sustancias nutritivas, cuya concentración es proporcional al espesor de la pared, presentando una disminución gradual ascendente en toda su longitud; esto indica que la estructura y las propiedades del otate cambian en función a su altura. Esta aleación regular de entrenudos largos y cortos con paredes delgadas y gruesas a lo largo del tallo, hacen una combinación estructural, que responde a su propia organización, así como a los cambios producidos por su propia naturaleza.

- **Entrenudo.** Es la fracción del tallo, entre nudo y nudo, en cada nudo hay un tabique transversal que separa por completo la cavidad dentro del cuerpo. Este arreglo modular que consiste en zonas huecas, se presenta como una hilera de tubos divididos por diafragmas de pared relativamente delgada que tiene concentrados los elementos de tejido mecánico que le dan al tallo completo una buena elasticidad.

Todas las fibras tienen una protección mecánica por una cubierta perimetral exterior "endormis" muy resistente y cubierto por una capa "epidermis" hacia el vacío. Estas películas que cubren el otate y especialmente la exterior le aporta mucha resistencia a la absorción de agua, especialmente cuando está seco. El tallo de la planta está constituido por haces de fibras que son los vasos por donde fluyen el agua y la savia.

- **Células de parénquima.** El tejido del parénquima separa las fibras evitando que éstas se toquen pero haciéndolas trabajar como un todo; estas células están colocadas en forma horizontal y funcionan como el aglutinante en el concreto, son las que se encargan de congelar la forma natural del otate. Debido a que las células de parénquima están conectadas por filamentos intercelulares, cuando mueren dejan vacíos intermoleculares dejando que solamente los nudos unifiquen el trabajo del otate, es por eso que este material es más flexible cuando está en la mata.

En éstas se almacenan los nutrientes, y su tejido es más elevado en el primer tercio inferior disminuyendo en la parte alta, siguiendo una misma dirección en sentido vertical, colocadas una sobre otra en forma de ojuelas.

- **Nudo.** Los nudos son elementos localizados entre vacío y vacío, que separan transversalmente un entrenudo de otro; están conformados por un denso tejido con numerosas capas de células parenquimatosas planas conectadas por filamentos intercelulares. Los nudos tienen fibras en más de dos direcciones que forman un conjunto con el parénquima, esta asociación entre células y fibras componen un tejido mecánico, sólido que aporta al otate una gran resistencia y elasticidad.

Esta región que normalmente es sólida con un tejido integral de filamentos que se desarrollan dentro del nudo, permiten la reorientación de las fibras longitudinales y a la vez tienen un gran potencial para dar surgimiento a un nuevo retoño, asimismo conecta las fibras de las ramas con el tallo base.

El tejido del otate es una estructura formada por células y fibras, éstas últimas son normalmente largas y rectas, cuya longitud es de 100 veces su diámetro, según ref. 5. Las fibras más largas, más duras y de menor diámetro se encuentran en la periferia de la sección, en contraste a lo que sucede hacia el centro, conformando un tubo con el perímetro más resistente de altas propiedades mecánicas.

En el entrenudo las fibras se presentan paralelas al sentido vertical y en el nudo, tiene un arreglo en dos direcciones, por lo tanto mecánicamente aquí se hace la acción de diafragma, y anatómicamente a partir de aquí se transporta el líquido en sentido horizontal, dando origen a las fibras que llegan a las ramas. Este análisis sobre la estructura celular y morfológica, se complementa con las figs. 5a, 5b, 5c, 5d, 5e y 5f, que ilustran las imágenes obtenidas durante los estudios de microscopía óptica. Ilustran las imágenes obtenidas durante los estudios de microscopía óptica.



Fig. 5a La cubierta exterior del otate se observa de color verde con superficie granulosa y se alcanza a ver el sistema de fibras que forman la estructura celular del otate; 15 aumentos.



Fig. 5b Corte longitudinal del otate, que exhibe el arreglo de fibras paralelas en posición vertical separadas por material esponjoso color blanco cristalino que refleja la luz, " célula de perénquima"; 20 aumentos.

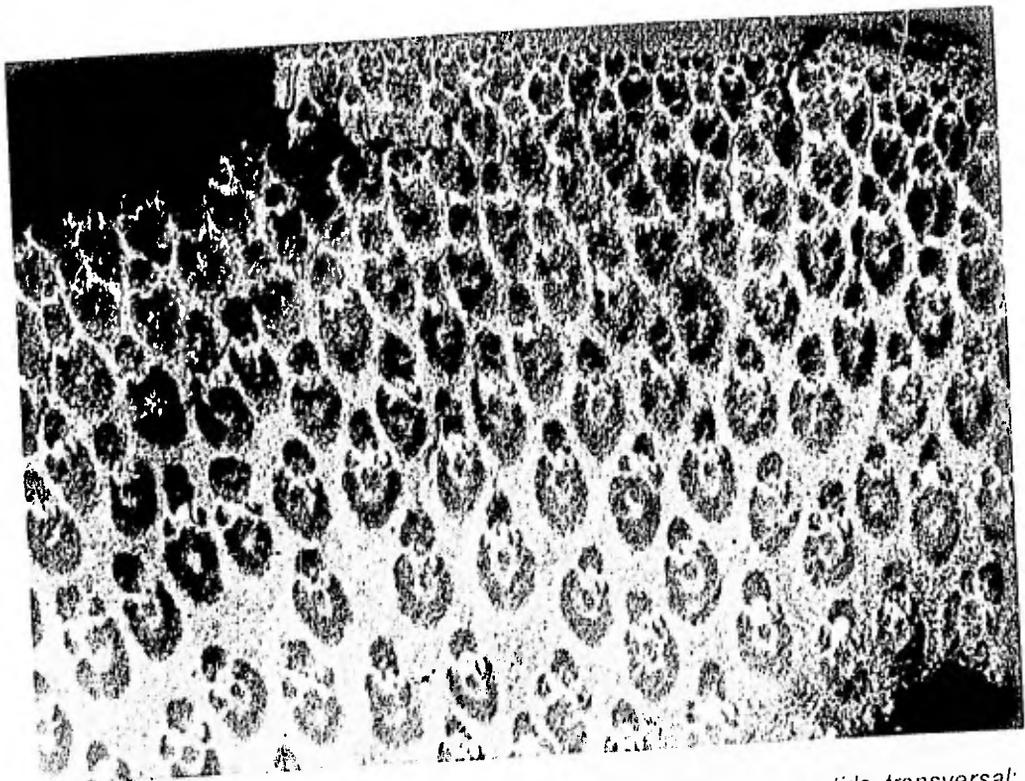


Fig. 5c Vista general del orden que tiene la estructura celular en sentido transversal; se observa mayor número de fibras en el perímetro de color más oscuro, con menos material que las separa, en contraste a lo que se ve hacia el centro; 10 aumentos.

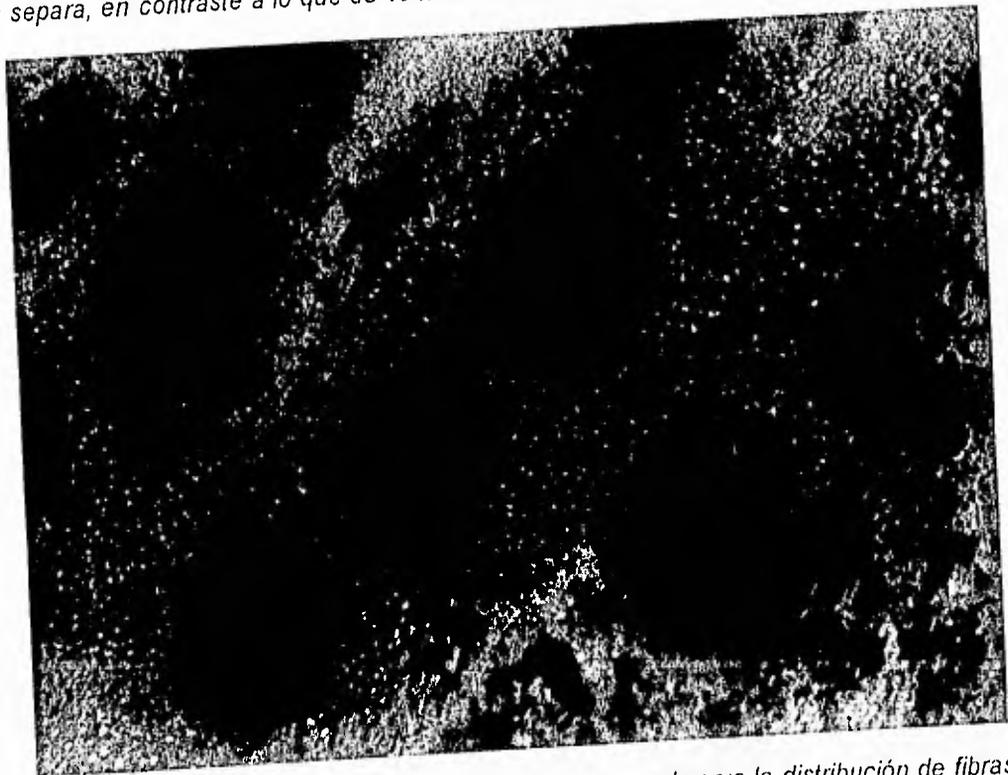


Fig. 5d Acercamiento de la estructura celular del nudo; se observa la distribución de fibras en más direcciones, de forma elíptica y con dos orificios de color más claro; 20 aumentos.

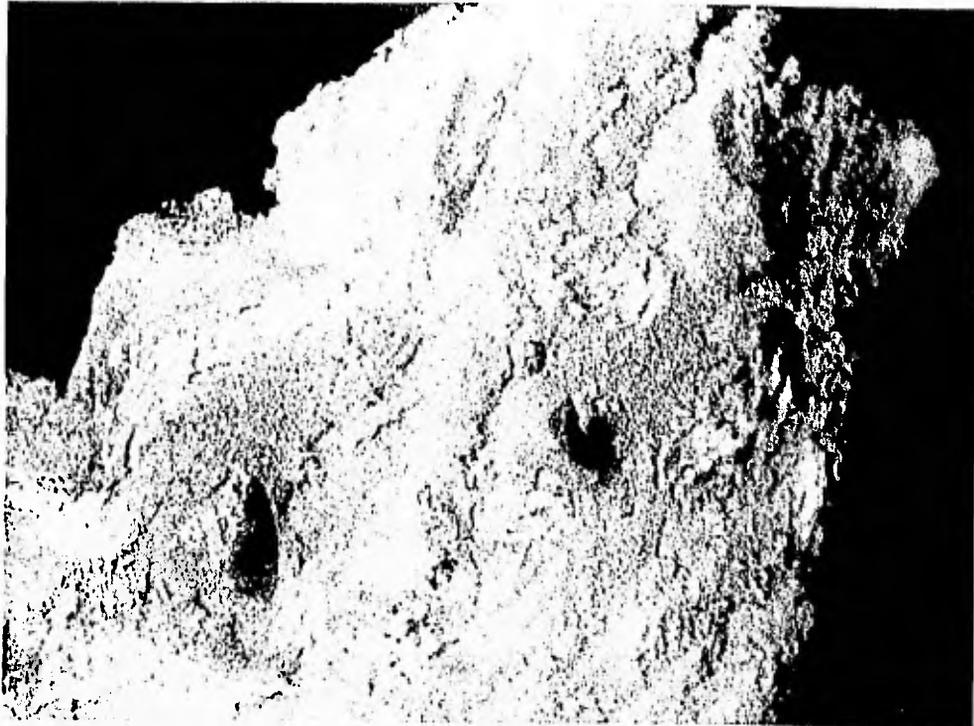


Fig. 5e Vista general del nudo, exhibe una estructura más densa con un arreglo de fibras en varias direcciones que conforman el tejido más resistente; 15 aumentos.

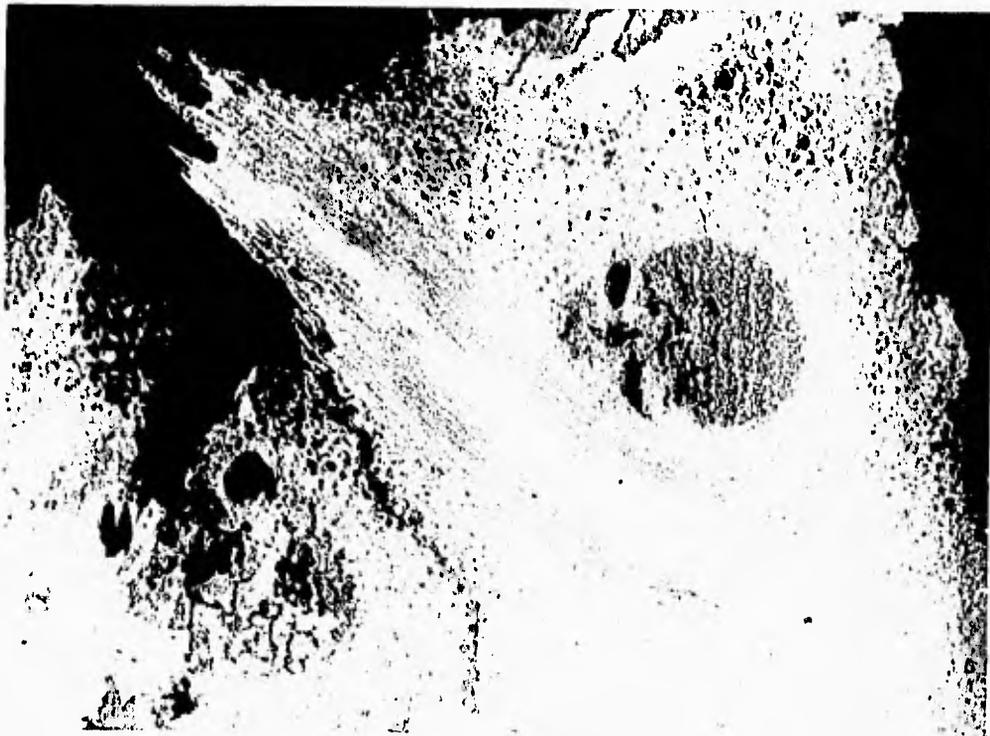


Fig. 5f Acercamiento del nudo; se define más la estructura del material esponjoso, cristalino y transparente que rodea a las fibras en distintas direcciones, de color ámbar formadas por un conjunto de fibras más pequeñas; 30 aumentos.

6. PROPIEDADES GEOMETRICAS Y MECANICAS

El conocimiento de las propiedades que caracterizan a los materiales o secciones que forman un sistema estructural, es de gran importancia para el diseño estructural y para la creación de obras plásticas. En esta sección definiremos conceptos usuales en el área de las estructuras, con la intención de hacerlos más sensibles durante el análisis de las propiedades del otate que nos conduzcan hacia una aplicación más técnica como elemento estructural y saber determinar la capacidad de éstos, sometidos a un estado de esfuerzos y deformaciones.

En función al trabajo de investigación que condujo a estudiar el otate en forma directa, se determinaron las características físicas promedio del material, tal como se encuentra en forma natural y disponible, para tener un registro de las magnitudes del material disponible en cantidades considerables.

Especie	Altura Prom.	Diámetro Ext.	Espesor	Sep. de Nudos
Bambusa vulgaris	8.5 m	9 - 3 cm	2.3 - .9 cm	21 cm

El otate es de estructura tubular circular, reforzada a intervalos por medio de los tabiques transversales de los nudos, que separan la cavidad de los entrenudos y dan mucha resistencia al material.

- **Sección.** El otate como todos los elementos empleados en el diseño estructural son cuerpos de tres dimensiones, dos de éstas constituyen su sección y la otra su longitud. La sección de cualquier forma está definida por su perímetro. Para nuestro caso el otate es un anillo circular, de sección variable proporcional a su altura, así como su espesor y la distancia entre los nudos.

Para analizar las propiedades geométricas de la sección, se tomó una fracción de la parte central de su longitud relacionando los resultados, con los de una sección circular del mismo diámetro y una sección cuadrada, tangente a su intersección con los ejes ortogonales.

- **Area.** Es el número de unidades contenidas en la superficie de la forma, que nos permite definir la magnitud de la sección:

Sección	Lado (cm)	ϕ Exterior (cm)	ϕ Interior (cm)	Area (cm ²)	%
Cuadrada	6.00			36.00	100
Circular		6.00		28.27	79
Tubo circular		6.00	2.80	22.12	61

El área de material que contiene la envolvente es bajo, porque su forma de anillo circular le permite incrementar las dimensiones de su sección con poco volumen de la corteza. Estos datos permiten determinar que el tubo circular tiene un área de 21.75%, menor que la sección circular.

- **Peso.** La importancia de conocer esta propiedad se determinó siguiendo el comportamiento de varias piezas a través del tiempo y se encontró que el peso volumétrico del otate es muy variable; del momento de corte a cuando tradicionalmente se emplea en la construcción, el peso se reduce un 53%, esto corrobora que al emplear materiales como el otate para elemento estructural se reducen las cargas muertas y su eficacia es alta respecto a la cantidad necesaria de material para desarrollar un trabajo estructural.

