

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i15.0273>

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA RESIDENCIA UNIVERSITARIA SISMO RESISTENTE, UTILIZANDO GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GAK), EN BASE A LA NEC-SE-GUADUA

STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN OF AN EARTHQUAKE- RESISTANT UNIVERSITY RESIDENCE, USING GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GAK), BASED ON NEC-SE-GUADUA

Lino-Quiroz José Ramón ¹; Ponce-Regalado Douglas Stalin ²;
Marcillo-Merino Gery Lorenzo ³

¹ Ingeniero Civil. Ecuador.

Correo: jramon195@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-1211-4247>.

² Ingeniero Civil. Ecuador.

Correo: ingcivildouglasponce@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9496-5721>.

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador. Correo: gerylorenzo@hotmail.com.

Resumen

El análisis y diseño estructural de una residencia universitaria sismo resistente en Guadua angustifolia Kunth (GaK), conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GUADUA, requiere la integración de criterios técnicos que abarcan desde la caracterización del material hasta las disposiciones constructivas específicas. La caracterización de la GaK incluye la identificación morfológica de culmos, la verificación de su edad óptima de corte entre cuatro y seis años, y el cumplimiento de parámetros de conicidad y fisuración que limitan su variabilidad natural. Además, las propiedades mecánicas normalizadas bajo un contenido de humedad del 12% constituyen la base para definir esfuerzos admisibles y coeficientes de seguridad. En el diseño estructural, la NEC-SE-GUADUA establece un método de esfuerzos admisibles, con control de deformaciones y verificación de la esbeltez en columnas. Asimismo, regula el comportamiento de elementos sometidos a flexión, compresión y combinaciones de solicitaciones, integrando muros de corte como parte fundamental para la resistencia lateral. La aplicación de coeficientes de modificación ajusta los valores de cálculo a las condiciones de servicio, reflejando la influencia de factores ambientales sobre el desempeño del material. En el ámbito constructivo, el diseño de una residencia universitaria exige cimentaciones de hormigón reforzado, anclajes metálicos de culmos, uniones emperradas con mortero de relleno, paneles de muro configurados como elementos de corte y diafragmas rígidos en entresijos y cubiertas. Estos criterios garantizan un sistema estructural continuo, capaz de responder de manera segura a solicitaciones sísmicas propias del contexto ecuatoriano.

Palabras clave: Guadua, diseño estructural, sismo resistencia, uniones estructurales, residencia universitaria.

Abstract

The structural analysis and design of an earthquake-resistant university residence hall made of Guadua angustifolia Kunth (GaK), in accordance with the Ecuadorian Construction Standard NEC-SE-GUADUA, requires the integration of technical criteria ranging from material characterization to specific construction provisions. GaK characterization includes the morphological identification of culms, verification of their optimal shear age between four and six years, and compliance with conicity and cracking parameters that limit their natural variability. Furthermore, the standardized mechanical properties under a moisture content of 12% constitute the basis for defining allowable stresses and safety factors. In structural design, NEC-SE-GUADUA establishes a method for allowable stresses, with deformation control and verification

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 11 de diciembre de 2024.

Fecha de aceptación: 24 de febrero de 2024.

Fecha de publicación: 16 de junio de 2025.



of column slenderness. It also regulates the behavior of elements subjected to bending, compression, and combinations of loads, integrating shear walls as a fundamental component for lateral resistance. The application of modification coefficients adjusts the design values to the service conditions, reflecting the influence of environmental factors on the material's performance. In the construction field, the design of a university residence hall requires reinforced concrete foundations, metal culm anchors, mortar-filled bolted joints, wall panels configured as shear elements, and rigid diaphragms in floors and roofs. These criteria guarantee a continuous structural system capable of safely responding to seismic stresses typical of the Ecuadorian context.

Keywords: Guadua, structural design, earthquake resistance, structural joints, university residence hall.

