

Diseño de una cubierta en Guadua para la cancha múltiple de la vereda Sesteadero ubicado en el municipio de Toribio, Cauca

David Arturo Durán Fonseca¹, Salvador José Figueroa Caraballo², Diana Marcela Pardo B
Nathalie Ortiz Osorio⁴



¹ Estudiante en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, Valle del cauca. Correo electrónico: dabidu89@javerianacali.edu.co

² Estudiante en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, Valle del cauca. Correo electrónico: sfigueroa82@javerianacali.edu.co

³ Estudiante en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, Valle del cauca. Correo electrónico: dpardo35@javerianacali.edu.co

⁴ Estudiante en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, Valle del cauca. Correo electrónico: nortiz97@javerianacali.edu.co

Resumen

El presente artículo se ejecuta con base en el trabajo de grado *Diseño de una cubierta en Guadua para la cancha múltiple de la vereda el Sesteadero ubicado en el municipio de Toribio, Cauca*. Con el fin de desarrollar el diseño arquitectónico, estructural, geotécnico e hidráulico adecuado para la construcción de una cubierta para una cancha múltiple, que servirá de salón comunitario y deportivo en la vereda El Sesteadero en Toribio, Cauca. En la propuesta se realizó comparación de dos estructuras, de los cuales uno es de guadua y el otro de acero, para esto se demuestran las ventajas que se obtuvieron en cada diseño. Simultáneamente se efectuaron los respectivos chequeos estructurales de guadua y acero con los resultados obtenidos por el programa SAP2000. El proyecto contempló también el diseño de cimentaciones y un muro de contención en gavión para incrementar la seguridad y la estabilidad del talud. Finalmente se concluyó que la estructura en Guadua era la más viable para la comunidad por ser amigable con el medio ambiente y más económica a comparación con la estructura en acero. Se estima un presupuesto total de construcción para la estructura en Guadua de \$ 65,004,505.57 M/CTE.

Abstract

The following article was done based on the final degree project *Diseño de una cubierta en Guadua para la cancha múltiple de la vereda el Sesteadero ubicado en el municipio de Toribio, Cauca*. In order to create an architectural and structural design in Guadua and Steel, as well as geotechnical and hydraulic design suitable for the construction of a roof for a recreational center, which will serve the community of Toribio, Cauca. The proposal compares two structures, one made of Guadua and the other of steel, to compare the two designs to demonstrate the advantages that were obtained with each design. This was done by analyzing both designs with information drawn from the software SAP2000. The proposal also includes the design of foundations and containment structures in this case the design of gabion in order to increase safety and stability to the sector and the structure. Finally it was concluded that the structure in Guadua was a better choice for the community because it's environmentally friendly and more economical compared to the steel structure. A total construction budget for the Guadua structure is estimated in \$ 65,004,505.57 M / CTE

INTRODUCCIÓN

El municipio de Toribio, Cauca tiene como intención continuar avanzando en la solución satisfactoria de las necesidades de la

comunidad, mediante la coordinación de proyectos y programas que permitan mejores condiciones de vida a todos sus habitantes, ajustándose a unas características socioculturales, ambientales y topográficas

que logren un desarrollo equitativo a través de una fuerte organización comunitaria. Uno de los proyectos para este desarrollo es el diseño de una cubierta en guadua para una cancha multifuncional en la vereda El Sesteadero, que permita la interacción cultural y social de la comunidad, además de integrar un diseño en guadua que es un material autóctono de esta región y ha sido usada ancestralmente por diversas comunidades de todo el país. El diseño de ambas cubiertas requiere desarrollar el diseño estructural y la modelación de la estructura de la cubierta mediante el programa SAP2000, considerando las propiedades mecánicas de la guadua y acero, y las cargas involucradas. Además se pretende diseñar las cimentaciones de acuerdo a las características del suelo, plantear un sistema de aguas lluvias para la estructura con el fin de su aprovechamiento y/o evacuación y por ultimo hacer cuantificación de materiales y análisis de precios unitarios para determinar costos de diseño.

