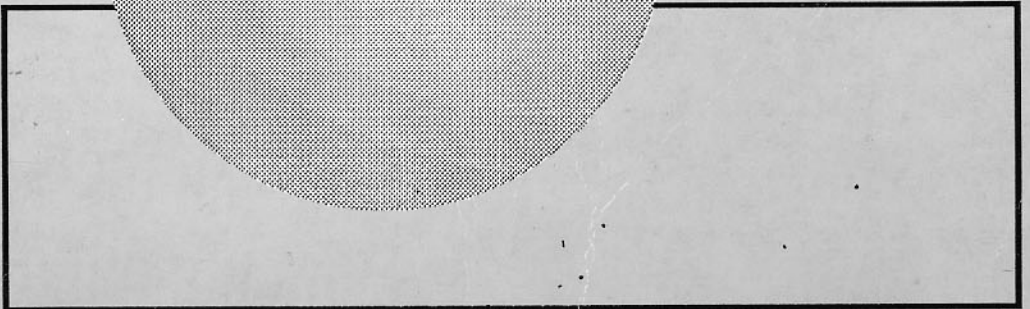
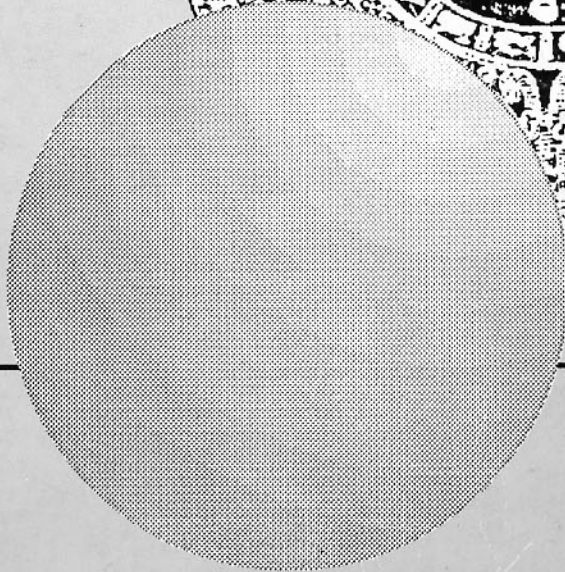
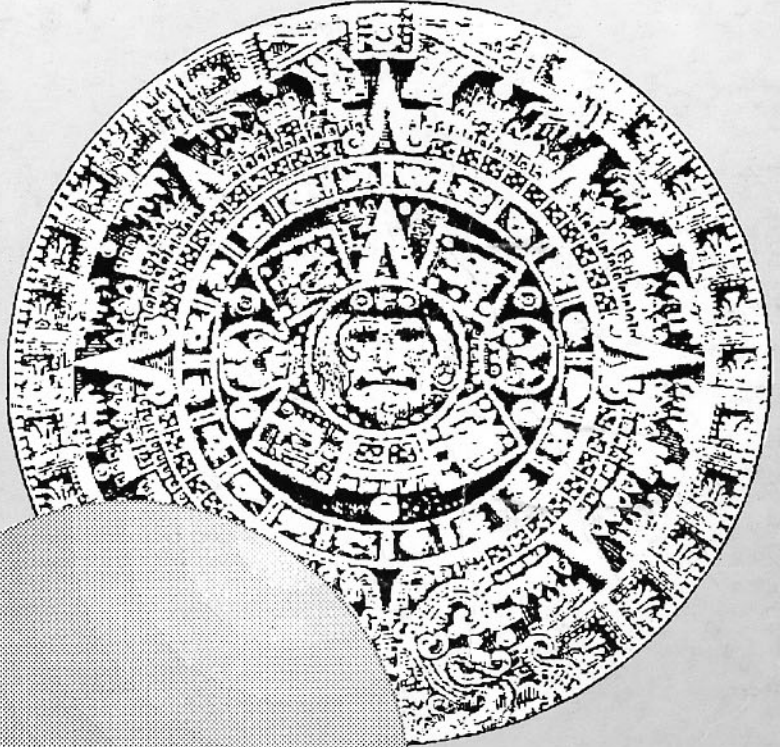


Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/JUNIO 1992 VOLUMEN 2 No. 1

620
In



INGENIERIA

1992

INGENIERIA

Revista Semestral de la Universidad de Costa Rica

Volumen 2 Enero-junio 1992 Número 1

DIRECTOR

Rodolfo Herrera J.

