

**Figura 50. Estructuras agropecuarias elaboradas con GAK**

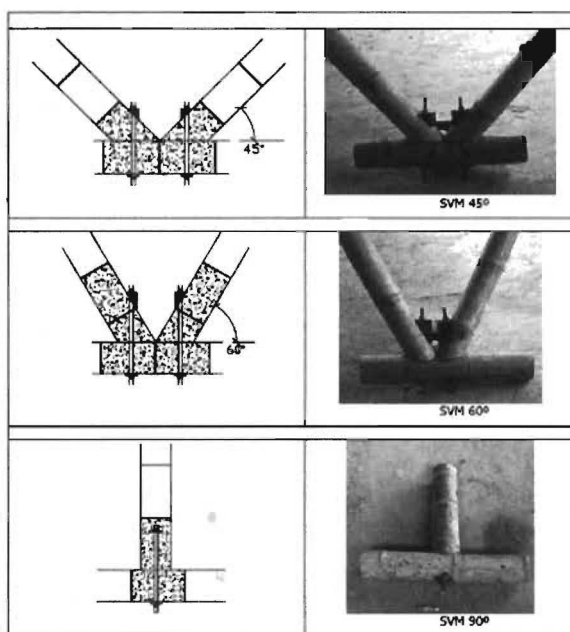


Foto. Eugenia González C. 2009

La figura 51, muestra modelos de uniones tipo Simón Vélez con ángulo de inclinación. Jaramillo & Sanclemente (2003), realizaron modificaciones a dicha unión que consistió en utilizar varillas de 5/8" en vez de 1/2" más mortero fluido con neopreno. Esta unión trabaja a tracción y tiene por objeto aprovechar al máximo la resistencia que tiene el material por su estructura anatómica.

Jaramillo & Sanclemente (2003), encontraron que las probetas tipo Simón Vélez modificadas, sometidas a tensiones de compresión a  $90^\circ$ , alcanzaron promedios de 8,5 MPa; a tracción con ángulos de  $90^\circ$  la resistencia fue de 3,45 MPa; mientras que a tensiones cortantes con ángulos de inclinación de  $45^\circ$  y  $60^\circ$  se encontraron valores de 2,82 MPa y 2,56 MPa respectivamente.

**Figura 51. Uniones inclinadas con GAK**



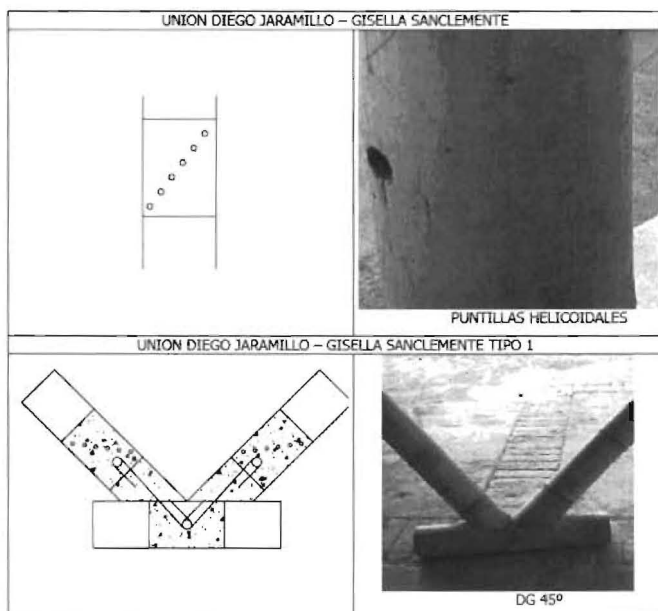
Fuente: Jaramillo & Sanclemente (2003)

La figura 52 muestra un tipo de unión inclinada desarrollada por Jaramillo & Sanclemente (2003). La unión esta constituida por flejes estandar de 0,30 m, los cuales se en-

cuentran dentro de los elementos inclinados y se conectan en un pasador de 5/8”.

Jaramillo & Sanclemente (2003), encontraron que las probetas sometidas a tensiones de compresión a  $90^\circ$ , alcanzaron promedios de 1,70 MPa; a tracción con ángulos de  $90^\circ$  la resistencia fue de 1,27 MPa; mientras que a tensiones cortantes con ángulos de inclinación de  $45^\circ$  y  $60^\circ$  se encontraron valores de 3,13 MPa y 3,23 MPa respectivamente.

