



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Uso del Bambú como material estructural caso vivienda  
ecológica en Tarapoto -2017

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Víctor Hugo Paredes Angulo

**ASESOR:**

Mg. Delgado Ramirez felix

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LIMA – PERÚ**

**2017**

## **Página del Jurado**

### **Uso del Bambú como material estructural caso vivienda ecológica en Tarapoto - 2017**

Presentada a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo para  
optar el Título de Ingeniero Civil

#### **APROBADO POR:**

---

Mg. Carbajal Reyes Lilia Rosa  
PRESIDENTE

---

Mg. Cordova Salcedo, Felimon  
SECRETARIO

---

Mg. Delgado Ramirez felix  
VOCAL

## Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi madre Liz, mis abuelos Tulio, Selma a mis tíos Carlos y Patricia por brindarme su apoyo durante mi formación profesional.

## Agradecimiento

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo – Lima Norte y a mi asesor por su valioso apoyo y soporte profesional.

## Declaratoria de autenticidad

Yo Victor Hugo Paredes Angulo con DNI N° 71802306, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la universidad Cesar Vallejo.

Lima, 09 diciembre de 2017

---

**VICTOR HUGO PAREDES ANGULO**  
**DNI N° 71802306**

## Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis Titulada “USO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL CASO VIVIENDA ECOLÓGICA EN TARAPOTO - 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero civil.

Victor Hugo Paredes Angulo

## INDICE

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| Página del Jurado .....           | ii   |
| Dedicatoria .....                 | iii  |
| Agradecimiento .....              | iv   |
| Declaratoria de autenticidad..... | v    |
| Presentación .....                | vi   |
| Resumen.....                      | xiii |
| Abstract.....                     | xiv  |

### **I INTRODUCCIÓN**

|  |    |
|--|----|
| 1.1 Realidad problemática.....         | 16 |
| 1.3 Teorías relacionadas al tema ..... | 20 |
| 1.4 Formulación del problema.....      | 32 |
| 1.4.1 Problema general .....           | 32 |
| 1.4.2 Problemas específicos .....      | 32 |
| 1.5 Justificación del estudio.....     | 33 |
| 1.5.1 Justificación Técnica .....      | 33 |
| 1.5.2 Justificación Económica .....    | 33 |
| 1.5.3 Justificación ambiental .....    | 33 |
| 1.6 Hipótesis.....                     | 33 |
| 1.6.1 Hipótesis Específicas .....      | 34 |
| 1.7 Objetivos .....                    | 34 |
| 1.7.1 Objetivo General.....            | 34 |
| 1.7.2 Objetivos específicos .....      | 34 |

### **II MÉTODO**

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Diseño de investigación.....       | 36 |
| 2.2 Variables, operacionalización..... | 37 |
| 2.3 - Población y Muestra.....         | 40 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.1 Muestra .....  | 40 |
| 2.3.2 Muestreo .....   | 40 |
| 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ..... | 40 |
| 2.4.1 Validación y Confiabilidad del Documento .....                               | 41 |
| 2.4.2 Confiabilidad.....   | 41 |
| 2.5 Método de análisis de datos.....   | 42 |
| 2.6 Aspectos éticos .....  | 42 |

### **III RESULTADOS**

### **IV DISCUSIÓN**

### **V CONCLUSIONES**

### **VI RECOMENDACIONES**

### **VII REFERENCIAS**

### **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Anexo 2: Instrumentos a utilizar para el desarrollo de este proyecto

Anexo 3: Estudio de Suelos

Anexo 4: Diseño de Vigas

Anexo 5: Diseño de Columnas

Anexo 6: Planos

Anexo 7: Fotos

Anexo 8: Reporte turnitin

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Tronco de bambú con sus partes nombradas .....                        | 20 |
| Figura 2: Partes del Bambú.....   | 21 |
| Figura 3: Mapa del Perú con la ubicación de los Bambús.....                     | 23 |
| Figura 4: Grafico de zonas sísmicas en el Mundo.....                            | 26 |
| Figura 5: Vigas compuestas de bambú .....                                       | 28 |
| Figura 6: Entrepiso hecho con Bambú .....                                       | 28 |
| Figura 7: Pared hecha con Bambú en su interior y revestida con Barro .....      | 29 |
| Figura 8: unión de bambú usando pernos.....                                     | 30 |
| Figura 9: Unión de bambú usando Zunchos .....                                   | 31 |
| Figura 10: Plano en planta Primer piso .....                                    | 44 |
| Figura 11: Plano en planta Segundo Piso .....                                   | 45 |
| Figura 12: Plano en elevación frontal .....                                     | 46 |
| Figura 13: Vista frontal del tijeral .....                                      | 47 |
| Figura 14: Armadura tipo abanico .....  | 48 |
| Figura 15: Vista frontal del tijeral .....                                      | 49 |
| Figura 16: Correas o listones de madera .....                                   | 50 |
| Figura 17: Velocidad del viento en km/h .....                                   | 52 |
| Figura 18: Ancho tributario 2 piso.....   | 54 |
| Figura 19: Carga Distribuida del viento en la armadura .....                    | 55 |
| Figura 20: Carga Distribuida del viento en la armadura .....                    | 55 |
| Figura 21: Carga distribuida total en la armadura .....                         | 55 |
| Figura 22: Esfuerzos de tracción y compresión en la armadura.....               | 56 |
| Figura 23: Vista del entablado.....   | 58 |
| Figura 24: Entablado ubicado en la vigas .....                                  | 59 |
| Figura 25: Tabla apoyada en cada viga de la estructura.....                     | 60 |
| Figura 26: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 1 -2.....                 | 60 |
| Figura 27: Momento maximo calculado en 2.....                                   | 61 |
| Figura 28: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 2 -3.....                 | 61 |
| Figura 29: Momento maximo entre 2-3 .....                                       | 61 |
| Figura 30: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 3-4.....                  | 62 |
| Figura 31: Momento maximo entre 3-4 .....                                       | 62 |
| Figura 32: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 4 -5.....                 | 62 |
| Figura 33: Momento maximo entre 4-5 .....                                       | 62 |
| Figura 34: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 5 -6.....                 | 63 |
| Figura 35: Momento maximo entre 5-6 .....                                       | 63 |
| Figura 36: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 6 -7.....                 | 63 |
| Figura 37: Momento maximo entre 6-7 .....                                       | 64 |
| Figura 38: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 7 -8.....                 | 64 |
| Figura 39: Momento maximo entre 7-8 .....                                       | 64 |
| Figura 40: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 1 -2, 3-4, 5-6, 7-8 ..... | 65 |
| Figura 41: Momento maximo en la tabla .....                                     | 65 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 42: Carga viva y carga muerta en todo el tramo de la viga .....          | 65  |
| Figura 43: Momento maximo calculada en toda la viga .....                       | 65  |
| Figura 44: Deformación de la tabla .....  | 67  |
| Figura 45: Ancho tributario de la viga .....                                    | 68  |
| Figura 46: Representación de un cilindro hueco .....                            | 69  |
| Figura 47: Carga Distribuida en la viga eje b.....                              | 70  |
| Figura 48: Viga de bambú compuesta.....   | 73  |
| Figura 49: Vista en planta de columna central .....                             | 78  |
| Figura 50: Momento en la columna central eje b-2 .....                          | 79  |
| Figura 51: Viga compuesta por 25 bambús.....                                    | 80  |
| Figura 52: Momento en la columna segundo piso eje b-2.....                      | 80  |
| Figura 53: Viga compuesta por 2 bambús segundo piso, eje b-2.....               | 81  |
| Figura 54: Representación de una pared .....                                    | 82  |
| Figura 55: Vista en planta del eje donde en encuentra la pared a analizar ..... | 82  |
| Figura 56: Vista de las unidades .....  | 84  |
| Figura 57: Cuadro de ingreso de datos .....                                     | 84  |
| Figura 58: Selección de las combinaciones a usar .....                          | 84  |
| Figura 59: Ingreso de los datos del material .....                              | 85  |
| Figura 60: Ingreso de líneas de construcción.....                               | 86  |
| Figura 61: Ingreso de las alturas de estructura .....                           | 86  |
| Figura 62: Ventana herramientas .....   | 87  |
| Figura 63: Definiendo las secciones.....  | 87  |
| Figura 64: Ingreso del espesor de la tabla .....                                | 88  |
| Figura 65: Vista en 3D de la estructura .....                                   | 89  |
| Figura 66: Cuadro para asignar el entablado .....                               | 89  |
| Figura 67: Vista en líneas de la estructura .....                               | 90  |
| Figura 68: Asignación de las cargas a la estructura .....                       | 90  |
| Figura 69: Creando las combinaciones de carga .....                             | 91  |
| Figura 70: Ingresando las cargas a la combinación creada .....                  | 91  |
| Figura 71: Asignación de los valores encontradas .....                          | 95  |
| Figura 72: Cuadro donde se ingresaran los valores .....                         | 95  |
| Figura 73: Ingreso de las cargas a los elementos .....                          | 96  |
| Figura 74: Cargas ingresadas .....  | 96  |
| Figura 75: Desplazamiento de la estructura.....                                 | 97  |
| Figura 76: Ingreso para ver las deformaciones de la estructura.....             | 97  |
| Figura 77: Cuadro de selección para las deformaciones .....                     | 98  |
| Figura 78: Desplazamientos sismo estatico en x .....                            | 99  |
| Figura 79: Desplazamientos sismo estatico en Y .....                            | 100 |
| Figura 80: Valores para el espectro sísmico .....                               | 101 |
| Figura 81: Cuadro para asignar las cargas sísmicas .....                        | 102 |
| Figura 82: Creación del sismo modal .....                                       | 102 |
| Figura 83: Selección para la dirección del sismo dinamico en x .....            | 103 |
| Figura 84: Porcentaje de la participación de masas según norma .....            | 103 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 85: Carga modal creada.....  | 104 |
| Figura 86: Creación del espectro sísmico .....                                  | 104 |
| Figura 87: Cuadro donde se ingresaran los valores para el espectro sísmico ...  | 105 |
| Figura 88: Ingreso de los valores .....   | 105 |
| Figura 89: Valores ingresados para el espectro sísmico .....                    | 106 |
| Figura 90: Selección de las direcciones del sismo .....                         | 106 |
| Figura 91: Valores de las masas .....   | 107 |
| Figura 92: Desplazamiento en los pisos en dirección x.....                      | 107 |
| Figura 93: Desplazamiento en los pisos en dirección y.....                      | 108 |
| Figura 94: Vista en planta de la viga eje A entre 1-2.....                      | 126 |
| Figura 95: Carga distribuida en la viga eje A entre 1-2 .....                   | 127 |
| Figura 96: Viga compuesta de 3 bambús .....                                     | 130 |
| Figura 97: Vista en planta de la viga analizada .....                           | 131 |
| Figura 98: Carga distribuida en la viga b entre 1-2.....                        | 133 |
| Figura 99: Viga compuesta de 6 bambú.....                                       | 136 |
| Figura 100: en planta de la viga analizada eje b entre 2-3.....                 | 136 |
| Figura 101: Carga distribuida en la viga eje b entre 2-3.....                   | 138 |
| Figura 102: Viga compuesta por 3 cañas de bambú .....                           | 141 |
| Figura 103: Vista en planta de la viga analizada eje 1 entre a-b.....           | 142 |
| Figura 104: Carga distribuida en la viga eje 1 entre a-b.....                   | 144 |
| Figura 105: viga de bambú compuesta de 4 cañas de bambú .....                   | 147 |
| Figura 106: Vista en planta de la viga analizada eje 1 entre a-b.....           | 147 |
| Figura 107: Carga distribuida en la viga eje 1 entre a-b.....                   | 149 |
| Figura 108: Vista de sección de viga compuesta de 2 bambús.....                 | 152 |
| Figura 109: Vista en planta de la viga analizada .....                          | 152 |
| Figura 110: Carga distribuida en la viga eje 3 entre a-b y b-c .....            | 154 |
| Figura 111: vista en planta segundo piso de la viga analizada eje A entre 1-2.. | 158 |
| Figura 112: Carga distribuida en la viga segundo piso eje A entre 1-2 .....     | 159 |
| Figura 113: vista en planta segundo piso de la viga analizada eje x.....        | 163 |
| Figura 114: Carga distribuida en la viga segundo piso eje A entre 1-2 .....     | 164 |
| Figura 115: Viga de bambú .....   | 167 |
| Figura 116: Columna analizada eje A-1 .....                                     | 173 |
| Figura 117: Momento en la columna A-1 .....                                     | 174 |
| Figura 118: Momento en la columna segundo piso A-1 .....                        | 175 |
| Figura 119: Vista en planta de a columna eje A-2.....                           | 181 |
| Figura 120: Momento en la columna A-2 .....                                     | 182 |
| Figura 121: Momento en la columna segundo piso A-2 .....                        | 183 |
| Figura 122: Viga compuesta por 2 bambús.....                                    | 184 |
| Figura 123: Vista en planta de la columna central eje B-1 .....                 | 189 |
| Figura 124: Momento en la columna central eje B-1 .....                         | 190 |
| Figura 125: Viga compuesta por 15 bambús.....                                   | 191 |
| Figura 126: Momento en la columna segundo piso eje B-1 .....                    | 191 |
| Figura 127: Viga compuesta por dos bambús .....                                 | 192 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 128: Vista en planta de columna central B-2.....      | 197 |
| Figura 129: Momento en la columna central B-2.....           | 198 |
| Figura 130: Viga compuesta por 25 bambús.....                | 199 |
| Figura 131: Momento en la columna segundo piso eje B-2 ..... | 199 |
| Figura 132: Viga compuesta por 2 bambús.....                 | 200 |

## INDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1: Información de zonas donde se encuentra el bambú en el Perú..... | 21 |
| Cuadro 2: Características del bambú .....                                  | 25 |
| Cuadro 3: Cuadro de operacionalización de variables .....                  | 39 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Dimensiones recomendables para los cimientos de una casa de Bambú.<br>..... | 30 |
| Tabla 2: Factores de forma C.....  | 51 |
| Tabla 3: Esfuerzos en la barras.....   | 57 |
| Tabla 4: Fuerzas de tracción y compresión de maderas del grupo C .....               | 57 |
| Tabla 5: Fuerzas de tracción y compresión calculados .....                           | 57 |
| Tabla 6: Deflexiones admisibles .....  | 66 |
| Tabla 7: Datos de esbeltez.....  | 75 |
| Tabla 8: Factores de zona Z.....   | 92 |
| Tabla 9: Categorías de la edificación y factor U .....                               | 93 |
| Tabla 10: Sistemas estructurales .....   | 93 |
| Tabla 11: Límites de desplazamientos .....   | 98 |

## INDICE DE FOTOS

|   |     |
|---|-----|
| Foto 1: Entrada al lugar de terreno donde se realizara el proyecto de investigación<br>.....                            | 203 |
| Foto 2: Fotos de Bambú cerca al terreno .....   | 203 |
| Foto 3: Lugar del terreno donde se realizará el proyecto de investigación, tiene un<br>área de 100 m <sup>2</sup> ..... | 204 |

## Resumen

### **Uso del bambú como material estructural caso vivienda ecológica en Tarapoto.**

Este trabajo dio a conocer las posibilidades del uso del bambú como un material estructural de mano con los diferentes reglamentos nacionales. Se hizo el dimensionamiento de cada elemento (Tijeral, vigas, columnas, muros y cimiento corrido).

Se planteó al bambú como una alternativa ecológica en la construcción de una vivienda debido a que su utilización no genera deforestación y a su corto periodo de crecimiento, es por eso que el objetivo general de este trabajo de investigación fue conocer el uso del bambú como material estructural en la construcción de una vivienda ecológica en Tarapoto.

La población que se escogió para este trabajo fueron 10 terrenos ubicados en el sector de estudio.

Los datos utilizados en este trabajo fueron obtenidos del reglamento nacional de edificaciones.

**Palabras Clave:** Bambú, material estructural y vivienda ecológica.

## Abstract

### **Use of bamboo as a structural material case ecological housing in Tarapoto.**

This work revealed the possibilities of the use of bamboo as a hand-held structural material with the different national regulations.

The sizing of each element was made (Tijeral, beams, columns, walls and running foundation).

Bamboo was proposed as an ecological alternative in the construction of a house because its use does not generate afforestation and its short period of growth is why the general objective of this research was to know the use of bamboo as structural material in the construction of an ecological home in Tarapoto.

The population chosen for this work was 10 sites located in the study sector. The data used in this work was obtained from the national building regulations.

**Keywords:** Bamboo, structural material and ecological housing.

## **I INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

En este mundo en el que se experimenta diversidades geográficas, climáticas y culturales, la necesidad de edificar viviendas se ha convertido en una actividad básica en la que es importante desarrollar estructuras que cumplan con las necesidades humanas con requerimientos técnicos que a su vez aseguren y proporcionen calidad de vida. Así mismo, existen zonas en las cuales las viviendas son construidas de manera artesanal lo que no significa que tengan cierta eficiencia. Sin embargo se observa que la mayoría de estas construcciones no proporcionan seguridad sísmica, diseños estructurales basadas en normas técnicas.

Por otro lado, es pertinente señalar que en zonas donde hay actividad sísmica es muy importante seleccionar el tipo de material que se va a utilizar siendo este de adecuadas características, según el autor Gernot Minke (Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra) “La selección de la materia prima de construcción depende de la disponibilidad, los conocimientos y prácticas locales relacionados a la construcción y la aprobación de la población”

En el caso del Perú existen zonas rurales en donde se construyen viviendas utilizando materiales de la zona tales como madera, piedra, adobe, bambú y esteraste teniendo en cuenta las condiciones económicas y socio culturales del habitante. Sin embargo estas viviendas de construcción artesanal no brindan la seguridad sísmica que es requerida según las normas técnicas nacionales, considerando que el Perú se encuentra ubicado en la zona sísmica denominada el cinturón de fuego del Océano pacífico, la cual lo hace una zona altamente sísmica, es por eso que se tiene la necesidad de construir viviendas que cumplan con los estándares exigidos por las normas técnicas de construcción.

En el caso de la ciudad de Tarapoto en el departamento de San Martín, se observa la construcción de viviendas usando como material el bambú. Al respecto, dicho material es de fácil acceso en esta área dado que crece de manera natural y se encuentra en su mayoría frente al lecho de los ríos, y además su bajo costo lo convierte en una alternativa viable. Sin embargo, los diseños empleados no están de acuerdo a las normas técnicas nacionales tal como la norma técnica E.100

“Bambú” incorporada al Reglamento Nacional de Edificaciones aprobada mediante Decreto Supremo N 011 – 2012 – Vivienda del 03.03.2012 el cual considera aspectos de seguridad, características técnicas, entre otros.

## **1.2 Trabajos previos**

Internacionales

Ding (2015) (EE. UU). Para obtener el grado de Master en Ciencias de Ingeniería Civil cuyo título fue: “Exploring the use of bamboo reinforced rubberized Concrete (Brrc) As a sustainable structural system”: The concrete mix is the dominant material that most uses in buildings, has advantages that include low cost, high availability, low maintenance and is very resistant to compression but concrete is weak to the traction forces so the The use of steel is used to reinforce concrete, the cost of steel rods is high, especially in developing countries. The increase in the sustainable construction of materials has led researchers to look for other alternatives to reinforcement with steel. Due to its very good tensile strength, the bamboo plant is a solution for use as a steel reinforcement. La mezcla de concreto es el material dominante que mas se utiliza en las edificaciones. Tiene ventajas que incluye su costo bajo, disponibilidad alta, mantenimiento bajo y es muy resistente a la compresión pero el concreto es débil a fuerzas de tracción por lo cual el uso del acero, se usa para reforzar el concreto. El costo de las varillas de acero son altos, en especial en los países en vías de desarrollo. El creciente aumento en la construcción sostenible de materiales ha llevado a los investigadores a buscar otras alternativas al refuerzo con acero. Debido a su muy buena resistencia a la tracción, la planta de bambú es una solución para usarla como refuerzo de acero.

El autor aclara que el material predominante es el acero con concreto pero debido a costos de las varillas de acero, su poca adquisición en países en desarrollo, hacen que sean viviendas inseguras en terremotos, es por eso que el autor hace énfasis en las investigaciones hechos de bambú y la buena resistencia a la tracción y el bajo costo de este material.

Adnan - Venezuela (2011). Para obtener el título de Ingeniero civil en la Universidad Rafael Urdaneta cuyo título fue: “Las técnicas de edificación tradicionales son uno de los de mayor consumo de recursos naturales no renovables, y es que los

recursos usualmente usados necesitan de mayores explotaciones y métodos industriales para su uso final en la construcción causando un gran impacto ambiental.

Esto añadido a los recientes cambios climáticos que han dejado sin vivienda a un gran número de familias hace necesario el desarrollo de opciones que respeten el medio natural. Es aquí donde aparece el bambú, una planta que, por sus cualidades, abundancia y costo bajo representa una gran opción a la hora de construir para la medida de estos problemas, permitiendo así atacar con mayor rapidez la falta de casas que hayen el país (Venezuela). El bambú tiene una infinidad de propiedades ecológicas como su rápido crecimiento, aislamiento acústico y térmico, entre otras. Sumado a eso, cuenta con muy buenas características estructurales y puede soportar grandes cargas a pesar de su poco peso. Cuando se aplica al diseño de una vivienda se obtienen elementos estructurales sencillos, livianos y por tanto se reducen las cargas y costos.

El autor hace mención que los recursos generalmente usados dependen de técnicas industriales que al final dan un producto caro que no es accesible para todos, es por eso que el autor plantea la utilización de bambú como una alternativa ecológica y de bajo costo para la construcción de viviendas.

Mesen - Costa Rica (2008) para obtener el título de ingeniero civil en el Instituto tecnológico de Costa Rica cuyo título fue: "Esta tesis intenta dar a conocer el comportamiento de una edificación con elementos estructurales de bambú, en circunstancias de ductilidad. *Se prestó principal atención a uno de las secciones más críticos en la edificación con bambú, las cuales son las uniones de los elementos estructurales*".

El autor mediante su tesis da a conocer la bondad estructural de la caña de bambú mediante el análisis estructural, explica las diferentes uniones a seguir en el proceso de construcción de las mismas y representa al bambú como sistema poco tradicional y a explotar.