EDITOR

Victor Herrera C.

CONSEJO EDITORIAL

Víctor Hugo Chacón P.

Ismael Mazón G.

Domingo Riggioni C.

CORRESPONDENCIA Y SUSCRIPCIONES

Editorial de la Universidad de Costa Rica

Apartado Postal 75

2060 Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

CANJES

Universidad de Costa Rica

Sistemas de Bibliotecas, Documentación e información

Unidad de Selección y Adquisiciones-CANJE

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

Suscripción anual:

Costa Rica: ₡500,00

Otros países: US \$20,00

Número suelto:

Costa Rica: ₡250,00

Otros países: US \$10,00



EL BAMBU: UNA ALTERNATIVA DE USO EN CONSTRUCCION DE VIVIENDA

(Ponencia presentada en la V Semana Científica, San Pedro Sula, Honduras, 1991 y en el III Congreso Centroamericano de Ingeniería, Ciudad de Guatemala, Guatemala, 1992)

*Jaime Sotela Montero, Ing**

Resumen

Con el objetivo de utilizar el bambú en la construcción de vivienda de interés social, se presentan los resultados experimentales de la caracterización físico-mecánica de la especie "guadua" en Costa Rica, y su comparación con otras especies de madera de uso comercial.

Summary

With the objective of using bamboo for low-cost housing, experimental results of physical and mechanical properties of one bamboo specie from Costa Rica and their comparison with other commercial wood species are described.

INTRODUCCION

Uno de los problemas de mayor dificultad por los que atraviesan los países del Tercer Mundo, es aquel relativo al campo de la vivienda.

Reconocida la situación anterior, muchos estudios técnicos se han derivado del intento, en Tercer Mundo, de solucionar, por lo menos en este aspecto, el problema de la vivienda. Realmente, esta situación debe ser atacada desde un inicio, con un criterio científico, de manera que este criterio permita establecer las políticas económicas y sociales claras respecto al problema.

Los nuevos materiales en el área de la construcción civil deben ser la pauta inicial para el establecimiento de ese buen criterio. Caso particular de los países en vías de desarrollo, los nuevos materiales deben implicar nuevas alternativas, eficientes, económicas y sobre todo seguras.

El bambú es uno de esos materiales que puede reunir las condiciones expuestas y que a pesar de ser utilizado por el hombre desde los tiempos antiguos, no ha sido estudiado de una forma apropiada hasta el momento.

En latinoamérica, Colombia ha sido uno de los países que ha llevado a cabo todo un plan de manejo del bambú como alternativa de construcción para vivienda de interés social.

En otro caso, Costa Rica inició en el año 1987, con apoyo gubernamental y de instituciones internacionales como el BCIE, el PNUD, la OIT y el Gobierno de Holanda, el denominado Proyecto Nacional del Bambú que tiene como objetivo principal la utilización del material para la construcción de viviendas en zonas rurales e indígenas.

La investigación mencionada a continuación, fue realizada en el Laboratorio de Productos Forestales del Instituto de Investigaciones en Ingeniería y en el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, mediante un convenio firmado entre la Universidad de Costa Rica y el Proyecto Nacional del Bambú, como respuesta a una serie de necesidades de información técnica y científica establecidas por el Proyecto.

METODOLOGIA

2.1 Material

Existen muchas especies y variedades de bambú. En el caso particular de esta investigación, se trabajó exclusivamente con la especie "guadua". Esta especie posee gran tamaño tanto en altura como en diámetro, de manera que en otros países ha sido reconocida como una de las especies más prometedoras para ser utilizada en el campo de la construcción.

La variedad o especie "guadua" no es oriunda de la región centroamericana, sin embargo, su cultivo y desarrollo se establece como una posibilidad real en Costa Rica.

El material de estudio se obtuvo de dos regiones de Costa Rica. La primera ubicada en el norte del país, región Atlántica y la segunda en la zona Sur, en la frontera divisoria entre Costa Rica y Panamá (región del Pacífico).

