

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i4.1477>

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de investigación

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Structural analysis of a guadua cane house located in Manta and Quito

Análise estrutural de uma casa de cana-de-açúcar guadua localizada em Manta e Quito

Pedro Antonio Franco-Vélez^I
pedrofrancofv1995@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3276-6364>

Byron Simón Baque-Solis^{II}
arq.byronbaque8@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0700-7136>

Correspondencia: pedrofrancofv1995@gmail.com

***Recibido:** 29 de agosto de 2020 ***Aceptado:** 25 de septiembre de 2020 * **Publicado:** 19 de Octubre de 2020

- I. Ingeniero Civil, Investigador Independiente, Manta, Ecuador.
- II. Magíster en Ordenamiento Territorial y Diseño Urbano, Arquitecto, Investigador Independiente, Manta, Ecuador.

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Resumen

La investigación que presentaremos a continuación se basa en el estudio del análisis estructural de una vivienda modular de caña guadua *Angustifolia Kunth* (G.A.K.) en dos ciudades diferentes del Ecuador, Manta y Quito, para evaluar el desempeño de la vivienda se modelaron en programas estructurales conocidos donde se definen las características físico-mecánicas del material, secciones, cargas principales, restricciones, espectros de diseños, etc. Se recaudó información de estudios realizados en laboratorios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y en la Universidad Central del Ecuador.

Los resultados fueron parecidos respecto a los análisis antes mencionados para las diferentes ciudades; no obstante, es dependientemente variable de acuerdo con las consideraciones que se usen en dimensiones de los culmos, el número de culmos en secciones, consideraciones sísmicas, etc. Se usaron parámetros con consideraciones desfavorables para dar más seguridad a posibles proyectos de mayor envergadura.

Palabras claves: Análisis estructural; diseño; software; optimización; norma NEC-SE-GUADUA, NEC-SE-DS-NEC-SE-CG

Abstract

The research that we will present below is based on the study of the structural analysis of a modular house made of guadua cane *Angustifolia Kunth* (GAK) in two different cities of Ecuador, Manta and Quito, to evaluate the performance of the house, they were modeled in known structural programs where the physical-mechanical characteristics of the material, sections, main loads, restrictions, design spectra, etc. are defined. Information was collected from studies carried out in laboratories at the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí and at the Central University of Ecuador.

The results were similar with respect to the aforementioned analyzes for the different cities; however, it is dependently variable according to the considerations used in culm dimensions, the number of culms in sections, seismic considerations, etc. Parameters with unfavorable considerations were used to give more security to potential larger projects.

Keywords: Structural analysis; design; software; optimization; norm NEC-SE-GUADUA, NEC-SE-DS-NEC-SE-CG

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Resumo

A pesquisa que apresentaremos a seguir baseia-se no estudo da análise estrutural de uma casa modular feita de cana-de-guadua *Angustifolia Kunth* (GAK) em duas cidades diferente do Equador, Manta e Quito, para avaliar o desempenho da casa, elas foram modeladas em programas estruturais conhecidos onde são definidas as características físico-mecânicas do material, seções, cargas principais, restrições, espectros de projeto, etc. As informações foram coletadas a partir de estudos realizados em laboratórios da Universidade Laica Eloy Alfaro de Manabí e da Universidade Central do Equador

Os resultados foram semelhantes no que diz respeito às análises acima mencionadas para as diferentes cidades; no entanto, é dependente variável de acordo com as considerações usadas nas dimensões do colmo, o número de colmos nas seções, considerações sísmicas, etc. Parâmetros com considerações desfavoráveis foram usados para dar mais segurança a projetos maiores em potencial.

Palavras-chave: Structural analysis; Projeto; Programas; otimização; norma NEC-SE-GUADUA, NEC-SE-DS-NEC-SE-CG

Introducción

Los materiales son un factor importante al momento de construir porque el objetivo principal de una construcción será el bajo costo, ambientalmente sostenible, rápida ejecución y alivianar cargas. Las últimas investigaciones han confirmado que las características físico-mecánicas Caña Guadua *Angustifolia Kunth* cumple con estos parámetros que se buscan en la construcción.

La presente investigación analiza estructuralmente una vivienda compuesta de Caña Guadua *Angustifolia Kunth* en dos ciudades diferentes del Ecuador como es en Manta y Quito; se usó las NEC (Normas Ecuatoriana de la Construcción) en la que se modeló la vivienda en tercera dimensión, usando el programa SAP2000 para poder saber el comportamiento de la vivienda en dos ciudades diferentes del Ecuador.

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Se realizará una comparación entre las dos ciudades en la cual la Vivienda se comporta más vulnerables en Manta por el suelo sísmico, pero en Quito se comporta a largo plazo diferente por el material, que está más expuestos a cambios climáticos.

