

## 11 Congreso Internacional de Educación

### Evaluación integral de una estructura en Guadua mediante la clasificación visual por defectos según la NSR-10 en La Guajira

Profesor Juanpablo Morales Granadillo  
*Universidad de La Guajira, sede Riohacha, Colombia*

#### RESUMEN

La investigación evalúa de manera integral una estructura construida con guadua en el departamento de La Guajira mediante la clasificación visual por defectos indicada en el Título G.12.3.2 de la NSR-10. Partiendo de que la guadua ofrece excelentes propiedades mecánicas pero su desempeño depende de la calidad del material, se diseñó un formato estandarizado para registrar in-situ fisuras, nudos, deformaciones y signos de deterioro biológico, todos ellos críticos para la capacidad portante de los culmos. Durante la inspección se documentan cuantitativamente los defectos y se clasifica cada elemento según los rangos de aceptación de la norma. Los resultados permiten identificar zonas estructurales con riesgo de falla y estimar la resistencia global de la edificación. A partir de este diagnóstico se formulan recomendaciones técnicas—reparación, refuerzo o reemplazo de miembros—y lineamientos de mantenimiento preventivo para garantizar estabilidad y durabilidad a largo plazo. El estudio aporta evidencia local para la adopción efectiva de la NSR-10 en construcciones de guadua, mejora la seguridad de los ocupantes, optimiza los costos al prevenir fallas prematuras y promueve prácticas constructivas sostenibles en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible del país. Además, el protocolo de inspección propuesto puede servir como referencia para futuros proyectos de vivienda social e infraestructura comunitaria que utilicen este recurso renovable característico de la región.

#### ABSTRACT

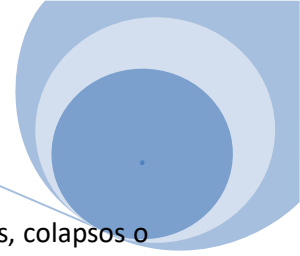
The research comprehensively evaluates a structure built with guadua in the department of La Guajira by means of the visual classification by defects indicated in Title G.12.3.2 of NSR-10. Based on the fact that guadua offers excellent mechanical properties but its performance depends on the quality of the material, a standardized format was designed to record in-situ cracks, knots, deformations and signs of biological deterioration, all of which are critical for the bearing capacity of the culms. During the inspection, defects are quantitatively documented and each element is classified according to the acceptance ranges of the standard. The results make it possible to identify structural areas at risk of failure and to estimate the overall resistance of the building. Based on this diagnosis, technical recommendations are formulated—repair, reinforcement or replacement of members—and preventive maintenance guidelines to ensure long-term stability and durability. The study provides local evidence for the effective adoption of NSR-10 in guadua constructions, improves occupant safety, optimizes costs by preventing premature failures, and promotes sustainable construction practices in line with the country's Sustainable Development Goals. In addition, the proposed inspection protocol can serve as a reference for future social housing and community infrastructure projects that use this renewable resource characteristic of the region.

**Palabras clave:** Guadua; clasificación visual; NSR-10; defectos estructurales; La Guajira; evaluación integral.

**Key words:** Guadua; visual classification; NSR-10; structural defects; La Guajira; comprehensive assessment; NSR-10

#### 1 SITUACIÓN PROBLEMA

En La Guajira, la guadua se ha utilizado tradicionalmente en construcciones rurales y urbanas debido a su disponibilidad, bajo costo y propiedades mecánicas favorables. Sin embargo, muchas de estas estructuras



se levantan sin un control técnico adecuado, lo que puede generar riesgos de fallas prematuras, colapsos o inseguridad para sus ocupantes. Aunque la NSR-10 establece criterios para la clasificación visual por defectos en elementos estructurales de guadua, su aplicación en la región es limitada o desconocida, lo que dificulta garantizar la calidad y seguridad de estas construcciones.