En ambos casos, se utilizaron culmos maduros (edad superior a los cuatro años), sin embargo, las dimensiones promedio de los culmos de la región Atlántica fueron superiores a los de la región Sur. (Cuadro #1).

CUADRO #1
Dimensiones Promedio de los Culmos de la Especie "Guadua" en Costa Rica

PROCEDENCIA	Altura (m)	Diámetro Base (mm)	Espesor Base (mm)
Zona Atlántica	21,0	160	25
Zona Sur	18,0	110	18

2.2 Ensayos Físicos

En términos generales, los ensayos físicos efectuados sobre los diferentes culmos de las regiones evaluadas fueron: a) densidad, b) contracción volumétrica y, c) contracción del diámetro y la pared. La metodología implementada para cada uno de estos ensayos es similar a la utilizada para los ensayos con especímenes de madera. Sin embargo, en este caso particular, se evaluaron las

propiedades físicas en la base, en el medio y en la parte alta de los culmos. En total, se confeccionaron 20 especímenes por región para cada uno de los ensayos físicos (Figuras #1, #2 y #3).

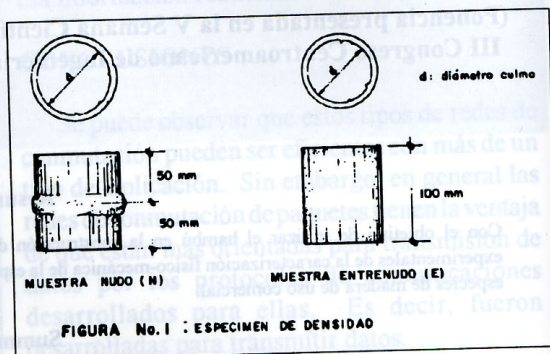


FIGURA No. 1 : ESPECIMEN DE DENSIDAD

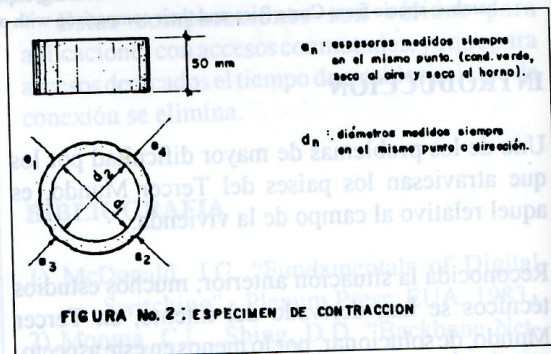


FIGURA No. 2 : ESPECIMEN DE CONTRACCION

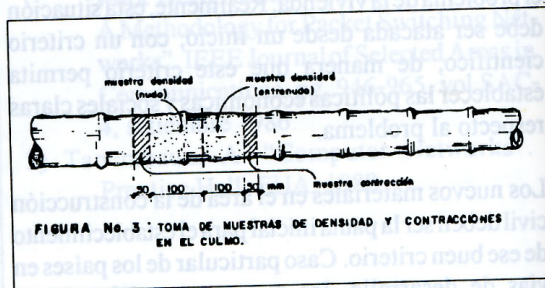


FIGURA No. 3 : TOMA DE MUESTRAS DE DENSIDAD Y CONTRACCIONES EN EL CULMO.

2.3 Ensayos Mecánicos

Un problema difícil de resolver fue la implementación de los ensayos de resistencia para culmos de bambú. En general y a diferencia de la experimentación en madera, no existe una metodología estandarizada para la realización de los ensayos mecánicos en bambú.

En este sentido, uno de los objetivos específicos del proyecto fue el publicar un Manual de Ensayos (ref. #4) para la realización de este tipo de experimentación. Este Manual recopila la experiencia acumulada del estudio y estandariza los procedimientos aplicados. A este efecto, se realizaron ensayos de flexión, compresión y cortante.

Los ensayos de flexión se efectuaron con culmos de 5 m de longitud, cargados en los tercios medios, simplemente apoyados y una luz efectiva de 3,6 m. En este caso, se determinó el módulo de ruptura, el esfuerzo al límite proporcional y el módulo de elasticidad para cada zona de vida. El ensayo se efectuó en una máquina de ensayos universal con capacidad máxima de 100 toneladas y precisión de 1 kg (Figuras #4 y #5).