- **Centroide.** Es el punto en el que todo sistema de fuerzas, debidas a la atracción de la gravedad, puede contrarrestarse con una sola fuerza. La distancia perpendicular de este punto a cualquier eje, multiplicada por su área, es igual al momento de la superficie respecto al eje. La posición del centroide de las tres secciones analizadas se localiza en la intersección de los dos ejes de simetría, coincidiendo con su centro geométrico.

- **Momento de inercia.** Es la resistencia que tiene un cuerpo a ser alterado. El momento de inercia respecto a un eje, es mayor cuando la fibra extrema está más alejada del centroide; y sirve para definir la forma y la posición de una sección respecto a un eje, así como percibir la rigidez de los elementos, La inercia que posee la forma natural del otate es alta y constante en cualquier dirección. Porque está en función de su geometría.

Sección	Area (cm ²)	%	I (cm ⁴)	%
Cuadrada	36.00	100	108.00	100
Circular	28.27	79	63.62	58.91
Tubo circular	22.12	61	60.60	56.11

En esta matriz de resultados se aprecia que el tubo circular tiene un área de 21.75% menor que la sección circular, pero su inercia es solamente 4.75% menor. esto nos dice que aunque exista una diferencia considerable en área, las rigideces de estas secciones son muy similares.

- **Módulo de sección.** Esta propiedad es muy importante, en el diseño de vigas, para determinar la sección capaz de resistir la flexión, así como la posición de éstos elementos, a continuación se presentan los resultados de análisis de esta propiedad.

Sección	Area (cm ²)	I (cm ⁴)	%	s (cm ³)	%
Cuadrada	36.00	108.00	100	36	100
Circular	28.27	63.62	58.91	21.2	58.88
Tubo circular	22.12	60.60	56.11	20.2	56.11

El módulo de sección del tubo circular es 4.72%, menor que el la sección circular, esto nos indica que la efectividad del tubo circular se acerca mucho al de una sección circular, obviamente con mucho menos cantidad de material y de peso.

- **Radio de giro.** Es la distancia del eje neutro de la sección a un punto donde se puede considerar concentrada toda el área y se determina respecto al eje que se usa para calcular el momento de inercia. Esta propiedad es muy usual en el diseño de columnas, para determinar la capacidad de los elementos y para que la excentricidad de acción de la carga no solicite esfuerzos de tensión.

Sección	Area (cm ²)	I (cm ⁴)	s (cm)	r (cm)	%
Cuadrada	36.00	108.00	36	1.73	100
Circular	28.27	63.62	21.2	1.5	86.75
Tubo circular	22.12	60.60	20.2	1.66	95.95

El radio de giro del tubo circular es 9.64% mayor que el radio de giro de una sección circular, esto nos permite afirmar que efectivamente la sección natural del otate, es muy efectiva para trabajar a compresión.

Los valores de las propiedades geométricas de la sección natural del otate nos han permitido examinar, que esta sección inteligente desarrollada y experimentada por la naturaleza, adicionándole las propiedades mecánicas del material, lo coloca como un material de prefabricación natural, listo para aplicarlo y lograr obras económicas y eficaces.

- **Módulo de elasticidad.** La elasticidad es la propiedad que tienen los materiales para recuperar naturalmente su condición inicial, una vez que se liberan de la fuerza que los ha deformado.

"Los materiales que forman una estructura se usan aplicándoles fuerzas de trabajo, que no rebasen los límites de elasticidad; por ejemplo: si una viga se sobrecarga, y al descargarla queda flexionada, aplicándole otra carga acabaría por romperse ". ref 7.

Por eso ésta propiedad tiene mucho interés para el diseño estructural, porque relaciona el esfuerzo unitario entre la deformación unitaria, dentro de los límites de la elasticidad. Conocida la importancia que tiene esta propiedad en el trabajo permanente de un sistema estructural, o en la concepción para que éste trabaje en condiciones permisibles. El módulo de elasticidad del otate se investigó con pruebas físicas que se explicarán más adelante.

- **Fuerza.** Es toda acción capaz de cambiar la conducta original de un cuerpo. Los miembros que forman una estructura están sometidos a fuerzas exteriores e interiores. Las fuerzas exteriores actúan desde afuera de los límites de su perímetro como son las cargas y las reacciones. Las fuerzas interiores son aquellas ocasionadas por las fuerzas exteriores y actúan en el interior del cuerpo alterando la distancia entre sus partículas y se traduce en deformaciones.

- **Esfuerzo.** Es la resistencia a las deformaciones o cambios de dimensión, que presenta un cuerpo sujeto a fuerzas internas. Representándose en una fuerza por unidad de área.

Para efectos de análisis mecánicos y estructurales el estudio de las deformaciones de un elemento, requiere conocimiento del material por medio de la resistencia de materiales, así como del sistema estructural que nos definirá el trabajo de cada elemento. Porque al actuar cargas externas en un elemento rígido, éste ejercerá fuerzas internas y las transmitirá a todo el sistema, traduciéndolas en fuerzas o momentos; que para resolver el equilibrio del sistema, éste solicita fuerzas o momentos en sentido contrario que impidan el movimiento o rotación de los elementos.

- **Propiedades mecánicas.** El otate a través del tiempo ha sido uno de los materiales de construcción de uso más diversificado que ha existido. Para determinar las dimensiones que deben tener los elementos que forman un sistema estructural se deben conocer las propiedades geométricas y mecánicas de los materiales y los efectos producidos por las acciones que actúan sobre ellos. En esta investigación, su capacidad se evaluó en el laboratorio, para corroborar y cuantificar sus extraordinarias propiedades al trabajo que solicitan las estructuras.

Antes de pasar a la etapa de diseño de estructuras es muy importante el conocimiento directo de las propiedades del material y presenciar su trabajo, porque el otate que se desarrolla en México, es silvestre, esto ocasiona que la planta por sí sola afronte el medio donde se desarrolla; esta forma de vida ha impedido que se mejore la especie que se continúa utilizando de manera natural en la arquitectura venácula, causando una degeneración de la especie con características muy específicas que difícilmente

son compatibles con estudios contenidos en publicaciones extranjeras.

Para desarrollar esta investigación se estudiaron las propiedades geométricas del material y se sometieron a pruebas mecánicas segmentos de otate, obteniendo información que nos permite analizar y diseñar sistemas estructurales. A continuación se sintetiza los resultados del material sometido a pruebas físicas; desarrolladas en el laboratorio.

Prueba	Esfuerzo
Tracción	927 kg/cm ²
Flexión con entrenudo en el apoyo	43 kg/cm ²
Flexión con nudo en el apoyo	94 kg/cm ²
Compresión	332 kg/cm ²
Cortante	34 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	184,949 kg/cm ²

Estos resultados son el valor promedio de la resistencia última registrada durante las pruebas y se aceptan como resultados conservadores, porque los materiales como el otate mejoran sus propiedades mecánicas y disminuyen su peso propio a medida que baja su contenido de humedad. Las muestras que se tomaron para desarrollar las pruebas tenían un mes de haber sido cortadas. A continuación se describe el trabajo del material, durante las distintas pruebas de laboratorio, así como sus respectivas gráficas que ilustran el comportamiento de las piezas durante las pruebas; observando la gráfica se podrá tener una idea sobre el comportamiento del otate, su rango elástico, su fluencia, su ductilidad y su módulo de elasticidad.

- **Tracción.** Inicialmente se ensayaron fracciones de la parte media de la longitud natural de un otate, éstas tenían un ϕ ext. = 6.81 cm y un ϕ int. = 3.28 cm en promedio; pero el ensaye no fue aceptado como efectivo porque nunca fue posible romper las fibra, debido al deslizamiento de las mordazas; si se optaba por apretar más las muestras, éstas se resquebrajaban, posteriormente se decidió rellenarlas con azufre, para poderlas sujetar con mayor fuerza, y aún así las mordazas se deslizaron y no fue posible concluir esta segunda fase de pruebas.

También se ensayaron tabillitas con una longitud de que no rebasó el entrenudo, a las cuales se les colocaron mordazas para elementos primáticos, aquí también la máquina nunca pudo romper las fibras, la falla en todos los ensayes se localizó en la zona de las mordazas, debido al aplastamiento que se generó al sujetar los espécimenes; la combinación de aplastamiento más fuerza de tracción que se concentro en la zona de las mordazas, evitó que la fibra falle únicamente por tracción directa. Debido a que la falla siempre se localizó en la zona de sujeción, se considero que los resultados no tenían la valdez que se buscaba, por lo que se decidió hacer más experimentos.

En la última etapa de pruebas el ensaye se efectuó en segmentos de la parte superior del otate, a los cuales se les colocó mordazas para barras, que los sujetan a la máquina y le transmiten una fuerza axial a tracción; durante esta etapa las muestras si fallaron por la fuerza de tracción y en todos los espécimenes ésta se presentó perpendicular a la fuerza aplicada localizándose siempre en los bordes del nudo, debido al cambio de sección y a la ligera desviación que los nudos le imponen a las fibras, ver figs. 6a, 6b y 6c.

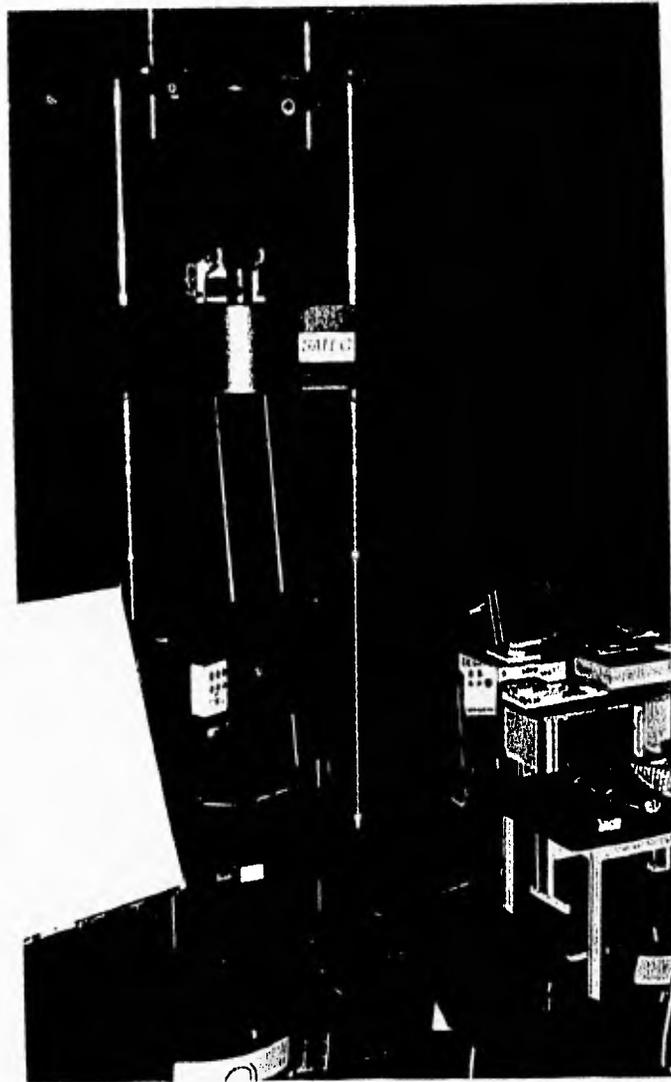


Fig. 6a Máquina universal donde se realizaron las pruebas mecánicas.



Fig. Tablilla ensayada a tracción.



Fig. Falla del otate a tracción directa.

PROYECTO ?
MARCA DE LA BARRA ?

BAMBU ESTRUC.
BAMBUUSA VULGAR

PROCEDENCIA ?
DESIGNACION ?

VERACRUZ
6 e

Test Date 03-09-95
Tested By Engineer
Test ID 00000697
Gage Length 200.000 mm
Peak Load 4760 Kg

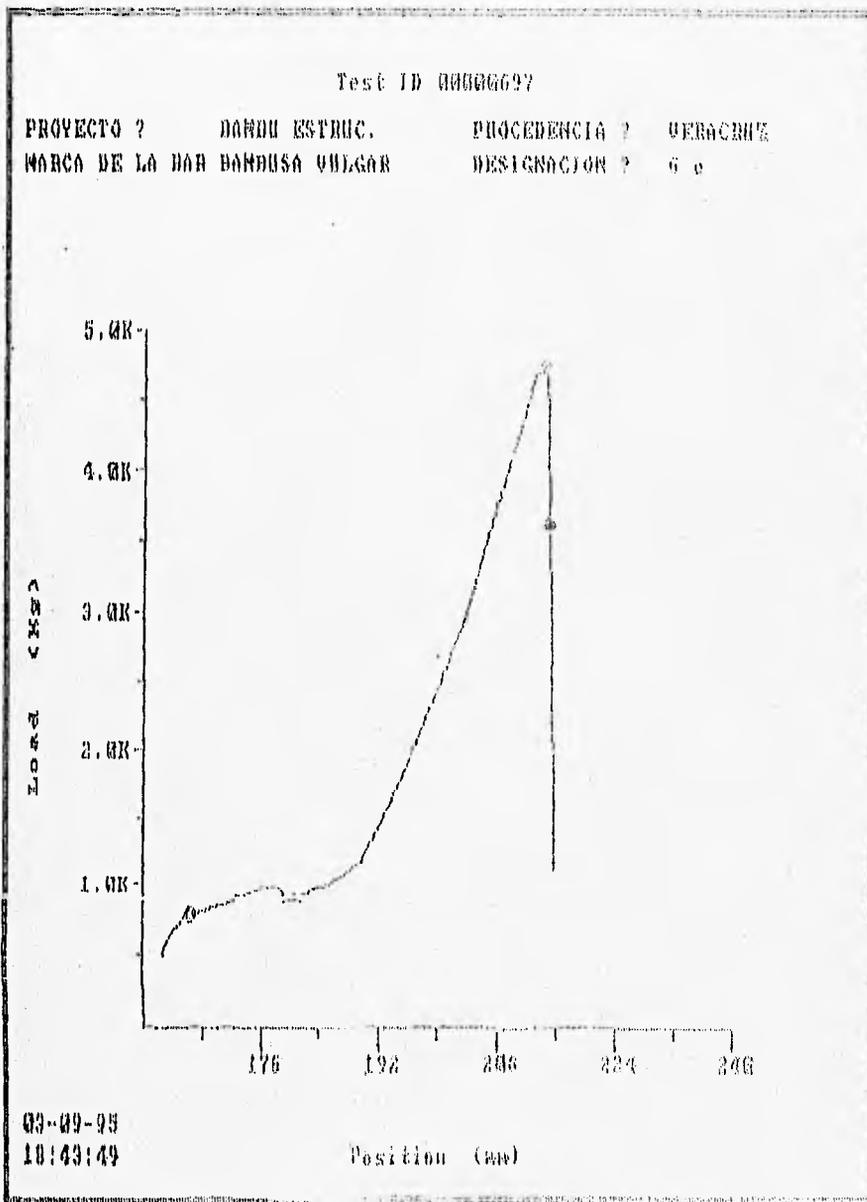
Test Time 18:43:49
Specimen Area 613.5 mm²
Reduc of Area 0.24 %
Tensile Stren. 7.75 Kg/mm²
Breaking Load 3610 Kg

Halt of Ld Yield 1.32 Kg/mm²

Upper Yield 1.32 Kg/mm²
Total Elong. 25.00 %

Lower Yield 1.30 Kg/mm²

Area 613.480 mm



PROYECTO ?	BANCO ESTRUC.	PROCEDENCIA ?	VERACRUZ
MARCA DE LA BARRA ?	BAMBUSA VULGAR	DESIGNACION ?	6 h
GRADO ?	1		
Test Date	03-16-95	Test Time	19:23:00
Tested By	Engineer		
Test ID	00909711	Specimen Area	562.9 mm ²
Gage Length	200.000 mm	Reduc of Area	0.49 %
Peak Load	8070 Kg	Tensile Stran.	10.90 Kg/mm ²
		Breaking Load	1770 Kg