García - Valencia (2014/2015) para obtener el título en ingeniería civil en la universidad de Valencia cuyo título fue: Este trabajo trata de exponer y dar a conocer las posibilidades del bambú como material de construcción. Su uso como

material de construcción es una ventaja medio ambiental ya que estamos sustituyendo acero y hormigón (materiales con un elevado costo energético) por un material renovable y sostenible, ayudando así a mitigar el cambio climático.

El presente trabajo final de grado tiene como objetivo principal establecer la aptitud estructural del material bambú dentro de tipologías constructivas que actualmente se desarrollan en madera estructural.

Se describen los aspectos generales de la construcción en bambú, así como implicaciones medio ambientales. Se exponen las tipologías estructurales principales a nivel mundial y asimismo, se analizan las intervenciones realizadas a nivel nacional evaluando con especial atención su creciente interés y potencial futuro de utilización.

### **Nacionales**

Gutierrez (2010) para obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería cuyo título fue: *Uniones estructurales con Bambú (Guadua Angustifolia)*. En este trabajo pretende establecer de forma práctica, con estudios realizados, los tipos de uniones realizadas con bambú.

El autor señala que una de las principales dificultades al momento de realizar la construcción con bambú, son las uniones estructurales ya que estas deben ser realizadas y analizadas para asegurar su resistencia frente a cualquier evento de la naturaleza como pueden ser los movimientos sísmicos que es uno de los problemas principales a solucionar a la hora de hacer un diseño estructural.

Pardave (1996) para obtener el grado de ingeniero civil en la Universidad Nacional de Ingeniería cuyo título fue: Elementos Estructurales de Bambú (Guadua Angustifolia): Tijerales y viga: “Se han realizado trabajos de investigación previos para establecer las propiedades mecánicas de la Guadua por investigadores nacionales siguiendo metodologías diferentes para conseguir resultados los mismos que necesitan ser homologados para ser utilizados en los procesos de construcción. Se estudió el comportamiento de dos tijerales y dos vigas construidas con Guadua Angustifolia (que fueron construidos en el Laboratorio de ensayos de materiales), cuya procedencia fue de tres bosques diferentes; además se determinaron resultados de cada ensayo que permitieron compararlos y relacionarlos para poder recomendar valores de resistencia y deformaciones que se puedan utilizar en el

diseño. Luego de los ensayos se determinó que los esfuerzos para los cuales fueron diseñados los elementos del tijeral no fueron sobre pasados durante el proceso de carga debido a que las fallas que se presentaron fueron por corte o fallas depernos en los nudos, quedando algunos elementos del tijeral casi intactos. Además se comprobó que el módulo de rotura de las viguetas es mayor que el de las vigas debido a la presencia de conectores en estas últimas, que fueron necesarios para unir las cañas de la sección compuesta. Con estos y otros resultados del trabajo de investigación se espera aportar a la formalización de la nueva norma peruana de bambú”.

El autor hace referencia sobre la situación del bambú en el año (1996) aún no se tenía normalizado el bambú como material de construcción, hace referencia que las pruebas hechas en laboratorios con la guadua fueron fallas por los pernos y por corte, el investigador busca con esta tesis contribuir con datos adquiridos mediante pruebas de laboratorio en este trabajo para futuras investigaciones.

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1 Bambú Guadua:

Según candelaria define:

Clase de bambú que procede del noroeste de Sudamérica, especialmente de Colombia y Ecuador e incluso de Centro América. Se sitúa esencialmente en zonas fértiles ubicadas hasta los 1700 metros sobre el nivel del mar y en lugares húmedos de los bosques y en las zonas cálidas. (2002 p.6).

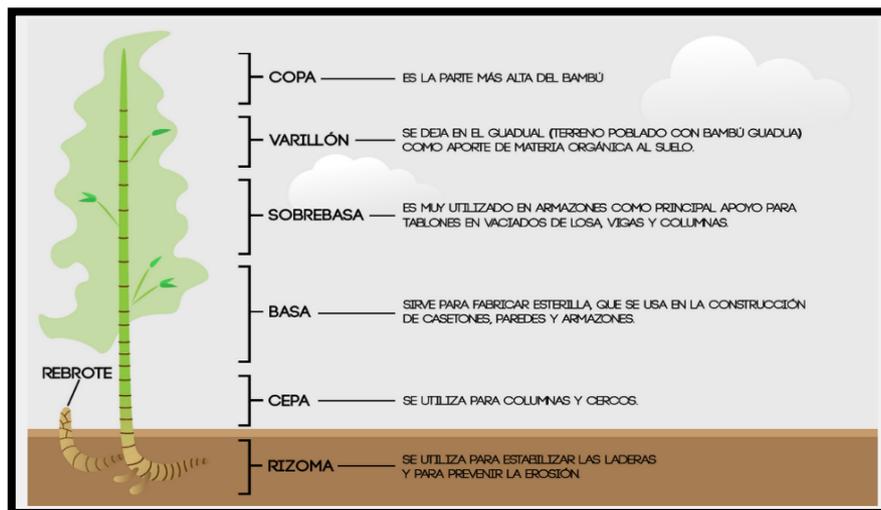


Figura 1: Tronco de bambú con sus partes nombradas

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2012, p.15).

El Bambú es una planta con características especiales como su rápido crecimiento y madurez (4 a 6 años) la hacen un material idóneo para la construcción de edificaciones, y también es usado por su rápida trabajabilidad.

### 1.3.2 Bambú según norma técnica E.100

#### a) Caña de Bambú

Brote de la planta de bambú que por lo general es vacío y nudoso y está conformado por las siguientes partes según el ministerios de vivienda que define:

- **Nudo:** Parte o estructura del tallo que lo divide en secciones por medio de diafragmas.
- **Entrenudo:** Parte de la caña comprendida entre dos nudos.
- **Diafragma:** Membrana rígida que forma parte del nudo y divide el interior de la caña en secciones.
- **Pared:** Parte externa del tallo formada por tejido leñoso. (2012 p. 7).

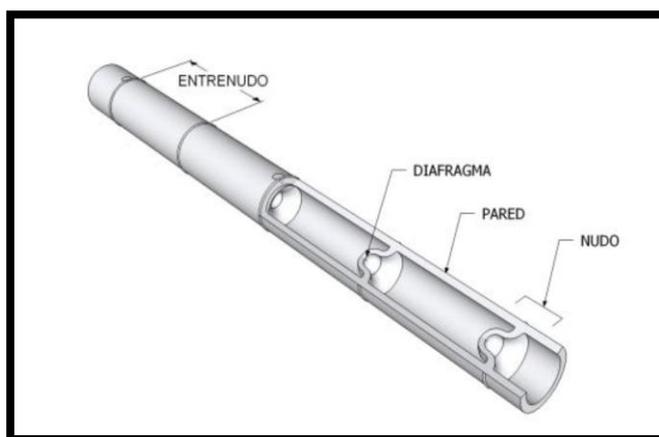


Figura 2: Partes del Bambú

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2012, p.17).

### 1.3.3 Zonas de bambú

En el Perú se utiliza el bambú para la construcción no sólo de viviendas, también es utilizado como cerco perimétrico, muebles ente otros, a continuación, se presenta las zonas donde crece y se desarrolla el bambú.

Cuadro 1: Información de zonas donde se encuentra el bambú en el Perú

| <b>Zonas Evaluadas</b> |                         | <b>Departamentos</b>                 |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| I                      | Sector Norte - Oeste    | Piura y Tumbes                       |
| II                     | Sector Norte - Oriental | San Martín, Cajamarca y Amazonas     |
| III                    | Sector Norte            | La Libertad y Lambayeque             |
| IV                     | Sector Centro           | Lima y Ancash                        |
| V                      | Sector Centro Oriental  | Junín, Pasco y Huánuco               |
| VI                     | Sector Oriental         | Ucayali y Loreto                     |
| VII                    | Sector Sur              | Ayacucho, Huancavelica e Ica         |
| VIII                   | Sector Sur - Oriente    | Puno, Apurímac, Madre de Dios y Cuzo |
| IX                     | Sector Sur - Oeste      | Tacna, Arequipa y Moquegua           |

Fuente: (Takahashi, 2004 p. 10)

#### **1.3.4 El Bambú como material de construcción**

Según Rodríguez define:

La planta de bambú es uno de los recursos que más se utiliza desde la antigüedad por el ser humano para aumentar su bienestar y comodidad en gran parte del mundo se utilizan todos los días el bambú por que se presenta como una gran opción frente a materiales con más costo y en un futuro su uso será de forma masiva, como reemplazo de la madera por ser un material renovable de rápido crecimiento. (2006 p. 64).

El autor señala que el bambú es una excelente alternativa de construcción frente a los sistemas convencionales de construcción (Hormigón) debido a su accesibilidad por el bajo costo además señala que es un material fácilmente renovable.

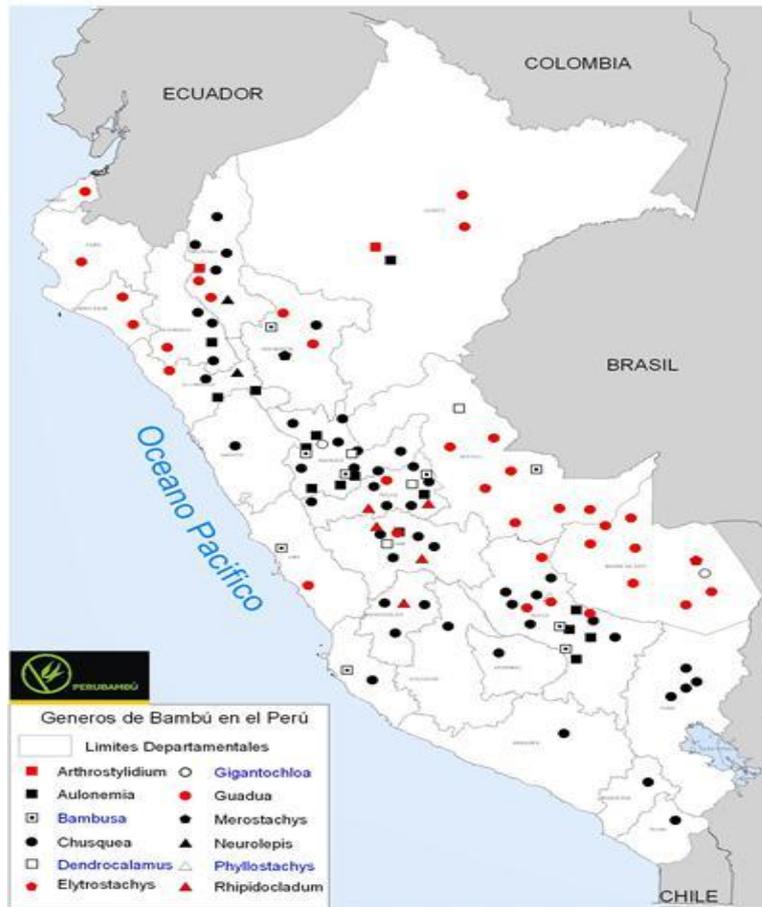


Figura 3: Mapa del Perú con la ubicación de los Bambús

Fuente: (Takahashi, 2004, p.6).

### 1.3.5 Proceso Productivo

Según Diaz define:

Hay 2 procedimientos para la reproducción de los bambúes, la reproducción sexual o también llamada por semilla y la reproducción asexual que es cortar el bambú y llevarlo a sembrar a otro lado y el tiempo entre la plantación y la explotación inicial es usualmente de cuatro (04) años, los insumos son pocos (fertilizante dos veces al año y mucha agua al principio de su crecimiento). Igualmente, las plagas son extrañas en el bambú. (2010, p.8).

Los lugares donde se desarrolla el bambú en el Perú es diverso la cual indica, que el bambú es una planta con desarrollo corto y adaptación a zonas calientes, favoreciendo aún más la utilización de esta planta en la construcción de viviendas ecológicas y de bajo costo.

### **1.3.5.1 Durabilidad:**

Según Diaz (2010, p.8) define: “La buena condición del bambú es el producto de periodo de corte de las cañas (cosecha), secado del bambú, y de protección del bambú”.

El bambú es un material perdurable frente a las termitas lo que le hace un excelente material de construcción.

### **1.3.5.2 Tiempo de Cosecha:**

Según Diaz (2010, p.8) define: “El bambú para su uso en la construcción deberá cosecharse entre los 4 y 6 años de edad que es donde alcanza su madures”.

### **1.3.5.3 Curado del Bambú:**

Según Diaz (2010, p.8) define: “La planta de bambú que se ha cortado tiene que ser asegurado de la humedad del suelo, tiene que colocarse arriba de una piedra, un bloque de cemento, el bambú debe estar así por unas 5 o 8 semanas”.

Otro método para tratar el bambú es meterlas al agua por unas 4 semanas. Los pasos a seguir para garantizar la durabilidad del bambú son muy importantes ya que estos permitirán garantizar al bambú para su uso en obra y como material estructural.

### **1.3.5.5 Resistencia**

El bambú debido a su gran flexibilidad y su resistencia a la flexión le hacen un material idóneo frente a sismos.

### **1.3.5.6 Características del Bambú**

| <b>()Aspecto</b>       | <b>Descripción</b>                                   |
|------------------------|--|
| Propiedades Especiales | Ligeros, flexibles; gran variedad de construcciones. |
| <b>Aspecto</b>         | <b>Descripción</b>                                   |
| Aspectos Económicos    | Bajo costo.  |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Capacitación Requerida     | Mano de obra tradicional para construcciones de bambú. |
| Equipamiento Requerido     | Herramientas para cortar y partir el bambú.            |
| Resistencia Sísmica        | Buena  |
| Resistencia a huracanes    | Baja.  |
| Resistencia a la lluvia    | Baja.  |
| Resistencia a los insectos | Baja.  |
| Idoneidad climática        | Clima cálido y húmedo                                  |
| Grado de Experiencia       | Tradicional  |

Cuadro 2: Características del bambú

Fuente: Construcción en bambú (Sencico)

Los bambús han probado ser útiles herramientas en la construcción por sus siguientes características:

- a. Por sus propiedades mecánicas, principalmente flexibilidad y resistencia en flexión, es muy utilizado en la elaboración de muebles, instrumentos musicales, herramientas, utensilios para pesca y recolección de frutas.
- b. Por su resistencia y el diámetro de los culmos o cañas se emplea en la construcción de viviendas y de embarcaciones.

### 1.3.6 Zonas Sísmicas

#### a) Efectos estructurales del sismo

“La dimensión del seísmo constantemente esta regida en la escala de Richter, es la medida de la energía que se libera en la zona donde se produce el seísmo” (Minke, 2005 p. 6).

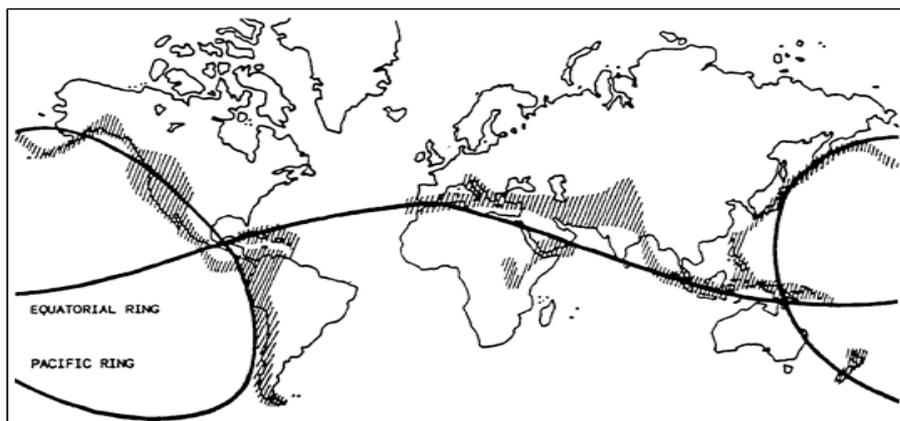


Figura 4: Grafico de zonas sísmicas en el Mundo

Fuente: (Minke, 2005 p.6).

El Perú está considerado como un país sísmico, se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica que se le conoce como cinturón del fuego del Pacífico y se ha visto en la necesidad de buscar nuevos materiales de bajo costo que favorezcan a la construcción de viviendas seguras.

En el Perú es necesario construir antisísmicamente, pero los costos de construir con concreto armado son elevados, debido a esto, la planta de bambú es un gran recurso accesible de costo bajo, que además garantiza seguridad y resistencia a eventos sísmicos.

La ubicación del lugar que se escogió para realizar este proyecto de investigación es el departamento de San Martín en la ciudad de Tarapoto

### **1.3.7 Uso del Bambú en la construcción:**

Según Sencico define:

Partes del bambú con rajaduras encima o similar al 20 % del largo del tronco no serán aceptadas para uso estructural, las partes del bambú estructural no deben mostrar aberturas ocasionadas por ataque de insectos xilófagos, no se aceptan bambús que presenten algún grado de pudrición. (2012,p10).

La norma peruana E-100 bambú es clara en informar y advertir sobre los estados en el que debe estar el bambú para su uso y vida útil.

### **1.3.8 Características técnicas para el Bambú estructural**

“Los elementos estructurales de bambú deberán diseñarse teniendo en cuenta criterios de resistencia (Tensión), rigidez y estabilidad” (Sencico, 2012, p.7).

La norma peruana señala que los elementos de bambú a utilizarse tienen que cumplir las características requeridas para su uso en obra, garantizando que cumpla con los criterios de rigidez, resistencia y estabilidad.

#### **1.3.8.1 Cargas**

“Las estructuras elaboradas con bambú deberán resistir todas las cargas actuantes de:

- A. Cargas muertas y peso propio
- B. Cargas vivas o Cargas de servicio
- C. Cargas de viento y sismos” (Ministerio de Vivienda, 2012, p.25).

La construcción con bambú garantizará la resistencia de estos materiales a las cargas mencionadas asegurando la vida útil de la misma.

#### **1.3.8.2 Columnas:**

Según el ministerio de vivienda define:

Las columnas deben ser de bambú o de la unión de dos o más plantas de bambú, situadas de forma erguida con las bases colocadas hacia abajo, las columnas formadas con más de una planta de bambú, deben ser unidos con pernos o zunchos. (2012, p.7).

#### **1.3.8.3 Vigas y Entrepisos (Elementos Constructivos Horizontales)**

##### **Vigas**

“Las vigas tienen que estar conformadas de una o de la unión de más de dos plantas de bambú. Las vigas compuestas de más de una planta de bambú, debe unirse con pernos o zunchos” (Ministerio de Vivienda, 2012, p.24).

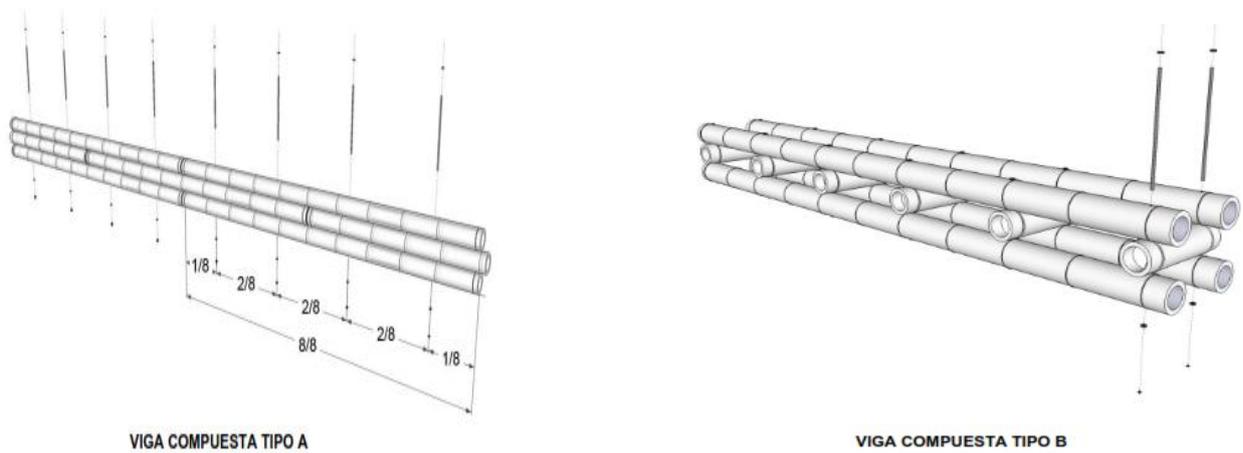


Figura 5: Vigas compuestas de bambú  
 Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2012, p. 9).

**1.3.8.4 Entrepisos**

“No se admiten entrepisos de losa de concreto para construcción con bambú de acuerdo a la presente norma”(Ministerio de Vivienda, 2012, p.24).

La norma permite construir hasta dos pisos con bambú, por lo cual puede haber la necesidad de construir un entrepiso.

Para no sobrecargar la estructura portante de bambú, el entrepiso tiene que ser de un material liviano, puede ser de madera o bambú.

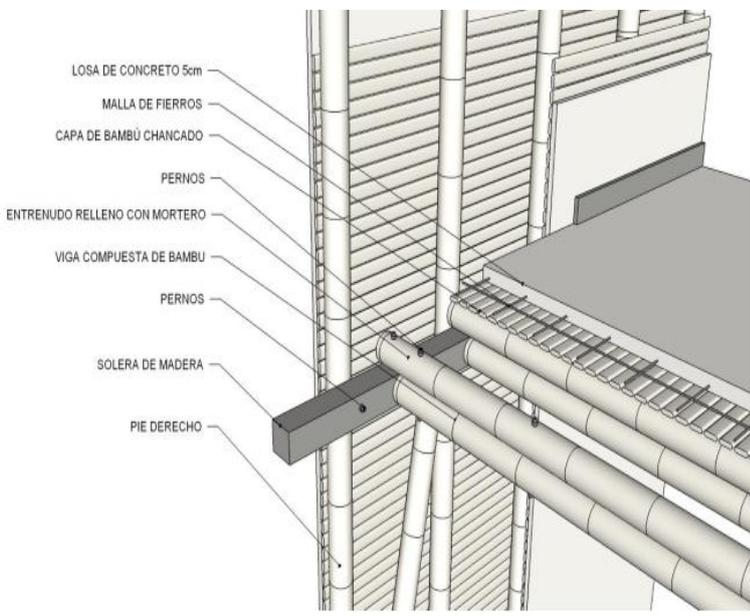


Figura 6: Entrepiso hecho con Bambú  
 Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2012, p.26).