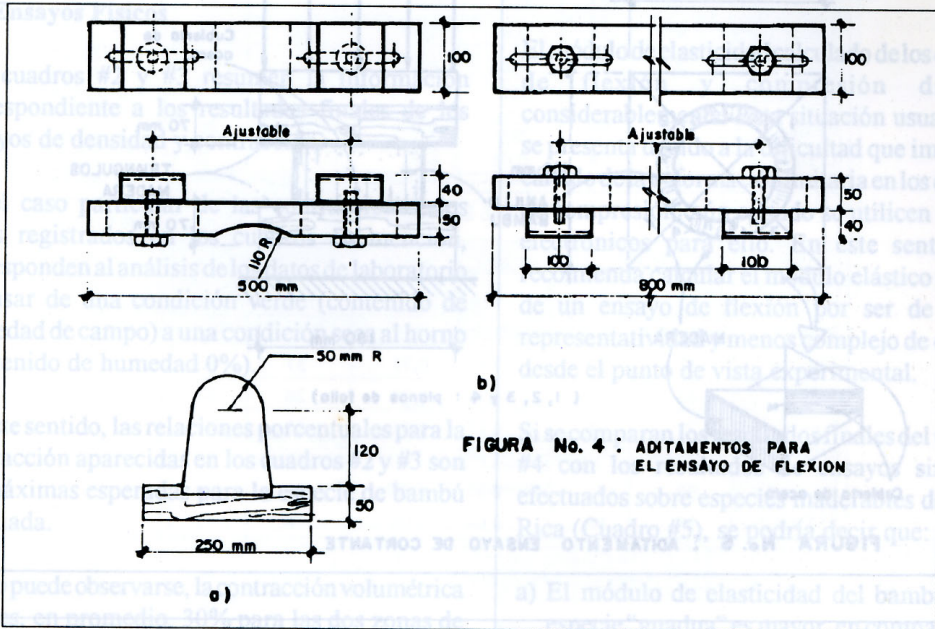


FIGURA No. 4 : ADITAMENTOS PARA EL ENSAYO DE FLEXION

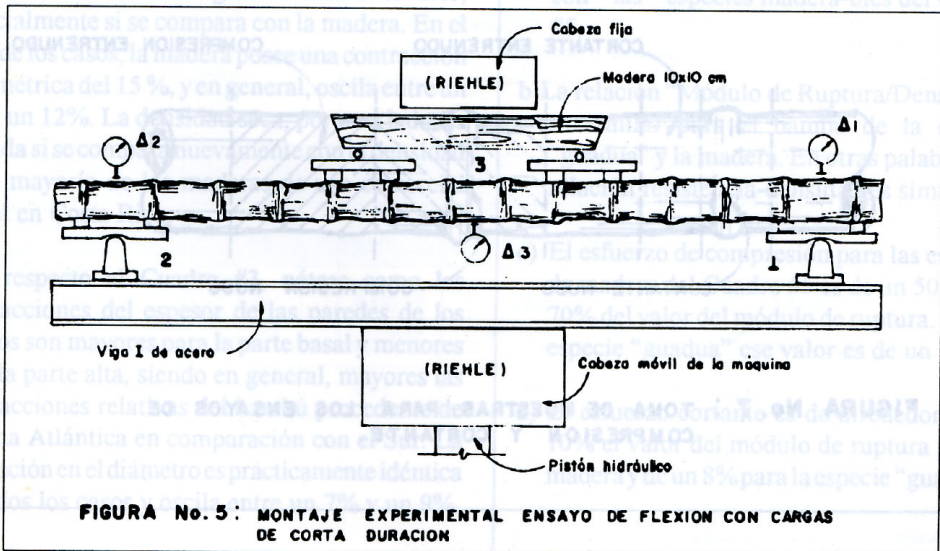
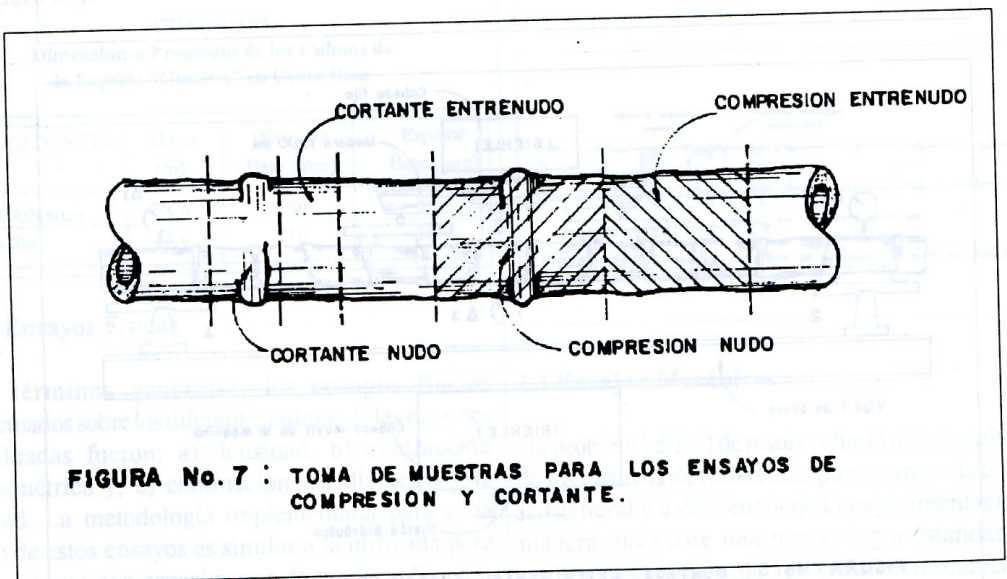
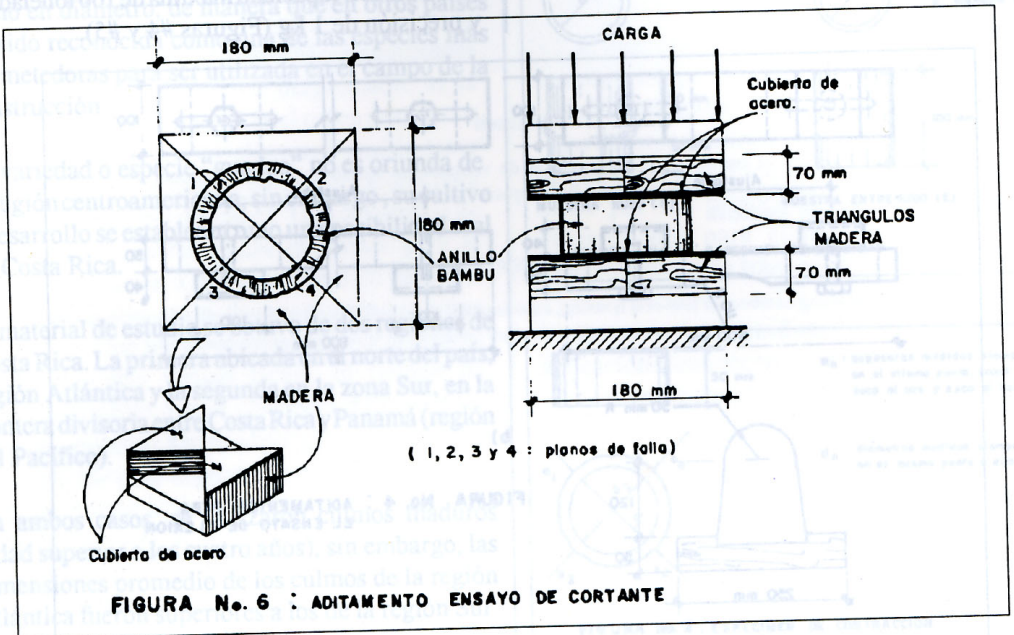


FIGURA No. 5 : MONTAJE EXPERIMENTAL ENSAYO DE FLEXION CON CARGAS DE CORTA DURACION

Para los ensayos de compresión, se utilizaron especímenes con una altura de 1,5 veces el diámetro externo del mismo. Se incluyeron muestras de la parte basal, media y alta de los culmos. El 50% de los especímenes poseían un nudo en su longitud y el otro 50% se obtuvieron de las zonas de entrenudo de los culmos. Se evaluaron un total de 48 especímenes por región. En los ensayos para los especímenes de

entrenudo, se utilizaron galvas extensiométricas (Strain Gages) para la determinación de la deformación unitaria en el proceso de carga (Figura #7).