**Figura 52. Uniones inclinadas con GAK**



Fuente: Jaramillo & Sanclemente (2003)

Estas uniones desarrolladas por Jaramillo & Sanclemente (2003), presentaron a compresión un buen comportamiento, principalmente cuando se encuentran inclinadas a ángulos de  $45^\circ$  y  $60^\circ$  y sometidas a tensiones de tracción con un ángulo de  $90^\circ$ ; sin embargo, para estructuras agropecuarias, es válida la utilización de cualquiera de éstas, siempre y cuando, al realizar un análisis estructural, los esfuerzos actuantes no superen los soportados por el material (figura 53).



**Figura 53. Puente en guadua (Santafé de Antioquia.  
Diseño de JÖRG STAMM)**

Foto. Eugenia González C. 2006

## Comentario final

Es indudable que la GAK, como material alternativo de construcción, presenta muchas ventajas que han llevado a este material a ser utilizado en un sinnúmero de estructuras, entre las cuales se encuentran aplicaciones diversas en el sector agropecuario.

A pesar de lo anterior, la mayoría de las estructuras agropecuarias, por sus características intrínsecas de funcionalidad en la relación animal, planta, estructura y bioclimática, hacen que éstas sean diseñadas con sistemas aporticados, los cuales no han sido avalados por la NSR-98 aunque ya existe la norma ISO 22156 de 2004 “Bambo Structural Design”, para diseño de elementos. Por tanto, se considera de suma importancia ahondar más en investigaciones que permitan que estos sistemas aporticados con GAK sean incorporados en la norma NSR 98.

Teniendo en cuenta lo anterior, el atreverse a realizar diseños con estructuras en GAK, como el elaborado en este texto, implica utilizar factores de seguridad amplios y tener un buen conocimiento del material. Los diseños deben ser realizados por ingenieros especializados en el área de estructuras.

## Bibliografía

ABD, Latif. 1990. Anatomical features and mechanical properties of three Malaysian bamboos. *Journal Tropical Forest Science*. 2(3): 227-234.

AHMAD, Mansur. 2000. Mansur Ahmad. 2000. Analysis of Calcutta bamboo for structural composite materials. PhD Thesis. Doctor of Philosophy in Wood Science and Forest Products. Virginia Polytechnic Institute and State University. 210 p. Disponible en: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-08212000-10440027/unrestricted> (Consultada en enero 25 de 2005).

AMADA, Shigeyasu; UNTAO, Sun. 2001. Fracture properties of bamboo. 2001. *Composites part B: Engineering*. 32: 451-459.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEER (ASAE). Standard, engineering practice and data. 37th edition. Michigan, USA. 389. 1990.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 143 de 1994. En: *Annual Book of ASTM Standards: Designation Philadelphia*: 459-485.

ARBELÁEZ, Anacilia. 1999. Manuales sobre bambú: La guadua el bambú de América Tropical. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 35 p.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, Ais Forec. 2000. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá : Fondo para la reconstrucción y desarrollo social del eje cafetero, Organización Corona. 70 p.

\_\_\_\_\_. 1998. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. NSR 98. 1138 p.

CAMACHO, Victor; PÁEZ Isduar. 2002. Estudio de conexiones en guadua solicitadas a momento flector. Tesis Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogota. 156 p.

CASTAÑO, Francisco; MORENO, Rubén. 2004. Guadua para todos : cultivo y aprovechamiento. Bogotá. Gtz, Cortolima, Corpocaldas, CVC, CRQ, Carder, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 188 p.

CASTRILLÓN, Brigitte; MALAVER, Diego. 2004. Elaboración de ensayos para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la guadua. Tesis Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. 156 p.

CIRO, Hector; OSORIO, Jairo; VÉLEZ, Juan. 2004. Determinación de la resistencia mecánica de la *Guadua angustifolia Kunth* a tensión y cizalladura. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 58(1): 2709-2715.

CLAVIJO, Sandra; TRUJILLO, David. 2000. Evaluación de uniones a tracción en guadua. Tesis Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil. 187 p.