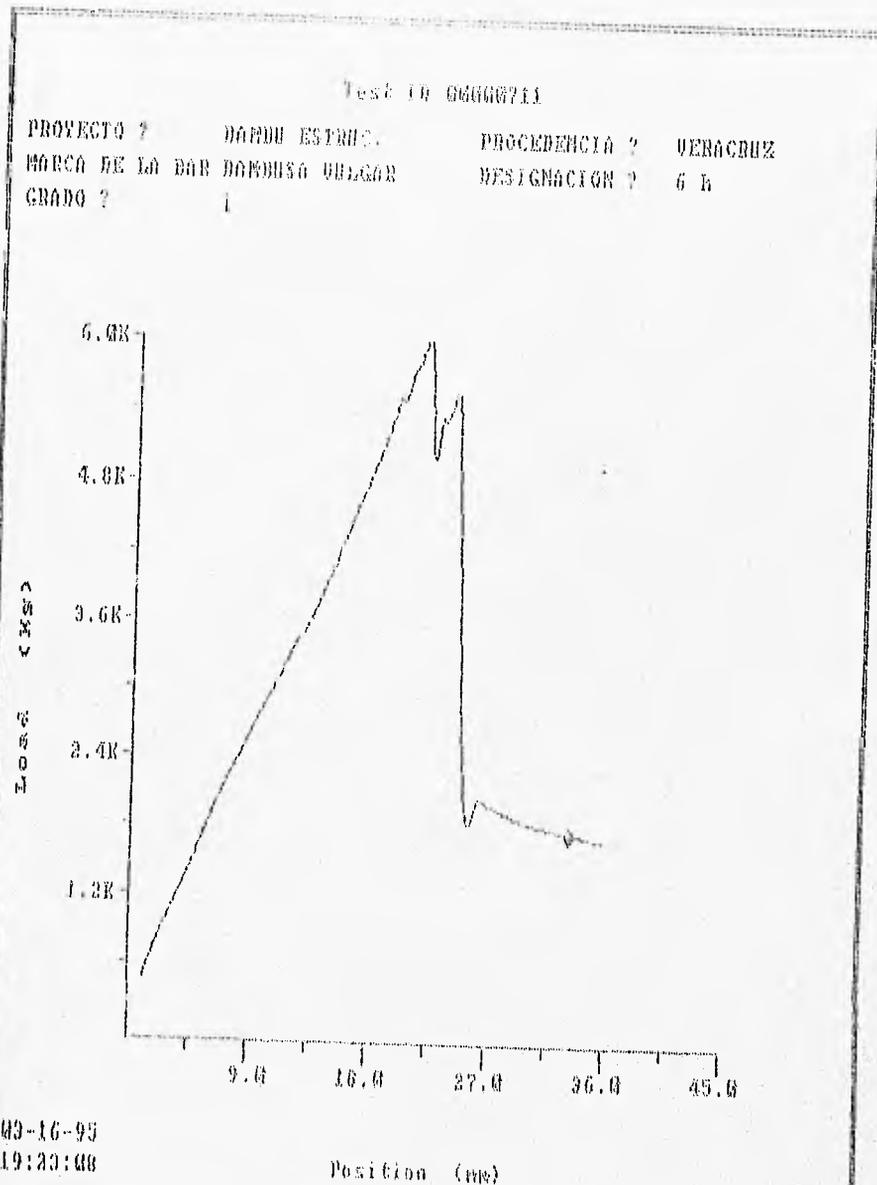
Half of Ld Yield

Upper Yield

Lower Yield

Total Elong. 5.00 %

Area 562.760 mm



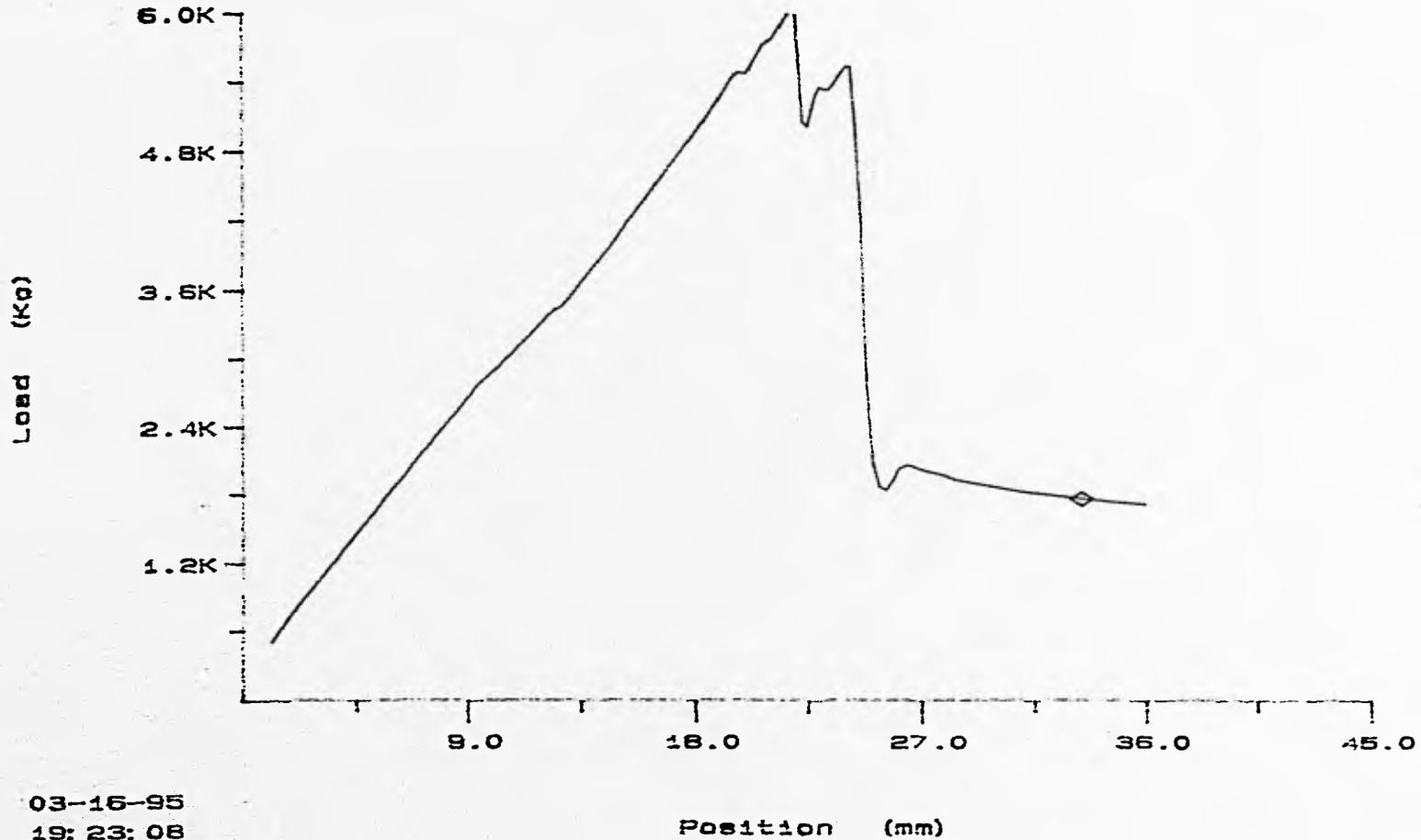
Test ID 00000711

PROYECTO ?
MARCA DE LA BAR
GRADO ?

BAMBU ESTRUC.
BAMBUSA VULGAR
1

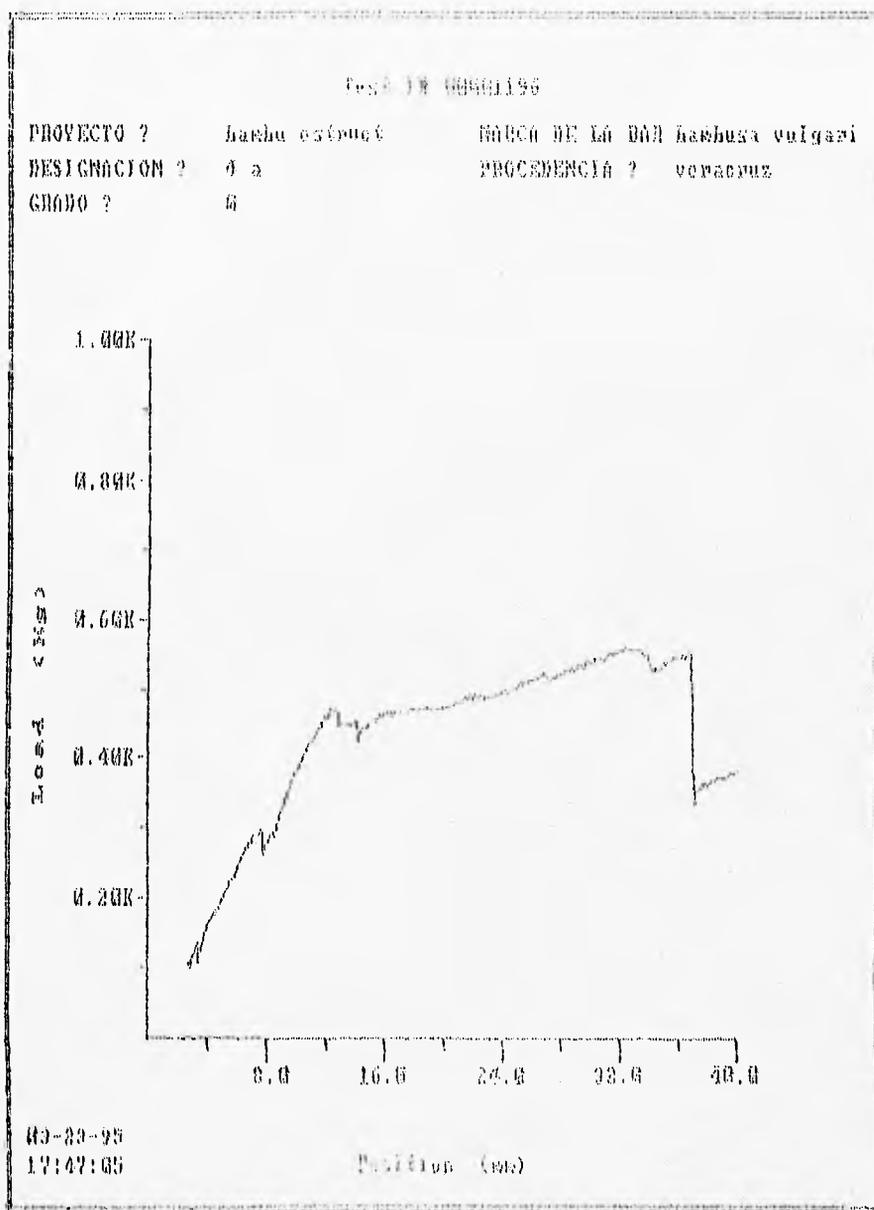
PROCEDENCIA ?
DESIGNACION ?

VERACRUZ
6 h



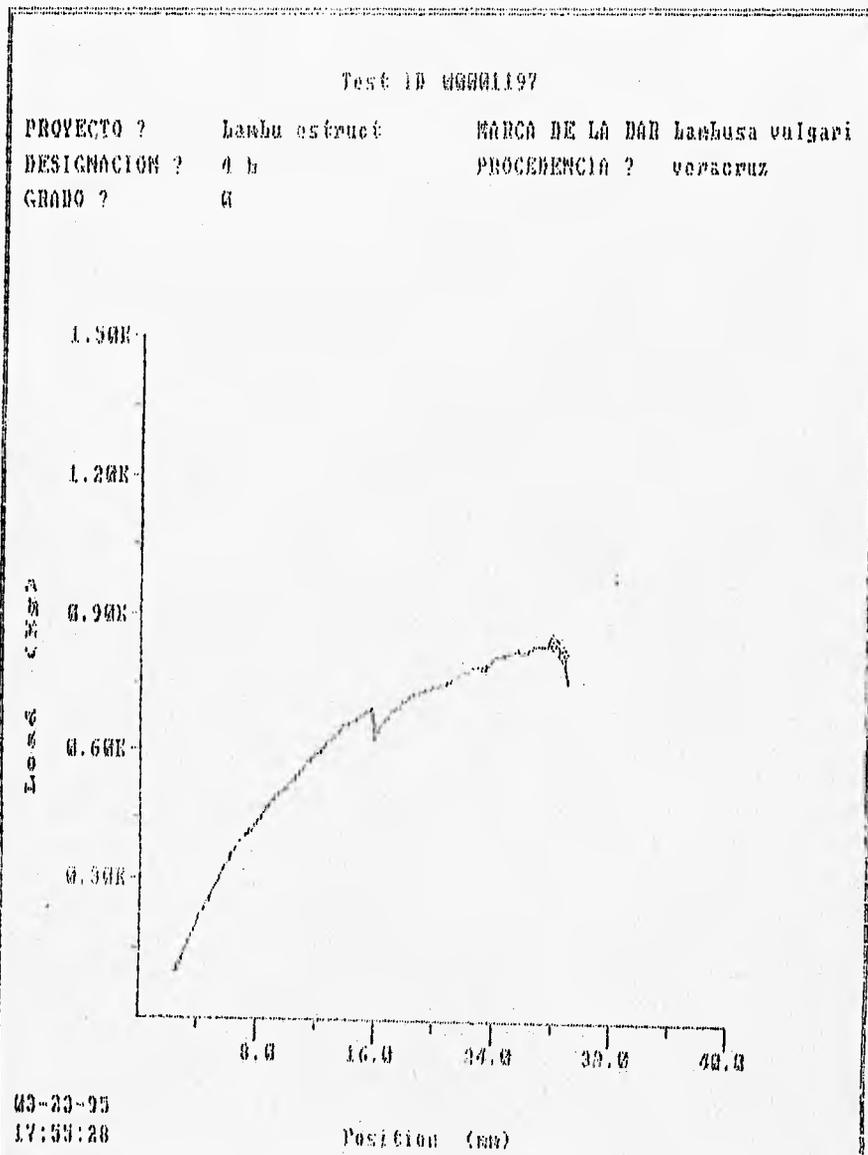
Al momento de analizar las gráficas 6e y 6h, de esta prueba, se observa una precarga y la deformación que ilustra es muy grande, esto último es porque durante el incremento de carga las mordazas se barrieron debido a que la capa exterior de la corteza del material es de una superficie muy lisa. Aún con mordazas para barras, sí presenta una conducta de trabajo, primero elástica y después plástica, definidas con una línea continua y uniforme, que termina hasta el valor de la falla total.

- **Flexión.** Los espécimenes se ensayaron simplemente apoyados y sujetos a dos cargas concentradas, a los tercios del claro; Inicialmente se probaron piezas que se apoyaron en la zona de entrenudos; desde que se empezó a aplicar la carga, su efecto se reflejó en el desplazamiento longitudinal de las fibras, antes de empezar a flexionarse, como lo ilustran las gráficas 4a, 4c y 4c.



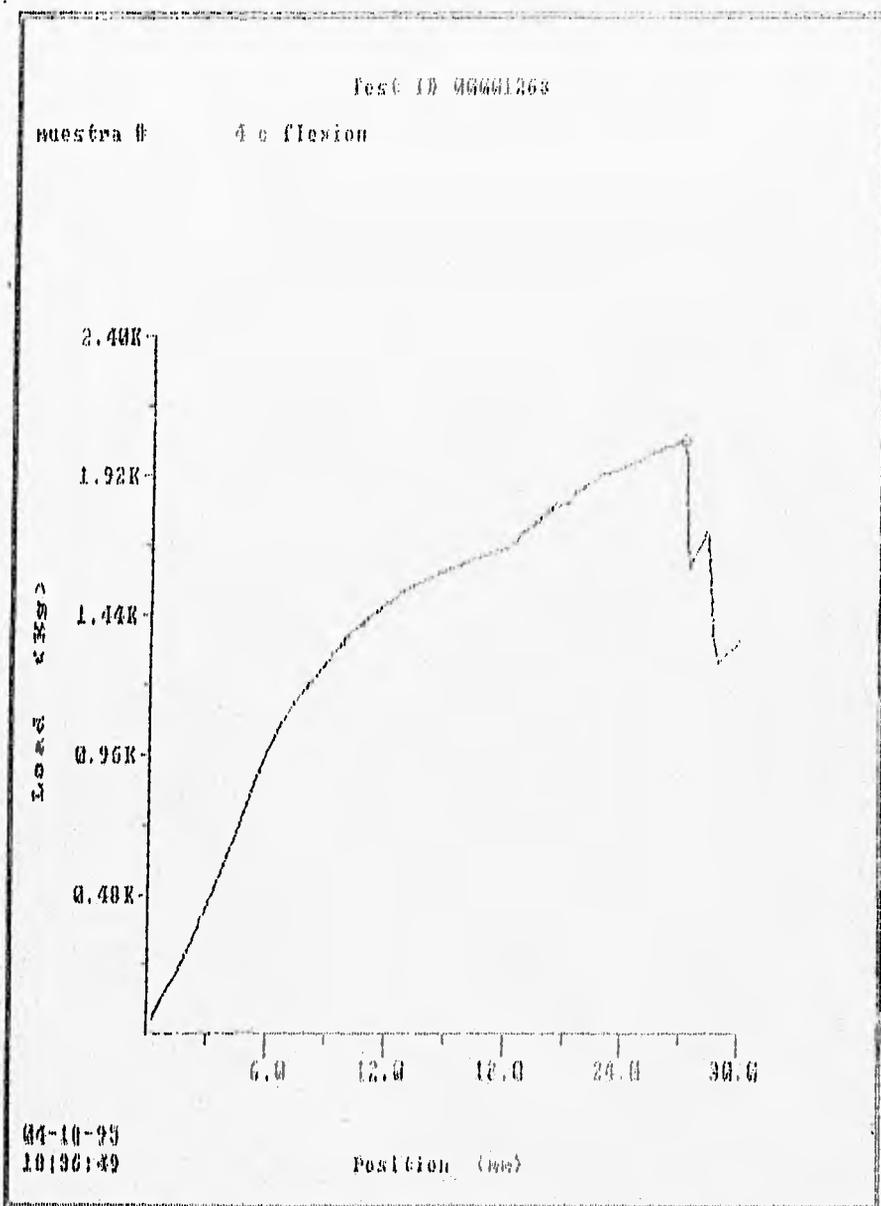
PROYECTO ?	bambu estruct	MARCA DE LA BARRA ?	bambusa vulgari
DESIGNACION ?	4 b	PROCEDENCIA ?	veracruz
GRADO ?	0		
Test Date	03-23-95	Test Time	17:55:20
Tested By	Engineer		
Test ID	00001197	Specimen Area	1741 mm ²
Peak Load	830 Kg	Compress Stren.	0.478 Kg/mm ²
		Stren. at Fail	0.463 Kg/mm ²

Tube O.D. 58.156 mm
 Thickness 12.000 mm



muestra 3	04-10-95	4 c flexion	Test Time:	10:36:49
Test Date	04-10-95			
Tested By	Technician			
Test ID	00001263		specimen area	2379 mm ²
Gage Length	450.000 mm		Compress Deform.	93.33 %
Peak Load	2040 Kg		Compress Stren.	0.859 Kg/mm ²
			Stren. at Fail	0.578 Kg/mm ²

Work 0 Kg-mm
 Area 2379.170 mm



31

La discontinuidad de la gráfica se debe al deslizamiento horizontal de las fibras conocido como esfuerzo cortante horizontal, las primeras discontinuidades que presentan los diagramas de la prueba, son los primeros "tronidos" de la pieza. Posteriormente se ensayaron piezas que tenían el apoyo bajo el nudo, su cortante horizontal fue mínimo y sólo en el plano del eje neutro; en la gráfica 4c, se puede ver el rango elástico y exhibe el fenómeno que se presentó en estas piezas sometidas a flexión. Para ambos casos las pruebas presentaron una gran deformación antes de llegar a la rotura total.