### 1.3.8.5 Muros Portantes

Según Minke define:

Los muros portantes (quincha), está elaborado con componentes verticales y horizontales creando una malla doble que crea un espacio interior que después es rellenado con barro, los componentes verticales generalmente están combinados por troncos de árboles, los horizontales de caña de bambú y caña brava, este sistema tiene ventaja de ser dúctil (flexible) lo que le hace resistente a los impactos de sismo. (2005 p. 28).



Figura 7: Pared hecha con Bambú en su interior y revestida con Barro

Fuente: (Diaz, 2012).

Debido a su flexibilidad y gran soporte a la flexión el bambú es una buena opción al momento de construir una vivienda resistente a los sismos.

### 1.3.8.6 Cimientos

“Las ventajas de utilizar la planta de bambú para la construcción de viviendas es el costo bajo de la cimentación, que se debe al poco peso de la estructura” (Candelaria, 2002, p.5).

### 1.3.8.7 Altura y ancho del cimiento

Es importante que el piso de bambú esté por arriba del nivel del terreno natural, para así evitar que el agua de lluvia entre en la edificación y haga contacto con el

bambú para prevenir la pudrición, el cimiento debe construirse a 20 centímetros sobre el suelo.

Tabla 1: Dimensiones recomendables para los cimientos de una casa de Bambú.

| TIPO DE SUELO | ANCHO (cm.) |        |
|---------------|-------------|--------|
|               | CIMIENTO    | ZAPATA |
| Blando        | 60          | 90     |
| Medio         | 50          | 60     |
| Duro          | 40          | 40     |

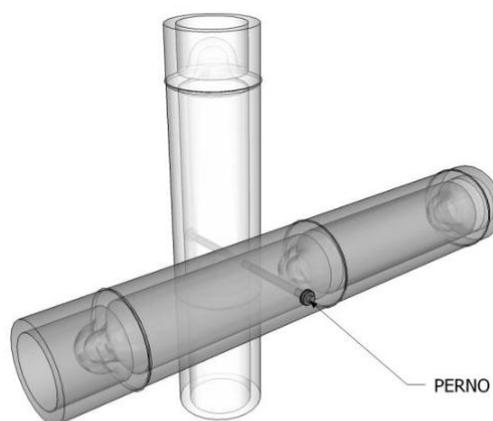
Fuente: (Candelaria, 2002, p. 30).

### 1.3.8.8 Uniones

“La finalidad de una unión es proveer continuidad entre los elementos estructurales, es decir, que los esfuerzos se puedan transferir de una manera fiable y eficaz, y que las deformaciones se reduzcan hasta el mínimo” (Candelaria, 2002, p.16).

### 1.3.8.9 Empernadas

“Se taladran con taladros de alta velocidad en los canutos previos llenados de cemento” (Ministerio de Vivienda, 2012, p.27).

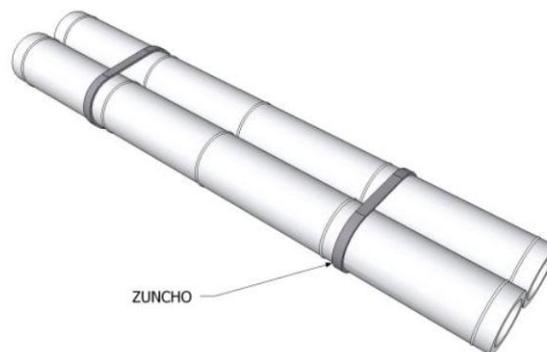


UNIÓN CON PERNOS

Figura 8: unión de bambú usando pernos

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2012, p.22)

**1.3.8.10 Zunchadas:** “Se utiliza para conexiones estructurales sometidas a tracción” (Ministerio de Vivienda, 2012, p. 22).



UNION ZUNCHADA

Figura 9: Unión de bambú usando Zunchos

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2012, p.22).

### 1.3.8.11 Mantenimiento

Para el mantenimiento la norma técnica E.100 Bambú señala lo siguiente:

- Toda construcción de bambú, tiene que estar sujeta a observaciones y mantenimiento en toda su vida útil.
- El mantenimiento de la estructura de bambú, se tiene que hacer con materiales como: lacas, ceras y barnices.
- Las partes del bambú que están a la intemperie se tiene que realizar el mantenimiento cada 6 meses.
- Para las partes estructurales del bambú que están dentro de la vivienda, se debe hacer el mantenimiento mínimo cada 2 años.
- Se deberá volver a ajustar los elementos que por contracción de la planta de bambú que por cualquier razón se han desajustado.
- Si se hallan deformaciones o roturas o elementos podridos por ataques de insectos como las termitas en las piezas estructurales, estas tiene que ser cambiadas.
- Revisar la unión frecuentemente, y reemplazarla en caso de que se afloje. (2012, p.32).

### 1.3.8.12 Ventajas del Bambú como material de construcción

## **Valor Ecológico**

Según alvarez define:

Son plantas que crecen generalmente en selvas de clima cálido, en bosques húmedos del continente Asiático, así como en los bosques tropicales lluviosos, en la sombra de los bosques cálidos, algunas veces en la sombra de la vegetación baja. Usualmente dependen de la humedad, la sombra y una temperatura cálida. (2012, p.30).

“Es un material con rápido crecimiento de 4 a 6 años, llegado eso se obtienen cosechas, a diferencia de otras especies de maderas en las que son necesarios tiempos largos de espera para su aprovechamiento” (Candelaria, 2002, p.20).

La planta de bambú tiene un alto valor ecológico, crece en un tiempo relativamente corto a comparación con otras plantas y su rápida madures y su alta resistencia la hacen un material con características especiales frente a sismos.

## **Vivienda Ecológica**

Es una edificación que respeta el entorno natural, hecho con materiales naturales como las maderas, cañabrava o el bambú asegurando el confort de las personas que habitan dentro de ella.

Una vivienda ecológica es el conjunto de materiales propios de la región donde se edificara la construcción de tal manera que los costos de construcción y mano de obra son bajos y no necesita de mano de obra especializada.

### **1.4 Formulación del problema**

#### **1.4.1 Problema general**

¿De qué manera influye uso del bambú como material estructural en una vivienda ecológica Tarapoto– 2017?

#### **1.4.2 Problemas específicos**

- ¿De qué manera influye el diseño estructural de bambú en una vivienda ecológica en Tarapoto – 2017?
- ¿De qué manera influye el suelo para asegurar la estabilidad en una vivienda ecológica en Tarapoto – 2017?
- ¿De qué manera influye el bambú en el método analítico en una vivienda ecológica en Tarapoto – 2017?

## **1.5 Justificación del estudio**

### **1.5.1 Justificación Técnica**

El presente proyecto se establece dentro de las normas del reglamento nacional de edificaciones.

Es necesario indicar que la utilización de bambú como material estructural para la construcción de viviendas, debido a su rápido crecimiento y a su buena calidad cumplen con las normas de diseño según reglamento.

### **1.5.2 Justificación Económica**

Es un material de fácil y rápido acceso y de costo bajo que se encuentra al alcance de todos los pobladores. Es necesario señalar que el bajo precio no significa que altera su calidad y durabilidad, la relación calidad y costo es relativa. No es necesario herramientas y equipos especializados para poder trabajarla como material en la construcción de viviendas.

Sus ventajas relacionadas con su cultivo se basan en que puede ser plantado en lugares de terreno irregular y proporciona estabilidad al suelo debido a sus raíces.

### **1.5.3 Justificación ambiental**

EL Bambú (*Guadua Anfustifolia*) crece en todo el país, es una planta de rápido crecimiento que puede ser reutilizada varias veces sin alterar el ecosistema.

Su uso puede reemplazar perfectamente a la madera evitando deforestaciones de árboles que tardan años en crecer, como es el caso de la caoba que tarda de 20 a 25 años en crecer.

## **1.6 Hipótesis**

El uso del bambú como material estructural soportara cargas de viento y sismo en una vivienda ecológica en la región San Martín.

### **1.6.1 Hipótesis Específicas**

- El uso del diseño estructural del bambú resistirá las inclemencias climáticas en una vivienda ecológica Tarapoto - 2017
- El uso del bambú en el suelo asegurara la estabilidad en una vivienda ecológica Tarapoto – 2017
- El uso del método analítico del bambú será antisísmico en una vivienda ecológica en Tarapoto - 2017

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

Conocer el uso del bambú como material estructural en la construcción de una vivienda ecológica en Tarapoto - 2017

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Conocer y difundir el diseño estructural del bambú en una vivienda ecológica Tarapoto– 2017.
- Conocer y analizar tipo de suelo para asegurar la estabilidad en una vivienda ecológica Tarapoto– 2017.
- Conocer el método analítico del bambú para una vivienda ecológica Tarapoto– 2017.

## II MÉTODO

## **2.1 Diseño de investigación**

Según (Bernal, 2010, p.66) define: “El método científico se concibe como el conjunto de supuestos, pautas y medidas para el estudio y solución de los problemas de investigación, institucionalizados por la llamada comunidad científica reconocida”.

En el presente proyecto de tesis, el diseño de investigación para uso de bambú como material estructural caso vivienda ecológica Tarapoto – 2017 será de la siguiente manera:

### **2.1.1 Diseño no experimental:**

(Hernandez, 2006, p.50) Define: “No se manipula deliberadamente la variable, es decir se trata de investigación que estudia los fenómenos tal y como se dan en la naturaleza”.

En el presente proyecto de tesis se aplicara el análisis estructural en el bambú frente a eventos sísmicos.

### **De acuerdo al fin que persigue**

#### **2.1.2 Aplicada:**

Según Nel define:

La investigación será aplicada por que busca comprobar la teoría con la realidad. Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancia y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no a al desarrollo de teorías. (2010, p.40).

El presente proyecto de tesis usará los conocimientos existentes sobre el uso del bambú como material estructural para dar solución al problema planteado.

#### **2.1.3 Por su carácter**

##### **Correlacional:**

##### **Según Hernandez define:**

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (2010, p.30).

Para este trabajo de investigación será correlacional ya que se buscará la relación entre las dos variables

#### **2.1.4 Por su enfoque:**

##### **Cuantitativo**

Según Bernal define:

Método cuantitativo o método tradicional se fundamenta en la medición de las características de los fenómenos sociales, lo cual supone derivar de un marco conceptual pertinente al problema analizado, una serie de postulados que expresen relaciones entre las variables estudiadas de forma deductiva, este método tiende a generalizar y normalizar resultados. (2010, p.66)

## **2.2 Variables, operacionalización**

### **2.2.1 Variable independiente (VI):**

#### a) Bambú

Es la materia prima a utilizar como una alternativa ecológica y de menor costo para la construcción de una vivienda.

#### b) Dimensiones de la variable independiente

##### - Dureza

Es el impedimento que exhibe un material a ser penetrado por otro cuerpo sólido.

##### - Tracción

Es el esfuerzo que está sujeta a un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que están en sentido opuesto y tienden a alargar el material

##### - Flexión

Cuando un material tienda a doblarse debido a fuerzas externas, en el caso del bambú serían los efectos del sismo.

### **2.2.2 Variable dependiente (VD):**

#### **a) Material estructural:**

Es la utilización del bambú como material estructural y debido a su buena resistencia y duración hacen de este recurso una alternativa a los elementos de hormigón.

#### **b) Dimensiones de la variable dependiente**

##### **- Resistencia**

Es la resistencia máxima de la caña de bambú frente a esfuerzos de flexión, compresión y corte

##### **-Durabilidad**

La durabilidad estará estrechamente relacionada con la resistencia del material.

##### **- Material Antisísmico**

Los beneficios antisísmicos del bambú lo hacen un excelente material de construcción debido a que puede soportar flexión en fenómenos sísmicos.

| Variable             | Definición Conceptual   | Definición operacional  | Dimensiones          | Indicadores                | Escala medición |
|----------------------|---|---|----------------------|----------------------------|-----------------|
| Bambú                | <p>“En el Perú se usó desde los tiempos pre-colombinos, los bambúes (La Guadua angustifolia) el material ideal para la construcción. La Guadua angustifolia es nativa de los países andino amazónicos y en el Perú sobre sale entre otras especies de su género por las propiedades estructurales de sus tallos, tales como la relación peso, siendo incluso comparado con el acero”.<br/>Universidad Ricardo Palma, Ing. Rimara.</p> | <p>El bambú debido a su flexibilidad lo hace un material antisísmico, permite aislar del frío, calor y ruido por las cámaras de aire que forman los troncos de bambú.</p>   | Dureza               | Dureza Brinell             | Nominal         |
|                      |   |   | Tracción             | Norma técnica E. 100 bambú |                 |
|                      |   |   | Flexión              |                            |                 |
| Material Estructural | <p>“El estudio de una estructura consiste en evaluar la funcionalidad, factibilidad y seguridad. Estos aspectos toman en cuenta entre otras cosas, la forma, detalle, durabilidad, resistencia, costo, disponibilidad y capacidad de la estructura”<br/>Facultad de Arquitectura y Diseño febrero 2016 Sistemas Estructurales.</p>  | <p>Es todo material que cumple con las especificaciones técnicas según el reglamento nacional de edificaciones Norma E-100 Bambú, para ser utilizada como material estructural en una vivienda (1 planta y 2 plantas)<br/>Además se usará el software (Robot) para aplicar el método estructural.</p> | Resistencia          | Norma técnica E. 100 bambú | Nominal         |
|                      |   |   | Durabilidad          |                            |                 |
|                      |   |   | Material Antisísmico |                            |                 |

**2.2.3 Cuadro 3: Cuadro de operacionalización de variables**

## 2.3 - Población y Muestra

La población considerada en este estudio comprende los terrenos ubicados en la ciudad de Tarapoto en el distrito de la Banda de Shilcayo en el caserío de las Palmas los cuales están conformados por (10 terrenos) de un área aproximada por terreno de 100 m<sup>2</sup> para la construcción de una vivienda ecológica usando el bambú como material estructural.

### 2.3.1 Muestra

La muestra viene a ser un terreno de 100 m<sup>2</sup> para la construcción de una vivienda usando el bambú como material estructural Tarapoto – 2017.

### 2.3.2 Muestreo

Para este caso se ha utilizado el muestreo no probabilístico intencional teniendo en cuenta el acceso al terreno para fines del estudio.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### Técnicas

- **Recolección de datos:** (Bernal, 2010, p.68) define: La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información.
- **Observación:** (Fidias, 2006, p.45) define: La observación consiste en saber seleccionar aquello que queremos analizar.

### 2.4.1 Instrumentos

| Característica               | Instrumentos  |
|------------------------------|---|
| Tamaño óptimo de las Áreas   | Reglamento Nacional de Edificaciones Arquitectura   |
| Dimensionamiento estructural | Norma técnica E.100   |
| Análisis estructural         | Robot structural Analysis Profesional<br>Norma técnica E. 100 bambú, norma E.20<br>norma E.30 |

Tabla 3: Normas Peruanas

Fuente: (Sencico, 2012)

## **Robot structural Analysis Profesional**

“Una única y completa solución destinada al cálculo de estructuras que interconecta el análisis sencillo y avanzado con el diseño para cualquier material, todo ello bajo una intuitiva interfaz”. 2acad.ces

El procedimiento para los datos que se colocaran en el programa Robot structuralanalysis serán los siguientes:

1. Se empezará modelando la estructura en este caso será de dos niveles ( Por reglamento nacional de edificaciones E.100 para construcciones con bambú solo permiten hasta 2 pisos)
2. Se procederá a definir los materiales en este caso es el bambú.
3. Definiremos las secciones vigas y columnas ( Define – Framesections)
4. Se definirá la losa (Define – Wall)
5. Se dibujaran y asignaran los muros ( Elementos de superficie)
6. Se dibujaran y asignaran las vigas y columnas (Elementos de línea)
7. Se dibujaran y asignaran las losas (Elementos de superficie)
8. Se asignaran apoyos en las bases
9. Se definirán los tipos de cargas (Viva, muerta, servicio y sísmica)
10. Se definirá las masas a considerar en el análisis sísmico
11. Se procederá a ejecutar el análisis.

### **2.4.1 Validación y Confiabilidad del Documento**

Según (Bernal, 2010, p.69) define: “Una herramienta de medición es aceptado cuando mide aquello para lo cual esta propuesto”.

(Hernandez Sampieri, 2006, p.62) define: “Un instrumento mide realmente la variable que pretende medir”.

Para la validez de este documento se utilizará el criterio de 3 juicios de expertos.

### **2.4.2 Confiabilidad**

(Fidias, 2006, p.50) define: “Confiabilidad se refiere a la exactitud de la medición”

Para la confiabilidad de los datos se usará el programa robot y como la confiabilidad se refiere a la exactitud de la medición se diseñara con el programa, con las normas del reglamento nacional de edificaciones, E .30, E.100, E.10 y E.20.

## **2.5 Método de análisis de datos**

Se utilizará programas como Microsoft Excel y Robot structural analysis donde se analizarán los datos obtenidos mediante el modelamiento de la estructura y su simulación frente a movimientos sísmicos.

## **2.6 Aspectos éticos**

Este trabajo se realiza con mucha honestidad sin fines de lucro, respetando en todo momento las normas establecidas en la universidad y citando a los autores de los textos utilizados.

### **III RESULTADOS**

- **Diseño Arquitectónico**

La vivienda está ubicada en el departamento de San Martín, provincia de San Martín en el distrito de Tarapoto, tiene un área de 52.80 m<sup>2</sup>, el primer piso consta de una cocina, sala comedor y un cuarto de estudios

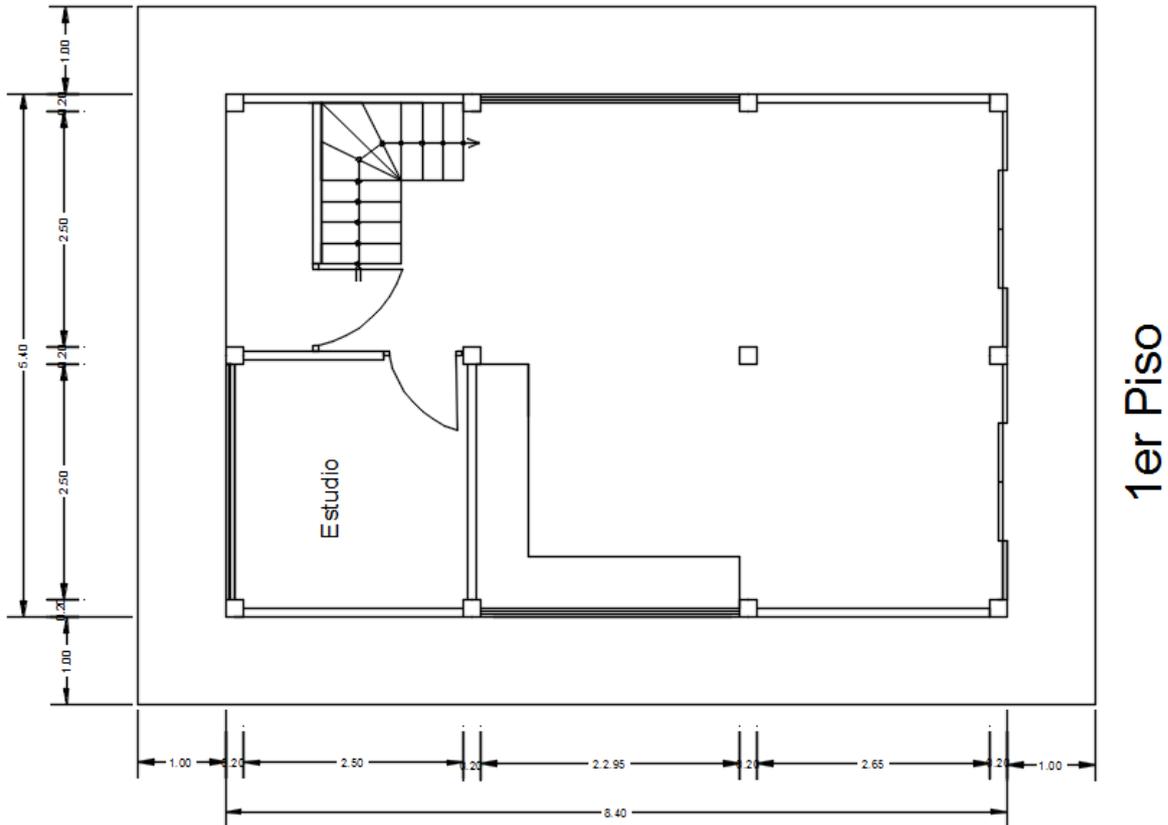


Figura 10: Plano en planta Primer piso

Fuente : Propia

El segundo piso consta de 3 dormitorios, no limita con ninguna vivienda hacia los costados, la estructura consta de bambú (vigas, columnas, muros), el entrepiso y techo consta de madera.

La capacidad portante del suelo es de 0.92 kg/cm<sup>2</sup>, para realizar el diseño y análisis de la vivienda se empleó el Reglamento nacional de edificaciones, E.20 para cargas, E.30 para diseño sísmorresistente, E.10 Madera y la E.100 Bambú.