GARZÓN, Jenny. 1996. Optimización de estructuras en guadua. Tesis Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. 123 p.

GONZÁLEZ, Eugenia; DÍAZ, Jhon. 1992. Propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Tesis Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. p 55-64.

GONZÁLEZ, Eugenia; GARCÍA Eduard; OSORIO, Jairo. 2003. Resistencia a la flexión de la *Guadua angustifolia kunth* a escala natural. Universidad Nacional de Colombia, Revista Facultad Nacional de Agronomía. 55 (2): 1555-1572.

GUARÍN, Weibmar. 2005. Resistencia de la sección transversal de la guadua sometida a compresión. Tesis Universidad nacional de Colombia, Sede Medellín. 195 p.

HIDALGO, Oscar. 1974. Bambú, su cultivo y aplicaciones. Estudios Técnicos Colombianos Ltda, Cali. p 182-155.

\_\_\_\_\_. 2003. Bamboo. The gift of the gods. O. Hidalgo Ed. Bogotá. 553 p.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO. Bamboo -- Determination of physical and mechanical properties. ISO/TR 22157-2:2004.

\_\_\_\_\_. ISO. Bamboo Structural Design. ISO/TR 22156-2:2004.

JANSSEN, Jules J. 2002. Building with bamboo a handbook. Intermediate Technology Publications. Holanda. 245 p.

JARAMILLO, Diego; SANCLEMENTE, Ana. 2003. Estudio de uniones en guadua con ángulo de inclinación entre elementos. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. 223 p.

JUNAC, Junta del Acuerdo de Cartagena. 1984. Manual de diseño para maderas del grupo Andino. Lima Perú. 287 p.

JUDZIEWICS, Emmet. 1999. American Bamboos, Smithsonian Institution Press. Washington. 187 p.

LONDOÑO XIMENA, Gloria C. CAMAYO, Néstor M. RIAÑO, and Yamel LÓPEZ, 2002. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society 16 (1), 18 – 31.

LÓPEZ, Luis; TRUJILLO David, 2002. Diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua. En: Seminario – Taller Avances en la investigación sobre Guadua. 2002. Pereira, Colombia. 11 p.

MARTÍNEZ, Dixon. 1992. Puentes en do mayor. En: Memorias del primer Congreso Mundial de Bambú. Pereira, Colombia. 11 p.

MEJÍA, Fernando. 1985 Propiedades físicas y mecánicas de especies maderables en Caldas para su uso en la construcción. CINDEC; Manizales. p 43.

MONTOYA, Jorge. 2005. Secado solar y convencional de la *Guadua angustifolia* *Scientia et Technica* Año XI, No 27, Abril 2005. UTP. ISSN 0122-1701: 133-138.

MORENO Luis; OSORIO Lina. 2004. Caracterización físico-química de la *Guadua angustifolia* Kunth. Tesis Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 107 p.

MORENO, Ruben Darío. 2002. Actores del manejo sostenible de la guadua. CARDER. Pereira. 54 p.

NORMAS COPANT 555. 1973. Método de determinación de peso específico aparente, cizallamiento paralelo al grano, compresión, flexión estática. Buenos Aires, Argentina, p 1-15.

OBERMANN, Tim; LAUDE, Ronald. 2004. Bambú: Recurso sostenible para estructuras espaciales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 23 p.

OSORIO, Jairo; CIRO, Héctor; VÉLEZ, Juan. 2005. Efectos de algunos parámetros físicos y geométricos en la resistencia de diseño a flexión de la *Guadua angustifolia kunth*. Revista DYNA No. 145: 37-44.

\_\_\_\_\_. 2007. Determinación de la relación de Poisson de la *Guadua angustifolia* kunth a partir de procesamientos de imágenes y su relación con la estructura interna. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Vol 60, 2 .p 4067-4076. Medellín.

\_\_\_\_\_. 2007. Influencia de parámetros físicos en la resistencia de diseño a compresión de la *Guadua angustifolia kunth*. Revista DYNA No. 153: 69-79. 2007.

OSORIO, Jairo. 2006. Caracterización de la estructura interna de la *Guadua angustifolia* kunth y su incidencia en

las propiedades mecánicas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 96 p.