Para el caso de la pieza con nudos en los apoyos, la uniformidad de la gráfica se debe precisamente a la colocación de los nudos en los puntos de apoyo, éstos impiden el deslizamiento longitudinal de las fibras por la acción de la carga actuante; los nudos son diafragmas y funcionan como tales, por lo tanto trabajan como los estribos en los elementos de concreto armado.

Durante la flexión del elemento se observó que el máximo deslizamiento de las fibras se presenta en el plano neutro y cuando se le quitó la carga actuante el elemento recuperó muy pronto una horizontalidad casi igual a la inicial, quedándose con una deformación residual, ver figs. 7a, 7b y 7c.

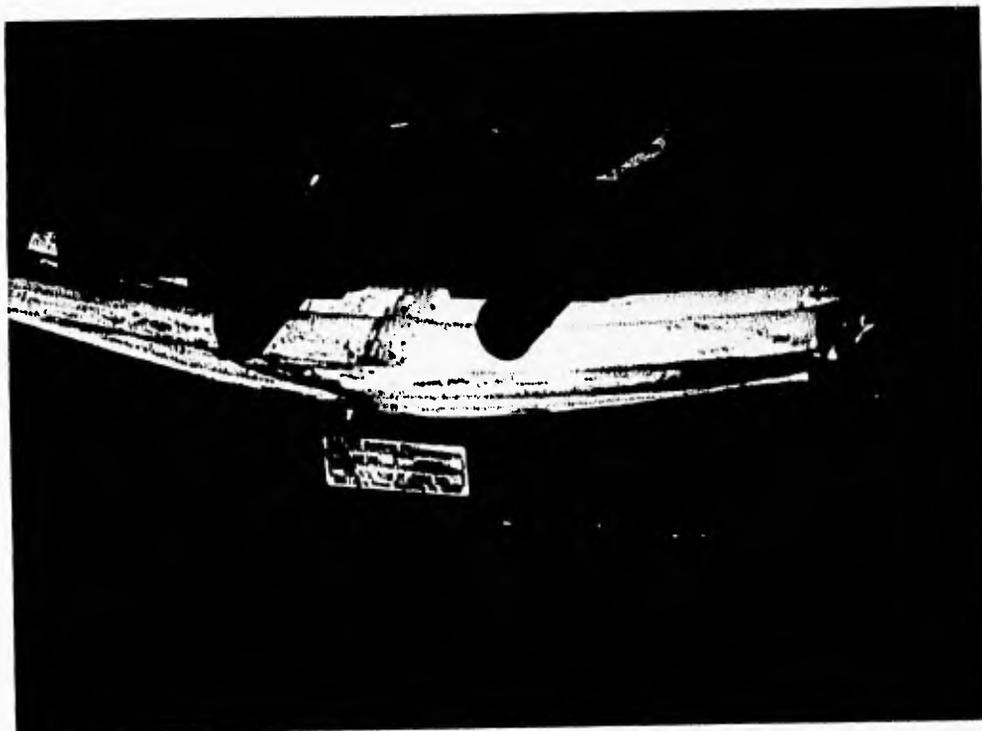


Fig. 7a Prueba a flexión apoyada en la zona del entrenudo.

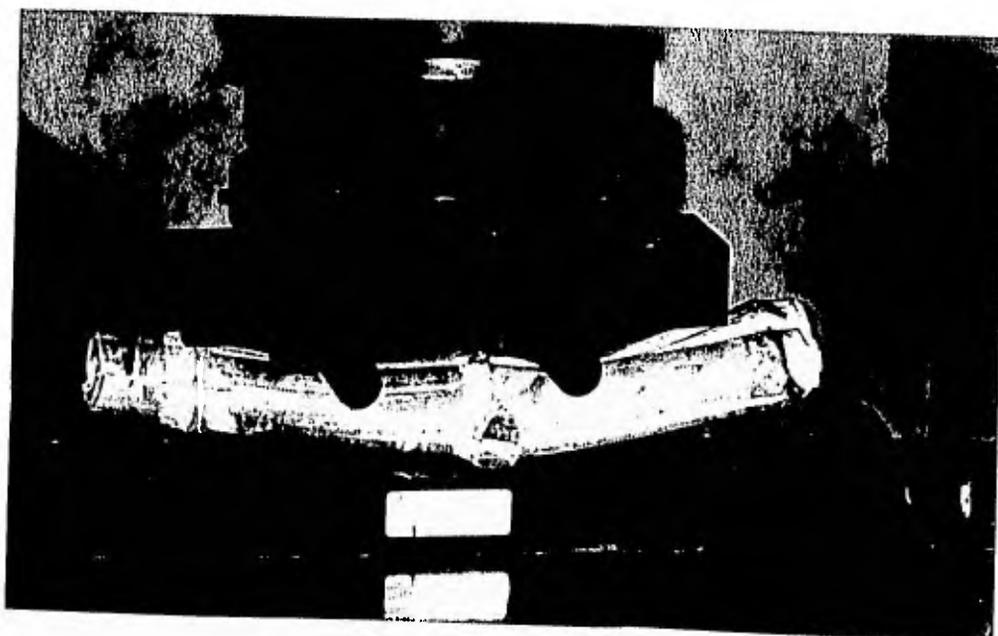


Fig. 7b Prueba a flexión apoyada en la zona del nudo.

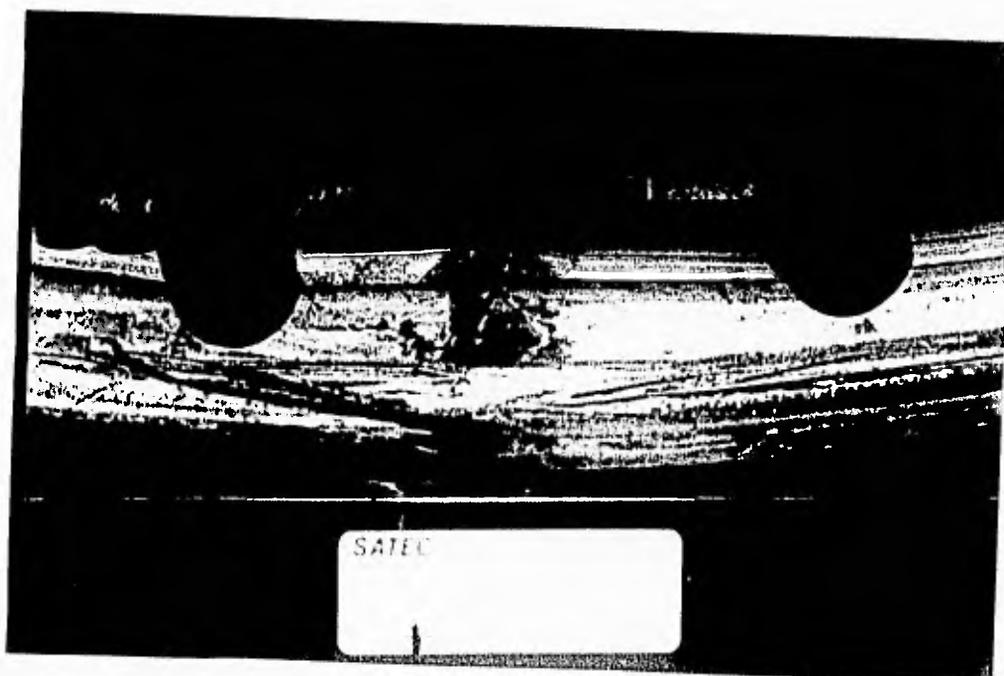


Fig. 7c Falla presentada en la zona del nudo durante las pruebas a flexión.

- **Compresión.** Estos ensayos se realizaron en espécimenes cuya relación altura diámetro estuvieron dentro del orden de dos o tres para evitar problemas de esbeltez y las pruebas se realizaron en piezas comprendidas en la zona del nudo así como en el entrenudo, ambas de la parte inferior y media de la longitud del olate. De esta prueba no se tienen gráficas debido a las características de la máquina usada, ésta únicamente permite conocer la carga necesaria para hacer fallar el espécimen, es por eso que para conocer el esfuerzo a compresión, la forma de falla y la conducta de trabajo del material, éste se llevo hasta la rotura.

La falla a compresión siempre se presentó en la zona del entrenudo, esto comprueba la eficacia de acción de los diafragmas que desarrollan los nudos. Las piezas liberaron el esfuerzo en forma diagonal observándose en un desplazamiento perpendicular de las fibras, que define la tensión diagonal, ver figs. 8a y 8b.



Fig. 8a Liberación de esfuerzos en las piezas sometidas a compresión simple.

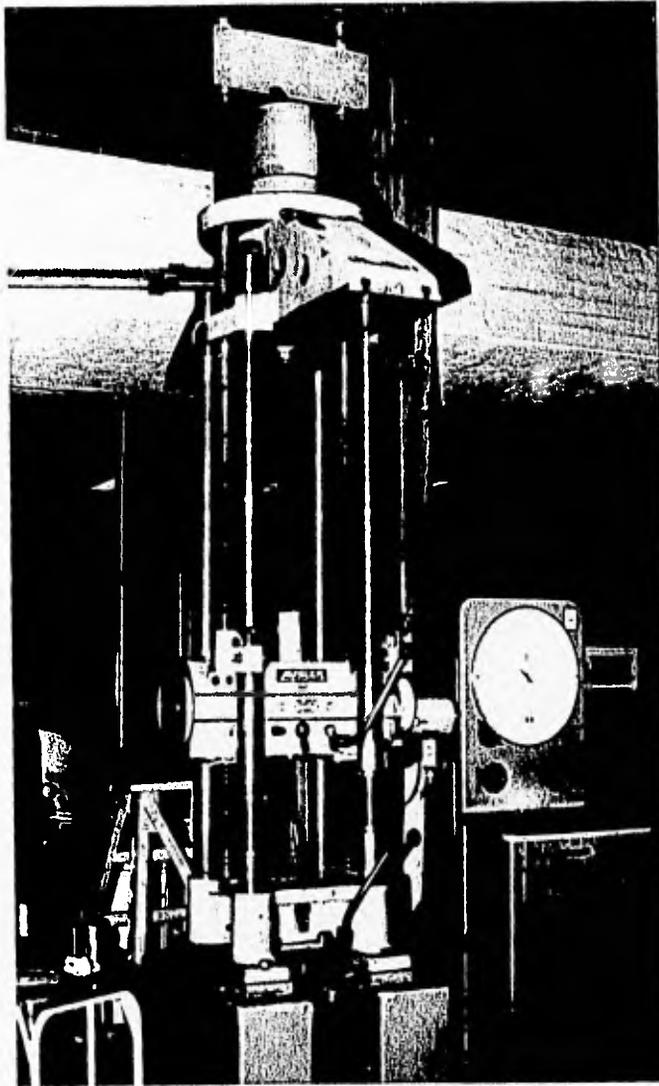


Fig. 8b Máquina universal usada para realizar las pruebas a compresión.

- **Cortante.** Las piezas de otate, se cortaron en fracciones de nudo y de entrenudo con la forma adecuada para ajustarse al dispositivo de la máquina, utilizado para realizar pruebas de cortante en madera; este dispositivo permite transmitir la carga paralela a la fibra. En esta prueba se determinó que el otate tiene mayor capacidad de esfuerzo en la zona del nudo y en las muestras que se cortaron en la zona del entrenudo se detectó que las fibras del interior son menos resistentes que las que definen el perímetro, ver figs. 9a y 9b.



Fig. 9a Falla del nudo por esfuerzo cortante paralelo a las fibras.

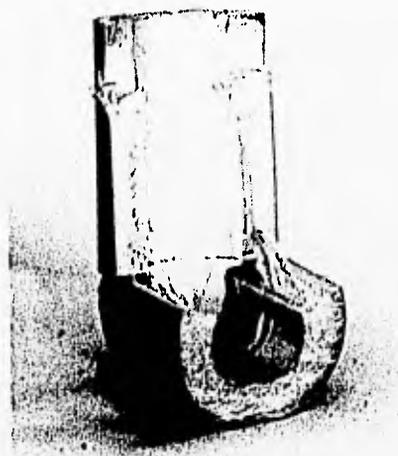


Fig. 9b Especimen del entrenudo sometido a cortante.

En ésta prueba la resistencia al cortante se obtuvo directamente del registro de la máquina, calculándose el promedio de las resistencias de todas las pruebas. Se detectó que las muestras que se cortaron en la zona del nudo resistieron más, debido a que el tabique esta entretrejido en muchas direcciones y este arreglo estructural de las fibras lo hacen más eficaz al trabajo mecánico. Como estas pruebas no se gráficaron, se anexa el registro de los ensayos 1160, 1161, 1162 y 1163.