CASOS DE ESTUDIO

Luis Horacio

Este proyecto fue diseñado por Luis Carlos Ríos para el colegio Luis Horacio, desafortunadamente la estructura fallo antes de completar. A continuación están las conclusiones hechas por expertos en el tema, del porque la estructura fallo antes de terminar, ya que el colegio no tenía ningún registro disponible y el constructor Luis Carlos Ríos no estaba disponible para pedir su opinión. Los elementos diseñados no distribuyeron adecuadamente las cargas ya que contenía elementos cuadriláteros como se puede observar en el diseño inicial en la figura 1 de la cubierta propuesta. Por lo que las estructuras en Guadua necesitan ser diseñadas como las cerchas metálicas, ya

que estos tienen elementos triangulares los cuales permiten disipar la energía y distribuye las cargas. Entonces con lo anterior se obtuvo el diseño final que se muestra en la figura 2.

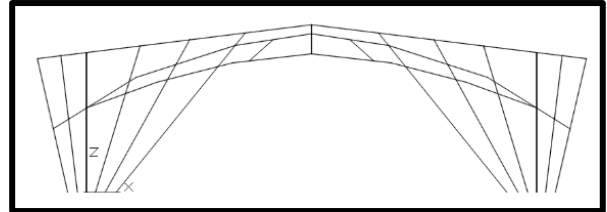


Figura 1 Diseño inicial de la cubierta

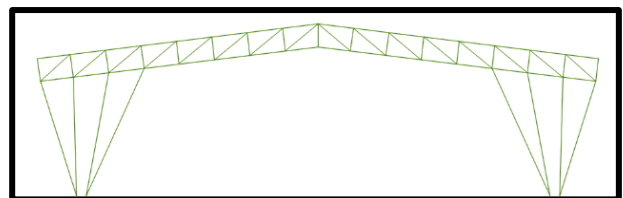


Figura 2 Diseño final de la cubierta

Colegio de las aguas

Contiene un conjunto de estructuras construidas en Guadua de las cuales se destacan dos edificaciones que tienen elementos similares a la propuesta de cubierta. Una de ellas se llama La Vieja que tiene columnas que están formados por cinco guaduas que salen del suelo de un mismo punto y se van abriendo para recibir la carga de la cubierta de manera homogénea y permitir así una planta muy libre, como se puede observar en la figura 3.

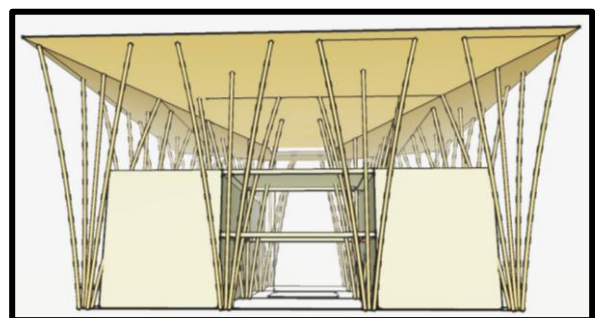


Figura 3 La Vieja (Franco, 2012)

La segunda edificación llamada La Mariposa tiene una cubierta con cerchas de 6 metros como se muestra en la figura 4.

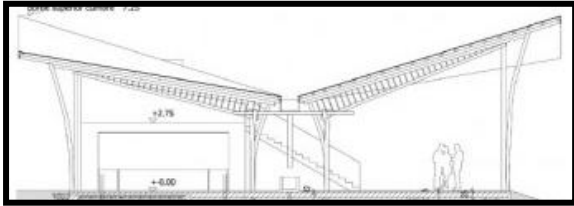


Figura 4 Corte del edificio La Mariposa (Franco, 2012)

Museo de Fotografía

El museo fotográfico (ver figura 5) fue un trabajo de tesis realizado por Omar Rosada, Daniela Aristizabal y Nicolás (Omar Rosada, 2015) Palomino estudiantes de ingeniería civil de la Pontificia Universidad Javeriana Cali y los estudiantes de la Universidad del Valle Nathalia Perlaza y Juan Camilo Castro, guiados por el docente Jairo ángel escobar y el director de la carrera ingeniería civil Iván Fernando Otálvaro, este proyecto nombrado *Creación y puesta en marcha de una estrategia comunitaria de atención de niños, niñas y adolescentes desvinculados de grupos armados ilegales, que contribuya a su proceso de reintegración, a la reconstrucción del tejido social y la reconciliación*, siendo ejecutado por la comunidad indígena NASA, en la vereda el sesteadero en el municipio de Toribio, Cauca. (Rosada, Aristizabal, Palomino, Perlaza, & Castro, 2015).