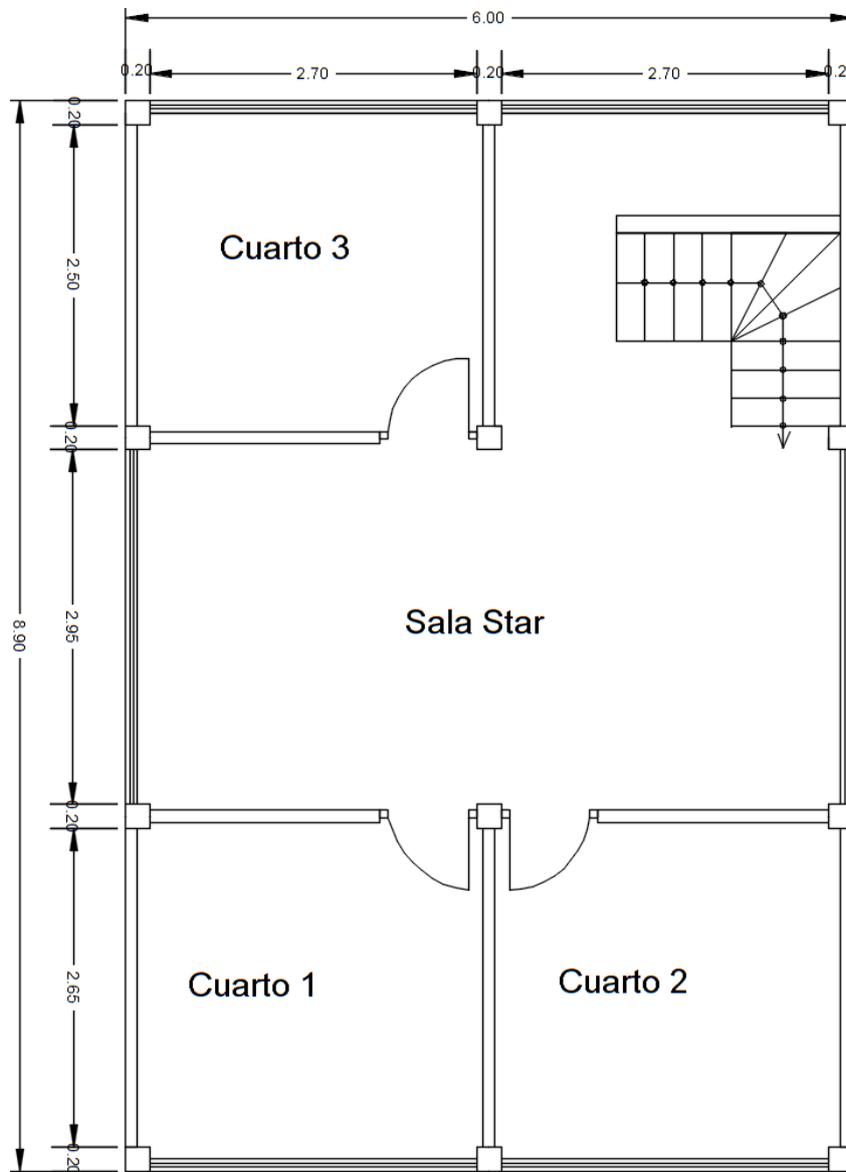


Figura 11: Plano en planta Segundo Piso

Fuente: Propia

### Vista En Elevación Frontal De La Vivienda

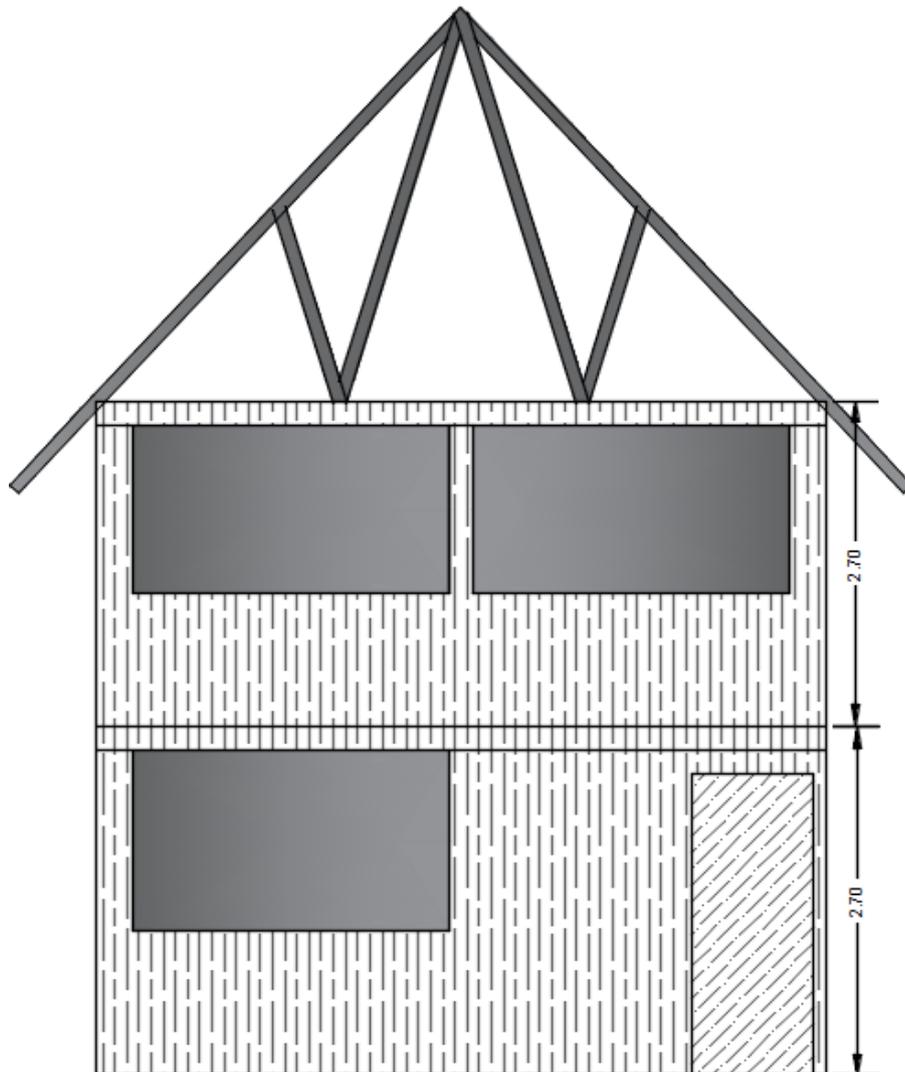


Figura 12: Plano en elevación frontal

Fuente: Propia

- **Estructura**

Para realizar la estructura se ha utilizado el bambú, los pórticos están separados 2.70 metros en el eje X y 2.80 metros en el eje Y, para la cimentacion se opto por usar cimientto corrido con concreto ciclópeo.

- **Dimensionamiento**

Diseño de tijeral

Datos:

Longitud = 7.40 Metros

Material = Madera del grupo C

Tipo de Armadura = Abanico

- **Geometría de la armadura**

Para el presente proyecto de investigación se usara una armadura tipo abanico por ser típica de la zona.

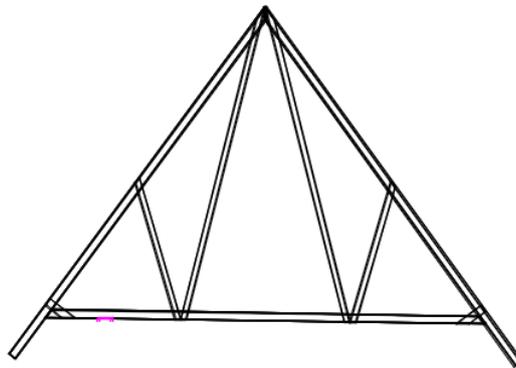


Figura 13: Vista frontal del tijeral

Fuente : Propia

Según (Cartagena, 2010, p.60): “En proporciones y luces recomendables en armaduras de maderas para las luces de los paños es”

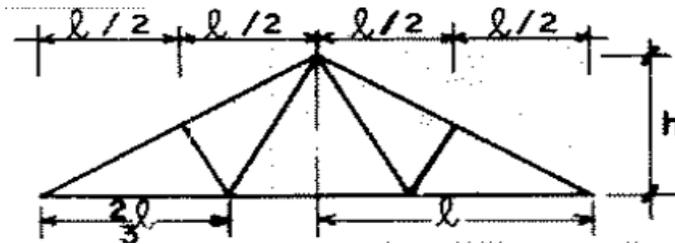


Figura 14: Armadura tipo abanico

Fuente: Cartagena, 2000

Para calcular la altura tiene que ser de  $\frac{1}{2}$  multiplicado por el porcentaje de pendiente que según (Seymour, 2014, p 110) dice: “Para techo de paja o palma es del 50 % al 80 % por la longitud total de la armadura, entonces quedara de la siguiente manera”:

$$H = \frac{1}{2} \times 50\% \text{ al } 80\% \times \text{Longitud total de la armadura}$$

Se procederá a calcular la altura de la armadura, la cubierta será de paja que es del 50 – 80 % de pendiente, se escogerá 80 % de pendiente por que la zona donde se ubica el proyecto es zona de lluvias.

$$H = \frac{1}{2} \times 80\% \times 7.40 \text{ m} = 3.00 \text{ metros}$$

La distancia de los paños es de  $\frac{2}{3}$  x Longitud entonces las distancias son:

$$\frac{2}{3} \times 3.70 \text{ m} = 2.47 \text{ metros}$$

$$\frac{3.70}{2} = 1.85 \text{ metros}$$

Obtenidos los datos la armadura quedara de la siguiente manera:

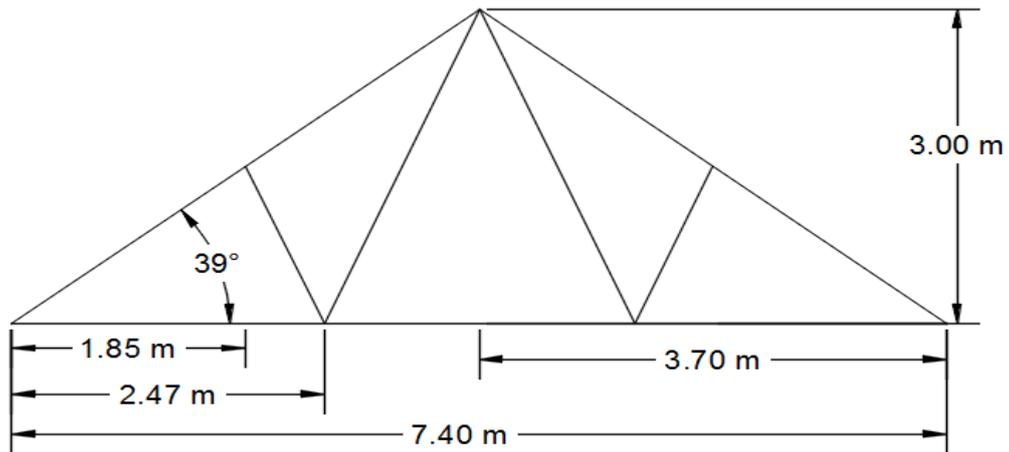


Figura 15: Vista frontal del tejero

Fuente: Propia

- **Definición de Cargas**

### **Cálculo de Carga muerta**

Para calcular el peso propio de la armadura se necesitan las dimensiones de las maderas, para este paso se asumirán secciones de:

Ancho 10.00 cm

Alto 15.00 cm

Las dimensiones de la sección asumida se encuentran en el manual del grupo andino en la tabla 13.1, cuya equivalencia comercial es de 4 x 6 (Pulgadas), se usará maderas del grupo C, debido a que son fáciles de clavar y livianas para su montaje.

### **Datos:**

Según el Manual del grupo andino es:

Peso específico = 800.00 Kg/m<sup>3</sup>

Base = 10.00 cm

Altura = 15.00 cm

**Peso Propio** = Peso específico x Base x Altura x longitud

$$\text{Peso Propio} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.10 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 2.38 \text{ m} = 28.56 \times 4 = 114.24 \text{ kg}$$

$$800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.10 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 2.47 \text{ m} = 29.64 \times 3 = 88.92 \text{ kg}$$

$$800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.10 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 3.24 \text{ m} = 38.88 \times 2 = 77.76 \text{ kg}$$

$$800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.10 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 1.62 \text{ m} = 19.44 \times 2 = 38.88 \text{ kg}$$

Peso total / Área de la sección = 319.80 kg/ 45.90 m<sup>2</sup> = 6.97 kg/m<sup>2</sup>

## Correas

Las correas son elementos de madera o llamados listones que forman parte de la estructura.

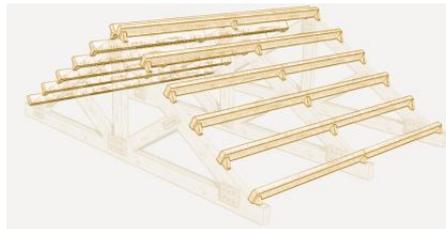
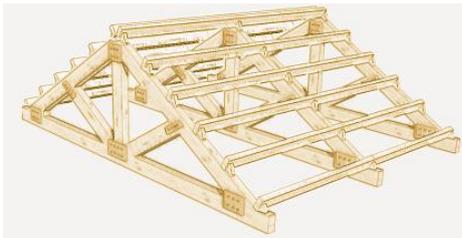


Figura 16: Correas o listones de madera

En el manual del grupo andino – junta de Cartagena considera para el peso de las correas como 5.00  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$  (Aproximadamente) entonces:

$$\text{Peso de correas} = 5.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

El peso muerto total será =  $6.97 \frac{kg}{m^2} + 5.00 \frac{kg}{m^2}$

peso muerto total =  $12.00 \frac{kg}{m^2}$

- **Carga Viva**

### **Carga debida al Viento**

La carga producida por el viento será estática y perpendicular a la superficie del techo y se calculara mediante la siguiente ecuación según norma E.20

$$P_h = 0.005 \times C \times Vh^2$$

Dónde:

$P_h$  = Presión del viento a una altura h en  $kg/m^2$

C: Factor de forma adimensional indicado en la tabla 2

Vh = Velocidad de diseño a la altura h, en km/m

- **Norma E.20 Cargas**

| Construccion   | Barlovento        | sotavento |
|--|-------------------|-----------|
| Superficies inclinadas a<br>15° y 60°                  | + 0.3<br><br>-0.7 | -0.6      |
| El signo positivo indica presión y el negativo succión |                   |           |

Tabla 2: Factores de forma C

Fuente: (Sencico, 2012)

Ubicación = Tarapoto

Uso = Vivienda

Altura = 8.40 m

Para calcular la velocidad de diseño del viento se tendrá que ver la zona en el mapa eólico del Perú que se encuentra en la Norma E.20, la cual para San Martín es de 55 km/h.

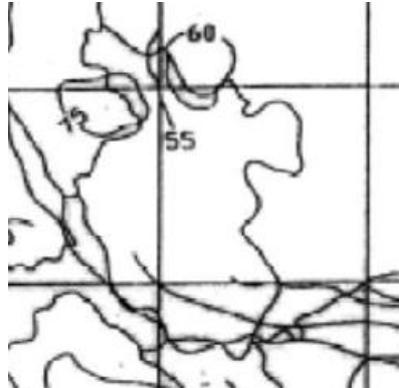


Figura 17: Velocidad del viento en km/h

Fuente: (Sencico, 2012, p 21)

- **Velocidad de diseño**

La Velocidad de diseño del viento en la edificación se obtendrá con la siguiente expresión que según norma E.20 es:

$$V_h = V \times \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

Dónde:

$V_h$  = Velocidad de diseño en la altura  $h$  en km/h

$V$  = Velocidad de diseño en km/h

$H$  = Altura total = 5.40 m + 3.00 m = 8.40 m

$$V_h = 55 \frac{Km}{h} \times \left(\frac{8.40}{10}\right)^{0.22} = 52.93 \frac{Km}{h}$$

- **Carga Exterior de Viento**

$$P_h = 0.005 \times C \times Vh^2$$

$P_h$  = Presión o succión del viento a una altura  $h$  en kg/m<sup>2</sup>

C = Factor de forma adimensional indicado en la tabla 4

$V_h$  = Velocidad de diseño a la altura h, en km/h

De la tabla 2 se obtiene que:

Barlovento:

$$C = 0.3 \text{ y } +0.7$$

Sotavento:

$$C = -0.6$$

Entonces:

### **Barlovento**

El barlovento es de donde sopla el viento.

$$P_h = 0.005 \times 0.3 \times \left(52.93 \frac{km}{h}\right)^2 = 4.20 \text{ kg/m}^2$$

$$P_h = 0.005 \times (-0.7) \times \left(52.93 \frac{km}{h}\right)^2 = -9.80 \text{ kg/m}^2$$

### **Sotavento**

El sotavento es hacia donde el viento se dirige.

$$P_h = 0.005 \times -0.6 \times \left(52.93 \frac{km}{h}\right)^2 = -8.40 \text{ kg/m}^2$$

- **Carga uniformemente repartida**

Ancho Tributario:

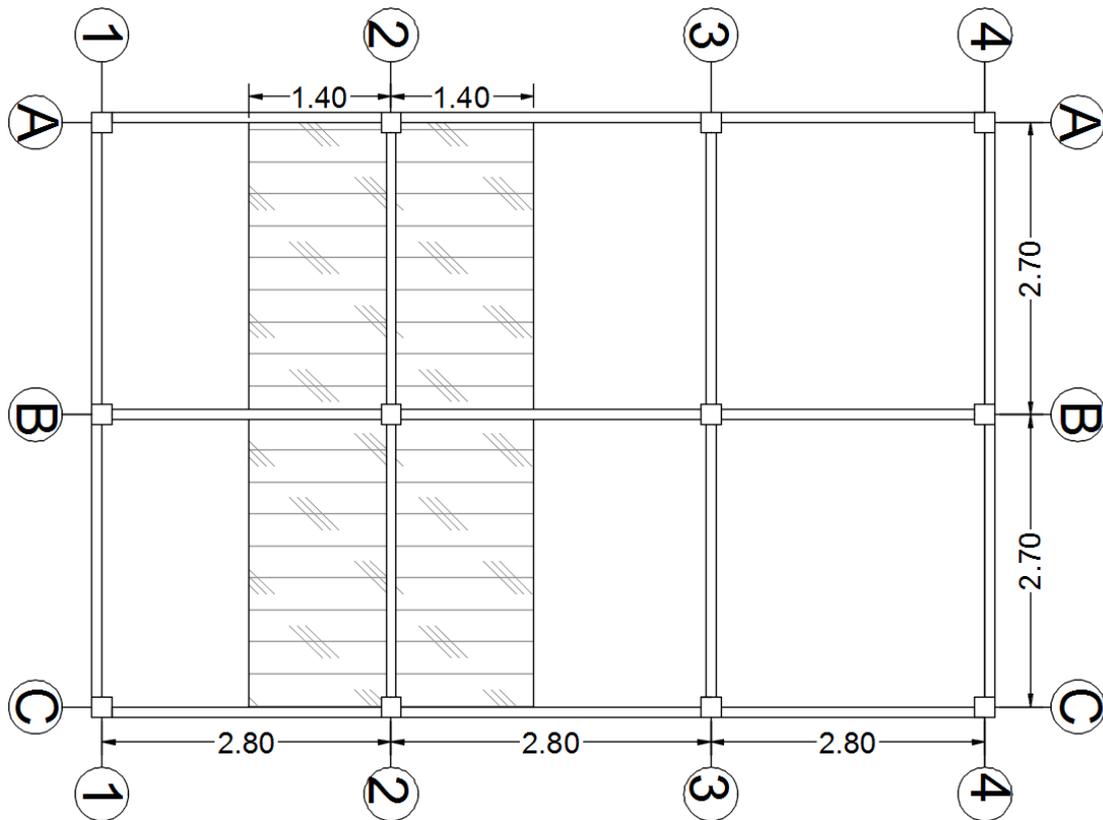


Figura 18: Ancho tributario 2 piso

Todas las cargas halladas anteriormente tendrán que distribuirse de forma uniforme sobre la armadura.

**Para Viento**

Ancho tributario = 2.80m

Entonces =  $- 9.80 \times 2.80 = -27.44 \text{ kg/m}$

=  $- 8.40 \times 2.80 = -23.52 \text{ kg/m}$

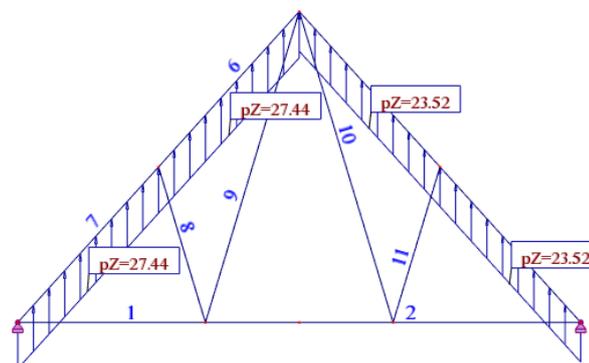


Figura 19: Carga Distribuida del viento en la armadura

### Carga muerta

Peso Propio = 12.00 kg/m y la separación entre armaduras según (Cartagena, 2010, p. 40) es : 3 m

$$12.00 \text{ kg/m}^2 \times 2.80 \text{ m} = 33.60 \text{ kg/m}$$

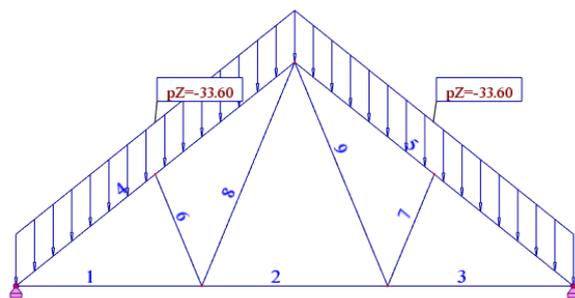


Figura 20: Carga Distribuida del viento en la armadura

### Carga Uniforme Repartida Total

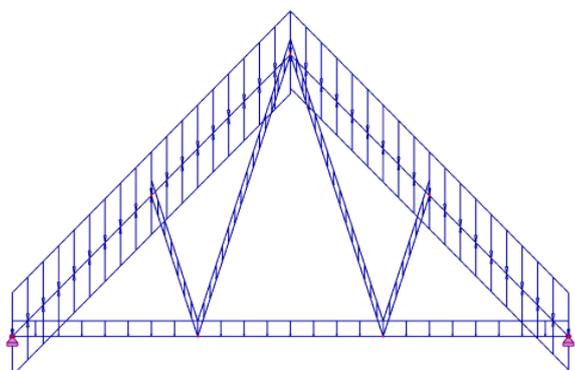


Figura 21: Carga distribuida total en la armadura

Para hacer el análisis interno de esfuerzos se necesita de cargas puntuales en los nudos.

$$\text{Para las cargas puntuales: } P = \text{Carga Distribuida} \times \left(\frac{L}{2}\right)$$

$$P = 33.60 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \frac{7.40 \text{ m}}{2} = 124.32 \text{ kg (Carga Muerta)}$$

$$P = - 27.93 \frac{kg}{m} \times \frac{7.40 m}{2} = - 103.34 \text{ kg(Viento)}$$

$$P = - 23.52 \frac{kg}{m} \times \frac{7.40 m}{2} = - 87.02 \text{ kg (Viento)}$$