ES EL BLOQUE MONOLIT

Test Date 03-02-95
 Tested By Technician
 Test ID 00001160
 Gage Length 50.000 mm
 Peak Load 470 Kg

Work 0 Kg-m
 Area 1505.000 mm

si ES EL BLOQUE LAMINAD

no

Test Time 18:46:39
 Specimen Area 1505 mm²
 Compress Deform. 4.00 %
 Compress Stren. 0.316 Kg/mm²
 Stren. at Fail 0.198 Kg/mm²

ES EL BLOQUE MONOLIT

Test Date 03-02-95
 Tested By Technician
 Test ID 00001161
 Gage Length 50.000 mm
 Peak Load 500 Kg

Work 2 Kg-m
 Area 1447.000 mm

si ES EL BLOQUE LAMINAD

no

Test Time 19:05:54
 Specimen Area 1447 mm²
 Compress Deform. 6.00 %
 Compress Stren. 0.346 Kg/mm²
 Stren. at Fail 0.136 Kg/mm²

ES EL BLOQUE MONOLIT

Test Date 03-02-95
 Tested By Technician
 Test ID 00001162
 Gage Length 50.000 mm
 Peak Load 530 Kg

Work 0 Kg-m
 Area 1589.000 mm

si ES EL BLOQUE LAMINAD

no

Test Time 19:18:14

Specimen Area 1589 mm²
 Compress Deform. 4.00 %
 Compress Stren. 0.334 Kg/mm²
 Stren. at Fail 0.230 Kg/mm²

ES EL BLOQUE MONOLIT

Test Date 03-02-95
 Tested By Technician
 Test ID 00001163
 Gage Length 50.000 mm
 Peak Load 630 Kg

Work 0 Kg-m
 Area 1729.000 mm

si ES EL BLOQUE LAMINAD

no

Test Time 19:24:26

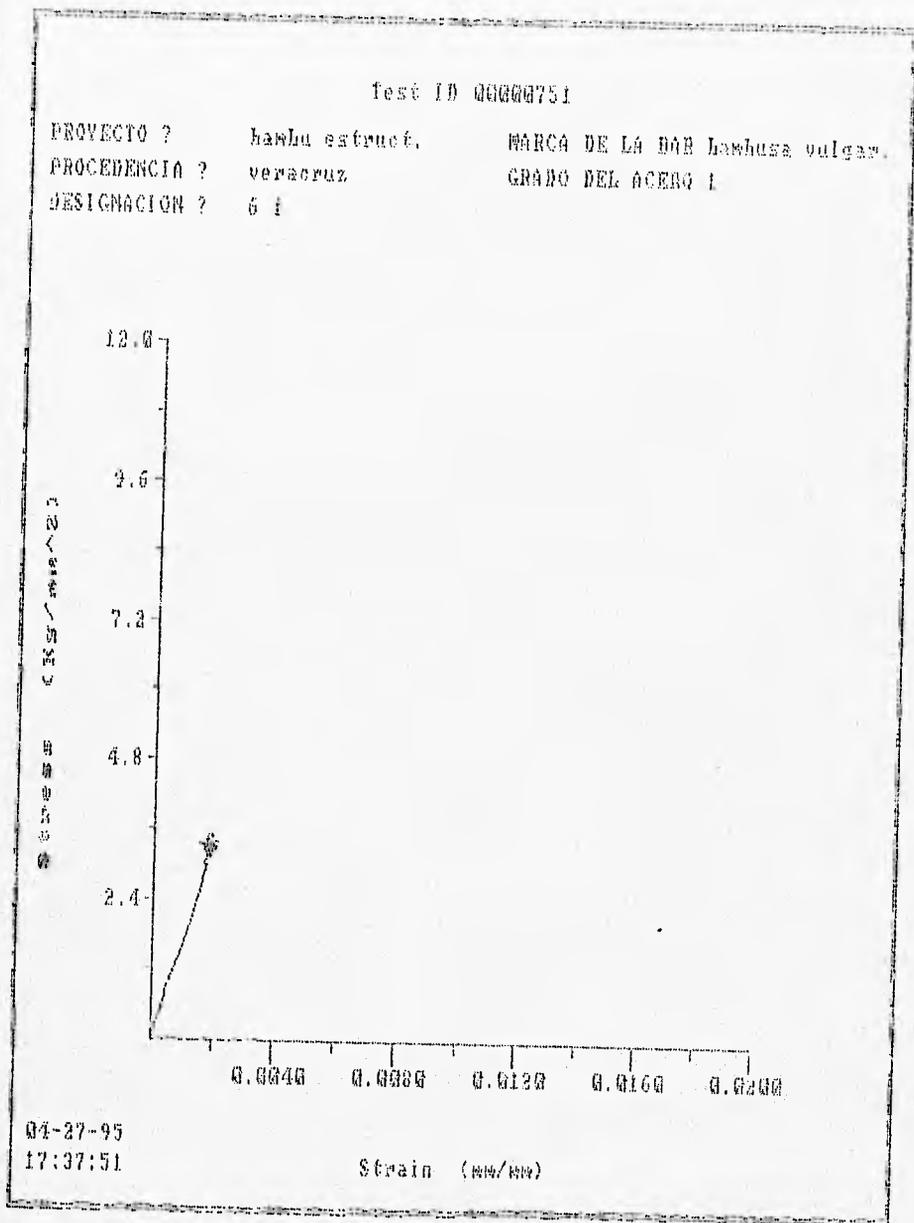
Specimen Area 1729 mm²
 Compress Deform. 6.00 %
 Compress Stren. 0.365 Kg/mm²
 Stren. at Fail 0.026 Kg/mm²

- Módulo de elasticidad. La determinación de esta propiedad es difícil porque durante la prueba de tensión se logró conocer únicamente la fuerza necesaria para hacer fallar las fibras, así como su respectivo esfuerzo; pero durante el proceso, las características de la capa exterior del material provocan que se deslicen mucho las mordazas, esto hace difícil calcular la precisión de la deformación unitaria y por consiguiente baja el valor del módulo de elasticidad.

Con el registro evolutivo de la información durante las pruebas, se determinó que el material no tiene una zona elástica bien definida, debido al deslizamiento de las mordazas, que se presentó en todas las pruebas.

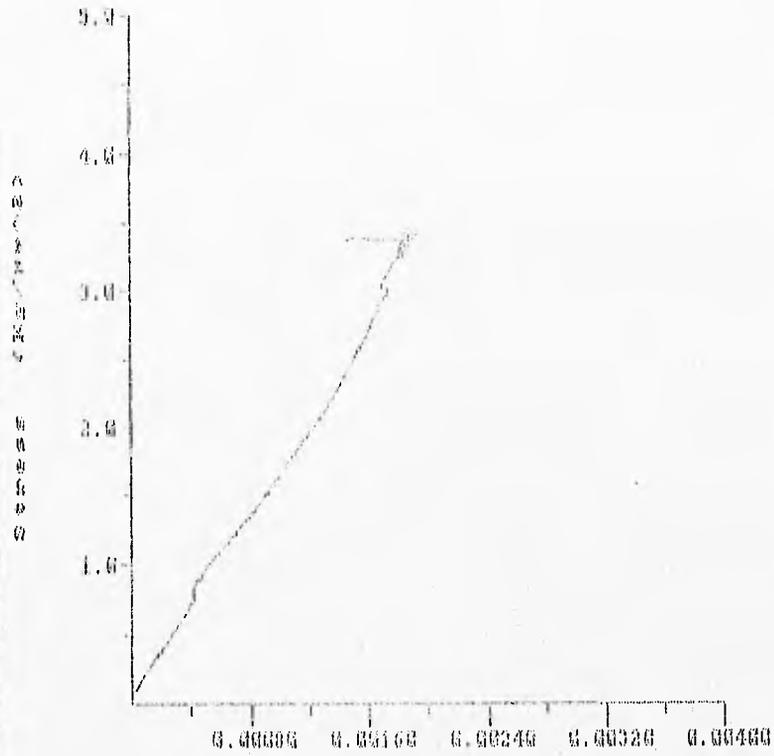
Posteriormente se hicieron pruebas a tracción para que con sus datos se calculo el módulo de elasticidad, a éstas se les puso un sensor electrónico para registrar microdeformaciones; la máquina trae la opción para especificarle la porción de estudio en dirección de la fuerza; esta longitud de medición es básica para registrar los valores correspondientes de esfuerzo y deformación. La carga se fué aplicando de manera continua al espécimen para conocer la conducta de trabajo en forma continua. Estas gráficas no muestran el esfuerzo último del material debido a que se le dieron instrucciones a la máquina para que suspenda la prueba antes de que falle el material y no dañe el dispositivo, llevando la prueba a un rango gráfico que permita conocer el esfuerzo en un rango comprendido en la zona continua y proporcional, suficiente para calcular la propiedad que nos ocupa. Con este sensor se logró conocer graficamente el esfuerzo en el sentido de las ordenadas y la deformación unitaria en el sentido de las abscisas para calcular el módulo de elasticidad. Ver los registros de pruebas, 6i1, 6i2, 6k y 6m.

PROYECTO ?	bambu estruct.	MARCA DE LA BARRA ?	bambusa vulgar.
PROCEDENCIA ?	veracruz	GRADO DEL ACERO ?	1
DESIGNACION ?	6 1		
Test Date	04-27-95	Test Time	17:37:51
Tested By: Engineer			
Test ID	00000751	Specimen Area	609.7 mm ²
Gage Length	300.000 mm	Reduc of Area	6.08 %
Peak Load	2070 Kg	Tensile Stren.	3.40 Kg/mm ²
Prop. Limit		Breaking Load	2060 Kg
Modulus		High Window	
Correlation		Low Window	
% Offset #1		% Offset #2	
Offset Yield		Offset Yield	
% EUL		Half of Ld Yield	3.30 Kg/mm ²
EUL Yield		Lower Yield	3.28 Kg/mm ²
Upper Yield	3.30 Kg/mm ²		
Total Elong.	-74.97 %		
Diameter	27.350 mm		



Tela 10 06060751

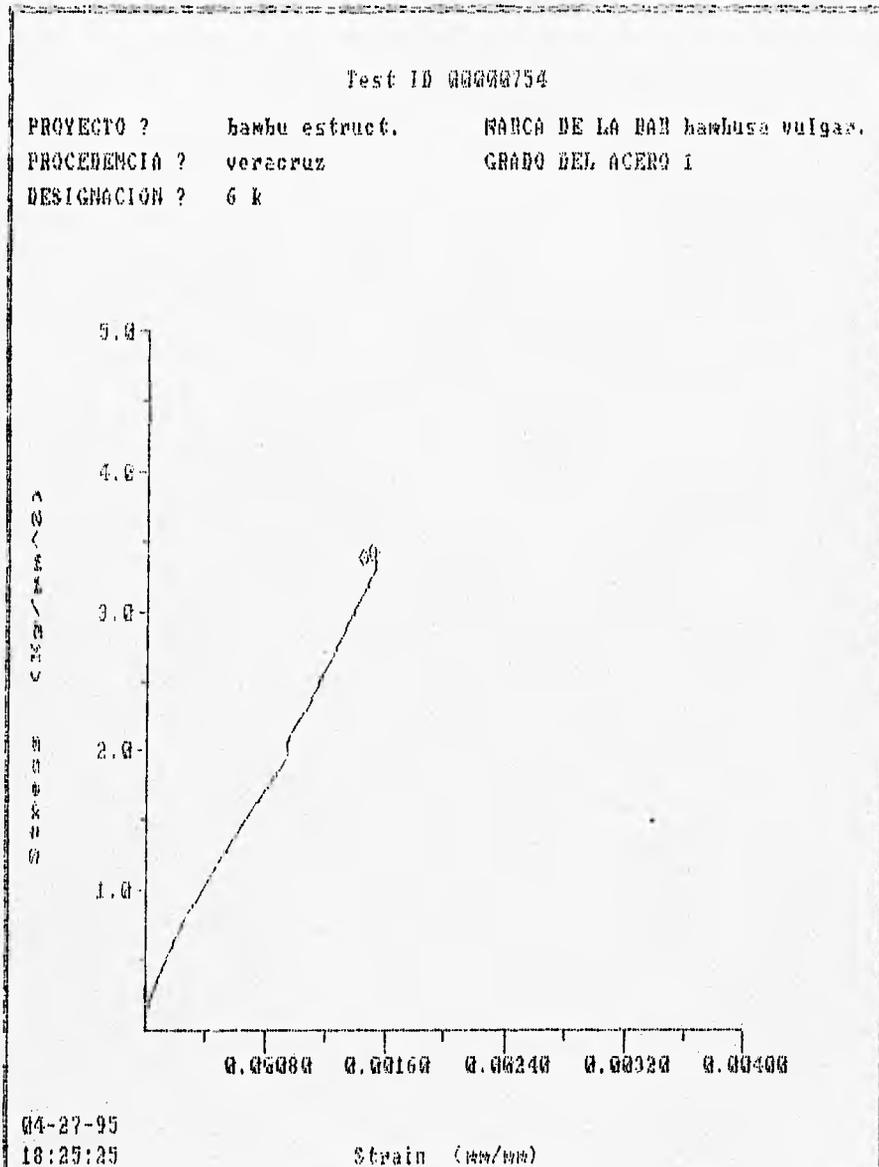
PROYECTO ? Estruct. PARED DE LO BARRANCA vulgav.
PROCEDENCIA ? yacimientos GRUPO DEL ACERO 1
DESIGNACION ? 6 i



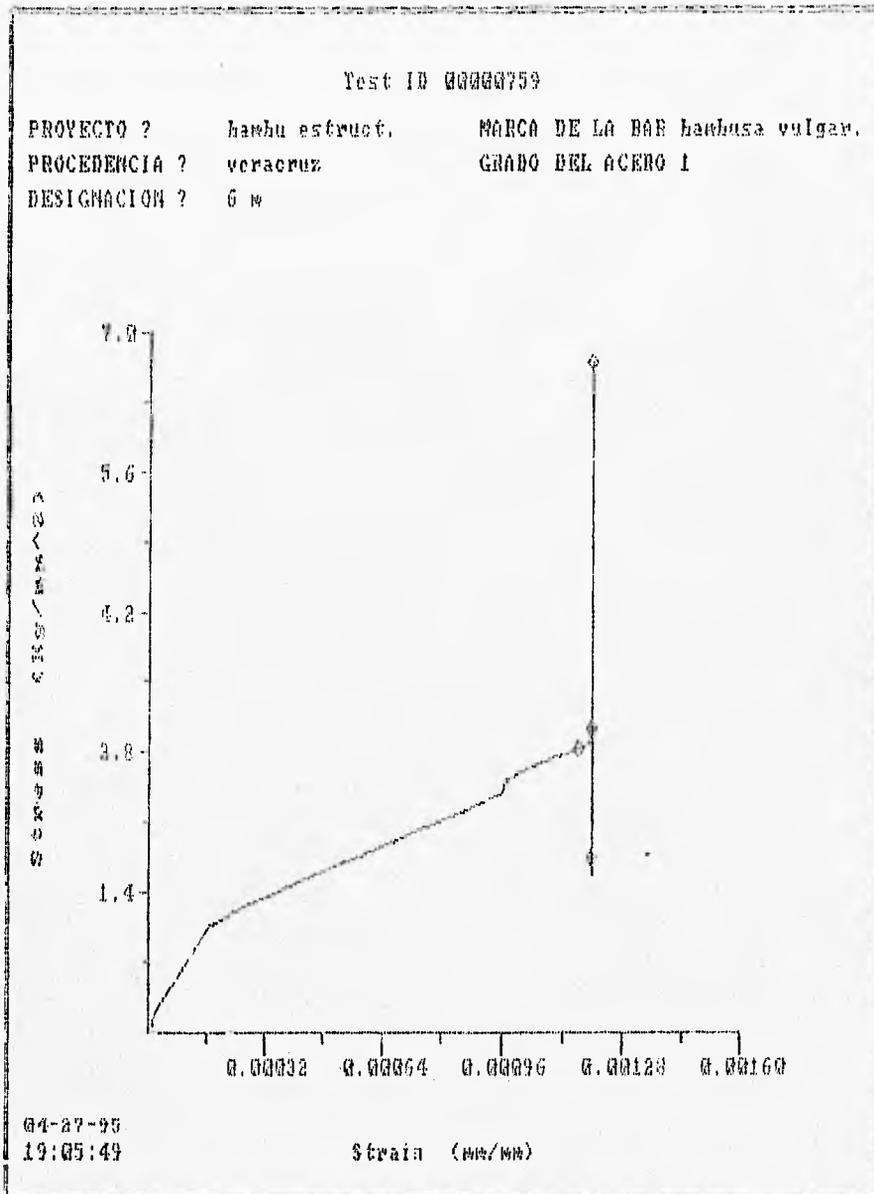
00-27-95
17:37:31

Strain (mm/mm)

PROYECTO ?	bambu estruct.	MARCA DE LA BARRA ?	bambusa vulgar.
PROCEDENCIA ?	veracruz	GRADO DEL ACERO ?	1
DESIGNACION ?	6 k		
Test Date	04-27-95	Test Time	18:25:25
Tested By	Engineer		
Test ID	00000754	Specimen Area	711.6 mm ²
Gage Length	200.000 mm	Reduc of Area	0.66 %
Peak Load	2440 Kg	Tensile Stren.	3.429 Kg/mm ²
Prop. Limit		Breaking Load	2400 Kg
Modulus		High Window	
Correlation		Low Window	
% Offset #1		% Offset #2	
Offset Yield		Offset Yield	
% EUL		Half of Ld Yield	3.428 Kg/mm ²
EUL Yield		Lower Yield	3.381 Kg/mm ²
Upper Yield	3.428 Kg/mm ²		
Total Elong.	74.55 %		
Diameter	30.100 mm		



PROYECTO ?	bambu estruct.	MARCA DE LA BARRA ?	bambusa vulgar.
PROCEDENCIA ?	veracruz	GRADO DEL ACERO ?	1
DESIGNACION ?	6 m		
Test Date	04-27-95	Test Time	19:05:49
Tested By	Engineer		
Test ID	00000759	Specimen Area	596.4 mm ²
Gage Length	200.000 mm	Reduc of Area	0.43 %
Peak Load	3990 Kg	Tensile Stren.	6.70 Kg/mm ²
Prop. Limit		Breaking Load	1040 Kg
Modulus		High Window	
Correlation		Low Window	
% Offset #1		% Offset #2	
Offset Yield		Offset Yield	
% EUL		Half of Ld Yield	3.04 Kg/mm ²
EUL Yield		Lower Yield	2.83 Kg/mm ²
Upper Yield	3.04 Kg/mm ²		
Total Elong.	-74.95 %		
Diameter	27.560 mm		



7. APLICACIONES DEL OTATE EN MEXICO

Las aplicaciones de éste material en México, son muy diversas, esto comprueba que el material siempre ha funcionado resolviendo muchas solicitudes sociales y que su trabajo como material se sigue apreciando.