1. Introducción

El diseño de edificaciones destinadas a residencias universitarias plantea un reto particular debido a la alta concentración de ocupantes y la necesidad de garantizar condiciones de seguridad estructural ante fenómenos naturales. En el contexto ecuatoriano, caracterizado por una amenaza sísmica elevada, resulta imprescindible aplicar normativas específicas que regulen el comportamiento estructural de los materiales empleados. La Guadua angustifolia Kunth (GaK), regulada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GUADUA, se presenta como un recurso que, bajo lineamientos técnicos estrictos, puede ser utilizado en la construcción de edificaciones de hasta dos pisos con criterios sismo resistentes.

El análisis de este material requiere abordar aspectos que van desde su caracterización físico-mecánica hasta la aplicación de métodos normativos de cálculo estructural. La NEC-SE-GUADUA establece criterios de identificación, selección, preservación y secado, con el fin de reducir la variabilidad natural de la GaK y garantizar un comportamiento confiable en servicio. Asimismo, define parámetros de diseño por esfuerzos admisibles, coeficientes de modificación y límites de deformación, indispensables para la seguridad estructural.

En este marco, el diseño de una residencia universitaria implica integrar cimentaciones seguras, uniones confiables y sistemas de muros de corte y diafragmas que aseguren un desempeño integral frente a cargas sísmicas. La adecuada interpretación y aplicación

de los criterios normativos permite no solo cumplir con las exigencias reglamentarias, sino también garantizar la seguridad de los estudiantes y la funcionalidad de los espacios destinados a la vida académica y comunitaria.

2. Caracterización del material y criterios de calidad

La norma establece parámetros técnicos que aseguran la idoneidad del material en procesos de diseño y construcción. Su aplicación exige comprender las propiedades físicas y mecánicas de la GaK, así como los criterios de selección, preservación y tratamiento, indispensables para garantizar un desempeño estructural consistente (Díaz & Valiente, 2023).

La NEC-SE-GUADUA indica que la identificación de los culmos adecuados debe realizarse a partir de aspectos morfológicos como el color, la presencia de espinas en ramas, y la hoja caulinar triangular con marcas características (MIDUVI, 2017, p.14). Asimismo, determina que la edad óptima de aprovechamiento se encuentra entre los 4 y 6 años, periodo en el que los culmos alcanzan resistencia

estructural suficiente. Los indicadores de madurez comprenden un color verde oscuro con manchas espaciadas de líquenes, mientras que la presencia de pudrición, agujeros por xilófagos o procesos de muerte descendente descalifican al material (MIDUVI, 2017, p.15).

Desde el punto de vista físico-mecánico, la GaK presenta una relación resistencia–peso favorable que la equipara a maderas densas y, en ciertas solicitaciones, a materiales metálicos. Según la norma, los ensayos normalizados de flexión, compresión y cortante deben realizarse bajo un contenido de humedad del 12% ($CH=12\%$), lo que asegura homogeneidad en la comparación de propiedades (MIDUVI, 2017, Tabla 3, p.26). De acuerdo con los valores normados, la resistencia a compresión paralela a la fibra, la resistencia a flexión y los módulos de elasticidad constituyen las bases para la definición de esfuerzos admisibles y coeficientes de modificación.

La durabilidad del material se vincula de forma directa con los procesos de preservación y secado (Vera-Pisco

et al., 2025). La NEC-SE-GUADUA clasifica los métodos de preservación en naturales, como el avinagrado, y en industriales, como la inmersión, la difusión vertical y el método Boucherie de presión interna. Estos procedimientos buscan impedir la acción de organismos xilófagos y hongos que degradan la estructura del culmo (MIDUVI, 2017, pp.16-18). Posteriormente, el secado puede realizarse al ambiente o mediante sistemas artificiales, y debe llevar el contenido de humedad a niveles iguales o inferiores a la humedad de equilibrio local (MIDUVI, 2017, p.18).