Figure1 Vista frontal de la vivienda

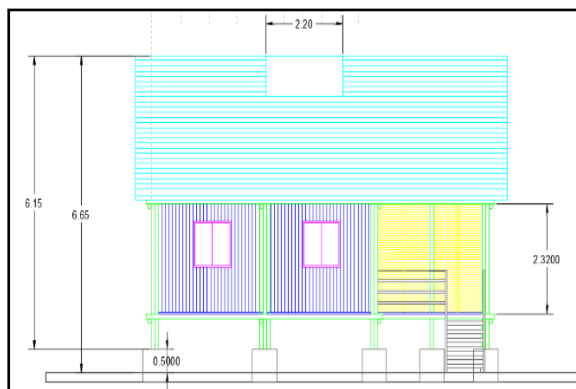
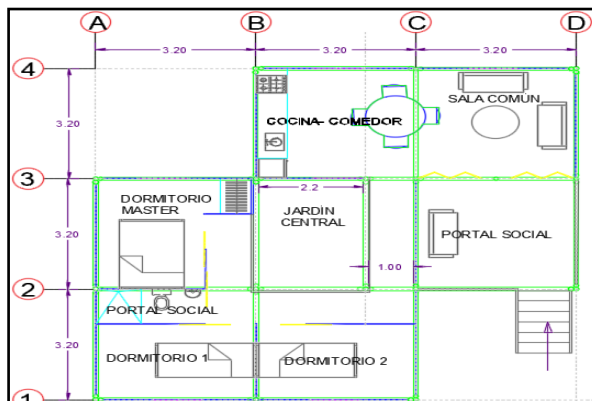


Figure 2 Vista aérea de Vivienda



GaK para la construcción

La GaK es un material Ortho trópico es decir que tiene resistencia en diferentes tipos de direcciones, a causa de esta heterogeneidad y para simplificar cálculos, se define un sistema de coordenadas donde se establecen tres ejes en los que puede actuar una carga. Es fundamental seguir las recomendaciones de Normas de acuerdo con el lugar en el que se quiera construir; se usará la norma NEC-SE-GUADUA y se seguirán las condiciones necesarias para realizar un análisis estructural.

En cualquier análisis estructural es necesario conocer el material y el tratado que se le dé en especial cuando se trata de un material biológico, se recomienda realizar un ensayo físico-mecánico para establecer parámetros de seguridad y garantizar la resistencia; en caso de no realizar el ensayo físico-mecánico se debe tomar en cuenta lo especificado en la NEC-SE-GUADUA.

La norma recomienda:

- Selección de culmos: entre 4 a 6 años alcanza la madurez y es óptimo para construir.
- Corte de Culmos: entre 5 a 9 am hora específica (luna cuarto menguante)
- Transporte: depende del vehículo, culmos entre 6, 9 y 12m

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

- Preservación: método inmersión, perforando el culmo para el ingreso de ácido bórax, 2kg ácido bórax = 96 litros de agua.
- Secado y almacenamiento: se debe dejar secar al punto que alcance el contenido de humedad del lugar; se almacena alejado de agentes externos. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

La NEC de la GaK establece requisitos de diseño para la calidad de las estructuras en GaK. Para eso se debe hacer un pre-dimensionamiento para establecer parámetros que cumplan con lo especificado. El % de conicidad debe tener una geometría similar para así contar con culmos homogéneos. (Ec.1 NEC-SE-GUADUA)

Se toma en cuenta para el requisito de diseño las diferentes cargas que indica la NEC, establece que se contarán con cargas: Muerta=D, Viva =L, Sismo en x= E_x , Sismo en y= E_y , espectro de aceleración en $X=EQ_x$, espectro de aceleración en $Y=EQ_y$. Con las cargas se establece una combinación de carga que se puede observar en la NEC-SE-GUADUA. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

La norma establece los esfuerzos admisibles, esfuerzos últimos, módulos de elasticidad de la GaK de acuerdo con el Contenido de humedad=CH.

La norma escoge un CH=12% como ejemplar para tomar en cuenta los esfuerzos de acuerdo a la flexión, tracción, compresión paralela, compresión perpendicular y corte de la GaK; no obstante, indica coeficientes y factores de modificación de acuerdo a la duración de la carga, contenido de humedad, modificación por temperaturas, estabilidad lateral de vigas, modificación de forma, acción conjunta, estabilidad de columnas, por cortante, y todas esas modificaciones se realizan para la sollicitación de los esfuerzos admisibles en tracción, flexión, compresión paralela, compresión perpendicular y corte.

En el caso de que exista modificación se debe tomar consideraciones de todos los coeficientes para los esfuerzos sollicitados.

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Método y Metodología

Para evaluar el desempeño de la vivienda se modelarán en programas estructurales conocidos donde se definen las características físico-mecánicas del material, secciones, cargas principales, restricciones, espectros de diseños, etc.

Se buscará información de estudios realizados en laboratorios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y en la Universidad Central del Ecuador para corroborar algunos valores característicos de la Caña Guadua, sus esfuerzos admisibles, resistencias, coeficientes de modificación, módulos de elasticidad, según indica la norma NEC-SE-GUADUA registrada oficialmente el 19 de enero del 2017.

Una vez modelada la vivienda de manera original en el programa estructural, en la cual se utilizarán los valores de la norma ecuatoriana; se comprobará si las derivas de piso son estables, si las deformaciones no son excesivas, si los modos de vibración sobre pasan los parámetros, si los centros de masa y rigidez no exceden de su longitud; no obstante.

Se podrán realizar modificaciones para rigidizar la estructura sin dejar a un lado la originalidad de la estructura de manera geométrica ya existente porque tratando de asegurar los parámetros Se utilizará el mismo diseño de la vivienda para ambos casos de estudios de diferentes ciudades del Ecuador.

En caso de secciones de viga se tomará en cuenta diseñar los elementos sometidos a flexiones donde indica: Perforaciones, área Neta, luz de diseño, deflexiones, flexión, estabilidad lateral, momento resistente, inercias, cortante, esfuerzos cortantes paralelo a las fibras, conectores, aplastamiento. Se debe analizar cada parámetro para sostener la calidad de la construcción, la garantía de que los elementos cumplan con las características de resistencia y durabilidad.