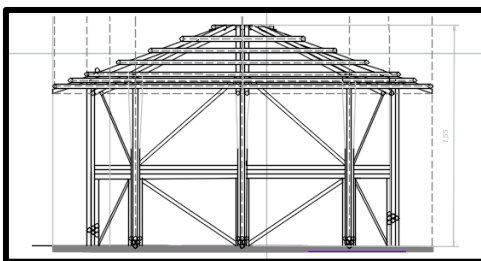


Figura 5 Fachada estructural (Rosada, Aristizabal, Palomino, Perlaza, & Castro, 2015)

El caso presentado es una representación del diseño y construcción con la guadua, el cual demuestra que es una estructura que incorpora materiales representativos de la región, no deja de ser funcional y seguro para la población que lo habita; actualmente el museo fotográfico se encuentra ya casi terminado; demostrando que los diseños en guadua son factibles como lo serian en acero o concreto sin embargo; son más pertenecientes a un diseño eco ambiental y conforme a la cultura que lo rodea.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para desarrollar el modelo de la estructura de Guadua se definen las propiedades mecánicas del material, primero se establecen los coeficientes de modificación para los esfuerzos admisibles de la tabla G.12.7-2 del título G de la NSR-10 después el módulo de elasticidad de la tabla G.12.7-2 que fue el del módulo percentil $E_{0.05}$. Como el modelo requiere la sección del material se utilizaron las dimensiones de Guadua del trabajo de doctorado *Caracterización de las constantes mecánicas de la Guadua angustifolia Kunth* de María Fernanda García Aladin. Después se definen las combinaciones de carga que consideran las cargas muertas, cargas vivas, cargas de viento y por último la respuesta sísmica de acuerdo a lo estipulado en el título B de la NSR-10. Para el diseño de los elementos de la cubierta primero se deben verificar los efectos de deflexión, flexión (incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas), cizallamiento paralelo a la fibra y compresión (compresión perpendicular a la fibra) y en ningún caso estos efectos deben superar los valores de tensión permitidos modificados por los coeficientes ya discutidos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

CONEXIONES DE GUADUA Y ACERO

Para el diseño de conexiones de Guadua se debe tomar en consideración lo que exige el título G de la NSR-10 lo cual es, Toda conexión diseñada para una estructura en Guadua no debe fallar por tensión perpendicular a la fibra y cortante paralelo a la fibra. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

Por lo que las conexiones deben ser estudiadas para entender cómo funcionan bajo las cargas admisibles dependiendo del Angulo, calidad del mortero, diámetro de la varilla y la calidad de la Guadua. Con la información de la tesis realizada por Diego León Jaramillo Suarez y Ana Gisella Sanclemente sobre las uniones de Guadua con ángulo de inclinación entre elementos se seleccionó la conexión Diego Jaramillo Suarez and Gisella Sanclemente, ya que se comportó mejor que las otras conexiones excepto cuando se ensayó por tensión perpendicular a las fibras por lo que se recomendó zunchar el elemento principal para prevenir este tipo de falla. Como la propuesta contiene vigas de tres culmos la NSR-10 indica que para prevenir movimiento debe utilizar zunchos como los que se pueden observar en la figura 22. También es necesario rellenar los entrenudos con mortero con la clasificación estipulada en el título D de la NSR-10 tipo M o S. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) Como no hay estructuras como el que se propone en el presente proyecto la NSR-10 título G recomienda realizar por lo menos 30 ensayos para verificar que la capacidad de la unión propuesta es equivalente o superior a las que se presentan en la norma. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

Para la cubierta en acero las conexiones se dividen en dos tipos, el primero de ellas siendo conexiones simples y conexiones a momento que a su vez se dividen en

conexiones completamente restringidas y parcialmente restringidas.

FUNDACIONES

El diseño de fundaciones es muy importante para todo proyecto ya que es el área en dónde interactúa la estructura y el terreno donde ésta va a estar ubicada. Dependiendo a las cargas que genere la estructura en el suelo y las características existen dos tipos de cimentaciones: las superficiales y las profundas. Existen varios métodos para calcular la capacidad portante del suelo donde se ubicará la estructura, uno de estos métodos para el cálculo de la fundación fue la teoría de Terzaghi; quien fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga final de las cimentaciones superficiales en 1943. Según él, una fundación de este tipo se encuentra a una profundidad D_f menor o igual que el ancho de esta fundación (Das, 2007).