El almacenamiento constituye otra etapa fundamental, en la que se regula la disposición en rumas verticales u horizontales, evitando el contacto con el suelo y el aplastamiento por sobrecarga. Tales condiciones garantizan que el material conserve sus propiedades hasta el momento de la construcción (MIDUVI, 2017, p.20).

La caracterización también incluye criterios de conicidad y fisuración. La norma establece límites específicos, como una conicidad máxima permitida y un ancho de fisuras admisible, los cuales determinan la

aceptación o rechazo de un culmo para fines estructurales (MIDUVI, 2017, Tablas 1 y 2, pp.21-22). Dichos parámetros reducen la variabilidad natural del material y permiten proyectar con mayor confiabilidad los valores de cálculo en diseño (López, 2024).

La caracterización de la Guadua angustifolia Kunth se centra en su identificación morfológica, control de edad y estado sanitario, determinación de propiedades mecánicas bajo condiciones estandarizadas de humedad, preservación contra agentes bióticos, secado adecuado y almacenamiento conforme a lo estipulado en la NEC-SE-GUADUA. Estos criterios conforman la base normativa y técnica para el análisis y diseño estructural de edificaciones sismo resistentes en Ecuador.

3. Aplicación de la NEC-SE-GUADUA en el diseño estructural sismo resistente

El diseño estructural con Guadua angustifolia Kunth en edificaciones sismo resistentes debe enmarcarse en los lineamientos definidos por la NEC-SE-GUADUA, los cuales

integran criterios de esfuerzos admisibles, coeficientes de modificación y métodos de cálculo específicos para este material. La norma establece que el análisis debe considerar tanto la variabilidad natural de la guadua como las solicitaciones sísmicas propias del contexto ecuatoriano, caracterizado por un alto nivel de amenaza sísmica (Chuinda et al., 2023).

El método de diseño estructural adoptado corresponde al sistema de esfuerzos admisibles, en el cual los valores de resistencia obtenidos en ensayos experimentales se reducen mediante factores de calidad y seguridad. Estos coeficientes contemplan incertidumbres derivadas de defectos no detectados, variaciones en las propiedades mecánicas y diferencias entre condiciones de laboratorio y condiciones reales de servicio (Giuseppina Vanga et al., 2021). De esta manera, los esfuerzos admisibles constituyen valores de cálculo aplicables a elementos sometidos a flexión, compresión, cortante o combinaciones de solicitaciones (MIDUVI, 2017, p.25).

En el caso de elementos solicitados a flexión, la norma regula aspectos como el cálculo del área neta, la determinación de la luz de diseño y las deflexiones admisibles. El control de deformaciones resulta esencial en edificaciones sísmo resistentes, ya que una excesiva flexibilidad podría comprometer la rigidez global de la estructura. El documento proporciona fórmulas específicas para el cálculo de deflexiones y límites cuantitativos que deben ser verificados en cada caso (MIDUVI, 2017, Tablas 10 y 11, p.32-33).

Cuando los elementos se encuentran sometidos a compresión axial, el diseño requiere evaluar la esbeltez y aplicar coeficientes de longitud efectiva que dependen de las condiciones de apoyo. La norma clasifica las columnas en cortas, intermedias o largas y establece factores correctivos para cada condición (MIDUVI, 2017, Tablas 15 a 17, p.40-42). Esta clasificación busca evitar el pandeo prematuro de los culmos, que constituye una de las fallas críticas bajo cargas axiales.

Las solicitaciones combinadas de flexión y carga axial se abordan mediante criterios de interacción que

permiten calcular la capacidad resistente de elementos sujetos simultáneamente a momentos flectores y fuerzas de compresión. Este tipo de análisis es particularmente relevante en sistemas de pórticos y marcos estructurales donde los elementos trabajan de manera conjunta (Páez-Cornejo et al., 2022).

La NEC-SE-GUADUA también regula el diseño de muros de corte, destinados a resistir cargas laterales producidas por sismos o viento. Estos elementos deben cumplir con requisitos mínimos de resistencia y rigidez que aseguren su desempeño frente a fuerzas horizontales. La integración de muros de corte en el sistema estructural constituye una estrategia para distribuir uniformemente las acciones sísmicas y garantizar la estabilidad de la edificación (MIDUVI, 2017, p.45).