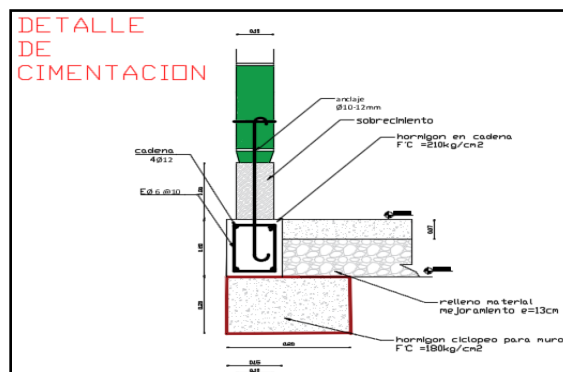
En caso de secciones de columnas se tomará en cuenta lo siguiente: elementos solicitados a tensión axial, tensión perpendicular a la fibra, longitud efectiva, elementos por dos o más culmos, clasificación de columnas, esfuerzos máx. columnas cortas, medianas y largas.

Es necesario tomar en consideraciones parámetros que justifiquen las necesidades del constructor, parámetros que están en la (Aristizabal, 2016) (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Para la cimentación y sobre cimentación se debe tomar en cuenta que se considera como simplemente apoyada, protección por diseño.

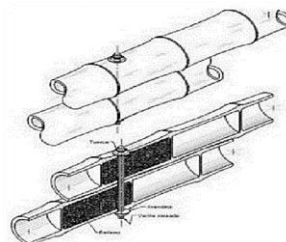
Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Figure 3 Detalle de cimentación



Se debe realizar bien las uniones entre culmos por seguridad tomando en cuenta la NEC-SE-GUADUA, entre otras indicaciones posteriores. Cabe aclarar que las propiedades de resistencia y rigidez deben ser determinadas mediante ensayos y en su defecto, emplear las tablas tabuladas que establece la normativa NEC-SE-GUADUA. Para uniones en viga de dos culmos se perfora el culmo para poder ingresar mortero para rigidizar la unión.

Figure 4 Detalle de unión



Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Resultados

Cargas no sísmicas y sísmicas

Cargas no sísmicas:

- Carga Muerta en Cubierta:

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Tabla 1 Cargas muertas en cubierta

Ítem	Descripción	Peso unitario
Teja	Acero Galvanizado de 1.3mm de espesor	0.019 kg/m ²
Instalaciones	Según Criterio	2.5 kg/m ²
Correas	Cuartones de madera	5 kg/m ²
Wt	Total	7.52kg/m ²

Peso muerto de la GaK y no supera los 10kg/m² es por eso por lo que el autor aumento la carga muerta a 0.2 kN/m²

- Cargas Vivas en Cubierta:

En la tabla 9 de la NEC-SE-CG, pág. 27 indica la carga de uso para cubiertas en la cual es 0.7 kN/m² o 71.4kg/m².

- Carga por viento: En la NEC-SE-CG indica la ecuación de velocidad del viento

$$V_b = V * \sigma = 19.53 \text{ m/s}$$

Donde: V=21 m/s; $\sigma=0.93$ (Categoría A, edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos; h=6.15m).

Presión del viento: según la norma NEC-SE-CG indica la ecuación de la presión del viento donde se escoge de acuerdo a las indicaciones

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (19.53 \text{ m/s})^2 * 1.63 * 0.6 = 223.224 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ o Pa}$$

- Carga de Granizo: a partir de la NEC-SE-CG indica la ecuación de carga de granizo.

$$S = \rho_g * H_s = 50 \text{ kg/m}^2$$

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

- Carga Muerta en Piso: Se consideró el peso de la GaK de 0.025 kN/m^2 y el piso de madera laurel con una densidad de 390 kg/m^3
- Carga Viva en Piso: En el apartado de la NEC-SE-CG indican los valores de cargas de uso, se usará una carga uniforme de 2.00 kN/m^2 por su uso de vivienda unifamiliares. $CV=203.9 \text{ Kg/m}^2$
- Sobre Cargas Permanentes en Piso: La sobre carga permanente será de 0.16 T/m^2 o 145.15 Kg/m^2

Carga Sísmica

Para las cargas sísmica se usará la Norma NEC-SE-DS en la cual indica el diseño sísmico para zonas diferentes del Ecuador. Se indica en la mencionada norma la zona sísmica Z y la caracterización del peligro sísmico.

- Zonas Sísmicas: Para Manta habrá un peligro sísmico “Muy Alta” y un valor de $Z=0.50$. Para Quito habrá un peligro sísmico “Alta” y un valor de $Z=0.40$

Tipos de Suelo

Para la Ciudad de Manta se eligió un tipo de suelo tipo “E”. Para la Ciudad de Quito se eligió un tipo de suelo tipo “D” por ser en lugar montañoso rígido.

- Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s .

F_a : de acuerdo con el tipo de suelo y la zona sísmica donde se encuentra para Quito se escogió un valor de 1.2 y para Manta un valor de 0.85.

F_d : Amplificación de las ordenadas elásticas de respuesta de desplazamiento para diseño en roca. Se escogió el valor para Quito de 1.19 y para Manta un valor de 1.5.

F_s : Comportamiento no lineal de los suelos con el coeficiente se considera el comportamiento no lineal de los suelos; se escogió el valor de 1.28 para Quito y para Manta un valor de 2.