En el ensayo para la determinación del esfuerzo máximo en Cortante se siguió un esquema muestral similar al ensayo de compresión (Figura #6).



Cabe destacar que todos los ensayos mecánicos se efectuaron en condición seca al aire, es decir, no se realizaron ensayos de resistencia en condición verde. El secado de los especímenes se realizó en un lugar cerrado, protegido de la intemperie y con una buena circulación de aire.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

3.1 Ensayos Físicos

Los cuadros #2 y #3 resumen la información correspondiente a los resultados finales de los ensayos de densidad y contracción.

En el caso particular de las contracciones, los datos registrados en los cuadros en mención, corresponden al análisis de los datos de laboratorio al pasar de una condición verde (contenido de humedad de campo) a una condición seca al horno (contenido de humedad 0%).

En este sentido, las relaciones porcentuales para la contracción aparecidas en los cuadros #2 y #3 son las máximas esperadas para la especie de bambú estudiada.

Como puede observarse, la contracción volumétrica total es, en promedio, 30% para las dos zonas de vida. Este valor es significativamente alto, especialmente si se compara con la madera. En el peor de los casos, la madera posee una contracción volumétrica del 15 %, y en general, oscila entre un 8% y un 12%. La densidad seca, por otro lado, es elevada si se compara nuevamente con la densidad de la mayoría de las maderas de uso comercial actual en Costa Rica.

Con respecto al Cuadro #3, nótese como las contracciones del espesor de las paredes de los culmos son mayores para la parte basal y menores para la parte alta, siendo en general, mayores las contracciones relativas del bambú procedente de la zona Atlántica en comparación con el Sur. La contracción en el diámetro es prácticamente idéntica en todos los casos y oscila entre un 7% y un 9%.

3.2 Ensayos Mecánicos

El Cuadro #4 resume los resultados de los diferentes ensayos mecánicos efectuados. Como análisis general, el módulo de ruptura para los especímenes de la zona Sur es superior en un 49% a los especímenes del Atlántico aún cuando el esfuerzo en compresión y cortante, así como el módulo elástico son similares.

El módulo de elasticidad calculado de los ensayos de flexión y compresión difieren considerablemente. Esta situación usualmente se presenta debido a la dificultad que implica el cálculo de la deformación unitaria en los ensayos de compresión, aún cuando se utilicen medios electrónicos para ello. En este sentido, se recomienda calcular el módulo elástico a partir de un ensayo de flexión por ser de mayor representatividad y menos complejo de obtener desde el punto de vista experimental.

Si se comparan los resultados finales del Cuadro #4 con los resultados de ensayos similares efectuados sobre especies maderables de Costa Rica (Cuadro #5), se podría decir que:

- a) El módulo de elasticidad del bambú de la especie "guadua" es mayor, en comparación con las especies maderas del Cuadro #5.
- b) La relación "Módulo de Ruptura/Densidad" es similar para el bambú de la especie "guadua" y la madera. En otras palabras, la relación resistencia-densidad es similar.
- c) El esfuerzo de compresión para las especies de madera del Cuadro #5 es de un 50% a un 70% del valor del módulo de ruptura. Para la especie "guadua" ese valor es de un 50%.
- d) El esfuerzo cortante es de alrededor de un 10% el valor del módulo de ruptura para la madera y de un 8% para la especie "guadua".

CUADRO #2
Resultados del Ensayo de Densidad y
Contracción Volumétrica
Especie "Guadua", Costa Rica

MUESTRAS DE NUDO						
PARTE	Humedad Verde (%)		Densidad Seca (g/cm ³)		Cont. Volumétrica (%)	
	Atlántico	Sur	Atlántico	Sur	Atlántico	Sur
Basal	125	99	0,70	0,77	29	25
Media	95	98	0,81	0,79	30	28
Alta	82	91	0,80	0,81	25	27
Promedio	101	96	0,77	0,79	28	26
D.Estándar	22	4	0,06	0,02	3	2

MUESTRAS DE ENTRENUDO						
PARTE	Humedad Verde (%)		Densidad Seca (g/cm ³)		Cont. Volumétrica (%)	
	Atlántico	Sur	Atlántico	Sur	Atlántico	Sur
Basal	113	122	0,83	0,75	37	33
Media	88	99	0,90	0,86	26	35
Alta	79	91	0,88	0,86	30	32
Promedio	93	104	0,87	0,83	31	33
D.Estándar	18	16	0,04	0,06	6	1