Un aspecto adicional en el diseño es la incorporación de coeficientes de modificación asociados a factores de duración de carga, contenido de humedad y temperatura. Estos coeficientes permiten ajustar los valores de cálculo según las condiciones de servicio,

reconociendo que el desempeño de la guadua se ve influenciado por su interacción con el ambiente (MIDUVI, 2017, Tablas 7 a 9, pp.29-30).

El enfoque sismo resistente obliga a considerar la interacción de los elementos estructurales mediante uniones seguras y a garantizar que la estructura mantenga un nivel de ductilidad adecuado. En este sentido, los requisitos de diseño no solo atienden la capacidad última de los elementos, sino también su comportamiento frente a cargas dinámicas repetitivas, propias de los eventos sísmicos.

4. Diseño constructivo y uniones estructurales en edificaciones de GaK para residencias universitarias sismos resistentes

El comportamiento estructural de este tipo de edificios depende en gran medida de la correcta ejecución de cimentaciones, uniones y sistemas de diafragma, ya que estos elementos garantizan la transmisión eficiente de cargas verticales y horizontales hacia el suelo (Ruthsember et al., 2023). En

cimentaciones, la NEC-SE-GUADUA prescribe el empleo de zapatas y sobrecimientos de hormigón reforzado como medio de protección contra la humedad y como sistema de transferencia de cargas.

Tabla 1. Criterios técnicos específicos según NEC-SE-GUADUA

Cimentación y Sobrecimiento	Culmos de GaK no deben estar en contacto con el suelo; sobrecimiento mínimo de 20 cm sobre nivel del terreno.	Sección 5.4, p.50
Anclaje de Culmos	Varillas de acero Ø 12 mm mínimo, empotradas 20 cm en sobrecimiento y 40 cm en culmo; uso de mortero en el entrenudo.	Sección 5.5.1, p.51
Uniones Estructurales	Pernos Ø 12 mm a Ø 16 mm; uso obligatorio de arandelas (mín. 3 mm espesor, Ø 40 mm); separación eje a eje $\geq 3D$.	Sección 5.7.2, pp.56-63
Paneles de Muro	Distancia entre montantes ≤ 60 cm; soleras de madera o GaK unidas a sobrecimientos con pernos Ø 12 mm.	Sección 5.8.3, pp.66-72
Entrepisos	Deflexión admisible: L/360 bajo carga viva y L/240 bajo carga total; vigas compuestas con separación entre conectores ≤ 30 cm.	Tablas 10 y 11, pp.32-33; Sección 5.8.4, p.76
Cubiertas	Pendiente mínima de cubierta 25%; unión de vigas y correas mediante pernos Ø 12 mm con mortero de relleno.	Sección 5.8.5, p.78
Deflexiones Admisibles	Para vigas de luz L, $\delta_{\text{máx}} = L/360$ (carga viva); $\delta_{\text{máx}} = L/240$ (carga total).	Tabla 11, p.33
Preservación	Inmersión mínima 5 días en solución de bórax y ácido bórico (2 kg por 96 litros de agua) o presión Boucherie ≤ 8 h post-corte.	Sección 3.5.2.2 y 3.5.2.3, pp.17-18
Secado	Humedad final $\leq$ humedad de equilibrio del lugar; tiempo de secado ambiente 2 a 6 meses, giro diario los primeros 15 días.	Sección 3.6, pp.18-19
Almacenamiento	Rumas de máx. 2 m de altura; alternar bases y puntas para uniformidad; caballetes orientados E-O para reducir radiación solar.	Sección 3.7, p.20
Conicidad Admisible	Máx. 1,5% de diferencia diámetro por metro de longitud.	Tabla 1, p.21
Fisuras	Longitud de fisuras $\leq 1/3$ de la longitud del entrenudo; ancho ≤ 2 mm.	Tabla 2, p.22