NEC-SE-DS

- Cálculo de cortante basal de diseño

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Cortante basal “V”, valor que se usa en el análisis del programa en la cual se tomará en cuenta para las dos ciudades establecidas, Manta y Quito.

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_p\phi_E}$$

Factor I=1 (destinada para departamentos).

Factor R=2 (para estructuras de GaK).

- Determinación de espectro de respuesta (S_a)

Para determinar los límites del espectro de respuesta S_a en Manta se debe determinar el periodo T_c

$$T_c = 0.55x f_s \frac{fd}{fa} = 0.55x 2x \frac{1.5}{0.85} = 1.941$$

Para un suelo tipo E

$F_a = 0.85$

$F_d = 1.5$

$F_s = 2$

El periodo de vibración calculado se encuentra entre 0 y 1.94.

$$S_a = \eta Z F_a = 1.8x 0.5x 0.85 = 0.765$$

$\eta = 1.8$ (para provincia de la Costa; Manta).

$Z = 0.5$ (para Manta, suelo sísmico).

$F_a = 0.85$.

Finalmente reemplazando la ecuación del cortante basal obtenemos el coeficiente sísmico de:

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_p\phi_E} = \frac{1x0.765}{2x0.9x0.9} = 0.4722$$

- Para determinar los límites del espectro de respuesta S_a en Quito se debe determinar el periodo T_c .

$$T_c = 0.55x f_s \frac{fd}{fa} = 0.55x 1.28x \frac{1.19}{1.2} = 0.698$$

Para un suelo tipo D.

$F_a = 1.2$

$F_d = 1.19$

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

$F_s = 1.28$

El periodo de vibración calculado se encuentra entre 0 y 1.94

$$S_a = \eta Z F_a = 2.48 \times 0.4 \times 1.2 = 1.19$$

$\eta = 2.48$ (para provincia de la Sierra; Quito).

$Z = 0.4$ (para Quito, suelo sísmico).

$F_a = 1.2$.

Finalmente reemplazando la ecuación del cortante basal obtenemos el coeficiente sísmico de:

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_p\phi_E} = \frac{1 \times 1.19}{2 \times 0.9 \times 0.9} = 0.7346$$

Para sacar el cortante basal completo con el peso de la estructura se multiplica el valor del coeficiente con el peso $V = C \times W$

Tabla 2 Equivalencias de fuerzas laterales Manta

Dirección	Periodo usado	C	W (kN)	V(kN)
X+Ecc.Y	0 a 1.94	0.4722	192.267	90.7885
Y+Ecc.X	0 a 1.94	0.4722	192.267	90.7885

Tabla 3 Equivalencia de fuerzas laterales Quito

Dirección	Periodo usado	C	W (kN)	V(kN)
X+Ecc.Y	0 a 1.94	0.7346	192.267	141.239
Y+Ecc.X	0 a 1.94	0.7346	192.267	141.239

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Diseño de la estructura de Gak en programa estructural

Para un correcto análisis se diseñó de manera tridimensional la estructura de la vivienda en el programa computacional SAP2000 y ETAB 2016.

Figura 5 Incremento de columnas. Vista de Planta S1=0.51m

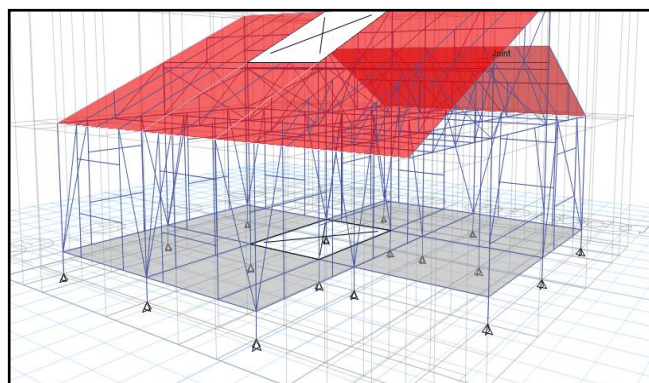
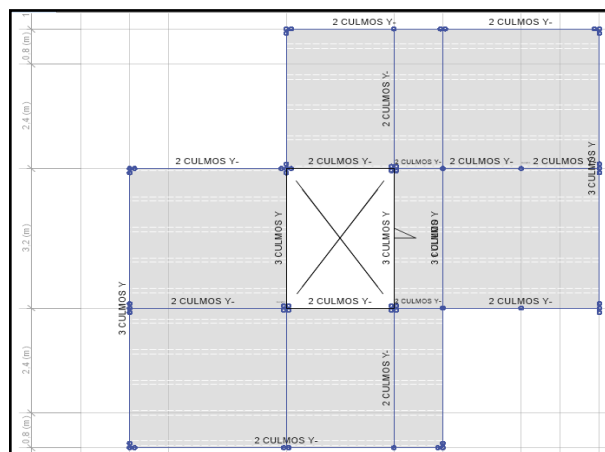


Figure 6 Modelo tridimensional

Definición del Material:

Se procede a crear el material en ETAB2016 por medio del menú: Define/Materiales, se observa que por defecto genera el sistema material, se da clic en Add New Material que genera un nuevo material en la cual las propiedades de la GaK deben ser colocadas.