- **Determinación de los esfuerzos internos**

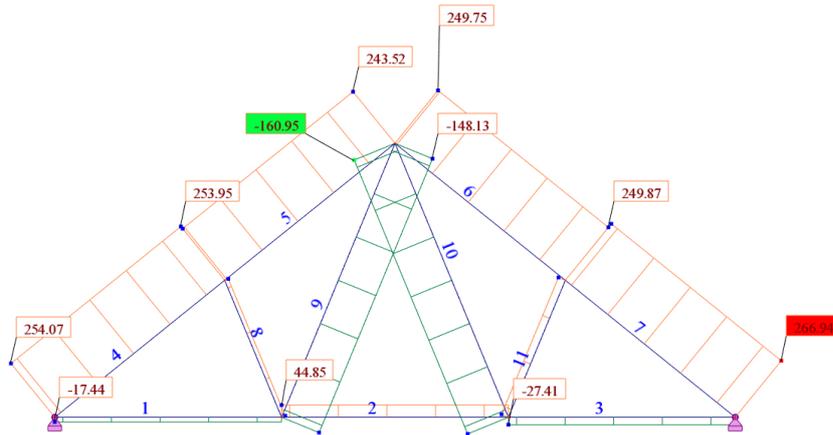


Figura 22: Esfuerzos de tracción y compresión en la armadura

- **Resultado de los esfuerzos internos**

Para calcular el esfuerzo una vez obtenidos los datos de la armadura :

Fuerza / Área de la sección

| Miembro | Fuerza kg | Sección cm | Área de la sección | Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup> | Característica |
|---------|-----------|------------|--------------------|-----------------------------|----------------|
| Barra 1 | -17.44    | 10 X 15    | 150                | 0.09                        | Compresión     |
| Barra 2 | 44.85     | 10 x 15    | 150                | 0.30                        | Tracción       |
| Barra 3 | -27.41    | 10 x 15    | 150                | 0.18                        | Compresión     |
| Miembro | Fuerza kg | Sección cm | Área de la sección | Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup> | Característica |
| Barra 4 | 254.07    | 10 x 15    | 150                | 1.69                        | Tracción       |
| Barra 5 | 243.52    | 10 x 15    | 150                | 1.62                        | Tracción       |
| Barra 6 | 249.75    | 10 x 15    | 150                | 1.67                        | Tracción       |
| Barra 7 | 266.94    | 10 x 15    | 150                | 1.78                        | Tracción       |
| Barra 8 | 253.95    | 10 x 15    | 150                | 1.69                        | traccion       |

|          |         |         |     |      |            |
|----------|---------|---------|-----|------|------------|
| Barra 9  | -160.95 | 10 x 15 | 150 | 1.07 | compresion |
| Barra 10 | -148.13 | 10 x 15 | 150 | 1.00 | Compresión |
| Barra 11 | 249.87  | 10 x 15 | 150 | 1.67 | Compresión |

Tabla 3: Esfuerzos en la barras

De esta tabla podemos ver que la mayor fuerza actuante en tracción se da en la barra 7 que es de 1.78 kg/cm<sup>2</sup> y el máximo esfuerzo a compresión se da en la barra 11 con 1.67 kg/cm<sup>2</sup>

- **Verificación del análisis del diseño según norma técnica E.10 Madera**

En la norma técnica E.10 Madera los esfuerzos de las maderas para el grupo C:

| Grupo | Tracción Paralela Kg/cm <sup>2</sup> | Compresión Paralela Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------|--------------------------------------|--|
| C     | 75                                   | 80                                     |

Tabla 4: Fuerzas de tracción y compresión de maderas del grupo C  
Fuente : (Ministerio de vivienda, 2012, p 3)

| Miembro  | Esfuerzo Máximo Kg/cm <sup>2</sup> | Características |
|----------|------------------------------------|-----------------|
| Barra 7  | 1.78                               | Tracción        |
| Barra 11 | 1.67                               | Compresión      |

Tabla 5: Fuerzas de tracción y compresión calculados

Se observa en el cuadro que los esfuerzos máximos en la armadura son menores a las fuerzas que establece la norma E.10

La sección asumida cumple con los requisitos de tracción y compresión, por lo tanto se tiene como sección suficiente de 10 x 15 cm.

- **Diseño de Entablado**

Para el presente proyecto de investigación se usará madera del grupo C, la separación entre las viguetas en maderas puede adquirir cualquier valor pero para este proyecto será de 0.40 m. según norma.

Los valores de cargas en la estructura son, cargas muertas y cargas vivas, se emplearan lo que dice en la norma E.20 que para uso de viviendas es de  $200 \text{ kg/cm}^2$  (Para carga viva).

Los datos que se usaran para el diseño del entablado fueron sacados de la Norma técnica E.10 Madera y del manual del grupo andino.

La madera que se analizará está ubicada en el Eje B.

Los datos a utilizar para el diseño son:

Datos:

|                 |   |          |                  |  |
|-----------------|---|----------|------------------|--|
| E               | = | 90000.00 | $\text{Kg/m}^2$  | Mod. De elasticidad de maderas grupo c |
| Peso específico | = | 800.00   | $\text{Kg/m}^3$  | Manual del grupo andino                |
| Flexión         | = | 100.00   | $\text{Kg/cm}^2$ | Norma técnica E.10 Madera              |
| Carga           | = | 200.00   | $\text{Kg/m}^2$  | Norma E.20                             |

Fuente: (Sencico, 2012)

Para el entablado se usaran tablas almendrillo con la siguiente escuadría:

B = 20 cm (8 pulgadas)

H = 5 cm (2 pulgadas)

Nota: Las escuadrías adoptadas son comerciales.

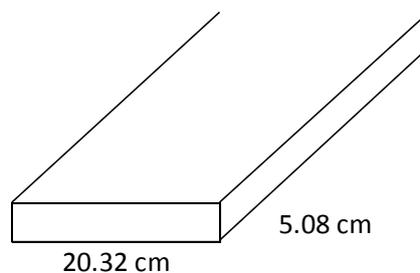


Figura 23: Vista del entablado

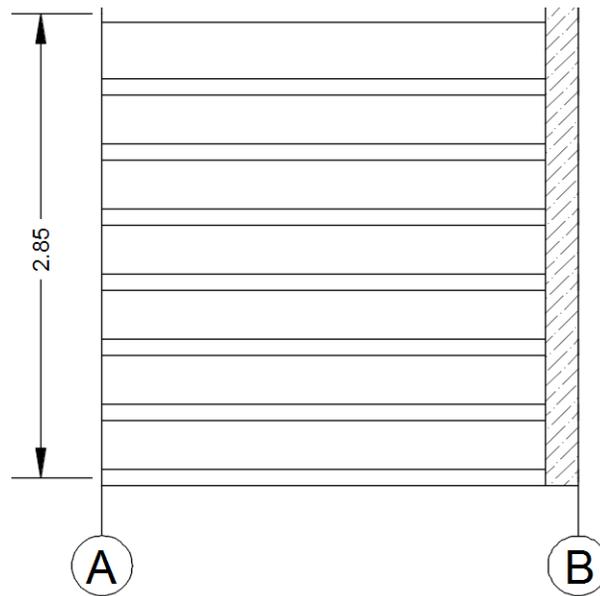


Figura 24: Entablado ubicado en la vigas

- **Peso propio o carga muerta**

El peso propio de la estructura son los elementos que siempre permanecerán en el mismo lugar, en este caso la madera empleada,

Es importante señalar que el peso propio nos brinda información acerca del peso del material.

Peso propio = Peso específico x base de la tabla x altura de la tabla

$$\text{Peso propio} = 800.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.20 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} = 8.26 \text{ kg/m}$$

La tabla pesa 8.26 kg/m eso quiere decir que por cada metro lineal la tabla pesa 8.26 kg.

- **Carga Viva**

Son debidas a la ocupación de la estructura y que no son permanentes en ella.

Carga viva = Según norma E.20 x Ancho de la tabla

$$\text{Carga viva} = 200.00 \text{ kg/m}^2 \times 0.20 \text{ m} = 40.64 \text{ kg/m}$$

Se sumaran las cargas encontradas para saber cuánto es la carga total que soporta la tabla.

- **Carga total**

Carga muerta + carga viva = 48.90 kg/m

Se procederá a hacer la verificación del entablado debido a las cargas actuantes en ella, esto es importante ya que se verá si la tabla es segura.

- **Verificación del entablado**

Según (Langer, 2011) la verificación del entablado es:

Se calcularon los momentos máximos en la tabla en cada uno de los apoyos, esto se hizo para ver las flexiones máximas en la tabla debido a las cargas.

**Eje B**



Figura 25: Tabla apoyada en cada viga de la estructura

En el entablado se apoya sobre las vigas a cada 0.40 m, usaremos el programa robot structural analysis 2018 para calcular los momentos que se producen en la tabla.

Carga muerta = entre 1 – 8 = 8.26 Kg/m

Carga viva = entre 1 – 2 = 40.64 kg/m

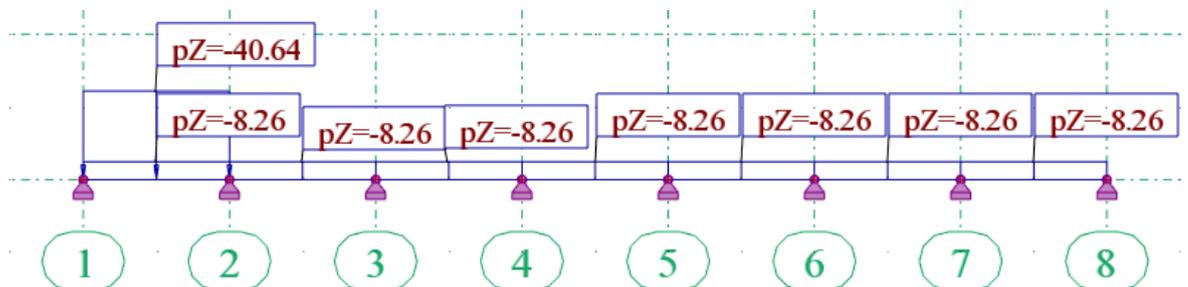


Figura 26: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 1 -2

El momento flexionante que se da en 1 – 2 es mayor debido a que se concentra la carga viva.

El máximo momento es = 0.71 kg-m

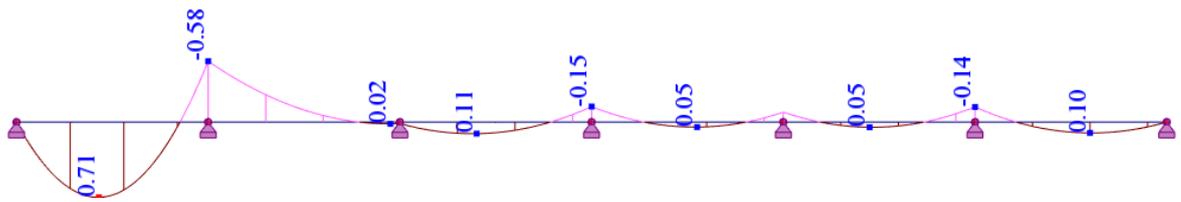


Figura 27: Momento maximo calculado en 2

Se procederá a calcular el momento en el siguiente tramo de la tabla

Carga muerta = entre 1 – 8 = 8.26 kg/m

Carga viva = entre 2 – 3 = 40.64 kg/m

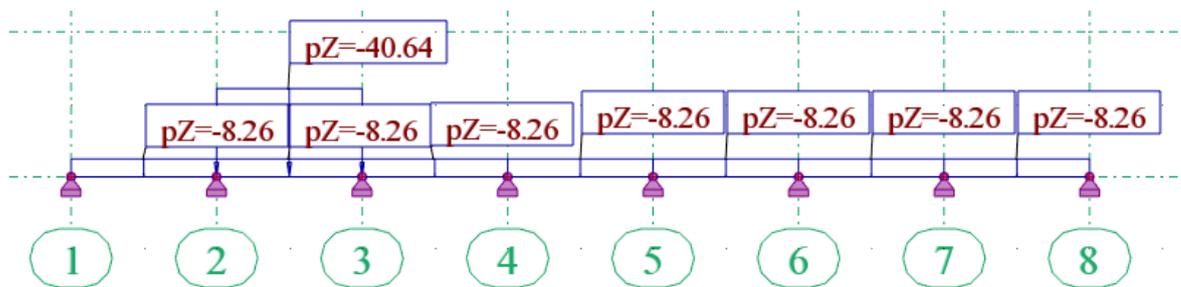


Figura 28: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 2 -3

El máximo momento es = 0.52 kg-m

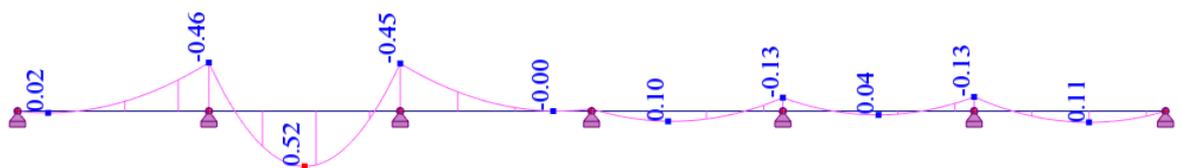


Figura 29: Momento maximo entre 2-3

Se procederá a calcular el momento en el siguiente tramo de la tabla

Carga muerta = entre 1 – 8 = 8.26 kg/m

Carga viva = entre 3 – 4 = 40.64 kg/m

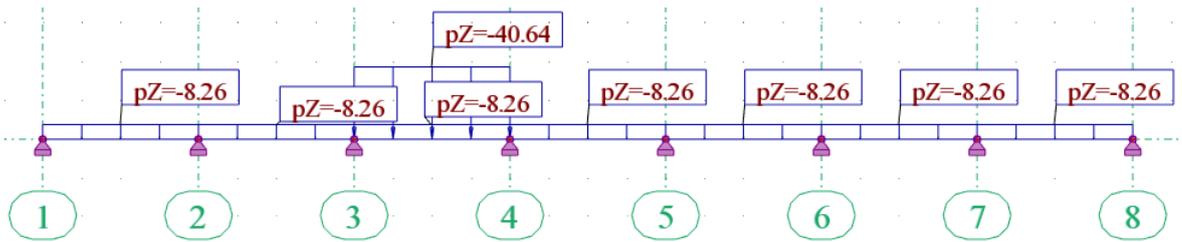


Figura 30: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 3-4

El máximo momento es = 0.53 kg-m

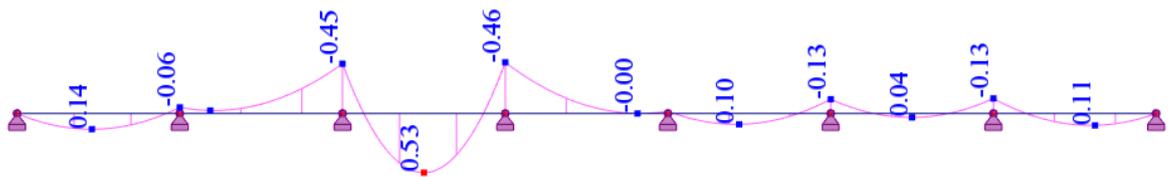


Figura 31: Momento maximo entre 3-4

Se procederá a calcular el momento en el siguiente tramo de la tabla

Carga muerta = entre 1 – 8 = 8.26 kg/m

Carga viva = entre 4 – 5 = 40.64 kg/m

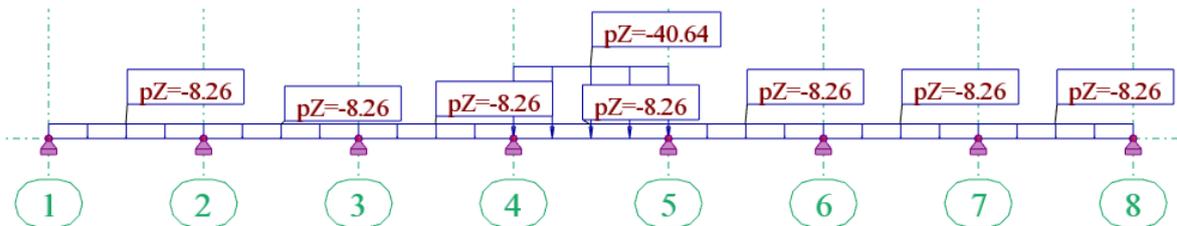


Figura 32: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 4 -5

El máximo momento es = 0.52 kg-m

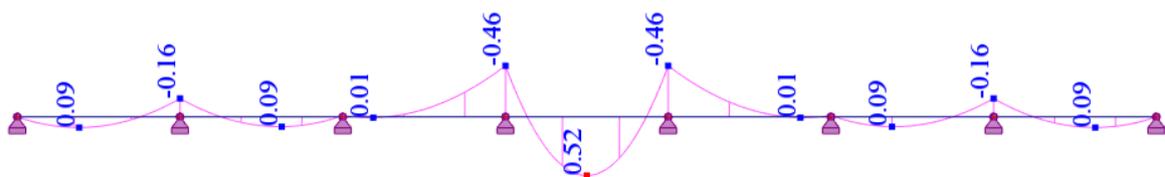


Figura 33: Momento maximo entre 4-5

Se procederá a calcular el momento en el siguiente tramo de la tabla

Carga muerta = entre 1 – 8 = 8.26 kg/m

Carga viva = entre 5 – 6 = 40.64 kg/m

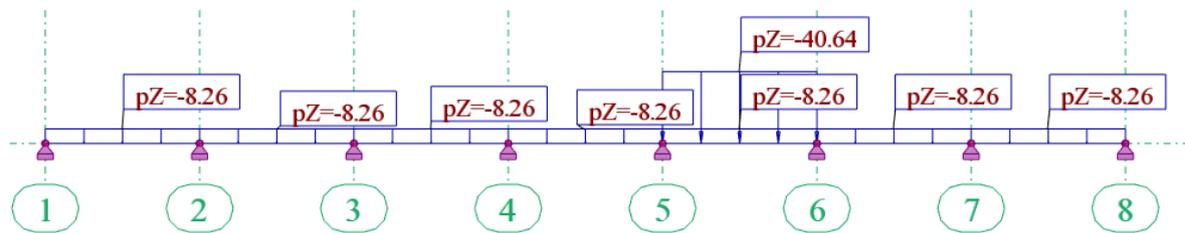


Figura 34: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 5 -6

El máximo momento es = 0.53 kg-m

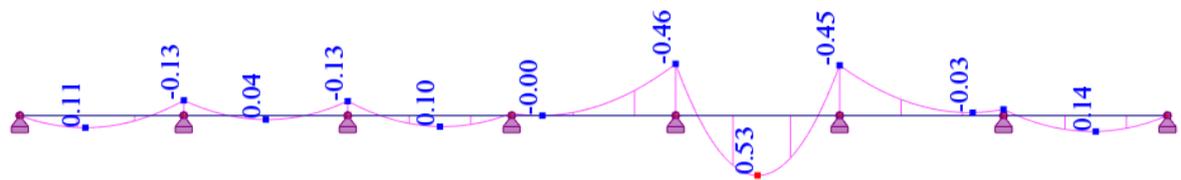


Figura 35: Momento maximo entre 5-6

Se procederá a calcular el momento en el siguiente tramo de la tabla

Carga muerta = entre 1 – 8 = 8.26 kg/m

Carga viva = entre 6 – 7 = 40.64 kg/m

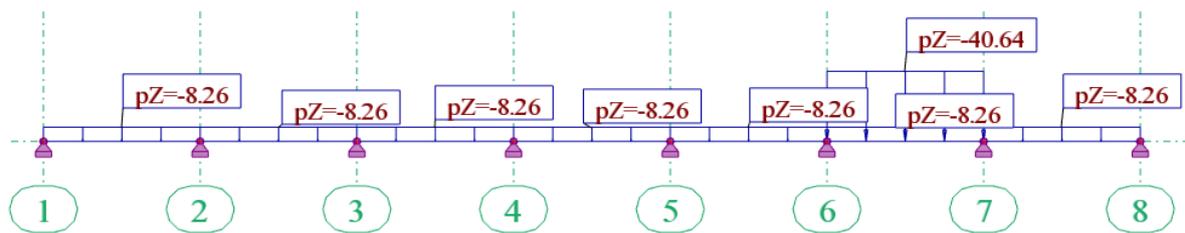


Figura 36: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 6 -7

El máximo momento es = 0.52 kg-m

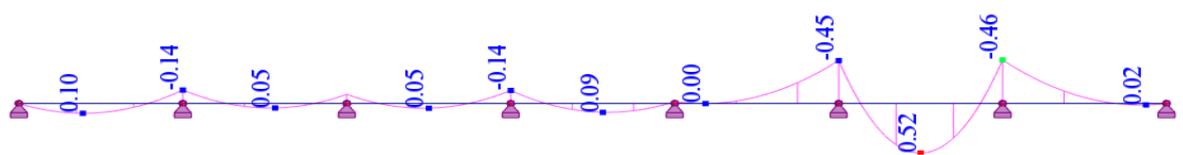


Figura 37: Momento maximo entre 6-7

Se procederá a calcular el momento en el siguiente tramo de la tabla

Carga muerta = entre 1 – 8 = 8.26 kg/m

Carga viva = entre 7 – 8 = 40.64 kg/m

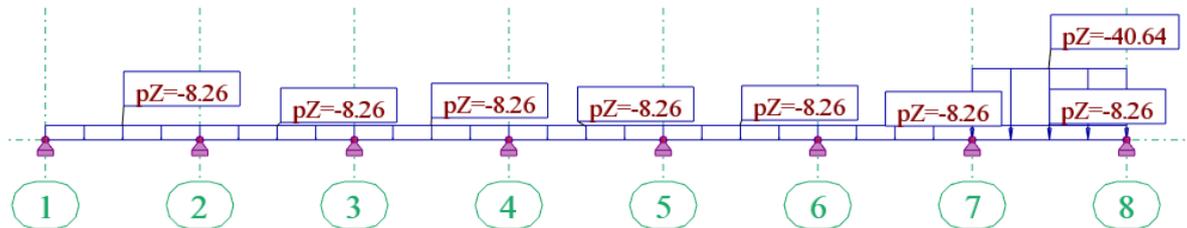


Figura 38: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 7 -8

El máximo momento es = 0.71 kg-m

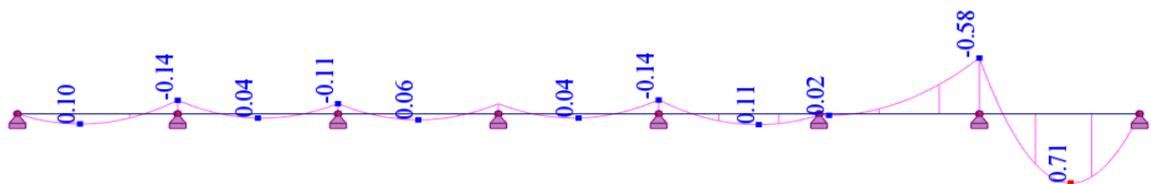


Figura 39: Momento maximo entre 7-8

Se procederá a poner en diferentes partes de la tabla, la carga viva.