PEÑA, César. 1997. Propuesta de uniones mecánicas para estructuras de guadua. Santafé de Bogotá, 1997. Tesis (Arquitectura). Universidad Nacional de Colombia. p 108.

PRIETO, Edwin; SÁNCHEZ, Jorge. 2001. Comportamiento de la *guadua angustifolia* sometida a flexión. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. p 101.

TAKEUCHI, Caori. 2004. Comportamiento estructural de la guadua. Simposio Internacional de Guadua. Pereira Colombia. 14 P.

THE INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. 1999. Inbar standart for determination of physical and mechanical properties of bamboo. INBAR. 46 p.

## Glosario

**Acabado:** estado final, natural o artificial, en la superficie de una pieza de madera o guadua. Estado final de recubrimiento o del revoque.

**Aserrado:** proceso mediante el cual se corta un trozo para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular.

**Bahareque encementado:** sistema constructivo con el cual se obtienen muros delgados y resistentes, a partir de paralelos de bambú/guada, colocados a distancias iguales sobre una solera de madera o bambú y recubiertos interna y externamente por tableros de esterilla y bahareque con cemento.

**Bosque natural de guadua:** por gradual natural se entiende la masa boscosa que se da espontáneamente, con gran poder regenerativo, en la cual el estrato superior dominante es la guadua.

**Cepa:** es la primera sección basal cuya longitud varía dependiendo del uso que se le dé. Es la sección de mayor diámetro del culmo.

**Columna:** piezas cuyo trabajo principal es la compresión.

**Contracción:** reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de humedad.

**Correa:** elemento horizontal componente de la estructura de la cubierta.

**Culmo:** tallo del bambú.

**Ecosistema:** conjunto de organismos vivos en un medio homogéneo y bien definido.

**Ecotipo:** población adaptada a condiciones locales, y que presenta características particulares.

**Entramado:** sistema estructural primario de una edificación.

**Entrenudo:** sección del culmo comprendida entre dos nudos.

**Esterilla:** subproducto de la primera transformación, que se obtiene mediante picado en los nudos y apertura longitudinal de la basa o la sobrebasa. Material de construcción derivado del bambú, similar a una estera pequeña.

**Fibra:** células alargadas con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas.

**GAK:** *Guadua angustifolia* Kunth.

**Guadua castilla:** variedad de guadua de color amarillo, fina, con una distancia corta entre los nudos, gruesa y de poca rienda. Posee poca resistencia comparada con la forma macana y cebolla.

**Guadua cebolla:** variedad de guadua muy gruesa, crece muy pareja y alcanza mayores alturas en comparación con otras variedades, crece muy rápido y tiene los nudos muy distanciados.

**Guadua común:** es la guadua macana, considerada como la de mayor resistencia.

**Hinchamiento:** aumento de las dimensiones de una pieza por causa del incremento de su contenido de humedad.

**Mata:** conjunto de guaduas.

**Nudo:** parte de un culmo donde se inserta la hoja caulinar, se forma la yema y se encuentra el tabique que secciona el tallo. Esta parte le proporciona resistencia al material.

**Parénquima:** tejido vivo, generalmente con pared primaria celulósica, que hace parte de la matriz de la estructura interna de la GAK junto con las células de fibras.

**Radical:** relativo a las raicillas de las plantas.

**Rizoma:** tallo subterráneo segmentado que cumple con la función de almacenar los nutrientes y darle soporte mecánico a la planta.

**Rodales:** conjunto de culmos que conforman la mata o bosque de guadua.

## Nomenclatura

E: módulo de elasticidad ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

E<sub>prom</sub>: módulo de elasticidad promedio ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

E<sub>mín</sub>: modulo de elasticidad mínimo ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

F<sub>básico i</sub>: esfuerzo admisible básico ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

F<sub>b</sub>: esfuerzo admisible a flexión modificado ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

F: fuerza máxima aplicada (N).

F<sub>últ</sub>: fuerza máxima (N, Lbf).

F<sub>c</sub>: esfuerzo admisible a compresión paralela a las fibras ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

F<sub>t</sub>: esfuerzo admisible a tensión modificado ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

F<sub>v</sub>: esfuerzo admisible a cizalladura modificado ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

F<sub>bm</sub>: esfuerzo máximo a flexión del material ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

F.C: factor de reducción por calidad.