CUADRO #3
Ensayo de Contracción del Diámetro y el Espesor
Especie "Guadua", Costa Rica

Posición	Contracción Diámetro (%)		Contracción Espesor (%)	
	Atlántico	Sur	Atlántico	Sur
BASE	6,7	6,2	23,8	18,6
MEDIO	8,4	8,7	18,8	17,8
ALTO	6,9	8,9	14,0	15,8

Cabe destacar que las observaciones anteriores se realizan comparando valores experimentales obtenidos para la madera y el bambú en condiciones metodológicas diferentes. En el caso de la madera, los valores estimados en el Cuadro #5 fueron obtenidos utilizando la especificación

internacional de la "American Society for Testing and Materials ASTM D-143" (ref. #1). Evidentemente, las metodologías experimentales para madera no son aplicables para especímenes de bambú, sin embargo, las observaciones generales referentes al cuadro #5 son válidas.

CUADRO # 4
Resumen de Resultados de los Ensayos Mecánicos
Especie "Guadua", Costa Rica
(Contenido de Humedad =16%)

PROPIEDAD (Kg/cm ²)	ATLANTICO		SUR	
	Promedio	E.Est.	Promedio	D.Est.
Módulo de Ruptura	757	125	1113	140
Esfuerzo Límite Propocional	669	180	926	102
Módulo Elasticidad en Flexión	236743	61349	277689	46157
Esfuerzo de Compresión	426	90	420	60
Módulo Elasticidad en Compresión	192191	27321	176104	45102
Esfuerzo Cortante	63	14	75	10

CUADRO # 5
Análisis Comparativo de Resistencia de Algunas Especies
Maderables y la Especie "Guadua" en Costa Rica
(Valores promedio)

ESPECIE	W (%)	Densidad (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	ELP (kg/cm ²)	MR (kg/cm ²)	C (kg/cm ²)	V (kg/cm ²)
Ciprés <i>Cupressus lusitanicus</i>	12	0,46	98000	475	876	411	87
Pilón <i>Hieronyma alchorneoides</i>	12	0,79	143000	632	1049	-	-
Cristóbal <i>Platymiscium pinnatum</i>	12	0,86	167000	930	1305	813	127
Surá <i>Terminalia lucida</i>	12	0,77	130000	762	1098	-	-
Especie "Guadua", C.R.							
Atlántico	16	0,77	236000	669	757	427	63
Sur	15	0,79	277000	926	1113	420	75

Nomenclatura

- W : Contenido de Humedad
- E : Módulo de Elasticidad
- ELP : Esfuerzo límite Proporcional
- MR : Módulo de Ruptura
- C : Esfuerzo Máximo de Compresión
- V : Esfuerzo Máximo de Cortante

CONCLUSIONES

Existe una similitud importante para el bambú de la especie "guadua" estudiada en dos regiones de Costa Rica. Sin embargo y tal como se comentó, el módulo de ruptura es superior para el bambú procedente de la zona Sur en comparación con la zona Atlántica. El valor porcentual para la contracción volumétrica es prácticamente igual, sin embargo la contracción específica de la pared del culmo es mayor para los especímenes procedentes de la zona Atlántica.

Cabe destacar que una de las mayores dificultades técnicas del uso del bambú en el campo de la construcción, se refiere precisamente al alto porcentaje de las contracciones producto del proceso de secado. El proceso de contracción celular en el bambú comienza desde el primer momento que el culmo es cortado.

Las contracciones, en especial de la pared, pueden producir fisuras y rajaduras a lo largo del culmo, disminuyendo significativamente su resistencia. El control de las contracciones en el bambú resulta indispensable para su posterior uso constructivo, especialmente si este uso es de tipo estructural.

Para llevar a cabo este control, se recomienda secar el bambú con la mayor longitud posible, almacenado en un ambiente seco, con buena circulación de aire, protegido de la intemperie y colocado en forma vertical. Los nudos en el culmo de bambú son una restricción natural importante al proceso de contracción de las paredes.