Carga muerta = entre 1 – 8 = 8.26 kg/m

Carga viva = entre 1 – 2 = 40.64 kg/m

Carga viva = entre 3 – 4 = 40.64 kg/m

Carga viva = entre 5 – 6 = 40.64 kg/m

Carga viva = entre 7 – 8 = 40.64 kg/m

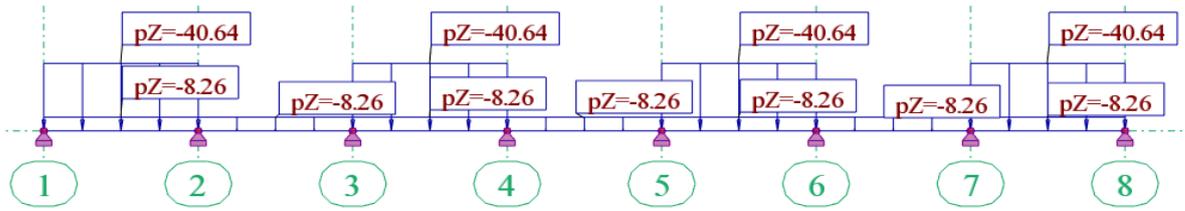


Figura 40: Carga muerta entre 1- 8 y carga viva entre 1 -2, 3-4, 5-6, 7-8

El máximo momento es = 0.75 kg-m

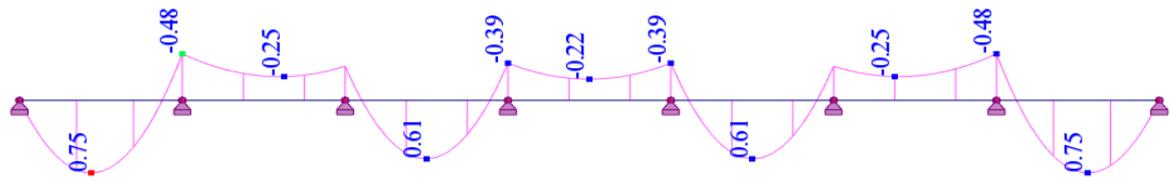


Figura 41: Momento maximo en la tabla

Se analizará toda la tabla para el diseño y se usara el mayor valor.

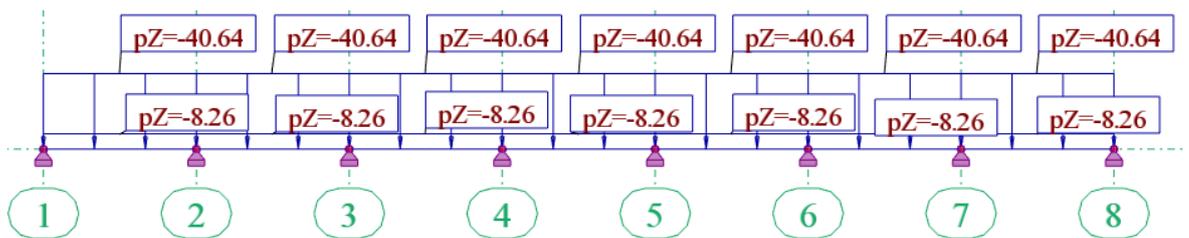


Figura 42: Carga viva y carga muerta en todo el tramo de la viga

El momento máximo en la tabla es = 0.83 kg-m = 83 kg-cm

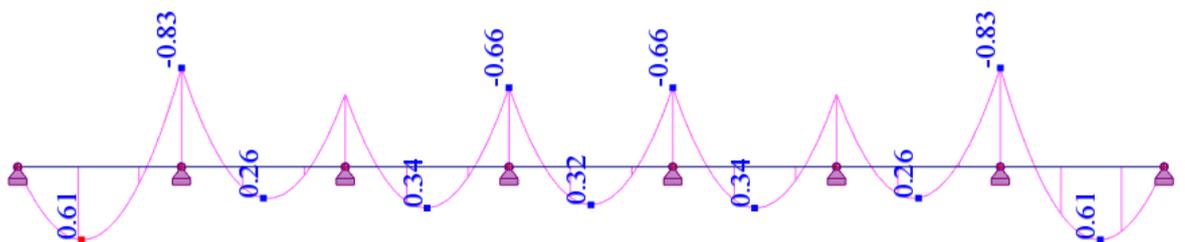


Figura 43: Momento maximo calculada en toda la viga

- **Módulo de sección**

Calculamos el módulo de sección con la siguiente fórmula.

Módulo de sección de una sección rectangular:

$$S = \frac{b \times h^2}{6}$$

B = Base del entablado (cm)

H = Altura del entablado (cm)

$$S = \frac{20 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}^2}{6} = 87.40 \text{ cm}^3$$

Para saber si la tabla resiste todo el peso que ejerce sobre ella la carga viva como su propio peso se utilizara la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Momento maximo en la tabla}}{\text{Módulo de sección}}$$

$$\frac{83.00 \text{ kg-cm}}{87.40 \text{ cm}^3} = 0.95 \text{ kg/cm}^2$$

Este valor tiene que ser menor al de la norma técnica E.10 Madera, entonces:

$0.95 \text{ kg/cm}^2 < 100 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$  La tabla resiste

- **Deformaciones admisibles**

servirá para ver el desplazamiento vertical máximo en la tabla.

La deformación admisible es:

|       |                                       |
|-------|---------------------------------------|
| L/300 | Edificaciones de cielo raso con yeso  |
| L/250 | Edificaciones sin cielo raso con yeso |
| L/200 | Edificaciones industriales            |

Tabla 6: Deflexiones admisibles

Fuente: (Cartagena, 2010, p.20)

Para este proyecto de investigación se usara L/250 porque se considera cielo raso sin yeso.

L = Distancia entre los apoyos en cm

Distancia entre vigas = 0.40 m

$$Ad_f = \frac{L(cm)}{250}$$

$$Ad_f = \frac{40 \text{ cm}}{250} = 0.160 \text{ cm}$$

para calcular las deformaciones se usará el programa robot structural analysis 2018.

Se tomará en cuenta el peso propio = 8.26 kg/m

Carga viva aplicada a la tabla = 40.64 kg/m

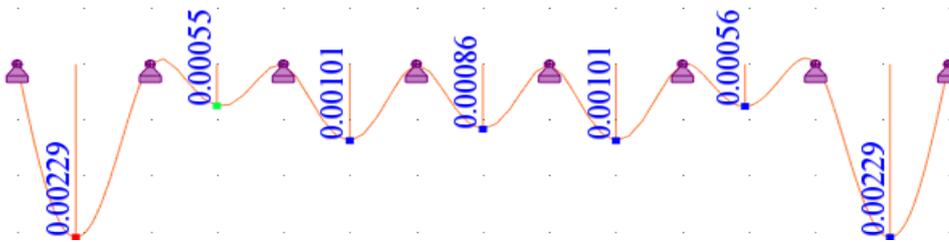


Figura 44: Deformación de la tabla

El desplazamiento máximo es de 0.00229 cm

- **Coefficiente de Seguridad**

Es importante calcular el coeficiente de seguridad para ver si la tabla cumple con los requisitos que dice en la norma técnica E.10 Madera que para maderas el coeficiente de seguridad es 2

$$\frac{Ad_f}{f} = \frac{0.160 \text{ cm}}{0.00229 \text{ cm}} = 69.80 \rightarrow \text{ok}$$

- **Diseño de vigas**

Para las vigas se utilizará el bambú como material y se consideraran simplemente apoyadas, la viga que será analizada está en el eje B cuyo ancho tributario es de 2.70 m.

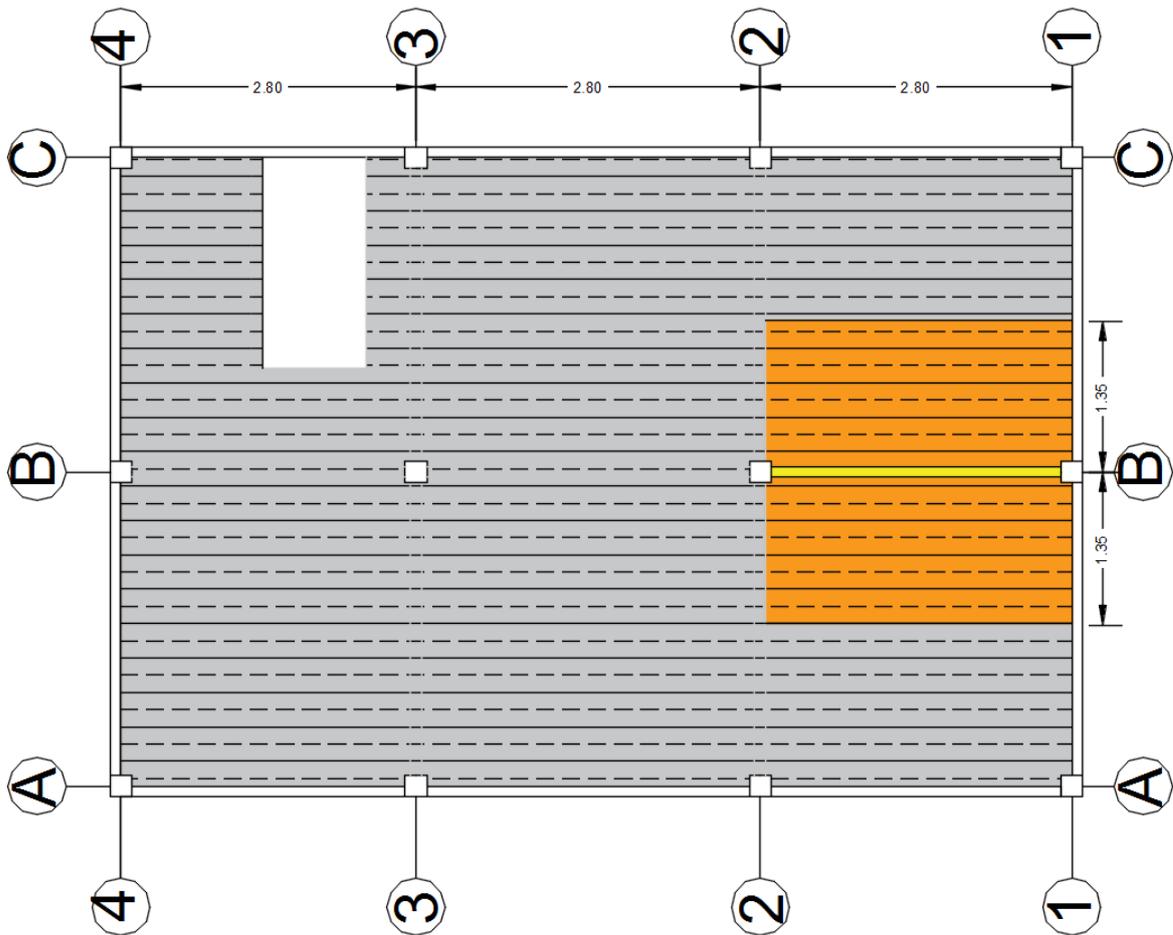


Figura 45: Ancho tributario de la viga

Empezaremos calculando la carga muerta.

**Nota:** El peso del muro es: 213.30 kg/m

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga} + 3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.80 m

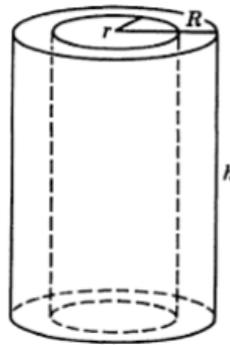


Figura 46: Representación de un cilindro hueco

Reemplazando en la fórmula queda:

$$\text{volumen} = 3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 0.0141 \text{ m}^3$$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen.

$$\text{Peso} = 790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0141 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso} = 11.12 \text{ kg}$$

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga viva**

Para la carga viva se usará el valor que está en el reglamento nacional de edificaciones, para uso en viviendas es de  $200 \text{ kg/m}^2$  que será multiplicada por su ancho tributario.

$$\text{Carga viva} = 200 \text{ kg/m}^2 \times 2.70 \text{ m} = 540 \text{ kg/m}$$

- **Carga total**

Para la carga total se sumaran los valores anteriormente calculados siendo:

$$\text{Carga muerta} + \text{carga viva} = 108 \text{ kg/m} + 3.97 \text{ kg/m} + 540 \text{ kg/m} = 757.27 \text{ kg/m}$$

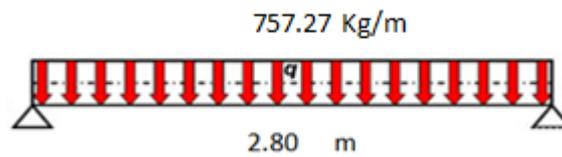


Figura 47: Carga Distribuida en la viga eje b

Reacciones en la viga eje B entre 1-2:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{757.27 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 2.80 \text{ m}}{2} = 1060.19 \text{ kg}$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E. 100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 5.84     | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.85     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = E_x + A + d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E. 100 bambú Bambú

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{3.142 \times (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (de^4 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm})^4)}{32 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para tres cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{VIGA} = 1094.01 \text{ cm}^3$$

- **Mómentos de inercia y modulos de sección necesarios**

Procederemos a calcular los módulos de inercias y sección necesarios para la viga, Según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas se usara la siguiente fórmula.

$$\Delta = \frac{L}{K}$$

Donde:

L = Longitud de la viga

K = 250 → no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.80 \text{ m}}{250} = 0.0112$$

Calcularemos la deformación en vigas

Se usara la fórmula :  $f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga

Para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexiones admisible se obtiene:

$$I_{viga} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{viga} = \frac{5 \times 7.57 \frac{kg}{cm} \times 250 \times 280^3 cm^3}{384 \times 95000 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$I_{viga} = 5694.100 \text{ cm}^4$$

Para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra

Módulo de sección necesario :  $\frac{M_{max}}{f_m}$

Momento máximo en la viga :

$$\frac{q \times L^2}{8}$$

$$\frac{757.27 \text{ kg/m} \times (2.80 \text{ m})^2}{8} = 742.12 \text{ kg-m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{74212 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 1484.24 \text{ cm}^3$$

Se usara 6 cañas de bambú.

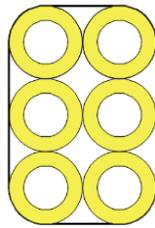


Figura 48: Viga de bambú compuesta

#### Eje B – 2

- **Datos del bambú según norma técnica E. 100 bambú:**

|                                   |   |          |                    |                               |
|-----------------------------------|---|----------|--------------------|-------------------------------|
| Compresión paralela a la fibra Fc | = | 130.00   | Kg/cm <sup>2</sup> | Norma técnica E. 100<br>bambú |
| Flexión                           | = | 50.00    | Kg/cm <sup>2</sup> |                               |
| E                                 | = | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |                               |

Para hacer el cálculo de las columnas se asumirá cualquier sección rectangular.

**Nota:** si la sección asumida no cumple con los requisitos que da la norma técnica E. 100 bambú se procederá a aumentar la sección.

Sección de:

$$\text{Base} = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Altura} = 35 \text{ cm}$$

Esto nos da un área de = 1225 cm<sup>2</sup>

- **Esbeltez de la columna**

En este paso se determinara la esbeltez de la columna , es decir para determinar si la columna es larga intermedia o corta.

$$\Lambda = \frac{L}{R}$$

$\Lambda$  = Relación de esbeltez del elemento

L = Longitud del elemento en mm

R = Radio de giro de la sección en mm

- **Radio de giro**

El radio de giro está dada por la siguiente fórmula :

$$\frac{\sqrt{(De^2 + (De - 2 \times t)^2)}}{4}$$

Donde:

De = Diámetro exterior de la guadua = 10 cm

T = Espesor de la pared de la guadua = 2 cm

Reemplazando en la fórmula queda:

$$\frac{\sqrt{(0.10 \text{ m}^2 + (0.10 \text{ m} - 2 \text{ m} \times 0.02 \text{ m})^2)}}{4} = 0.0292 \text{ m}$$

Una vez obtenido el radio de giro procederemos a calcular la esbeltez de la columna:

$$\Lambda = \frac{2700.00 \text{ mm}}{29.20 \text{ mm}} = 92.46$$

- **Clasificación de columnas**

Ahora para verificar si la columna es larga, intermedia o corta se usara el siguiente cuadro de la norma técnica E. 100 bambú.

| Columna    | Esbeltez              |
|------------|-----------------------|
| Corta      | $\Lambda < 30$        |
| Intermedia | $30 < \Lambda < C_k$  |
| Larga      | $C_k < \Lambda < 150$ |

Tabla 7: Datos de esbeltez

No se puede determinar la esbeltez de la columna porque falta el dato  $C_k$ .

- **Calculo de  $C_k$**

Para calcular  $C_k$  usaremos la norma técnica E. 100 bambú:

$$C_k = 2.565 \frac{\sqrt{E_{0.05}}}{F_c}$$

$E_{0.05}$  = en el percentil 5 en Mpa

$F_c$  = compresión paralela a las fibras en Mpa

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

$$E_{0.05} = 3756.64 \text{ Mpa.}$$

Reemplazando los valores en la fórmula se tiene:

$$C_k = 43.60$$

Entonces se determina que la columna es larga.

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E. 100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ MPa} \times 122500 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 33.58 \text{ kN}$$

- **Flexocompresión**

Se procederá a calcular por flexocompresión para verificar si la columna soporta las cargas proveniente de las vigas, según norma técnica E. 100 bambú es:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

N = Carga axial aplicada

$N_{adm}$  = Carga admisible (Calculada según las fórmulas de la columna)

$k_m$  = Factor de magnificación de momentos

M = Valor absoluto de momento flector máximo (Columna)

Z = Módulo de sección

$f_m$  = Esfuerzo admisible a flexión

$N_{cr}$  = Carga crítica de Euler

- **Calculando  $k_m$**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

Donde:

N = Carga axial aplicada

$N_{cr}$  = Carga crítica de Euler para pandeo

Antes de calcular  $K_m$  (Magnificación de momentos) se calculará la carga crítica de Euler dada por la fórmula:

- **Carga crítica de Euler**

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05} \cdot I}{L_{ef}^2}$$

$E_{0.05}$  = Módulo de percentil 5

$I$  = Inercia de la sección (Bambú)

$L_{ef}$  = Longitud efectiva

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

3756.64 MPa

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$\frac{(3.1416)^2 \times 3756.64 \text{ MPa} \times 420973500 \text{ mm}^4}{(2700 \text{ mm})^2}$$

$N_{cr} = 2141.06 \text{ kN}$

Otro dato que se necesita para calcular  $k_m$  es la carga axial aplicada a la columna, estos datos se obtendrán de las reacciones de las vigas (Simplemente apoyadas).

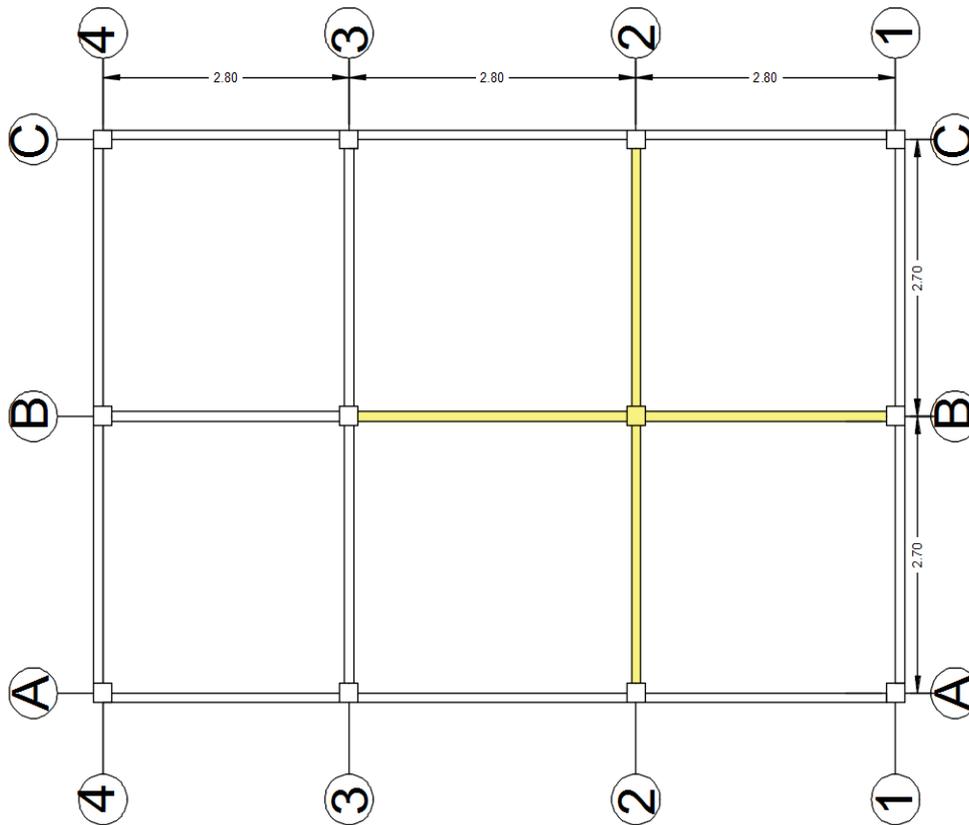


Figura 49: Vista en planta de columna central

- **Carga axial aplicada**

Reacción de la viga del eje B entre 1 – 2 y 2 – 3, eje 2 entre A-B y B – C estos valores sumados nos da: 401.31 kg + 1060 kg + 401.31 kg + 761.59 kg + 113.36 kg + 113.36 kg + 5.36 kg + 5.36 kg = 2861.65 kg

Ahora obtenidos este valor podemos calcular la Magnificación de momentos Km

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{28.06 \text{ kN}}{2141.06 \text{ kN}}} = 1.02$$

- **Momento en la columna**

Procederemos a calcular el momento máximo en la columna:

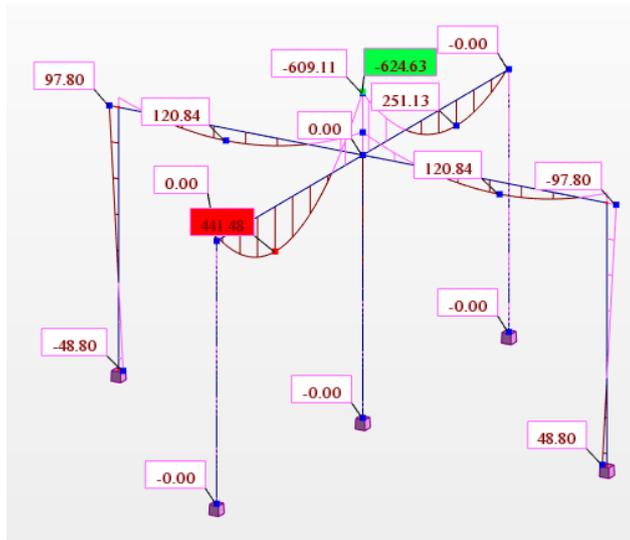


Figura 50: Momento en la columna central eje b-2

El momento máximo en la columna es = 624.53 kg-m

Obteniendo todos los valores necesarios para calcular la columna a flexocompresión procederemos a reemplazar en la fórmula.