La crisis habitacional en el departamento de La Guajira se agrava debido a las condiciones climáticas extremas, la escasez de recursos y los elevados costos de los materiales de construcción convencionales. Estas limitaciones dificultan el acceso a viviendas dignas y sostenibles para las comunidades locales, especialmente en zonas rurales. Además, la dependencia de materiales tradicionales como el concreto y el acero incrementa la huella ambiental, limitando el desarrollo de soluciones ecológicas adaptadas a la región.

Actualmente, la industria de la construcción depende de materiales comunes como el hormigón, el acero y la madera, materiales cuyos procesos de producción generan un gran impacto ambiental. A medida que va aumentando la demanda en la creación de nuevas infraestructuras, la explotación de estos materiales ha dejado una huella significativa en cuanto a la generación de carbono y deforestación. Siguiendo este orden de ideas, la guadua se presenta como una alternativa innovadora y sostenible, gracias a sus propiedades físicas, mecánicas y ecológicas, sin embargo, su uso es bastante limitado debido a la falta de normativas, desconocimiento de sus beneficios y barreras económicas.

En este contexto, la guadua se presenta como una alternativa viable y sostenible. Sin embargo, su potencial está limitado debido al desconocimiento de sus propiedades mecánicas, los métodos adecuados de extracción y tratamiento, así como su capacidad de reemplazo en estructuras convencionales. La falta de estudios específicos que identifiquen las especies de guadua más resistentes y accesibles para el entorno local perpetúa esta problemática, limitando su implementación en proyectos de construcción de bajo costo y alto impacto ambiental.

Si esta problemática persiste, las comunidades seguirán enfrentando dificultades para acceder a viviendas sostenibles. El aprovechamiento de la guadua podría transformar la realidad habitacional en La Guajira, reduciendo costos, promoviendo la sostenibilidad y generando beneficios económicos y sociales al dinamizar las economías locales. Este proyecto busca llenar este vacío, evaluando la viabilidad técnica y económica del uso de la guadua en la construcción de viviendas, contribuyendo así al desarrollo sostenible del departamento y al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

## 1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo garantizar que una estructura de guadua en La Guajira cumpla con los requisitos de seguridad y durabilidad establecidos en la NSR-10, considerando la influencia de defectos como fisuras, nudos, deformaciones y ataques biológicos en su capacidad estructural?

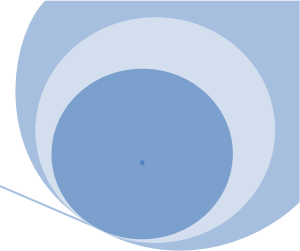
## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Evaluar de manera integral una estructura en guadua ubicada en el departamento de La Guajira, mediante la clasificación visual por defectos según el Título G.12.3.2 de la NSR-10, para determinar su integridad estructural y proponer recomendaciones técnicas que aseguren su estabilidad y durabilidad.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un formato de evaluación basado en los criterios del Título G.12.3.2 de la NSR-10, que permita registrar y clasificar los defectos presentes en la estructura de guadua.
- Aplicar el formato durante una visita técnica de campo, identificando y documentando defectos como fisuras, nudos, deformaciones y degradación biológica.
- Proponer acciones de mejora según los hallazgos, con recomendaciones técnicas para reparación, refuerzo o reemplazo de elementos críticos, garantizando la seguridad estructural.



### 3 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este proyecto de investigación sobre la guadua como material constructivo en La Guajira responde a múltiples necesidades y oportunidades que se detallan a continuación:

Desde el punto de vista social, La Guajira enfrenta un déficit habitacional significativo, particularmente en zonas rurales y comunidades indígenas, donde el acceso a materiales de construcción convencionales es limitado por costos y disponibilidad. La implementación de la guadua como alternativa constructiva podría contribuir a resolver esta problemática, ofreciendo una solución habitacional digna y culturalmente apropiada.

En el aspecto ambiental, la utilización de la guadua representa una alternativa sostenible frente a los materiales tradicionales como el concreto y el acero, cuya producción genera importantes emisiones de CO<sub>2</sub>. La guadua se distingue por su rápido crecimiento y renovación, requiriendo solo de 4 a 6 años para alcanzar su madurez. Además, posee una notable capacidad de captura de CO<sub>2</sub> y contribuye a la protección del suelo y fuentes hídricas. Su proceso productivo genera una menor huella de carbono en comparación con materiales convencionales, y al final de su vida útil, presenta la ventaja de ser completamente biodegradable.