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

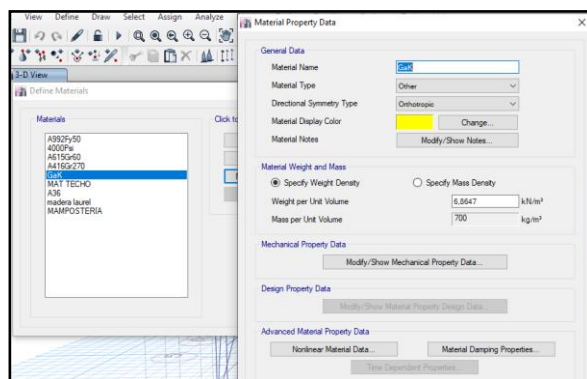


Figure 7 Definición del Material GAK

Definiciones de secciones

Se debe tomar en cuenta las posibles maneras de seccion de los culmos, en la cual se realizo cada uno de los “Frames”. En el menú; Define/ Section Properties/Frame sections como son secciones que se no vienen predeterminadas por el programa se debe formar una por una a continuación:

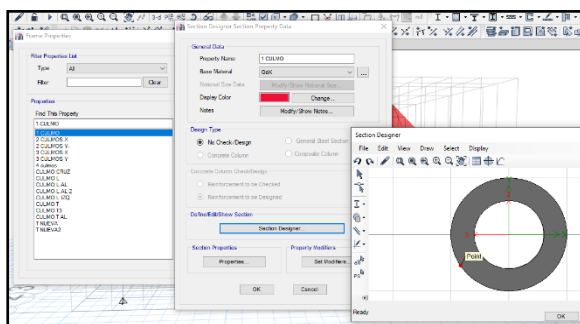


Figure 8 Asignaciones de secciones

Definición de las cargas principales (Load Patterns)

El programa genera por defecto la carga “Dead” por defecto del material pero no obstante se agrega las carga muerta (Dead “D”), carga viva (Live “L”), Carga sismica en x (Quake “Ex”), carga sismica en Y (Quake “Ey”), sobre carga permanente (SCP).

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

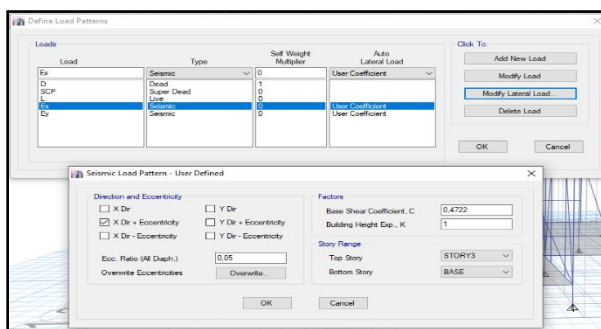


Figure 9 Definiciones de cargas principales

Definiciones para casos de cargas (Load Cases)

Definiciones de casos de cargas para hacer un tipo de cargas para la aceleración de diseño de sismo en la cual indica la NEC-SE-GUADUA que es “EQx y EQy” Cargas del espectro de aceleraciones en sentido X y Y.

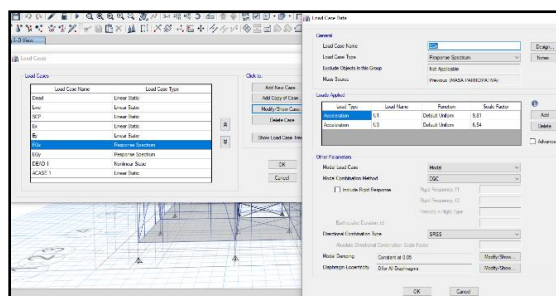


Figure 10 Casos de cargas

A continuación, se crean los combos, en base a las cargas ya insertadas en el programa, en la Tabla 2 indica las combinaciones de cargas de acuerdo con la NEC-SE-GUADUA.

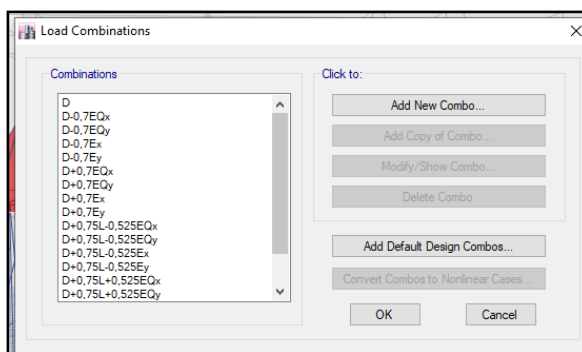


Figure 11 Combinaciones de cargas

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Asignar cargas en elementos.

Se asignan cargas tipo *Área Sections* en el piso y en la cubierta. Se ingresa en el programa por *menú/ Assing/ Área Loads/ Uniform (Shell)* se le agregan las cargas muertas (D), carga viva (L) y sobre carga permanente (SCP) según lo solicitado en cubierta y piso

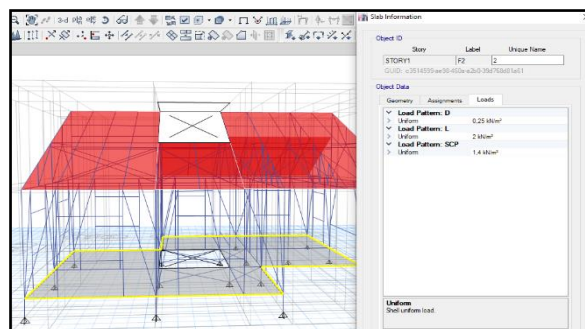


Figure 12 Cargas de piso

Asignación de restricciones

Al ubicarse en la cota $Z=0$ y se selecciona todos los nodos correspondientes; Menú/assing/Joint/Restraints y se selecciona Traslacion 1, Traslacion 2 y Traslacion 3 como se observa a continuación:

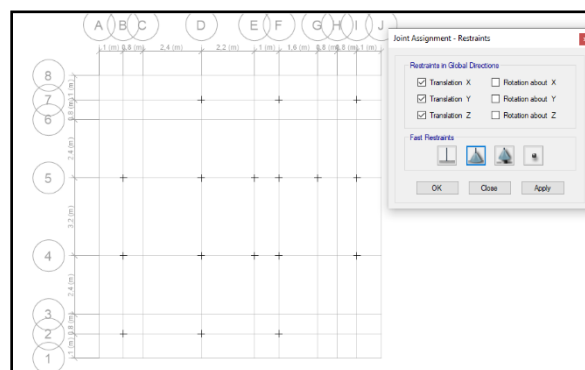


Figure 13 Asignación de restricciones $Z=0$

Espectro de Diseño

Se realiza el Espectro de diseño tomando en cuenta factores de sitio, coeficientes de seguridad, factores de reducción, etc. Para ello vamos a Menú/ Define/Functions/Response Spectrum/Add New Functions. Colocamos el código de la norma sísmica NEC-SE-DS 2015. Restringir Momentos

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Se liberan los nodos del pórtico para que el programa calcule los esfuerzos y se restringen los momentos extremos. Menú/assing/raleases/

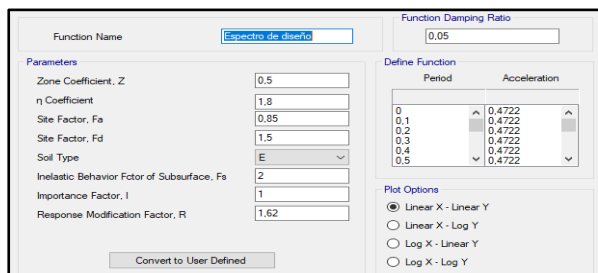


Figura 15 Espectro de Diseño Quito

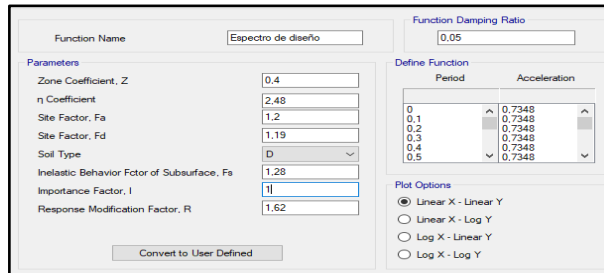


Figura 14 Espectro de diseño Manta

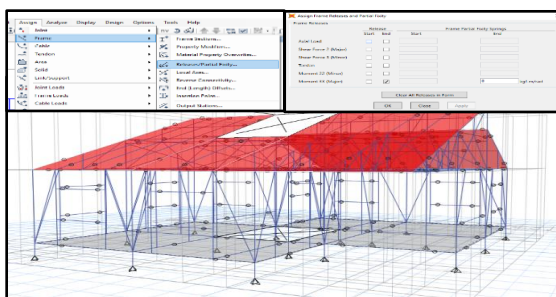


Figure 16 Restricción en vigas

Análisis del modelo

Luego de introducir todos los valores de acuerdo con las normas, para que actúe el programa en la estructura se debe seguir Menú/Analyze/Run Analysis, en la cual procederemos a correr el programa Run Now.

Se tomará en cuenta las derivas de piso en sentido X y Y

Tabla 4 Comparativa de las derivas máxima entre Manta y Quito

	Manta	%Deriva	Quito	% Deriva
Sentido X	0,005397	0,80%	0,004748	0,712%
Sentido Y	0,003297	0,495%	0,002915	0,43%

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Para obtener deriva se multiplica la constante $0.75 \cdot R$ ($R=2$).

Revisión de modos de vibración en vivienda

En el programa ETABS 2016 se realizan los modos de vibración corriendo el programa en las tablas del *Model explorer /Modal Results/Modal Direction Factors, Mass Ratios*.

Tabla 5 Dirección de factores Modales en Manta

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0,258	0,983	0,001	0	0,015
Modal	2	0,2	0,002	0,989	0	0,009
Modal	3	0,186	0,055	0,005	0	0,939

Tabla 6 Dirección de factores modales en Quito

CASE	MODE	PERIOD	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
MODAL	1	0,258	0,985	0,001	0	0,014
MODAL	2	0,201	0,001	0,996	0	0,003
MODAL	3	0,19	0,049	0,001	0	0,95

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

Tabla 7 Masa Modal Participativa Manta

Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY
1	0,258	0,854	0,001	0,000	0,854	0,001	0,000	0,000	0,023	0,015	0,000	0,023
2	0,200	0,001	0,874	0,000	0,855	0,875	0,000	0,025	0,000	0,001	0,025	0,023
3	0,186	0,014	0,000	0,000	0,869	0,875	0,000	0,000	0,006	0,864	0,026	0,029
4	0,073	0,002	0,000	0,000	0,871	0,875	0,000	0,000	0,003	0,000	0,026	0,032
5	0,071	0,000	0,001	0,032	0,871	0,875	0,032	0,072	0,057	0,001	0,097	0,089
6	0,061	0,015	0,003	0,001	0,886	0,878	0,033	0,023	0,153	0,004	0,120	0,242
7	0,060	0,078	0,019	0,000	0,964	0,897	0,033	0,043	0,159	0,001	0,163	0,401
8	0,039	0,020	0,079	0,001	0,984	0,976	0,034	0,155	0,001	0,010	0,318	0,403
9	0,028	0,004	0,012	0,007	0,988	0,988	0,040	0,007	0,232	0,002	0,325	0,635
10	0,023	0,002	0,000	0,027	0,990	0,988	0,067	0,460	0,001	0,000	0,785	0,636
11	0,020	0,000	0,002	0,603	0,990	0,990	0,670	0,005	0,006	0,002	0,789	0,641
12	0,009	0,000	0,000	0,038	0,990	0,990	0,708	0,001	0,000	0,001	0,790	0,641