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

$$\frac{28.06 \text{ kN}}{33.58 \text{ kN}} + \frac{1.02 \times 624.53 \text{ kN-mm}}{7153950 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.85 < 1$$

- **Área del bambú**

Ahora procederemos a calcular el área del bambú:

$$\frac{3.1416}{4} \times (De^2 - Di^2)$$

$$\frac{3.1416}{4} \times (100^2 - 60^2) = 50.27 = \text{Área}$$

Una vez obtenido el área calcularemos el número de bambús a utilizar en la columna, para esto se hace:

- **Números de bambús a utilizar**

Área x Número de bambús a utilizar

$$50.27 \times 25 = 1256 \text{ cm}^2$$

Esta área es mayor a las que nos da al inicio de  $1024 \text{ cm}^2$  por lo tanto se usara 25 bambús

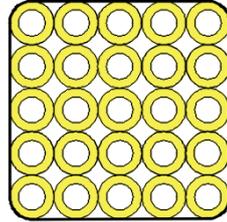


Figura 51: Viga compuesta por 25 bambús

### Segundo Piso:

- **Datos de la sección**

B = 10 cm

H = 10 cm

- **Calculando Momento:**

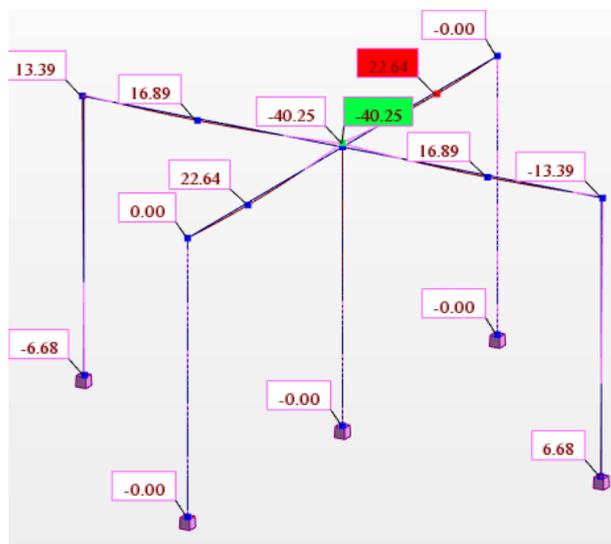


Figura 52: Momento en la columna segundo piso eje b-2

- **Carga axial**

Reacción de la viga del eje 1 entre A-B y B - C, eje B entre 1 - 2 estos valores sumados nos da: 113.36 kg + 113.36 kg + 5.36 kg + 5.36 kg = 237.44 kg

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E.100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ MPa} \times 10000.00 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 2.74 \text{ Kn}$$

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{2.33 \text{ kN}}{171.29 \text{ kN}}} = 1.02$$

- **Flexocompresion**

$$\frac{2.33 \text{ kN}}{2.74 \text{ kg}} + \frac{1.02 \times 40.25 \text{ kN-mm}}{336780 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.87 < 1$$

Se usaran dos cañas de bambús

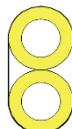
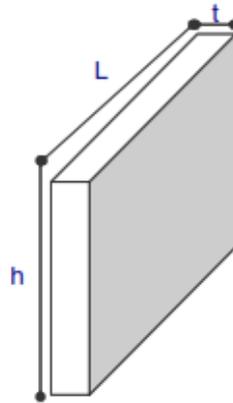


Figura 53: Viga compuesta por 2 bambús segundo piso, eje b-2

Nota 1: Para uniformizar la columna se usaran 25 bambús

- **Calculó del peso de los muros**

el peso de la pared es de la siguiente manera:



$$W_{\text{panel}} = (\text{Volumen} * \gamma_c) / L_{\text{entre ejes}}$$

Figura 54: Representación de una pared

Fuente: ( Ortiz, 2010, p. 65)

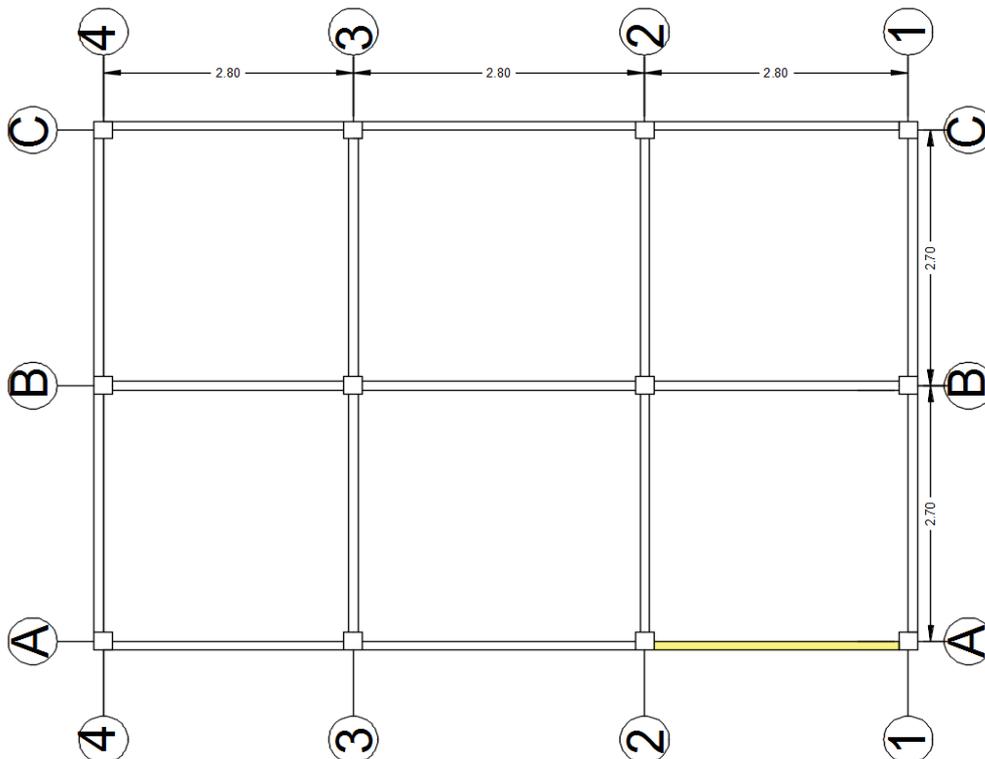


Figura 55: Vista en planta del eje donde se encuentra la pared a analizar

Se calculara el peso de los muros en el eje A entre 1 – 2

### I. **Peso del muro**

| Tipo de Pared | Bambu    |
|---------------|----------|
| Altura        | = 2.70 m |
| Longitud      | = 2.80 m |
| Espesor       | = 0.10 m |

$$W = \frac{2.70 \text{ m} \times 2.8 \text{ m} \times 0.10 \times 790 \text{ kg/m}^3}{2.8 \text{ m}}$$

$$W = 213.3 \text{ kg/m}$$

El peso de la pared es la misma en los demás ejes

- **Diseño de cimiento corrido**

Se tiene el peso de la pared de 213.30 kg/m

Entonces para saber el ancho del cimiento corrido haremos los siguientes pasos:

- **Metrado de cargas**

$$\text{Peso del Muro} = 213.3 \text{ kg/m} \times 1 \text{ m} = 213.3 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del Sobrecimiento} = 0.15 \text{ m} \times 0.30 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2300 \text{ kg/m}^3 = 103.10 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total: } 316.40 \text{ kg}$$

- **Ancho del cimiento corrido**

Procederemos a calcular el ancho del cimiento

$$\text{Area} = \frac{\text{Peso total}}{\text{Capacidad portante}}$$

$$\text{Area} = \frac{316.40 \text{ kg}}{0.92 \text{ kg/cm}^2} = 343.91 \text{ cm}^2$$

$$B = 343 \text{ cm}^2 / 100 \text{ cm} = 3.43 \text{ cm}$$

Entonces por norma el ancho de cimiento minimo es de 40 cm

- **Definición de la geometría propuesta**

### Cambio de unidades

Procederemos a cambiar el sistema de unidades y normas que se van a usar para el diseño, en la parte inferior derecha.



Figura 56: Vista de las unidades

En unidades y formatos – esfuerzos - cambiamos las unidades

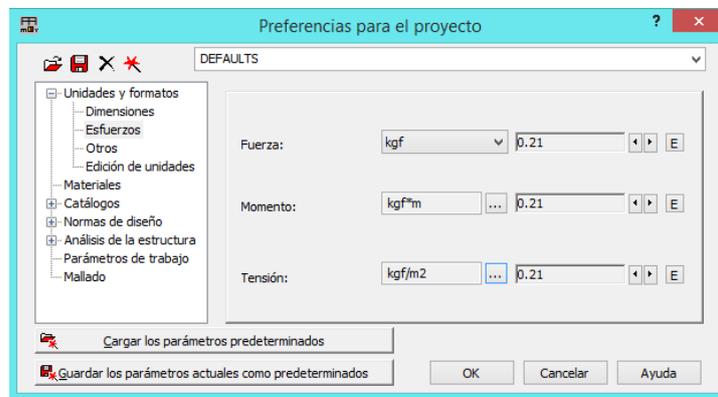


Figura 57: Cuadro de ingreso de datos

- **Normas de diseño**

Definimos en Normas de diseño la combinación según norma y escogemos ASD = Esfuerzos admisibles y la definimos como actual

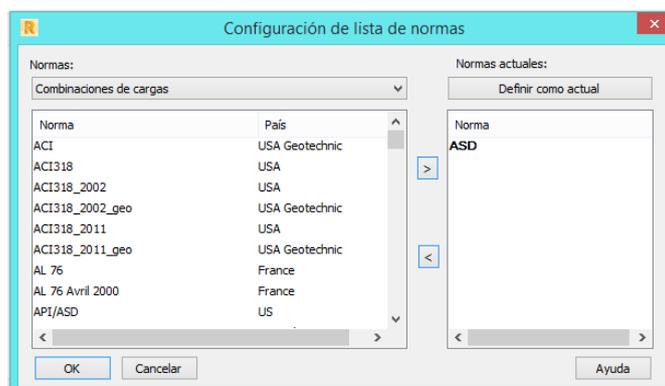


Figura 58: Selección de las combinaciones a usar

- **Creación del material (bambú y madera)**

Crearemos el material en este caso es bambú, los datos se ingresan en materiales – modificar – madera

Datos del bambú según norma técnica E.100 bambú

Mod. Elasticidad = 95000 kg/cm<sup>2</sup>

Flexión = 50 kg/cm<sup>2</sup>

Cortante = 10 kg/cm<sup>2</sup>

Tracción paralela = 160 kg/cm<sup>2</sup>

Compresión paralela = 130 kg/cm<sup>2</sup>

Cizalladura = 56.84 kg/cm<sup>2</sup>

| Definición del material                 |                              |
|---|------------------------------|
| Nombre:                                 | Bambu                        |
| Descripción:                            | Gadua Kunth                  |
| Parámetros específicos para:            | CB71                         |
| <b>Elasticidad</b>                      |                              |
| módulo de elasticidad                   | 95000 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| módulo de cizalladura G medio           | 56.84 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| <b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b> |                              |
| a la flexión:                           | 50                           |
| a la tracción axial:                    | 160                          |
| a la tracción transversal:              | 3.06                         |
| a la compresión axial:                  | 130                          |
| a la compresión transversal:            | 48.95                        |
| al cortante:                            | 13                           |
| Peso específico (densidad):             | 790 (kgf/m <sup>3</sup> )    |
| Dilatación térmica:                     | 0.000005 (1/°C)              |
| Coeficiente de:                         | 0.04                         |
| Tipo:                                   | Natural                      |

Figura 59: Ingreso de los datos del material

Haremos el mismo paso para definir el entablado.

- **Líneas de construcción**

Definiremos las líneas de construcción en “X” y “Y”

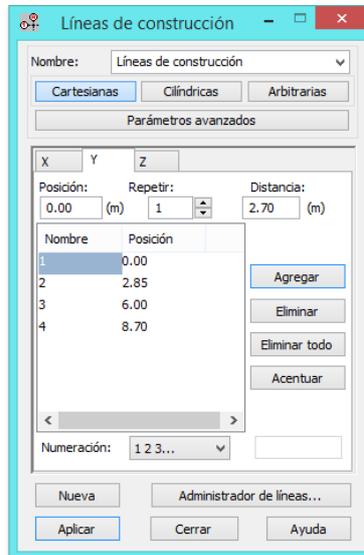


Figura 60: Ingreso de líneas de construcción

- **Altura de los pisos**

Definiremos las alturas de las plantas – en plantas de la estructura en la parte superior derecha 

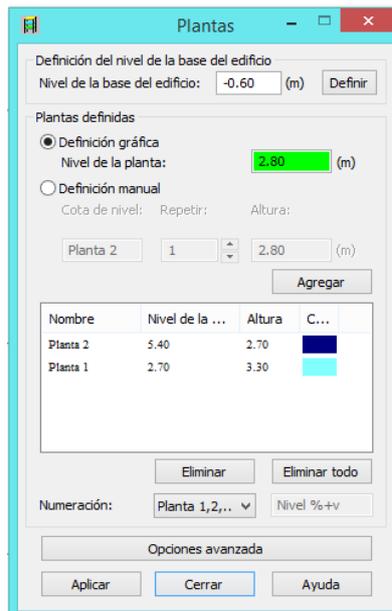


Figura 61: Ingreso de las alturas de estructura

- **Definición de las secciones de la viga y columna (bambú)**

En Herramientas ubicada en la parte superior, luego a definir sección

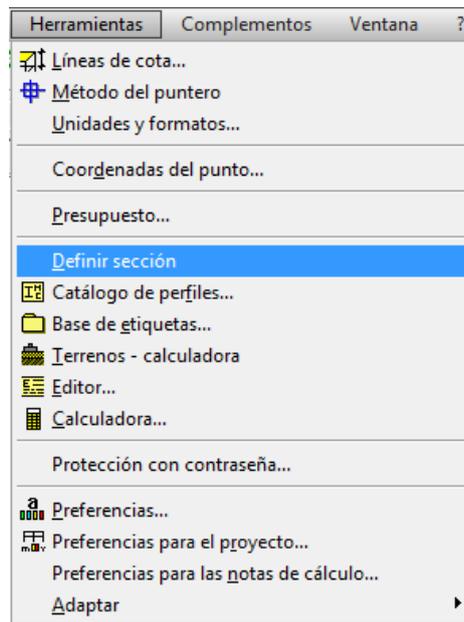


Figura 62: Ventana herramientas

Nos saldrá el siguiente cuadro donde crearemos las secciones de viga y columna.

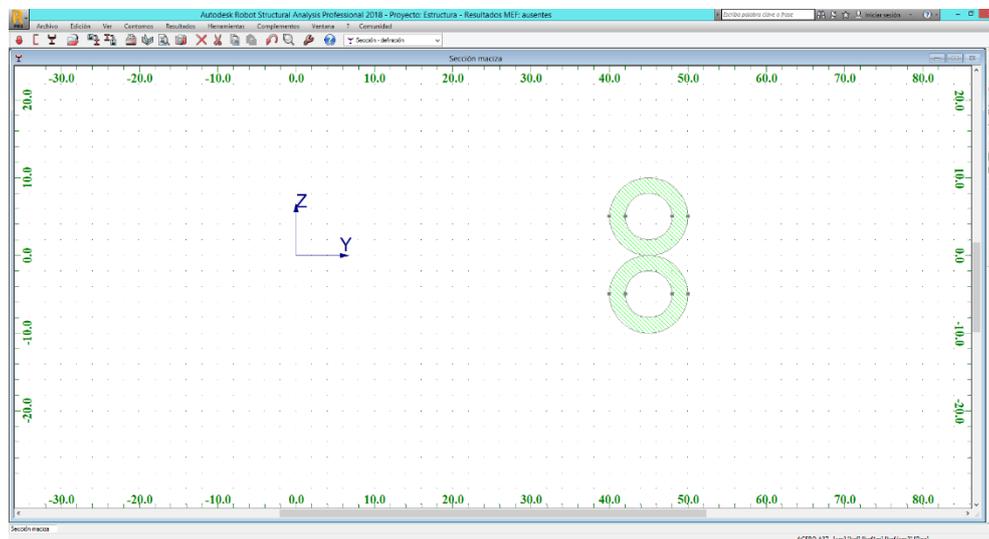


Figura 63: Definiendo las secciones

En contorno ubicado en la parte superior, luego en características seleccionamos el material en este caso bambú y aceptamos. Haremos lo mismo para todas las secciones.

- **Definición de sección del entablado**

Para el entablado, se creara la sección en espesor ubicado en la parte derecha, en el cuadro que sale crearemos un nuevo sección de losa con los siguientes datos.

Nombre: Entablado

Espesor = 5.08 cm

Material = Madera

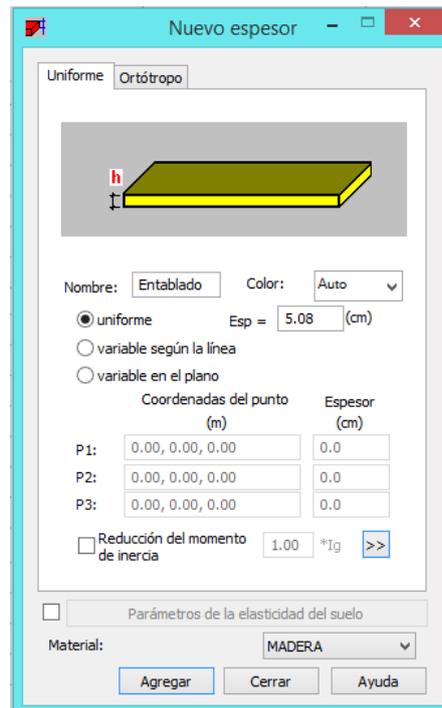


Figura 64: Ingreso del espesor de la tabla

- **Asignación de las secciones de los elementos al modelo**

### Vigas y columnas

En la planta del primer nivel, seleccionamos en la parte derecha en vigas  y seleccionamos las secciones para colocarla, lo mismo para columnas , creando así nuestro modelado.

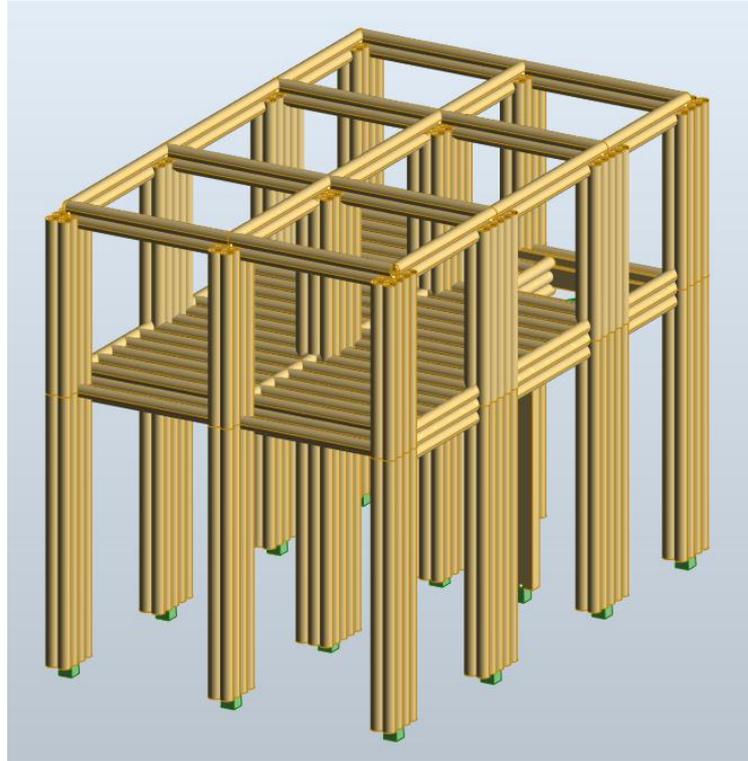


Figura 65: Vista en 3D de la estructura

- **Asignación del entablado**

Seleccionamos losas de planta  ubicada en la parte derecha y nos saldrá el siguiente cuadro donde estarán los datos del entablado que creamos anteriormente.

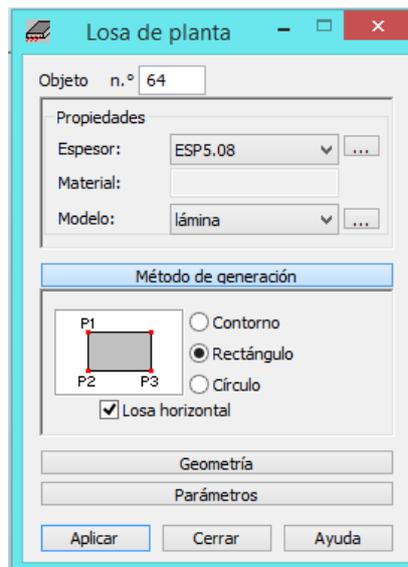


Figura 66: Cuadro para asignar el entablado

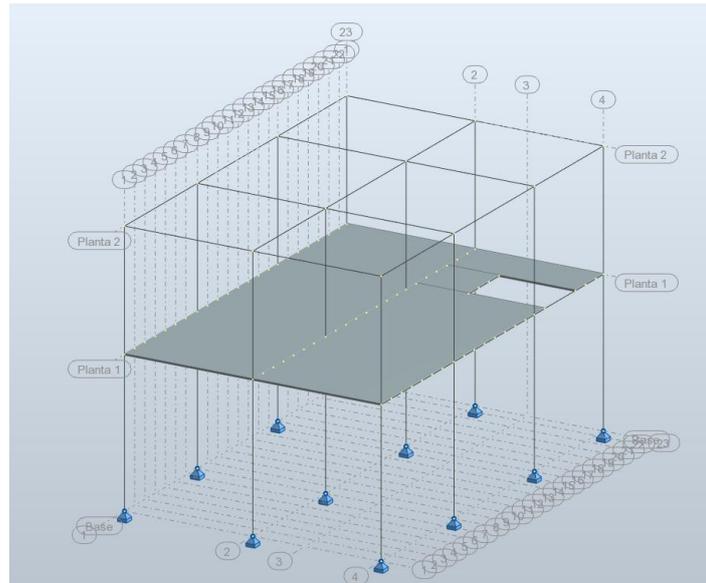


Figura 67: Vista en líneas de la estructura

- **Asignación de las cargas estáticas**

Vamos a definir las cargas a las que está sometido el modelo, en casos de carga, ubicado en la parte derecha.