A continuación se muestran unas imágenes de ejemplos hechos con este material, en la zona norte del estado de Veracruz, exactamente en la región Huasteca, estas construcciones son hechas por constructores anónimos que se han enfrentado a los problemas que les ha impuesto la sociedad y la naturaleza; los modelos son a escala real y actualmente están trabajando. Los procedimientos constructivos de origen local, han creado una técnica tradicional con este material ecológico que sigue siendo el más económico, cumpliendo con las solicitudes que impone el medio ambiente y armonizando con su entorno. Durante esta investigación se determinó que la permanencia en condiciones útiles de este tipo de construcciones es de 40 años.

La nobleza del oate como aquí se puede apreciar, permite conjugar varios materiales incentivando a que avancen sus estudios para transformar estas técnicas a una tecnología integral, que responda a las condiciones del tiempo y se adapte a medio. A continuación se presenta una serie de fotografías sobre algunas aplicaciones del oate en la construcción, que responden a las condiciones del tiempo y a la vez permiten acercarse a la arquitectura de la supervivencia que ha buscado resolver en su momento, los problemas que le exige su gente y su medio.

Figs. 10a y 10b. Puentes de 20 y 12 m.

Figs. 11a y 11b. Cercas para fraccionar.

Figs. 12a y 12b. Arreglos en muros ventanas y puertas.

Figs. 13a y 13b. Kiosco de 18 m de diámetro.

Figs. 14a y 14b. Vigas y larteros.

Figs. 15a, 15b, 5c y 15d. Procedimiento constructivo.



Fig. 10a Puente de 20 m de claro.



Fig. 10b Puente de 15 m de claro.



Fig. 11a Cerca de oate con arreglos en varias direcciones.

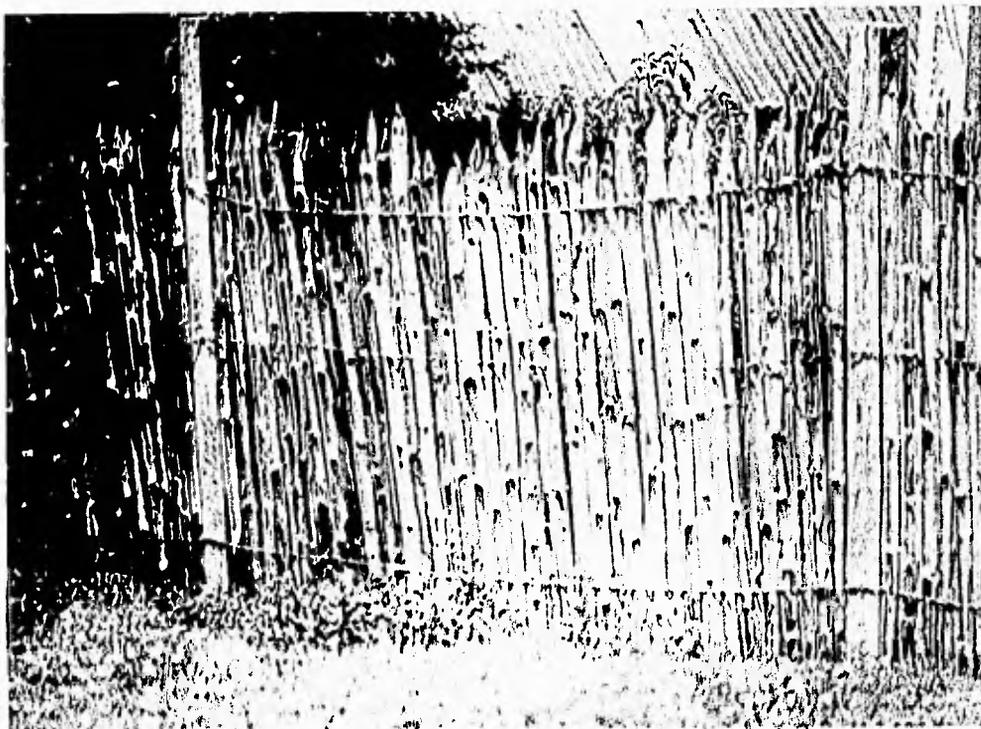


Fig. 11b Cerca de oate partido a la mitad en posición vertical.



Fig. 12a Arreglos de otates barnizados en muros y ventanas.



Fig. 12b Arreglos de oate en muros ventanas y puertas.

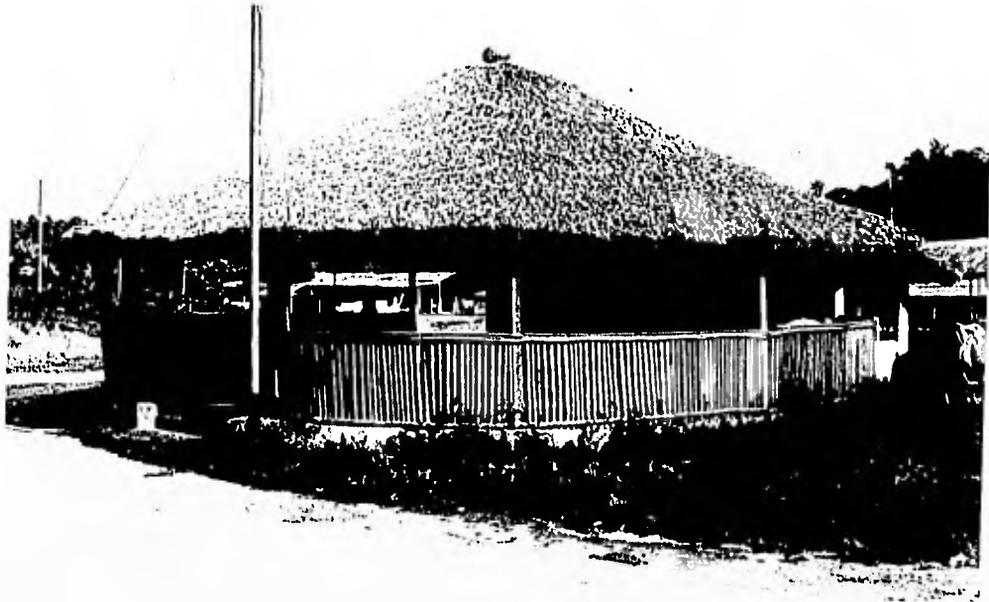


Fig. 13a Kiosco de oate cubierto con palma en varias capas.

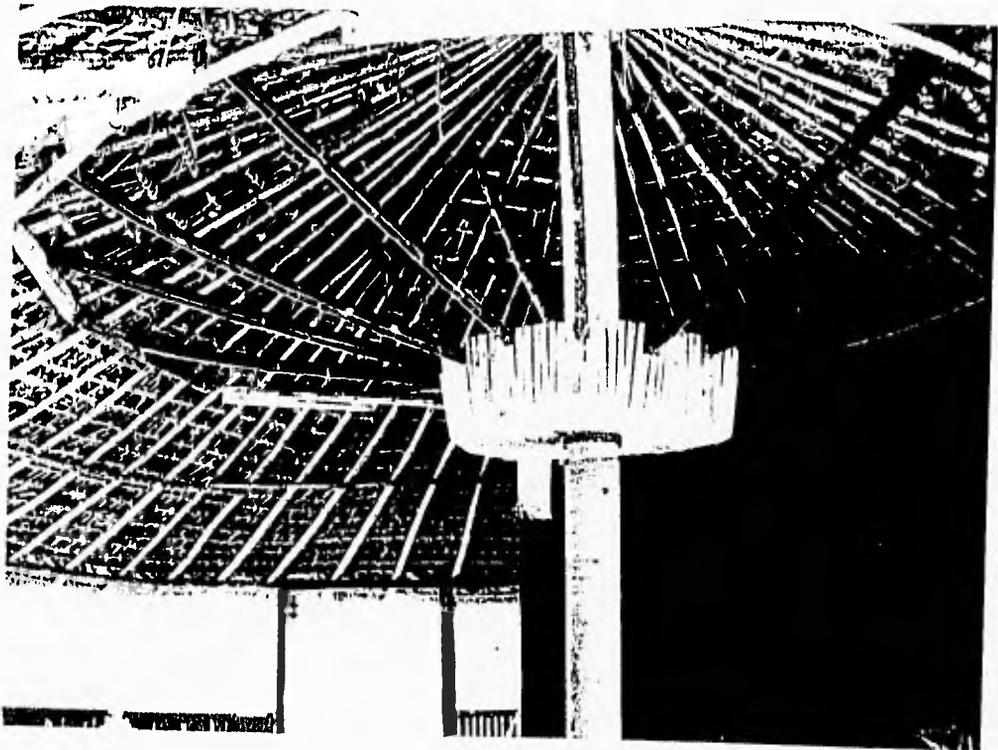


Fig. 13b Interior del kiosco con cubierta y muros de oate.



Fig. 14a Cubierta de lámina fijada sobre el otate enteros y en el sentido longitudinal tiene otates partidos a la mitad para aislar el calor y evitar la deflexión.

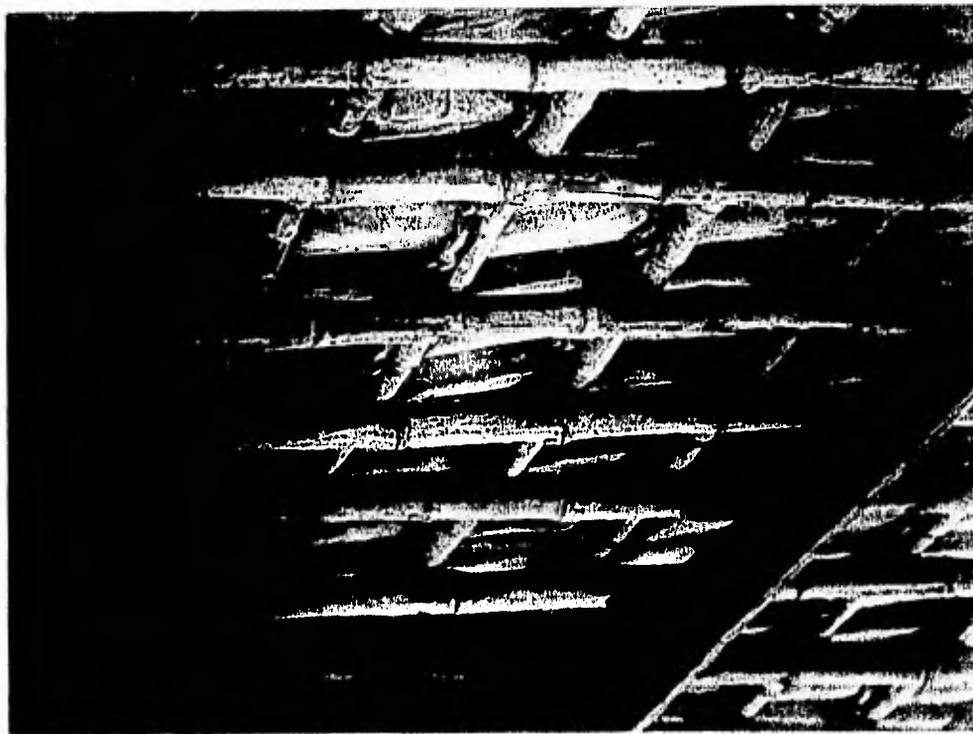


Fig. 14b Cubierta de teja plana de gancho, autofijada directamente sobre el otate.

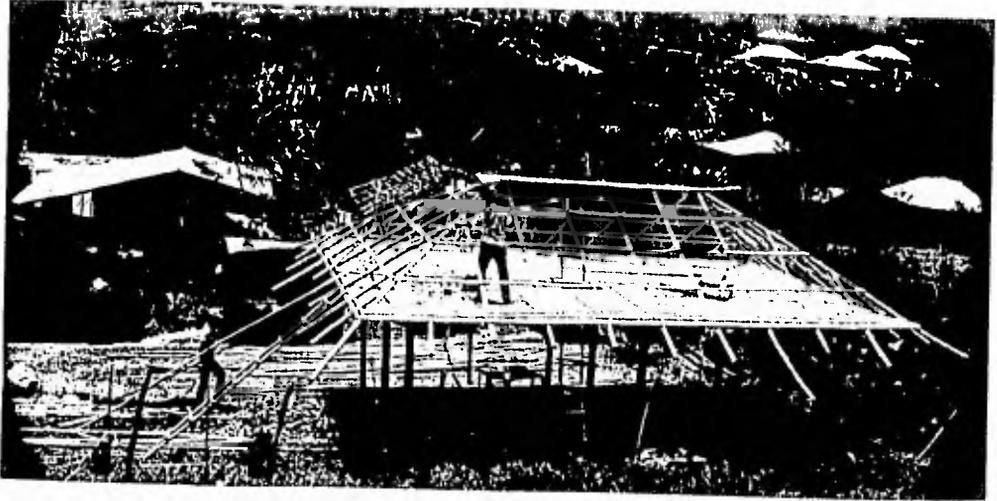


Fig. 15a Procedimiento constructivo de una casa habitación rural a base de oate.

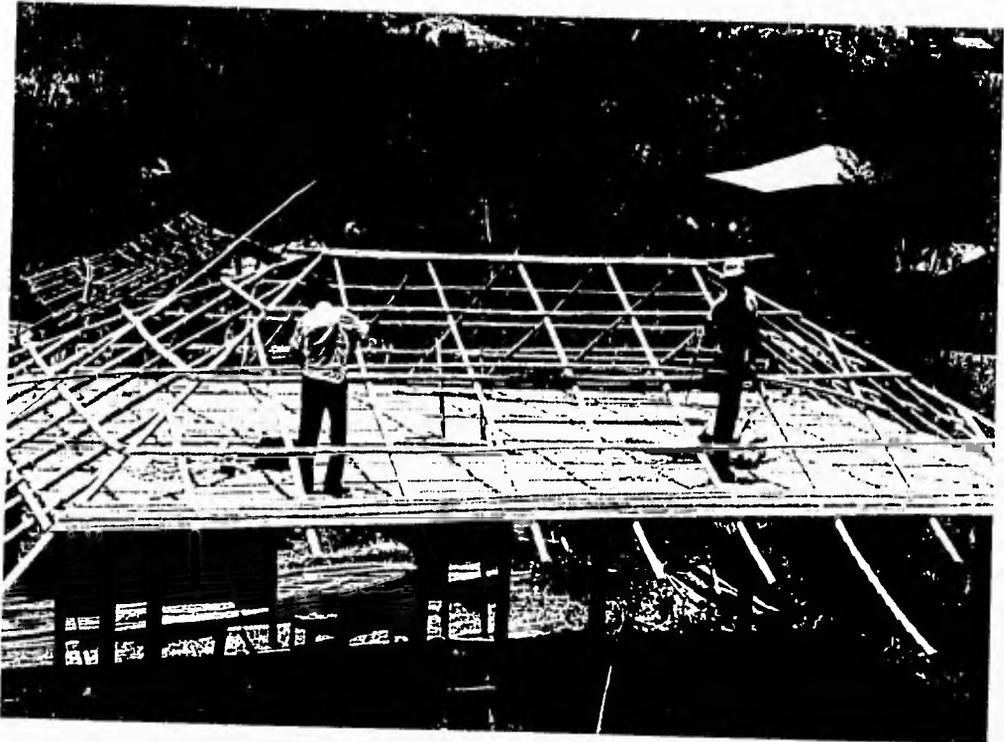


Fig. 15b Colocación de largueros para rigidizar la estructura y recibir el material de cubierta.



Fig. 15c Fijación de los largueros y corte diagonal en los extremos.



Fig. 15 d Habitación típica en forma de "L", con muros de otate en sentido horizontal y cubierta de palma.

8. TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION

Conociendo las propiedades del otate, su comportamiento, sus aplicaciones y el trabajo de las estructuras, se fundamenta su aplicación técnica como elemento estructural. Un tallo de otate presenta características variables debido a que su diámetro disminuye respecto a la altura y la separación de los nudos aumenta; conociendo esta naturaleza y el comportamiento de los elementos estructurales se divide el tallo en tres partes para estudiar su aplicación.

El primer tercio se forma con el mayor diámetro y con el mayor espesor de la pared; en esta fracción la separación de los nudos es menor por lo tanto es buena su aplicación en elementos que trabajen a compresión o a tracción, como columnas y vigas principales o maestras.

En el segundo tercio su diámetro es menor y la separación de los nudos es mayor, esto le da mayor flexibilidad; se emplea para armaduras, muros, pisos de tapancos y para vigas secundarias.

El tercio de la parte superior se emplea como largueros o soleras para recibir los techos, así como soporte de tejas de barro, de palma y para pisos de tapancos. La variabilidad del diámetro se puede superar con esta técnica de trabajo, apoyándose paralelamente mediante una cuidadosa selección.

Los tallos no deben emplearse cuando hayan sido atacados durante su desarrollo por insectos o presenten irregularidades cuando los habiliten, que afecten su resistencia, asimismo no deben emplearse tallos verdes que se secan trabajando como elemento estructural.