Asimismo, se debe tener en cuenta el nivel freático debido a que es un factor importante para calcular la capacidad de carga final del suelo y dependiendo de la profundidad de la fundación existen 4 casos (Das, 2007), con el cual se escogió el caso 2 ($0 < d < B$), donde:

$$q = \gamma D_f; \bar{\gamma} = \gamma' + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma') \quad (1)$$

La tabla 1 esta consignados los datos de dimensionamiento de zapatas para cada estructura.

Tabla 1. Datos de zapatas

	Acero	Guadua	
f_c	28	28	Mpa
f_y	420	420	MPa
P_u	219.21	71.2755	kN
b (col)	400	400	mm
L (col)	400	400	mm
b (zapata)	1500	1000	mm
L (zapata)	1500	1000	mm
h (zapata)	400	400	mm
d	330	330	mm

qu	97.43	71.28	kN/m ²
----	-------	-------	-------------------

MUROS EN GAVIONES

Es necesario verificar los tipos de falla que sufre el muro de gavión, los principales tipos son: deslizamiento sobre la base, vuelco, sección intermedia y fuerza portante; asimismo es necesario realizar el análisis sísmico de la estructura calculado por el método de Mononobe –Okabe, ya que el sismo aumenta el efecto de la presión activa y reduce el efecto de la presión pasiva. (Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings) Considerando todas las fallas a verificar mencionadas anteriormente se tienen las dimensiones de la tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones del gavión

H(m)	3,5
B(m)	2,5

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El análisis de precios unitarios fue hecho con ayuda del listado de precios establecidos por la gobernación del Valle del Cauca para proyecto de inversión pública (Gobernación del Valle del Cauca, 2016). En la tabla 3 se presenta una comparación de los precios totales de cada estructura.

Tabla 3 Comparación de APU de Guadua y Acero

Total Guadua	Total Acero	Diferencia
\$65,004,505	\$149,943,774	\$84,939,268

CONCLUSIÓN

Es importante destacar lo bueno y lo malo de cada tipo de material, clasificándolo por categorías. En el caso del comportamiento mecánico de cada material, es claro que el

acero es mejor que la Guadua, ya que el acero es un material artificial que tiene un riguroso proceso de fabricación y algunas de sus propiedades pueden ser cambiadas dependiendo de qué resistencia se necesita con la ayuda de cambios moleculares. Por otra parte, la guadua es un material natural si dicho material se almacena correctamente y se cosecha durante una cierta edad se pueden aumentar su resistencia, también su mantenimiento debe ser más frecuente y hecho por un experto. En este caso la estructura en Guadua sería la mejor opción en comparación con el acero ya que su huella de carbono es baja, el costo de construcción es menor y se adapta mejor que los edificios existentes de hormigón.

REFERENCIAS

- [1] Rosada, O., Aristizabal, D., Palomino, N., Perlaza, N., & Castro, J. (2015). *Creación y Puesta en Marcha de una Estrategia Comunitaria de Atención de Niños, Niñas y Adolescentes Desvinculados de Grupos Armados Ilegales, que Contribuya a su Proceso de Reintegración, a la Reconstrucción del Tejido Social y la Reconciliación* (1st ed.). Cali.
- [2] Franco, J., (2012). [Imágenes] Disponible en: <http://www.archdaily.co/co/02-328751/cali-colombia-escuela-de-bambu-inicia-campana-para-finalizar-su-construccion> [Acceso el 3 Dec. 2016].
- [3] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2010). *Título G - Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua. En: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*, 2nd ed. [online] Bogotá D.C.: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, pp.G-103 - G-133. Disponible en: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/7titulo-g-nsr-100.pdf> [Acceso el 10 Mar. 2016].

[4] Das, B. M. (2007). *Principles of Foundation Engineering, SI*. 7th ed. Stamford: Cengage Learning.

[5] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. (s.f.). *Fine civil engineering*. Obtenido de <http://www.finesoftware.es/ayuda-en-linea/geo5/es/teoria-de-mononobe-okabe-01>