En términos de resistencia, el bambú de la especie "guadua" es un material muy similar a la madera y en ese sentido la puede sustituir. En general, la especie de bambú estudiada posee una resistencia en compresión y flexión comparable y superior al de muchas especies maderables pero con una resistencia relativa en cortante menor.

El bambú de la especie "guadua" es una "planta" de rápido crecimiento que posee una diversidad de habitats de desarrollo y una adecuada capacidad estructural, lo que lo hace ser un material prometedor para su uso en la construcción.

Una consideración importante es que, aún cuando las características mecánicas de esta especie sean en algunos casos superiores o iguales a las de especies maderables utilizadas en la construcción de vivienda, el aspecto técnico-constructivo del bambú difiere totalmente al de la madera. Es decir, el uso del bambú en la construcción civil está supeditado al desarrollo de una tecnología apropiada a la forma redonda del material y sus características físico-mecánicas. El bambú posee una forma predeterminada por la naturaleza y a diferencia de la madera, difícilmente puede ser modificada a través de procesos de aserrío.

BIBLIOGRAFIA

1. González, M., González, G. "*Propiedades físicas, mecánicas, usos y otras características de algunas maderas comercialmente importantes en Costa Rica*". Laboratorio de Productos Forestales, Universidad de Costa Rica, 1973.
2. Janssen, J. "*Bamboo in Building Structures*". Doctoral Thesis, Eindhoven University of Technology, Netherlands, 1981.
3. Sotela, J. "*Propiedades Físico-Mecánicas de la especie Guadua en Costa Rica*". Laboratorio de Productos Forestales, Universidad de Costa Rica, 1991.
4. Sotela, J. "*Manual de ensayos Físico Mecánicos para Bambu*". Laboratorio de Productos Forestales, Universidad de Costa Rica, 1991.

RED COMPUTADORIZADA DE INFORMACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Notas Técnicas

Los autores analizaron muy brevemente los resultados del planeamiento de opciones para conformar una red de Especializada en Ciencia y Tecnología (denominados CI CONARE-CONICIT/BID), que trata como una de sus componentes para promover y facilitar el intercambio de información en

INTRODUCCION

El desarrollo científico y tecnológico en los países más desarrollados del mundo ha tenido como componente fundamental el acceso y la posibilidad de intercambio de información entre las mentes científicas y tecnológicas, no solo del país sino también de sus homólogos en otras latitudes.

Buscando un desarrollo económico-social sostenido, el gobierno de Costa Rica ha impulsado entre otras acciones, una por más de ocho años orientada a la creación de centros de información especializada (CIEs), a través de los cuales se brinda información y asistencia técnica en las áreas científico-tecnológicas que se consideran motor de este desarrollo económico-social. Este apoyo ha culminado con la obtención del préstamo CONARE-CONICIT/BID, para el fortalecimiento de la ciencia y tecnología en el país por medio de la ejecución de varios programas, siendo uno de ellos el desarrollo de una Red de Información en Ciencia y Tecnología (RICYT) basada en la tecnología informática y de telecomunicaciones.

Aún cuando la investigación cubrió tanto las áreas de la bibliotecología como de la informática, resaltaremos principalmente en este breve artículo las que corresponden a la segunda

RED AUTOMATIZADA DE INFORMACION CIENTIFICO-TECNOLOGICA

La investigación realizada abarcó principalmente las áreas de bases de datos, sistemas de información y telecomunicaciones (incluimos aquí comunicación de datos, telefónica y transmisión por fax). El proceso de elaboración y presentación de las opciones tecnológicamente disponibles en la actualidad para la conformación de la red de computadores, parte medular del proyecto, fue enriquecido con los resultados de un estudio teórico y de trabajo de campo, enmarcando los resultados dentro de los aspectos técnico, operativo y financiero.

De los requerimientos de comunicación encontrados se concluye la necesidad de considerar opciones para una red en la cual se añada que el planteamiento de opciones se crea un análisis de las ventajas y desventajas de utilizar en el diseño una Red de Área Local (LAN), Red Privada, Red Pública Conmutada y Red Pública de Datos (PDN).

Por razones técnicas que tienen que ver con la descripción y reglamentación de ITC y la topología de la red, no es viable considerar la creación de una LAN entre los CIEs. Por este y otros motivos se estudia en detalle únicamente las opciones de