En residencias universitarias, donde se proyectan áreas construidas superiores a los 200 m² y luces estructurales mayores a 3 m, la norma establece la obligatoriedad de un diseño estructural detallado

(MIDUVI, 2017, p.14). Los culmos deben anclarse al sobrecimiento mediante varillas o pletinas de acero, configurando un sistema que garantice resistencia frente a las acciones laterales inducidas por sismos. La capacidad de este

anclaje debe verificarse para resistir tanto cargas verticales gravitacionales como solicitaciones cíclicas propias de eventos sísmicos.

Las uniones entre elementos de GaK son uno de los puntos críticos del diseño. La norma regula el empleo de sistemas empernados y conectores metálicos que aseguran la transmisión de esfuerzos en nudos estructurales (MIDUVI, 2017, pp.56-63). En una residencia universitaria, donde los sistemas de vigas y columnas deben trabajar de manera conjunta, la verificación de estas uniones adquiere carácter prioritario. Las pruebas experimentales referenciadas en la NEC-SE-GUADUA demuestran que la inclusión de mortero en entrenudos y el uso de arandelas amplias en conexiones empernadas contribuyen a mejorar la distribución de cargas y reducir concentraciones de esfuerzo (Llumiquinga, 2023).

El diseño de paneles de muro constituye otro aspecto esencial, pues cumplen la doble función de cerramiento y de resistencia a cargas laterales. La norma establece configuraciones geométricas específicas de marcos en GaK y su combinación con madera en

estructuras mixtas (MIDUVI, 2017, pp.66-72). Para residencias universitarias, estos paneles deben dimensionarse de modo que proporcionen rigidez suficiente frente a fuerzas sísmicas, funcionando como muros de corte que limitan desplazamientos laterales excesivos (Rivera et al., 2023). El correcto anclaje de soleras a sobrecimientos y la continuidad entre paneles son condiciones técnicas que garantizan el comportamiento integral de la estructura.

Los diafragmas horizontales, representados por entrepisos y cubiertas, tienen un rol determinante en la redistribución de cargas sísmicas. La NEC-SE-GUADUA contempla el uso de vigas compuestas de GaK unidas mediante pernos o varillas, sobre las cuales se apoyan los sistemas de piso. En residencias universitarias, donde la ocupación simultánea genera cargas vivas significativas, resulta indispensable verificar que las deflexiones no superen los valores admisibles establecidos en la norma (MIDUVI, 2017, Tablas 10 y 11, pp.32-33). Los diafragmas deben comportarse como superficies rígidas, transmitiendo las fuerzas

inerciales hacia los muros de corte y manteniendo la integridad global del edificio durante un evento sísmico.

El diseño constructivo no se limita al dimensionamiento de elementos aislados, sino que exige la evaluación conjunta de cimentaciones, uniones, muros y diafragmas como parte de un sistema integrado (Toro-Arango et al., 2021). En el caso de residencias universitarias, la elevada concentración de estudiantes y el uso intensivo de espacios determinan que el diseño deba contemplar redundancia estructural y control estricto de deformaciones. La NEC-SE-GUADUA proporciona parámetros normativos precisos para alcanzar estos objetivos, asegurando que la Guadua angustifolia Kunth sea utilizada dentro de márgenes técnicos que garantizan el desempeño sísmico esperado.

5. Conclusiones

El análisis siguiendo lo dispuesto en la NEC-SE-GUADUA, demuestra la necesidad la caracterización de la GaK, mediante la determinación de edad de corte, control de conicidad y

fisuración, preservación y secado adecuados, constituye el punto de partida para reducir incertidumbres en el comportamiento mecánico del material.