Económicamente, el proyecto se justifica por el potencial de reducción significativa en los costos de construcción y la generación de empleos locales a lo largo de toda la cadena productiva. Asimismo, fomenta el desarrollo de nuevas oportunidades de emprendimiento en la región, permite una disminución considerable en los gastos de transporte de materiales y presenta un prometedor potencial de exportación tanto del material como del conocimiento técnico desarrollado.

Desde la perspectiva técnica, la guadua ha demostrado poseer una excelente relación resistencia/peso, además de un comportamiento sismorresistente favorable. Su versatilidad en aplicaciones constructivas la hace adaptable a diversos diseños y necesidades, mientras que su durabilidad ha sido ampliamente comprobada cuando se somete a tratamientos y mantenimiento adecuados.

La viabilidad del proyecto se sustenta en las experiencias exitosas documentadas en otras regiones de Colombia, así como en la existencia de normativa técnica establecida (NSR-10, NTC 5407). Se cuenta además con disponibilidad de conocimiento técnico y tradicional, condiciones climáticas favorables para el cultivo y un significativo potencial de adaptación de la especie a las condiciones locales.

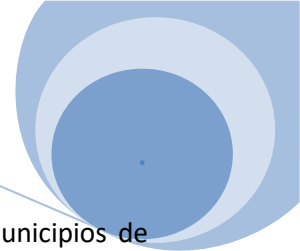
El impacto esperado del proyecto abarca el mejoramiento sustancial de las condiciones habitacionales en la región, facilitando la transferencia de conocimiento a comunidades locales y el desarrollo de capacidades técnicas. También contribuye al fortalecimiento de la identidad cultural a través de técnicas constructivas tradicionales y aporta significativamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y al ODS 13 (Acción por el clima).

En términos de innovación y proyección, el proyecto no solo aborda necesidades inmediatas de vivienda, sino que establece fundamentos sólidos para el desarrollo de nuevas técnicas constructivas adaptadas al contexto local. Esto permite la creación de modelos replicables en otras regiones con condiciones similares, el establecimiento de estándares de calidad para la construcción con guadua en zonas áridas y fomenta la investigación continua en materiales sostenibles.

Esta investigación resulta particularmente relevante en el contexto actual de crisis climática y necesidad de soluciones habitacionales sostenibles, posicionando a La Guajira como pionera en la implementación de alternativas constructivas ecológicas adaptadas a condiciones desérticas.

### 4 DELIMITACIÓN

El desarrollo de esta investigación se sustenta en la disponibilidad de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias incluyen los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas de la guadua local, entrevistas con expertos en construcción tradicional y sostenible, y el análisis directo de cultivos existentes en la región. Las fuentes secundarias comprenden la normativa colombiana sobre construcción con guadua (NSR-10, NTC 5407), estudios previos realizados en otras regiones del país, literatura científica sobre construcciones sostenibles y documentación técnica sobre métodos de tratamiento y preservación de la guadua. Se cuenta con acceso a laboratorios de materiales a través de convenios universitarios y el apoyo técnico de profesionales especializados en el área.



El proyecto se desarrollará en el departamento de La Guajira, específicamente en los municipios de Riohacha, Dibulla, Manaure y San Juan del Cesar, donde se han identificado condiciones propicias para el cultivo y aprovechamiento de la guadua. Los ensayos de laboratorio se realizarán en las instalaciones de la Universidad de La Guajira y el estudio de campo abarcará tanto zonas urbanas como rurales de los municipios mencionados.

## 5 MARCO TEÓRICO

La Guadua es un bambú latinoamericano, su nombre científico es *Guadua angustifolia* Kunth. Se caracteriza por tasas de crecimiento bastante altas y rasgos físicos y mecánicos únicos, lo que hace posible su uso en la construcción. Su uso se basa en sus beneficios ambientales, su rentabilidad y sus propiedades estructurales. El rápido crecimiento, la capacidad de renovación y la capacidad de retener carbono de la guadua la convierten en una alternativa atractiva a los materiales de construcción tradicionales.