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0,258	0,855	0,001	0,000	0,855	0,001	0,000	0,000	0,023	0,013	0,000	0,023	0,013
Modal	2	0,201	0,001	0,862	0,000	0,856	0,863	0,000	0,029	0,000	0,000	0,029	0,023	0,013
Modal	3	0,190	0,012	0,000	0,000	0,868	0,863	0,000	0,000	0,007	0,848	0,030	0,030	0,860
Modal	4	0,102	0,000	0,001	0,036	0,868	0,864	0,037	0,076	0,069	0,001	0,106	0,099	0,862
Modal	5	0,090	0,003	0,000	0,000	0,870	0,864	0,037	0,000	0,014	0,003	0,106	0,113	0,865
Modal	6	0,079	0,022	0,005	0,004	0,892	0,869	0,040	0,043	0,220	0,002	0,149	0,333	0,866
Modal	7	0,069	0,063	0,025	0,000	0,955	0,894	0,041	0,075	0,182	0,003	0,224	0,515	0,869
Modal	8	0,051	0,027	0,060	0,001	0,982	0,953	0,042	0,132	0,020	0,007	0,355	0,535	0,876
Modal	9	0,025	0,004	0,020	0,062	0,986	0,973	0,104	0,019	0,175	0,003	0,375	0,710	0,879
Modal	10	0,023	0,002	0,000	0,081	0,988	0,974	0,184	0,392	0,003	0,001	0,767	0,713	0,880
Modal	11	0,020	0,001	0,005	0,568	0,989	0,978	0,752	0,074	0,019	0,000	0,841	0,731	0,880
Modal	12	0,009	0,000	0,000	0,025	0,989	0,978	0,777	0,000	0,000	0,001	0,841	0,731	0,881

Tabla 8 Centro de Masa y rigidez MANTA

Story	Diaph	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kg	kg	m	m	kg	kg	m	m	m	m
STORY1	D1	5377,14	5377,14	5,7986	5,809	5377,14	5377,14	5,7986	5,809	5,7829	5,9792

Tabla 9 Masa Modal Participativa Quito

Story	Diaph	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kg	kg	m	m	kg	kg	m	m	m	m
STORY1	D1	5374,16	4374,16	5,83	5,80	4374,16	4374,16	5,83	5,80	5,68	5,79

Table 10 Centro de masa y rigidez Quito

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

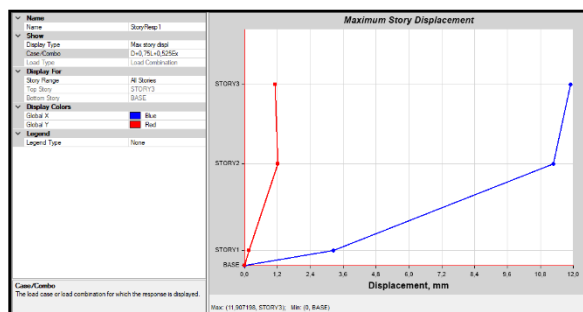


Figure 17 Desplazamientos máximos para Combinaciones de Cargas, mm.

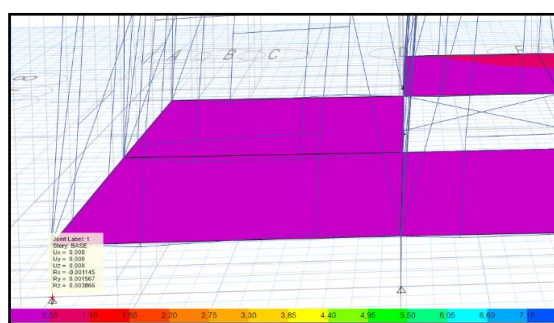


Figure 18 Desplazamiento del punto de apoyo

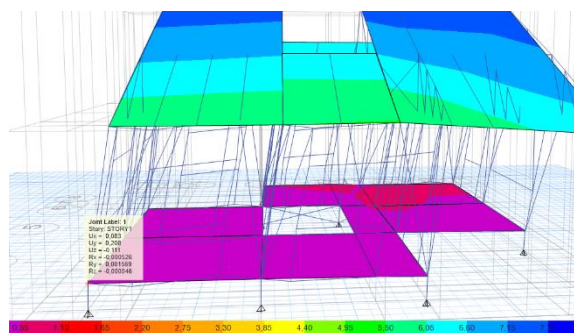


Figure 19 Desplazamiento en piso S1=0.51m

Discusión

El análisis y revisión de la información preliminar acerca de la caña Guadua Angustifolia Kunth ayudó a realizar un resumen de los parámetros principales estipulados en la NEC-SE-GUADUA 2015 para mejorar los criterios de diseño de las viviendas de GaK.

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

La recopilación de información acerca de ensayos en laboratorio de las características físico-mecánicas de la GaK ayudó a sustentar las propiedades de ésta, dando valores más favorables en algunos aspectos para Quito.