El diseño normativo por esfuerzos admisibles permite incorporar factores de seguridad que contemplan la variabilidad intrínseca de la guadua. La verificación de deformaciones, la clasificación de columnas según su esbeltez y el diseño de muros de corte son procedimientos que garantizan un desempeño adecuado frente a sollicitaciones sísmicas. La aplicación de coeficientes de modificación ajusta los cálculos a las condiciones reales de servicio, lo que resulta esencial en edificaciones colectivas como residencias estudiantiles, donde la demanda de seguridad estructural es prioritaria.

En el ámbito constructivo, la integración de cimentaciones de hormigón armado, anclajes metálicos, uniones empernadas con mortero de relleno y paneles de muro con función de resistencia lateral conforman un sistema estructural robusto y coherente con los principios de diseño sísmo

resistente. Los entrepisos y cubiertas, concebidos como diafragmas rígidos, cumplen un rol fundamental en la redistribución de cargas, asegurando la estabilidad global de la edificación.

De esta manera, la aplicación rigurosa de la NEC-SE-GUADUA permite concebir a la *Guadua angustifolia* Kunth como un material estructural viable en proyectos de residencia universitaria, siempre que se respeten los criterios técnicos establecidos. El cumplimiento de estos lineamientos normativos garantiza la seguridad de los ocupantes, la durabilidad del sistema y la compatibilidad con las exigencias sísmicas del territorio ecuatoriano.

Bibliografía

- Chuinda, W. M. C., Redrován, T. J. G., & Vera, M. S. A. (2023). Análisis de la caña guadua como material de construcción sostenible para el desarrollo del ecoturismo en la Amazonía ecuatoriana. *RELIGACIÓN. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(38), e2301109.
- Díaz, J. G. Y., & Valiente, J. C. N. (2023). Construir con guadua: Tendencias en estudios a nivel de Latinoamérica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 9413-9435.
- Giuseppina Vanga, M., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña *Guadua angustifolia* Kunth. *Revista Digital Novasinergia*, 4(1), 53-73.
- Llumiyinga, J. L. C. (2023). Calidad de la vivienda de caña guadúa en Ecuador: Área rural vs área urbana. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 8(1), 1385-1409.
- López, C. C. (2024). Análisis de la resistencia a la *Guadua angustifolia* Kunth sometida a esfuerzos de tensión paralela a las fibras, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 9(1), 822-842.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2017). *Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC-SE-GG. Generalidades*. Subsecretaría de Hábitat y Espacio Público. Quito, Ecuador.
- Páez-Cornejo, J. D., De la Rosa-Rosales, Y. E., Verduga-Solórzano, G., Soto-Cevallos, J. A., & Barreto-Barre, L. X. (2022). Caracterización físico-

mecánica de la *Guadua angustifolia* Kunth en tres cantones de la provincia de Manabí. *Revista Científica Arbitrada de Posgrado y Cooperación Internacional CLAUSTRO*, 5(10), 85-99.

R. (2025). Análisis de las conexiones estructurales de una vivienda de carácter social prediseñada con caña guadúa. *MQRInvestigar*, 9(1), e32.

Rivera, W. L. M., Zambrano, H. G. C., Delgado, T. G. C., Tumbaco, G. G. S., & Véliz, C. J. M. (2023). Análisis de la vivienda vernácula de caña guadúa Manabita del Ecuador y puesta en valor de su sistema constructivo en la vivienda contemporánea. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 8291-8310.

Ruthsember, M. P. J., Gregorio, V. T. Á., Laura, M. G. A., & Alejandro, E. C. F. (2023). La caña guadua y la sismoresistencia. *Experiencias de investigación en la formación de arquitectos*, 317.

Toro-Arango, A., Torrado-García, D., Arena-Navarro, M. T., Chinchilla-García, A. F., de la Rosa-Oñate, M. C., Hoyos-Patiño, J. F., & Velásquez-Carrascal, B. L. (2021). Guadua (*Guadua angustifolia*): Material de innovación para el diseño. *Formación Estratégica*, 3(2), 81-96.

Vera-Pisco, D. G., Morán-Guzmán, A. O., & Cedeño-Candela, J.