- **Resistencia sísmica:** La guadua se ha estandarizado en el código de resistencia sísmica colombiano debido a su rendimiento en terremotos, como el ocurrido en 1999, en el que las estructuras de guadua resistieron una actividad sísmica significativa con un daño mínimo (Archila-Santos et al., 2012).
- **Propiedades físicas:** La flexibilidad, la resistencia y la dureza de la guadua la hacen adecuada para aplicaciones estructurales. Se ha utilizado en varios proyectos, incluidas estructuras modulares y paneles prefabricados, lo que demuestra su versatilidad y resistencia (Gutiérrez & de, 2010) (Almeida et al., 2019).
- **Técnicas de construcción innovadoras:** Se han explorado técnicas como la incrustación de guadua en el hormigón para fabricar losas monolíticas, que ofrecen métodos de construcción sostenibles y eficientes para viviendas urbanas (Moya & Mideros, 2023).
- **Rentabilidad:** Guadua reduce los costos de construcción debido a su disponibilidad local y a los requisitos mínimos de procesamiento. Es particularmente beneficioso para proyectos de viviendas de bajo costo, ya que proporciona una alternativa asequible a los materiales convencionales (Vanga et al., 2021) (Mamby & Vaglianti, 2017).
- **Desarrollo local:** El uso de la guadua apoya las economías locales al utilizar los recursos y la mano de obra autóctonos, promoviendo la participación de la comunidad en los proyectos de construcción (Bredenoord, 2024).
- **Sostenibilidad:** La guadua es un recurso renovable con una alta tasa de producción de biomasa y secuestro de carbono, lo que contribuye a las prácticas de construcción con bajas emisiones de carbono (Archila-Santos et al., 2012).
- **Huella ecológica:** El uso de la guadua en la construcción se ajusta a los principios de la bioconstrucción, lo que reduce la huella ecológica de los proyectos de vivienda y promueve prácticas de construcción respetuosas con el medio ambiente (Vanga et al., 2021).

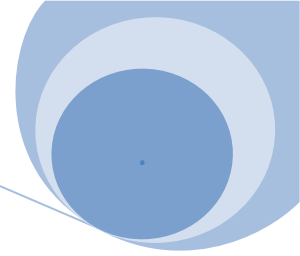
La guadua ofrece numerosos beneficios, su adopción generalizada sigue planteando desafíos. Hay que abordar cuestiones como el biodeterioro, la integración con los sistemas convencionales y la necesidad de asistencia técnica en los procesos de construcción para maximizar su potencial (Archila-Santos et al., 2012). Además, es reconocida por su sostenibilidad, garantizar su durabilidad y un tratamiento adecuado es crucial para prevenir la degradación y prolongar la vida útil de las estructuras basadas en la guadua. Estas consideraciones son esenciales para la implementación exitosa de la guadua como material sostenible en la construcción de viviendas en La Guajira y más allá.

## 6 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

En el presente estudio, se busca evaluar la viabilidad técnica y económica del uso de la guadua como material sostenible en la construcción de viviendas y estructuras especiales en el departamento de La Guajira.

**Variable dependiente:** es la viabilidad económica, que se medirá a través del análisis comparativo de costos entre las construcciones realizadas con guadua y aquellas edificadas con materiales convencionales.

**Variables independientes:** incluyen las propiedades mecánicas de la guadua, tales como resistencia a compresión, flexión, tracción y cortante, así como los métodos de extracción, preservación y acondicionamiento del material. Estas variables independientes influirán directamente en la viabilidad



económica del uso de guadua en la construcción.

**Variables extrañas:** condiciones ambientales (humedad y temperatura) y la normativa constructiva vigente, que pueden afectar tanto las propiedades mecánicas de la guadua como los costos asociados a su utilización en proyectos de construcción.

## 7 METODOLOGÍA

La metodología de la investigación se estructurará en varias fases para alcanzar cada uno de los objetivos específicos propuestos, asegurando un enfoque riguroso y sistemático.