- **Forma de uso.** El uso más común del material es en forma entera, por el trabajo a que se somete y por ser la forma más económica para emplearlo. Cuando parten el material a la mitad para obtener una sección semicilíndrica regular se recomienda hacerlo siguiendo el alineamiento longitudinal del surco de la sección entera; su aplicación más común es para recibir el material de la cubierta, muros, pisos, detalles decorativos, etc. También se puede dividir la sección en más número de fracciones de cilindro.

- **Elementos de unión.** El común denominador de las estructuras requiere mucha rigidez en las uniones de sus elementos para que uniformicen el trabajo del sistema y eviten la inseguridad estructural. Por eso es importante conocer el comportamiento en conjunto, así como el comportamiento de sus conexiones para que el material desarrolle la capacidad requerida.

a). **Clavos.** El otate verde al secarse se contrae, ocasiona fisuras a partir de las perforaciones hechas con clavos, que disminuyen su agarre ocasionando condiciones peligrosas; de acuerdo a las propiedades mecánicas y a la observación de la conducta de trabajo del otate, no se recomienda clavar en la zona del entrenudo, debido a sus limitaciones de rigidez y agarre; el hincado de los clavos es más aceptable en la zona

del nudo. por esta razón no es muy recomendable clavar los tallos, porque regularmente al ser penetrados se les produce una visible separación de las fibras, o si se opta por esta opción se debe hacer una perforación antes con taladro.

Para obras expuestas a la intemperie conviene usar clavos galvanizados hincados con martillo, en agujeros ya taladrados, porque al rajarse el material, reduce su resistencia ante las fuerzas laterales. El elemento que va a recibir el clavo debe tener un espesor no menor de $2/3$, del elemento que va a sujetar, según ref. 2; por ejemplo: un otate de 9 cm de diámetro lo pueden clavar en otro de un diámetro de 6 cm como mínimo.

b). Pernos. Debido a que el otate tiene tendencias a abrirse longitudinalmente con facilidad en el entrenudo por tener menor rigidez que en los nudos, generalmente se emplean pernos en combinación con rondanas que reducen una aguda concentración de esfuerzos de aplastamiento. El sistema más recomendable, consiste en hacer previamente una perforación con taladro, con diámetro ligeramente mayor al del perno que se vaya a emplear, de esta manera se eliminan las fisuras de cuando se decide emplear clavos.

Las vigas con secciones compuestas por "n" número de elementos presentan un comportamiento más favorable porque se cuenta con más planos de resistencia a cortante y el empleo de pernos de alta resistencia garantizan una permanencia horizontal con menos posibilidades de tener deformaciones residuales y le aportan capacidad para uniformizar mejor la distribución de esfuerzos.

c). Amarres. Otra de las opciones para solucionar las uniones es a base de amarres. En un principio los constructores autóctonos utilizaron en todas sus obras el bejuco para casa, éste al momento de hacer el amarre es muy flexible y con el tiempo se seca y aprieta más, plastificando poco a poco la forma del nudo; actualmente también usan materiales durables y resistentes como el alambre galvanizado o cuerdas de nylon, porque la tendencia que tiene el otate a rajarse, puede limitar el uso de clavos en algunas uniones.

Cuando exista un desplazamiento horizontal de un sistema estructural por cargas accidentales, sus efectos son capaces de rajar el material, si la unión es solucionada por un amarre, no agudiza el esfuerzo cortante paralelo a las fibras, en este caso únicamente hay que asegurarnos que el material empleado este bien seco para que no presente contracciones de su sección y no se debe exponer mucho al sol antes de iniciar la construcción porque se dobla y complica el proceso constructivo.

Para elementos que trabajen a flexión, se recomienda apoyarlos sobre la zona del nudo así como las perforaciones para las uniones, esto con el fin de aprovechar la función y el esfuerzo que posee el nudo. Es importante evitar, colocar el surco longitudinal que pasa por los nudos, por el plano de las compresiones tracciones debido a los constantes cambios de dirección que presentan las fibras en esta zona. El corte que determina el extremo de cualquier elemento debe hacerse antes del nudo, para aprovechar su rigidez y evitar que se agriete en el sentido longitudinal o se refugien insectos en la cavidad del entrenudo.

En estas zonas se busca orientar las viviendas a los vientos dominantes para que sean más frescas mediante una ventilación cruzada. Cuidando que el espacio donde los usuarios descansan por las tardes, quede protegido de los rayos solares.

La cubierta más adecuada y más duradera es aquella que permite un escurrimiento rápido del agua de lluvia, cuya pendiente depende del material empleado, normalmente se usa la palma y la teja para cubrirlos. Este tipo de cubiertas requiere de aleros anchos para proteger los muros de la erosión que provoca el agua, así como para evitar o disminuir la insolación. Con el uso de la palma se consigue un doble efecto, por un lado se logra la integración al entorno y por otro se atenúa el calor debido a su escasa conducción térmica y a las miles de pequeñas bolsas de aire que se forman entre las sucesivas capas de palma. Cuando se opta por la teja de barro, también queda una capa de aire entre la teja y el tapanco que aísla el calor.

A continuación se presenta como parte del proceso de investigación se desarrolló una aplicación inicial en la región Huasteca del estado de Veracruz, a base de otate, pernos y teja; como producto del conocimiento asimilado durante el análisis del otate como material estructural, ver figs. 16a,...16l.

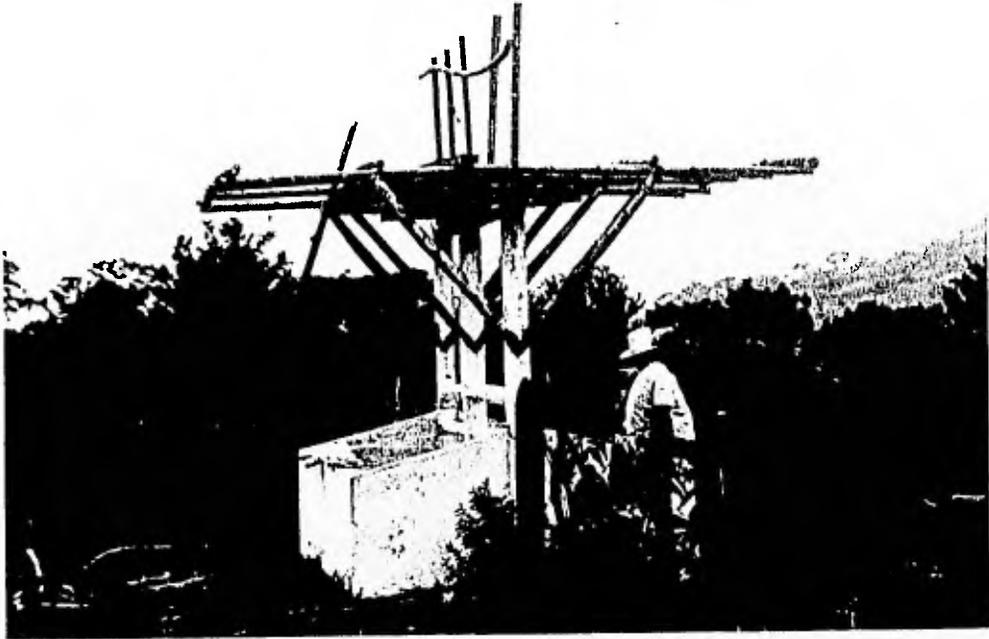


Fig. 16a Colocación de la cuerda inferior, montantes y diagonales fijados en un extremo a los castillos para evitar el grado de libertad en el sentido transversal de la estructura.



Fig. 16b Colocación de la cuerda superior, diagonales y puntales perimetrales para estabilizar la estructura durante el proceso constructivo.

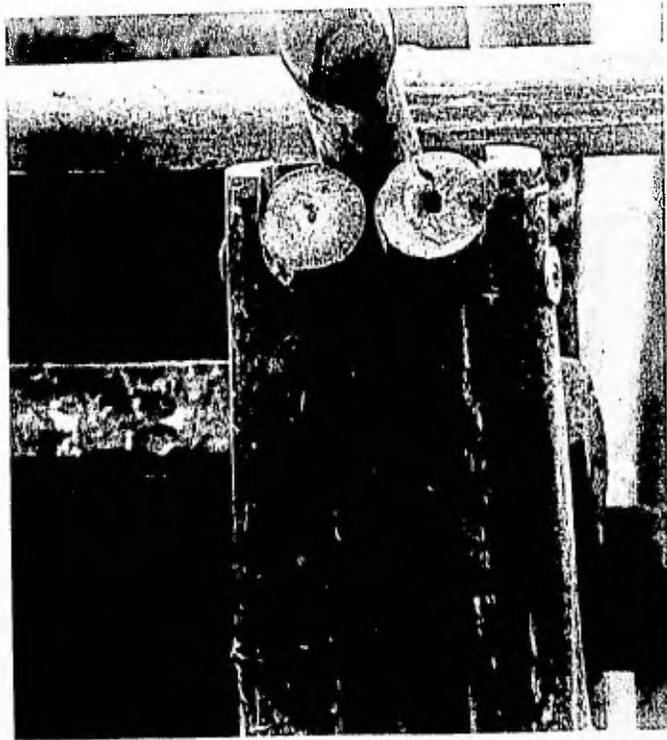


Fig. 16c Extremo superior de los elementos diagonales estabilizadores fijados a la cuerda inferior de sección compuesta de la armadura.



Fig. 16d Fijación de los dos pares de elementos diagonales estabilizadores al castillo por medio de tornillos fijados con taquitos.



Fig. 16e Viga central de sección compuesta por cuatro otates que recibe a un elemento diagonal colocado en sentido longitudinal y a la cuerda inferior que recibe al montante y a las diagonales de la armadura.

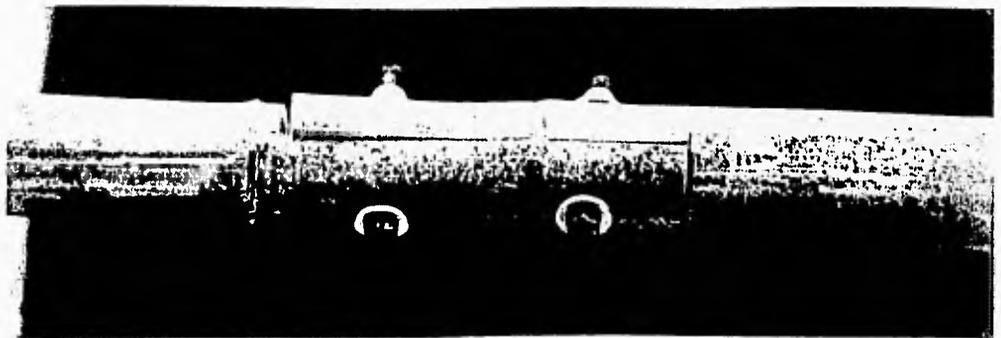


Fig. 16f Junta lineal a base de pernos colocados en la zona del nudo.



Fig. 16g El perno colocado en la zona del nudo es para fijar al montante con alambre al caballete que recibe la unión a tope de las cuerdas superiores hecha en la zona del nudo.



Fig. 16h El elemento diagonal en el sentido longitudinal es fijado al extremo superior del montante con un perno de 3/8" de diámetro.



Fig. 16i La viga central de sección compuesta por cuatro otates recibe a la cuerda inferior de la armadura por medio de pernos y ambas se fijan al castillo con un amarre de alambre inoxidable.

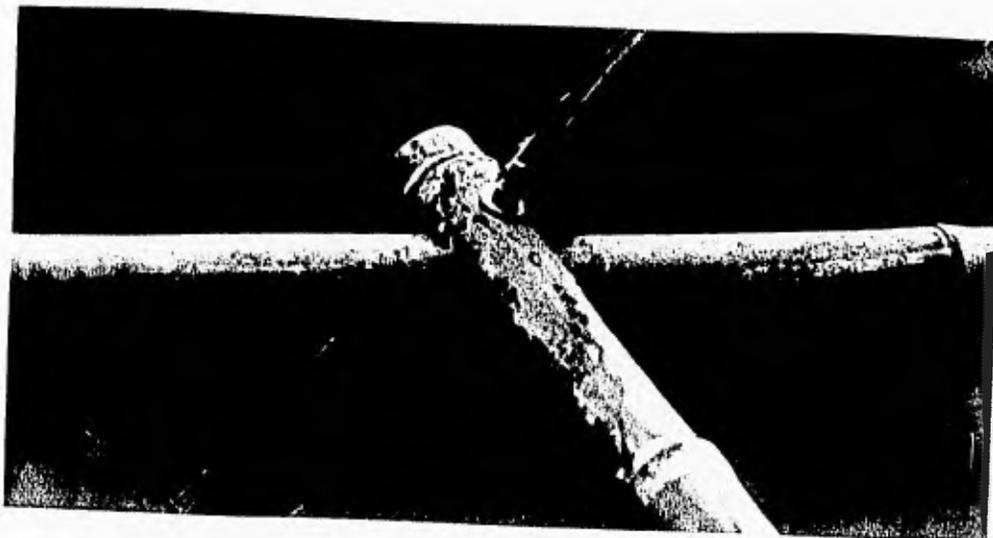


Fig. 16j Unión de la cuerda superior con un larguero y de éste con una diagonal de la armadura hecha con pernos localizados en la zona del nudo.

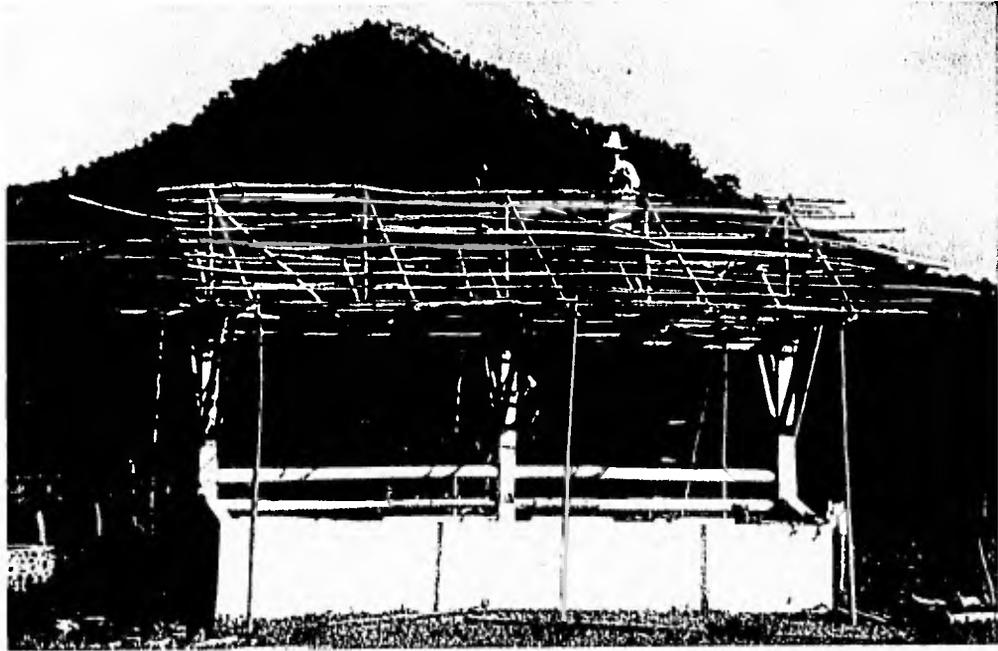


Fig. 16k Colocación de las medias cañas para colocar la teja de barro.

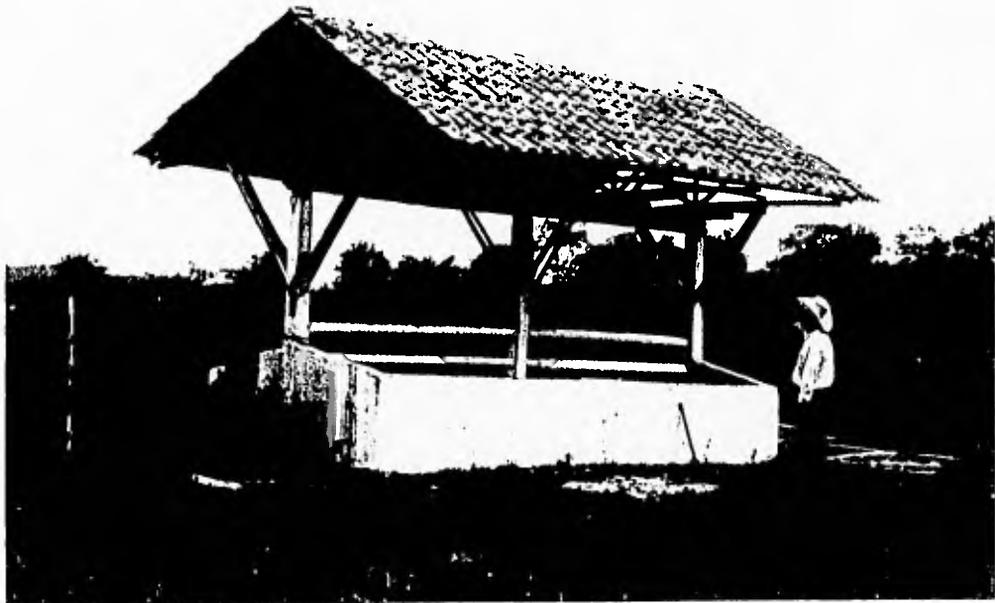


Fig. 16l Cubierta formada por cinco armaduras apoyadas al centro, relizada a base de otate utilizando teja plana de gancho y pernos para resolver las uniones.