La GaK es un material renovable y amigable con el medio ambiente es por lo que es óptimo para la construcción por su bajo consumo de energía y de recursos naturales.

Observando un poco los resultados de los ensayos de laboratorios con los valores que recomienda la NEC-SE-GUADUA, se llega a la conclusión de que esta es conservadora en sus recomendaciones, es decir que los resultados de la NEC son menores en características mecánicas que las demostradas en ensayos de laboratorio.

El estudio de la vivienda original demostró tener un comportamiento flexible, no cumplía con los parámetros necesarios por eso se tuvo que realizar un reforzamiento en sus secciones de columnas para mayor estabilidad. Se determinó con el reforzamiento que cumplió con los parámetros de deformaciones modales de la vivienda.

Referencias

1. (NEC-SE-DS), N.E. (2015). Peligros sísmicos, Diseño Sismo Resistente. Quito: Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda. Quito-Ecuador
2. ALVARADO, E. P. (2017). ESTUDIOS, CÁLCULOS Y DISEÑOS DE UNA ESTRUCTURA APÓRTICADA EN GUADUA. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
3. Aristizabal, W. (22 de Marzo de 2016). Generalidades de la Guadua Angustifolia Kunth. Obtenido de ARME ideas en guadua: armeideasenguadua.com/generalidades-de-la-guadua-angustifolia-kunth/. Colombia
4. Asociación Peruana de Bambú, P. (2018). Métodos de propagación del Bambú GaK. LIMA: PERU BAMBU.
5. C.I.S.P. (1983). C.I.S.P Copyright (ONG). Obtenido de C.I.S.P. web site: <http://desarrollodelospueblos-al.org>. Italia
6. CANDO JAVIER, P. V. (Febrero de 2016). CARACTERÍSTICAS E IMPORTANCIA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1818/1/UNACH-FCEHT-TG-C.ESTE-2016-000003.pdf>. Chimborazo-Ecuador.

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

7. Cortés, I. F. (2018). INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN (INBAR). Obtenido de Reproducción de la Guadua Angustifolia por el método de chusquines: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/Propagation-of-Guadua-Angustifolia-using-the-Chusquines-method.pdf.
8. Cruz Ríos, H. (2009). bambuterra. Obtenido de bambouterra.wordpress: <https://bambouterra.wordpress.com/que-es-el-bambu/>
9. Gandara, H. C. (20 de Enero de 2012). Bambú estudio del mercado mundial. Obtenido de SlideShare Corporation.
10. INBAR, C. d. (Octubre de 2017). bambú. Obtenido de WordPress: <https://bambu.com.ec/bambu/>
11. Ing. Luis Fernando Botero Cortés, I. (2019). REPRODUCCIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA POR EL METODO DE CHUSQUINES. Obtenido de INBAR web site: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/Propagation-of-Guadua-Angustifolia-using-the-Chusquines-method.pdf
12. Julián Pérez Porto, M. M. (2017). definición de vivienda social. Obtenido de definición de Web site: <https://definicion.de/vivienda-social/>
13. Mayte Lissette Mercado Cevallos, R. E. (2015). Estudio de factibilidad para la producción de caña guadua. Guayaquil: Publicaciones Universidad Politécnica Salesiana . Guayaquil-Ecuador
14. Merino, J. P. (2015). definicion.de. Obtenido de Definicion.DE: <http://definicion.de/vivienda-social/>
15. NEC-SE-GUADUA-17. N.E. (2016). Estructuras de Guadúa (GaK) (NEC-SE-GUADUA). Santo Domingo de los Tsachilas: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Santo Domingo- Ecuador
16. NEC-SE-CG-15, N.E. (2015). Cargas (No Sísmicas), código NEC-SE-CG. Quito: Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador. Quito-Ecuador
17. Palakas. (2019). Construcciones y soluciones naturales hecha con la madera de los sueños. Obtenido de palakas: <https://palakas.jimdo.com/nosotros/información-guadua/>

Análisis estructural de una vivienda de caña guadua ubicadas en Manta y Quito

18. Regalado, C. E. (2012). PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA GaK COMO MATERIAL ATERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN. SANGOLQUÍ: publicaciones de ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA INGENIERIA CIVIL.
19. Reinoso, I. E. (2015). ANÁLISIS Y DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UNA TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR DE 40M DE ALTURA CON MONTANTES UV Y UNA CON MONTANTES CIRCULARES. Cuenca: Universidad de Cuenca.
20. Ríos, C. (2009). bambouterra. Obtenido de wordpress, bamboterra: <https://bambouterra.wordpress.com/que-es-el-bambu/>
21. Teneche, G. (24 de Septiembre de 2013). PLANTAR GUADUA, SEMILLERO. Obtenido de GUADUA BAMBU COLOMBIA: <https://guaduabambucolombia.com/2013/09/24/plantar-guadua-semillero-y-vivero-de-guadua-angustifolia-reforestar-con-guadua/>
22. Vélez, S. (2010). La Guadua Angustifolia "Bambu colombiano". Obtenido de Universidad Politecnica de Colombia: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf
23. Verduga, G. (2019). Análisis de las propiedades físico mecánicas de la GaK. Manta: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
24. Viera, P. (2018). Ensayo en laboratorio de las características físico mecánicas . Quito: UCE, Universidad Central del Ecuador.
25. Walter Mauricio Barreto, M. G. (2018). Estudio de durabilidad en las estructuras de guadua GaK . Sao Carlos: Universidad de la Gran Colombia.

0 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).