### 1. Recolección de Información:

Se llevará a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva sobre las propiedades mecánicas de la guadua y los métodos de preservación. Se utilizarán bases de datos académicas como Scopus y Google Scholar para identificar artículos relevantes publicados en los últimos cinco años.

### 2. Estudio Experimental:

Se realizarán pruebas mecánicas en muestras de guadua recolectadas en el departamento de La Guajira. Las pruebas incluirán resistencia a compresión, flexión, tracción y cortante, siguiendo las normas ASTM pertinentes.

Se registrarán las condiciones ambientales durante el proceso de prueba (temperatura, humedad) para evaluar su impacto en los resultados.

### 3. Análisis Comparativo:

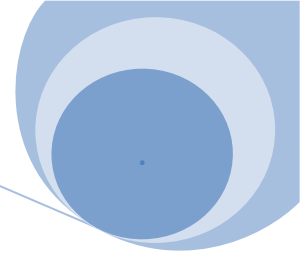
En relación con el tercer objetivo específico, se desarrollará un análisis comparativo de costos mediante la recolección de datos sobre materiales, mano de obra y transporte para viviendas construidas con guadua y con materiales convencionales.

Se utilizará una matriz comparativa para organizar los datos recolectados, lo que permitirá una visualización clara de las diferencias en costos.

Los resultados serán analizados en función de los objetivos planteados, discutiendo su relevancia en el contexto del uso sostenible de la guadua en la construcción.

## 8 IMPACTO ESPERADO

El impacto esperado de este proyecto de investigación sobre el uso de la guadua como material sostenible en la construcción se centra en su contribución a la solución de problemas estratégicos nacionales y al desarrollo del país. En términos académicos, se anticipa que los resultados fortalecerán la capacidad científica regional y nacional al proporcionar datos empíricos sobre las propiedades mecánicas de la guadua, lo que podría facilitar su integración en los estándares de construcción. Desde el punto de vista socioeconómico, el análisis comparativo de costos entre viviendas construidas con guadua y materiales convencionales permitirá evidenciar la viabilidad económica de este recurso, promoviendo su uso y generando empleo en comunidades locales. Además, se espera que los hallazgos sobre los métodos de extracción y preservación contribuyan a prácticas más sostenibles, mitigando el impacto ambiental asociado a la deforestación y promoviendo la conservación de ecosistemas. En términos de productividad, el proyecto busca demostrar cómo el uso eficiente de la guadua puede optimizar los recursos en el sector construcción, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible del país. Por último, al contribuir al conocimiento sobre la guadua a nivel mundial, este estudio podría posicionar a Colombia como un referente en el uso sostenible de recursos naturales en la construcción, abriendo puertas a nuevas investigaciones y colaboraciones internacionales.



## 9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| ACTIVIDADES                                             | MESES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---------------------------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|                                                         | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1. Recolección de Información:                          | X     | X |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2. Estudio Experimental:                                |       |   | X | X | x | x |   |   |   |    |    |    |
| 3. Análisis Comparativo:                                |       |   |   |   |   |   | X | X | X | x  |    |    |
| Interpretación de resultados y elaboración de informes. |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    | X  | X  |