9. INDUSTRIALIZACION

La prefabricación siempre ha participado en la arquitectura, como tal, aunque en forma limitada, por eso mismo encontramos poca experiencia a través del tiempo. El conocimiento de las propiedades del otate lo colocan como un material singular; que para darle una mejor difusión y una aplicación más amplia es importante emprender nuevos caminos, que atraigan a los investigadores encargados de generar innovaciones y requerimientos actualizados, asimismo a inversionistas para combatir el bajo ritmo de trabajo y el aumento en costo de la construcción de la arquitectura convencional. Este sistema tradicional de trabajo hace que la arquitectura tradicional limite su trascendencia para solucionar el agudo problema nacional de la vivienda.

Lo esencial para iniciar una vivienda industrializada, se inicia con una producción industrial de la materia prima; para transformarla dándole un mejor aprovechamiento, desarrollando una industria de materiales que asegure la producción continua y controlada de buena calidad al alcance del común de la sociedad.

La prefabricación es antes de la industrialización, esta última es el resultado de una organización y se presenta como producto de una sistematización, y del avance tecnológico y arquitectónico aplicado, para desarrollar un procedimiento eficaz de prefabricación industrializada. Mecanizando los procesos de producción de elementos y componentes estructurales por medio de técnicas contemporáneas, se logra un mejor producto resultado de una producción en serie; esta aplicación actualizada colocaría a un material como el otate a un buen nivel de competitividad en el mercado, permitiendo dignificar y actualizar una tecnología sobre la aplicación del otate en la construcción, que requiere de mayor vigencia.

Las características de una arquitectura prefabricada como: industrialización, estandarización, modulación; son herramientas con que el arquitecto debe familiarizarse, para desarrollar soluciones más integrales, donde se debe concebir el diseño en función de los usuarios a partir de materiales y componentes existentes, Intuyendo la preparación de un trabajo eficiente y bien organizado, que al momento de planear el proceso incrementa la productividad, generalizar el bajo costo, mejor control de calidad y promocionar el trabajo especializado.

La producción masiva es una necesidad implicada en el crecimiento demográfico y las condiciones económicas que determinan la demanda de más y mejor producción inmobiliaria. La construcción industrial exige al arquitecto un alto grado de responsabilidad, organización y eficiencia para hacer un trabajo cualitativo que humanice los sistemas industriales. La aplicación de estas herramientas y la tecnología disponible, permitirían competir ante materiales que difícilmente se pueden integrar a nuestra arquitectura, con un producto propio que debe evolucionar.

- **Industrialización del otate.** Para orientar y controlar la producción de los métodos tradicionales de trabajo, se inició por conocer las características del material, para tratar conceptos sobre los parámetros esenciales de producción y control, básicos; aplicando conceptos técnicos e industriales que permitan conducir el desarrollo y la

innovación tecnológica de los procesos industriales de transformación de la materia prima en productos controlados; utilizando procedimientos adecuados a través de tecnologías apropiadas con capacidad de contribuir a elevar y mejorar la producción y la calidad del producto que se elabore.

La etapa del secado es imprescindible en todo proceso industrial de los materiales como el otate; con esta extracción de agua contenida en células saturadas se incrementan los esfuerzos de trabajo y se estabilizan las dimensiones de los elementos.

Aprovechando las condiciones naturales que poseen las zonas tropicales y partiendo de lo positivo que sería proponer un sistema para transformar la materia prima, utilizando procedimientos acordes a nuestros alcances a través de tecnologías apropiadas; en este trabajo se visitó la secadora solar "LACITEMA", que se encuentra en el departamento de productos forestales del Instituto de Ecología, A.C. de Xalapa, Ver. Esta secadora ofrece la posibilidad de secar el otate aprovechando la energía solar, permitiendo disminuir el tiempo de secado, logrando un buen contenido de humedad utilizando colectores solares, que elevan la temperatura del aire que circula en el interior de la secadora por medio de ventiladores domésticos, ver figs. 17a, 17b y 17c.

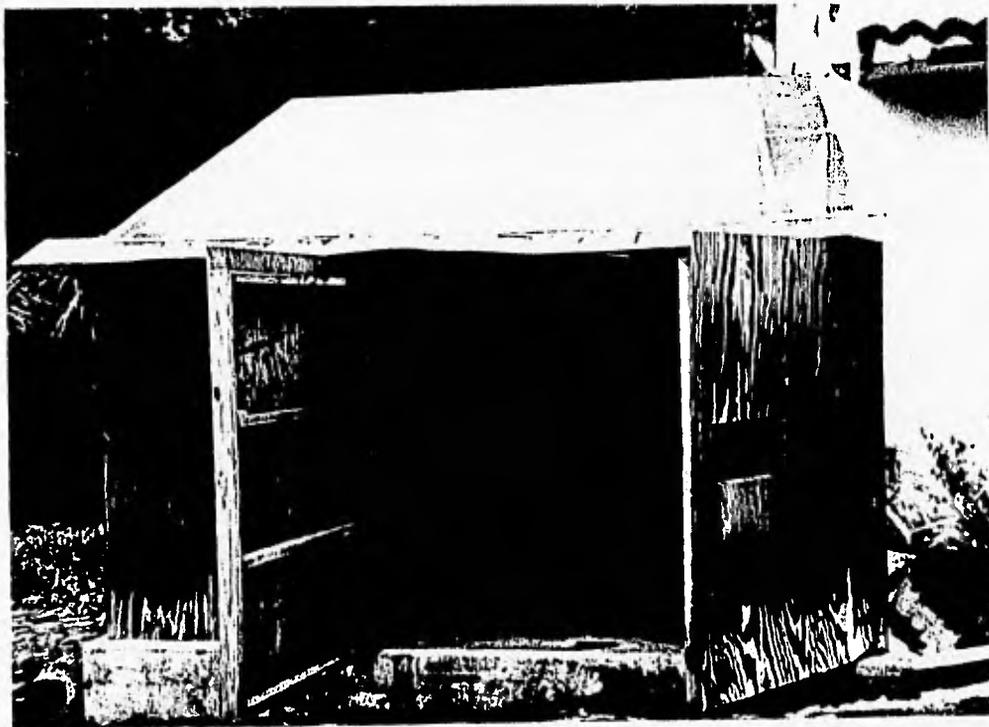


Fig. 17a Secadora solar "LACITEMA", construida con madera sobre una base de concreto.

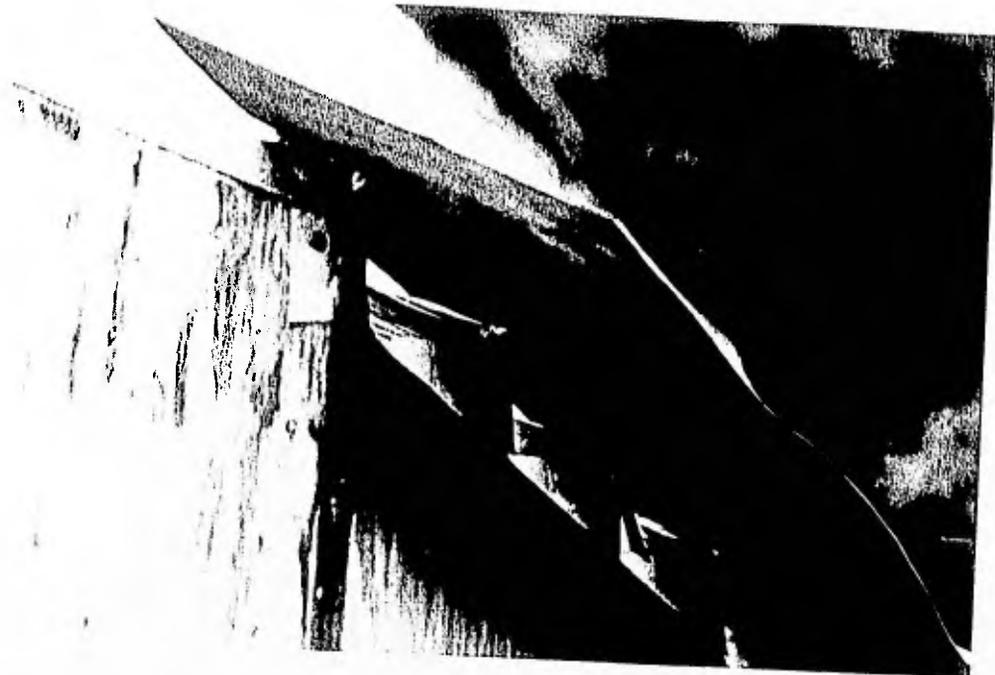


Fig. 17b Extremo inferior del colector, por donde entra el aire del medio ambiente.



Fig. 17c Interior de la secadora en una esquina donde se encuentra un ventilador que hace circular el aire caliente.

El colector tiene una inclinación igual a la latitud del lugar y consiste en un cajón que hacia el exterior tiene vidrio plano de 4 mm de espesor, en medio una lámina galvanizada pintada de negro y hacia el interior madera, las paredes deben estar recubiertas de un material aislante para no perder el calor; la puerta de acceso debe ubicarse hacia el norte y aislar el contacto de la secadora con el suelo. Esta secadora alcanza a elevar la temperatura interior hasta 50 °C y cuenta con ventilas que se mantienen cerradas en la noche y se abren cada hora durante el día para eliminar la humedad interior.

El procedimiento de secado consiste en colocar piezas del mismo espesor en forma Intercalada dentro de la secadora, conociendo su peso y humedad inicial; para cerrar la puerta de ésta y registrar su contenido de humedad y peso en tiempos definidos, hasta asegurarse que se fuge el total de la humedad y que el grado de humedad sea más general. Para eliminar los efectos de esfuerzos internos en las piezas se abren las ventilas y la puerta durante un tiempo hasta que estas liberaciones disminuyan; esta es la manera que actualmente se usa para balancear los esfuerzos y homogeneizar la humedad que existe en la madera hasta un 11% aproximadamente.

Durante el proceso de trabajo para elaborar esta tesis, se visitó una estufa del grupo MagMILLAN Guadiana S.A. de C.V., estas estufas son mecánico-automáticas, procedentes de E.E.U.U., con una capacidad de 250 m³, equipadas para asegurar un buen control de la temperatura, humedad del aire y velocidad del aire en contacto con la madera y generan en su interior una temperatura máxima de 200 °F ó 93.3 °C.

Estas secadoras conforman un método más exacto y mejoran la velocidad de secado, para su funcionamiento cuentan con el espacio de la cámara de secado de 40 ft X 120 ft, cuarto de control, cuarto de calderas, comedor y servicios. Funciona a base de diesel y energía eléctrica.

Durante esta visita se conoció la importancia del patio de secado donde se acomoda y se selecciona la madera previo al secado controlado, así como el proceso que sigue la madera hacia la zona de secado, de tratamiento, corte y desbaste, y el proceso de laminado para conformar piezas controladas a base de láminas unidas con resinas bajo condiciones de presión y temperaturas y con juntas dentadas en sus extremos. Las materias primas usadas actualmente en este grupo para la fabricación de elementos laminados son.

1. Resina Watex 105
Estado físico: Líquido
Tipo de almacenaje: Tambores
2. Catalizador P-205-A
Estado físico: Polvo
Tipo de almacenaje: Sacos
3. Catalizador P-205-B
Estado físico: polvo
Tipo de almacenaje: Tambores

La restricción que ha frenado el desarrollo del otate en forma integral, es la falta de conocimientos técnicos que justifiquen la transformación de este recurso renovable; documentando el aprovechamiento total de su estructura, así como de sus potenciales características y además que permitan ver las posibilidades de desarrollo de esta materia prima con mucho futuro por sus excelentes propiedades. Esta forma de trabajo contribuiría a mejorar las actividades económicas del país y le aportaría a las personas nativas de las zonas tropicales la posibilidad de mejorar su calidad de vida y tener más opciones de desarrollo.

10. CONCLUSION

La arquitectura es una importante expresión de la cultura, que conceptualiza las formas de vida tradicional, las costumbres de una sociedad y los bienes materiales para crear sus espacios.

Nuestra arquitectura debe responder a las condiciones económicas del tiempo con suficientes recursos para satisfacer las demandas espaciales que garanticen una vida digna de sus habitantes; atendiendo a estas condiciones, la economía se convierte en uno de los principios rectores, que necesita una tecnología adaptada y actualizada al alcance del país, para resolver los problemas conocidos y poco evolucionados.

La habitabilidad, la modernidad y la regionalidad, son los principios del hacer arquitectónico, que mediante el dominio del clima, de los materiales y de las técnicas tradicionales se puedan hacer obras que pertenezcan a su tiempo, a su lugar y expresen respetuosamente las culturas regionales en las que se ubican.

La arquitectura tradicional ha estado sujeta a largos procesos de ensayo y error, que le ha permitido desarrollar técnicas constructivas y expresiones aceptables que hoy se caracterizan por la pureza de sus formas, la nobleza de los materiales y la sencillez de su concepto; respetando su naturaleza ha enaltecido un sistema tradicional constructivo, que resume costumbres ancestrales, contiene simplicidad de su belleza y la autenticidad de materiales que hablan de la gente y de los pueblos. Estas soluciones están condicionadas por las tradiciones culturales y por el clima que define los requerimientos específicos de protección necesarios para la existencia del hombre.

Los recursos naturales determinan los materiales y crean características típicas; la tradición cultural acumulada proporciona tecnología para aprovechar los materiales y formas de entender los fenómenos. Actualmente sabemos que los sistemas estructurales deben cumplir una función en condiciones normales de trabajo y mantenerse enmarcados dentro de límites económicos y estéticos, esto implica conocer las acciones que actuarán sobre una estructura que somete a los miembros a un estado de esfuerzos o deformaciones en forma conjunta.

Conociendo las extraordinarias propiedades del olate, existen muchas razones para fomentar su utilización como materia prima en la construcción. Este trabajo contiene las bases para fundamentar desde un cultivo industrializado hasta la fabricación de elementos estructurales prefabricados, ya que a través de la investigación se conocieron las propiedades biológicas, físicas y mecánicas que justifican la idea de emprender una industria, que enriquezcan los sistemas constructivos arquitectónicos contemporáneos en nuestro país.

Interpretando y valorando el uso de los recursos naturales y las condiciones del medio, resultan soluciones integradas superando el uso de las materias primas, propias del lugar, que siguen demostrando su eficacia. Este trabajo busca aportar el conocimiento para conocer la riqueza de la arquitectura tradicional y entender su esencia, así como orientar, para revitalizar el uso del otate, partiendo de la valoración de lo propio que subsiste, integrándole los conocimientos y técnicas contemporáneas que permitan mejorar su permanencia sin modificar la originalidad.

11. REFERENCIAS

1. Hidalgo López, Oscar. Bambú.
Colombia, Ed. Estudios Técnicos Colombianos Limitada, 1974.
2. Hidalgo López, Oscar. Nuevas Técnicas de Construcción con Bambú.
Colombia. Ed. Estudios Técnicos Colombianos Limitada, 1978.
3. Villegas, Marcelo. Tropical Bamboo.
E.E.U.U. Ed. Rizzoli, 1990.
4. Robles Fernández Francisco y Echenique, Ramón. Estructuras de Madera.
México. Ed. Limusa, 1991.
5. O.N.U. Utilización del bambú y de la Caña en la Construcción.
E.E.U.U. Ed. O.N.U., 1972.
6. Peschard, Eugenio, Resistencia de Materiales.
México. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. 1992.
7. Creixell M., José. Estabilidad de las Construcciones.
México. Ed. Reverté Ediciones, S.A. 1992.
8. Cronquist, Arthur. Introducción a la Botánica.
México, C.E.C.S.A. Sexta impresión, 1975.
9. Pohl W. Richard. Flora Costaricensis.
E.E.U.U., Willian Burger, 1980.
10. Harry, Parker. Mecánica y Resistencia de Materiales.
México, D.F. Ed. Limusa. 1991.
11. Fitzgerald W. Robert. Mecánica de Materiales
México, D.F. Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. 1982.
12. Colle Coruera, Marie-Pierre. México Casas del Pacífico.
México. Ed. Alti Publishig. 1994.
13. R. Yu. Roshevits. Grasses an introduction to the study of fodder and cereal
grasess.
Indian National Scientific Documentation Centre. New Delhi. 1980.
14. United States Departament of Agriculture. Grass, the Yearbook Committee
Washingtond 1948.