## 10 PRESUPUESTO

| PRESUPUESTO DETALLADO    |       |              |               |                        |              |                 |                     |               |                 |                 |
|--------------------------|-------|--------------|---------------|------------------------|--------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| GASTOS DE DESPLAZAMIENTO |       |              |               | GASTOS DE ALIMENTACIÓN |              |                 | GASTOS DE HOSPEDAJE |               |                 | TOTAL           |
| NOMBRE                   | CANT. | COSTO/UNIDAD | TOTAL         | CANT.                  | COSTO/UNIDAD | TOTAL           | CANT.               | COSTO/UNIDAD  | TOTAL           |                 |
| Visita #1                |       |              |               |                        |              |                 |                     |               |                 |                 |
| Docente investigador     | 2     | \$ 70.000,00 | \$ 140.000,00 | 4                      | \$ 80.000,00 | \$ 320.000      | 4                   | \$ 120.000,00 | \$ 480.000,00   | \$ 940.000,00   |
| 4 Estudiantes            | 8     | \$ 70.000,00 | \$ 560.000,00 | 16                     | \$ 80.000,00 | \$ 1.280.000    | 16                  | \$ 120.000,00 | \$ 1.920.000,00 | \$ 3.760.000,00 |
|                          |       |              | \$ 700.000,00 |                        |              | \$ 1.600.000,00 |                     |               | \$ 2.400.000,00 | \$ 4.700.000,00 |
| Visita #2                |       |              |               |                        |              |                 |                     |               |                 |                 |
| Docente investigador     | 2     | \$ 80.000,00 | \$ 160.000,00 | 4                      | \$ 80.000,00 | \$ 320.000      | 4                   | \$ 120.000,00 | \$ 480.000,00   | \$ 960.000,00   |
| 4 Estudiantes            | 8     | \$ 80.000,00 | \$ 640.000,00 | 16                     | \$ 80.000,00 | \$ 1.280.000    | 16                  | \$ 120.000,00 | \$ 1.920.000,00 | \$ 3.840.000,00 |
|                          |       |              | \$ 800.000,00 |                        |              | \$ 1.600.000,00 |                     |               | \$ 2.400.000,00 | \$ 4.800.000,00 |
|                          |       |              |               |                        |              |                 |                     |               | TOTAL           | \$ 9.500.000,00 |

## REFERENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Cármén, Gonzalez, Moya., Milton, Eduardo, Vásconez, Mideros. (2023). 1. Guadua caña brava embutida en hormigón como elemento estructural horizontal para vivienda urbana sustentable. Eidos. A Journal for Philosophy of Culture, doi: 10.29019/eidos.v16i22.1152
- Giusepina, Vanga., Olga, Briones., Iván, Zevallos., Daniel, Delgado. (2021). 2. Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. doi: 10.37135/NS.01.07.03
- Yeisi, Katherine, Flórez-López., Keily, Yolina, Vera-Pérez., Miguel, Ángel, Hernández-Peña., Edinson, Davey, Barbosa-Burgos. (2019). 3. Comparative analysis of the properties of Guadua Angustifolia Kunt as an innovative and cost-effective material in structural construction. doi: 10.25213/2216-1872.25
- Mónica, Dulfay, Contreras, Mamby., Jorge, Andrés, Bernal, Vaglianti. (2017). 4. Diseño de proyecto de la guadua como material alternativo para la construcción de viviendas sustentables en el km 10 vía al mirador Restrepo Meta..
- Jan, Bredenoord. (2024). 5. Bamboo as a Sustainable Building Material for Innovative, Low-Cost Housing Construction. Sustainability, doi: 10.3390/su16062347
- Hector, Fabio, Archila-Santos., Martin, P., Ansell., Peter, Walker. (2012). 6. Construcción baja en carbono utilizando bambú guadua en Colombia. Key Engineering Materials, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/KEM.517.127
- Patricia, Luna., Caori, Takeuchi. (2014). 7. Hogar para adultos mayores construido por la comunidad con elementos estructurales de bambú guadua laminado en una zona rural de Colombia. Key Engineering Materials, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/KEM.600.773
- Byron, Sebastian, Almeida., Eugenia, Muscio., Lindthor, Iparreño., Jesús, Anaya. (2019). 8. Panel



prefabricado de guadua-acero-mortero microvibrado con ceniza de cáscara de arroz para vivienda de interés social = Prefabricated panel of guadua-steel-mortar microvibrated with rice husk ash for social interest housing. doi: 10.20868/ADE.2019.3914

Caori, Patricia, Takeuchi. (2012). 9. Design and Construction of Housing with Structural Elements of Bamboo (Guadua) Laminated. Key Engineering Materials, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/KEM.517.179

Navas, Gutiérrez., Elvira, de. (2010). 10. Aplicaciones estructurales de la guadua (Guadua angustifolia Kunth): Proyecto de estructura modular multifuncional en Colombia.