Carga muerta = Calcula el programa

Carga viva = Carga por servicio según norma.

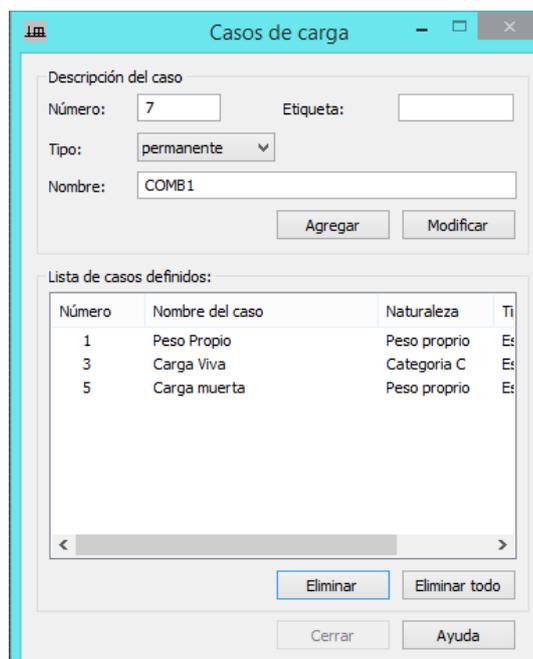


Figura 68: Asignación de las cargas a la estructura

- **Definir las cargas**

**Carga viva = 200 kg/m<sup>2</sup>**

Estos datos son los que ingresamos al programa como carga superficial y aplicamos al modelo.

- **Combinaciones de carga**

En cargas ubicadas en la parte superior, luego en combinaciones manuales, nos saldrá un cuadro donde en tipo de combinación ponemos ELS que es estado limite por servicio que según norma es por esfuerzos admisibles, click en ok

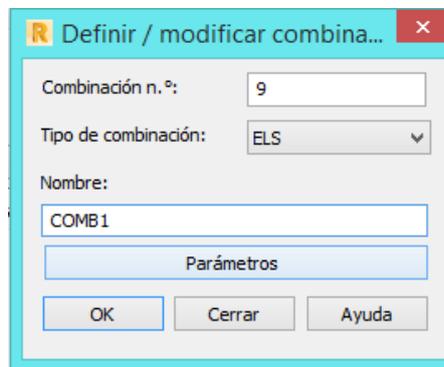


Figura 69: Creando las combinaciones de carga

Donde iremos agregando los datos para nuestro proyecto que es carga viva y carga muerta multiplicadas por un coeficiente de 1.

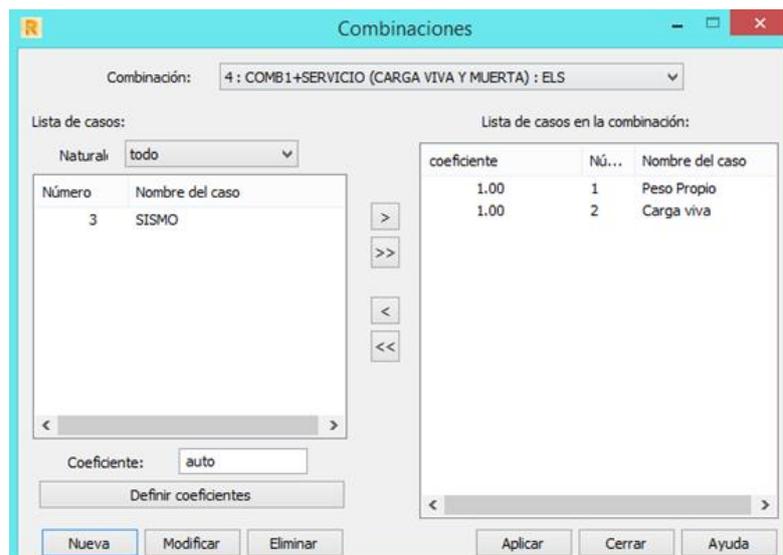


Figura 70: Ingresando las cargas a la combinación creada

- **Cargas debido al sismo estático**

Este análisis se caracteriza por el hecho de que las cargas a las que está sometida la estructura no dependen del tiempo.

Para el análisis nos basaremos en la norma E.30 Diseño sismorresistente:

- **Análisis estático para cada dirección**

$$V = \frac{z \cdot u \cdot c \cdot S}{R} \times P$$

Z = Factor de zona = 0.35

U = Factor de uso = 1

C = Coeficiente de amplificación sísmica = 2.5

S = Factor suelo = 1.15

R = Coeficiente de reducción sísmica = 7

P = Peso Propio de la edificación

Lo siguiente será definir el análisis sísmico en las dos direcciones que pide el

| <b>Factores de zona z</b> |          |
|---------------------------|----------|
| <b>ZONA</b>               | <b>Z</b> |
| 4                         | 0.45     |
| 3                         | 0.35     |
| 2                         | 0.25     |
| 1                         | 0.10     |

Tabla 8: Factores de zona Z

Fuente: (Sencico, 2012, p.5)

| Categoría de las edificaciones y factor u |  |          |
|---|--|----------|
| Categoría                                 | Descripción  | factor u |
| C<br>Edificios<br>comunes                 | Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales | 1.0      |

Tabla 9: Categorías de la edificación y factor U

Fuente: (Sencico, 2012, p.7)

| Sistemas estructurales            |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| sistema estructural               | coeficiente básico de reducción R |
| madera (por esfuerzos admisibles) | 7                                 |

Tabla 10: Sistemas estructurales

Fuente: (Sencico, 2012, p 8)

Entonces Reemplazando en la formula queda:

$$V = \frac{z \cdot u \cdot c \cdot s}{R} \times P$$

Z = Factor de zona = 0.35

U = Factor de uso = 1

C = Coeficiente de amplificación sísmica = 2.5

S = Factor suelo = 1.20

R = Coeficiente de reducción sísmica = 7

P = Peso Propio de la edificación

- **Factor de amplificación sísmica**

$$C = 2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right); C \leq 2.5$$

| Parámetros del suelo |   |        |     |
|----------------------|---|--------|-----|
| Tipo                 | Descripción                                     | Tp (s) | S   |
| S <sub>1</sub>       | Roca o suelos muy rígidos                       | 0.4    | 1.0 |
| S <sub>2</sub>       | Suelos intermedios                              | 0.6    | 1.2 |
| S <sub>3</sub>       | Suelos flexibles o con estratos de gran espesor | 0.9    | 1.4 |
| S <sub>4</sub>       | Condiciones excepcionales                       | *      | *   |

Tabla 12: Parámetros del suelo

Fuente: (Sencico, 2012, p. 6)

- **Periodo fundamental de la estructura**

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

$h_n$  = Altura total del edificio

Dónde:  $C_t = 35$  para edificios cuyos elementos en la dirección considerada sean únicamente pórticos.

$$T = \frac{5.40 \text{ m}}{35} = 0.1542$$

Calculamos factor de amplificación sísmica

$$C = 2.5 \left( \frac{0.6}{0.1542} \right); C \leq 2.5 = C = 9.28$$

La norma señala que el valor de amplificación sísmica tiene que ser menor o igual a 2.5 entonces:  $C = 2.5$

Fuerza cortante estática:

$$V = \frac{z \cdot u \cdot c \cdot s}{R} \times P$$

$$V = \frac{3 \times 1 \times 2.5 \times 1.20}{7}$$

En dirección x

$$V_x = 0.1438$$

En dirección Y

$$V_y = 0.1438$$

- **Ingreso de datos**

Estos datos ingresamos al programa robot structural analysis profesional 2018 y se verificara por desplazamientos

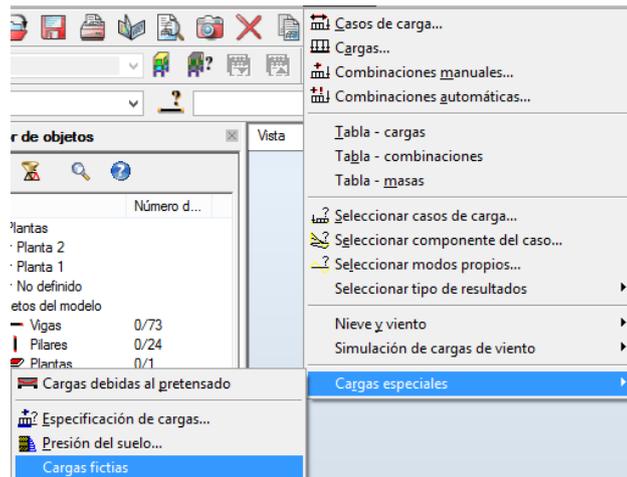


Figura 71: Asignación de los valores encontradas

Nos saldrá el siguiente cuadro donde pondremos los datos encontrados anteriormente, en nombre de caso de carga ponemos el que queramos, luego hacemos click en los 3 puntos seguidos.

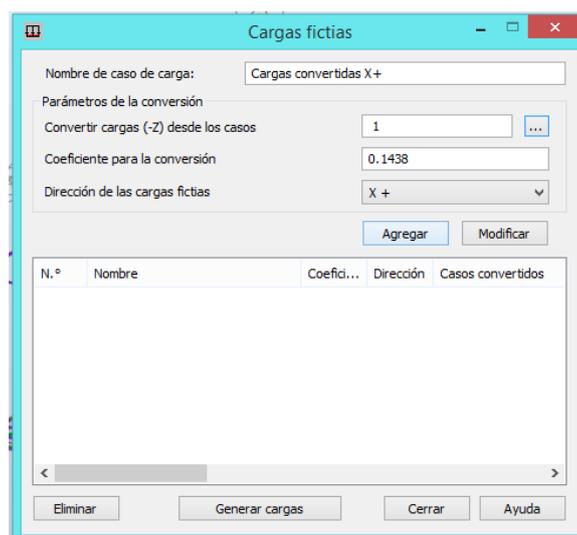


Figura 72: Cuadro donde se ingresaran los valores

Seleccionamos peso propio y luego en cerrar

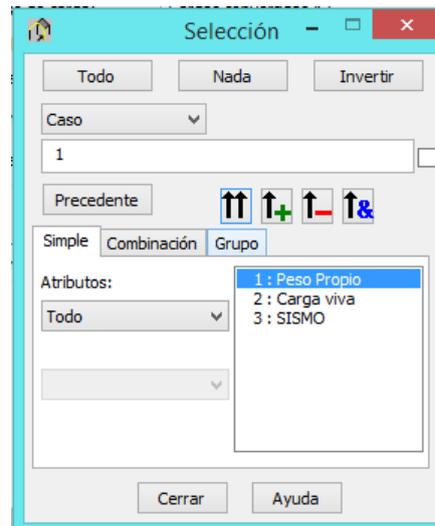


Figura 73: Ingreso de las cargas a los elementos

Una vez colocada el valor en x, ahora haremos lo mismo para el valor en Y pero antes de esto la norma e.20 en la 4.3 estimación del peso dice en edificaciones de categoría C se tomara el peso P se tomara el 25 % de la carga viva tanto en x como Y

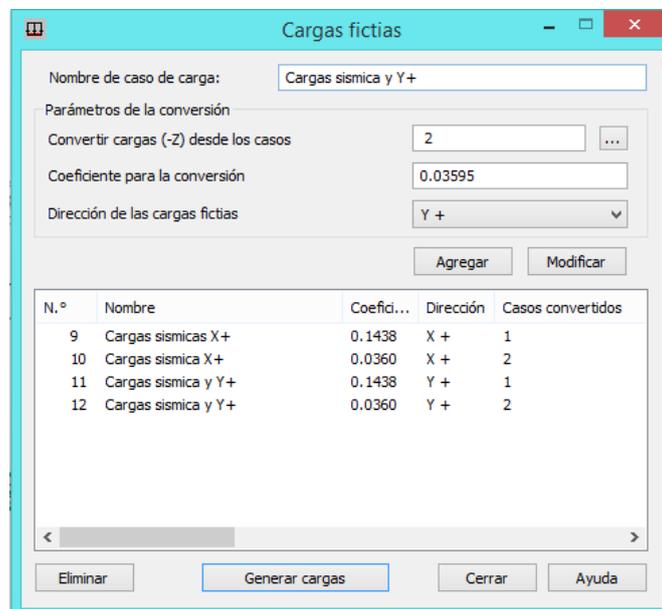


Figura 74: Cargas ingresadas

Una vez puesto todos los datos corremos el programa.



Nos saldrá otro cuadro donde seleccionaremos Deformación – desplazamiento relativo de plantas.

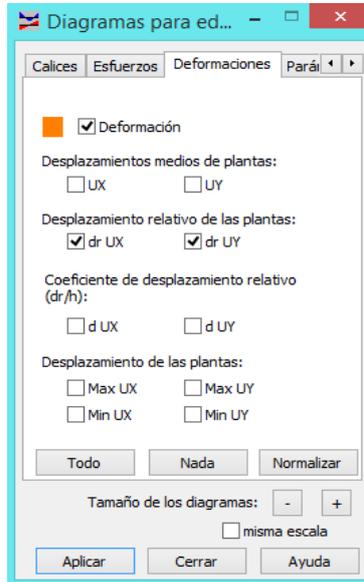


Figura 77: Cuadro de selección para las deformaciones

Según norma E.20 en la tabla N 11 para este proyecto el límite es:

| Límites para la distorsión del entrepiso |                     |
|--|---------------------|
| Material Predominante                    | $(\Delta_I/h_{el})$ |
| Madera                                   | 0.010               |

Tabla 11: Límites de desplazamientos

- **Derivas**

Para determinar los desplazamientos la norma E.30 en el numeral 5.1 en determinación de desplazamientos laterales se calcula multiplicando 0.75 x R (Factor de reducción sísmica)

## Desplazamientos en X

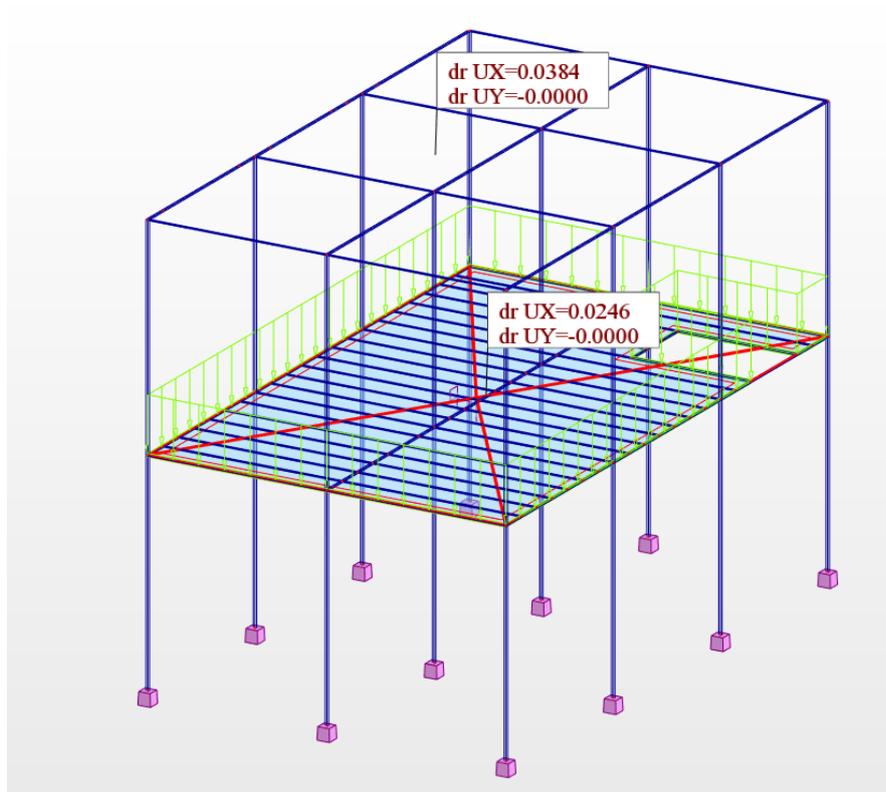


Figura 78: Desplazamientos sismo estatico en x

### Primer Piso

$$\frac{0.0246 \times 0.75 \times 7}{270} = 0.00050 < 0.010 \text{ Cumple}$$

### Techo

$$\frac{0.0384 \times 0.75 \times 7}{270} = 0.00075 < 0.010 \text{ Cumple}$$

## Desplazamientos en Y

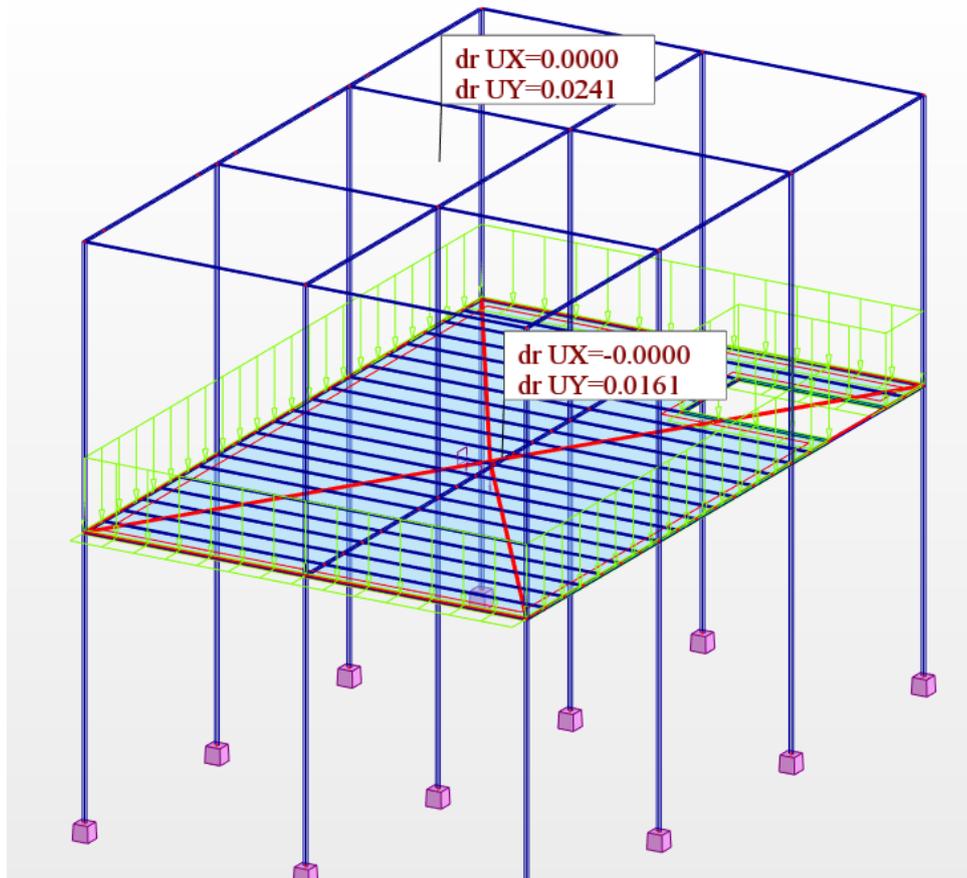


Figura 79: Desplazamientos sísmico estático en Y

### Primer Piso

$$\frac{0.0161 \times 0.75 \times 7}{270} = 0.00031 < 0.010 \text{ Cumple}$$

### Techo

$$\frac{0.0241 \times 0.75 \times 7}{270} = 0.00047 < 0.010 \text{ Cumple}$$

- **Análisis sísmico dinámico**

Para hacer el análisis dinámico necesitamos el espectro en X e Y, de acuerdo a la zona sísmica del proyecto, se encuentra en Tarapoto que es zona 3

| C    | T     | Sa Dir X-X | Sa Dir Y-Y |
|------|-------|------------|------------|
| 2.50 | 0.00  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.02  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.04  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.06  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.08  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.10  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.12  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.14  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.16  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.18  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.20  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.25  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.30  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.35  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.40  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.45  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.50  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.55  | 1.410      | 1.234      |
| 2.50 | 0.60  | 1.410      | 1.234      |
| 2.31 | 0.65  | 1.302      | 1.139      |
| 2.14 | 0.70  | 1.209      | 1.058      |
| 2.00 | 0.75  | 1.128      | 0.987      |
| 1.88 | 0.80  | 1.058      | 0.925      |
| 1.76 | 0.85  | 0.995      | 0.871      |
| 1.67 | 0.90  | 0.940      | 0.823      |
| 1.58 | 0.95  | 0.891      | 0.779      |
| 1.50 | 1.00  | 0.846      | 0.740      |
| 1.36 | 1.10  | 0.769      | 0.673      |
| 1.25 | 1.20  | 0.705      | 0.617      |
| 1.15 | 1.30  | 0.651      | 0.569      |
| 1.07 | 1.40  | 0.604      | 0.529      |
| 1.00 | 1.50  | 0.564      | 0.494      |
| 0.94 | 1.60  | 0.529      | 0.463      |
| 0.88 | 1.70  | 0.498      | 0.435      |
| 0.83 | 1.80  | 0.470      | 0.411      |
| 0.79 | 1.90  | 0.445      | 0.390      |
| 0.75 | 2.00  | 0.423      | 0.370      |
| 0.59 | 2.25  | 0.334      | 0.292      |
| 0.48 | 2.50  | 0.271      | 0.237      |
| 0.40 | 2.75  | 0.224      | 0.196      |
| 0.33 | 3.00  | 0.188      | 0.165      |
| 0.19 | 4.00  | 0.106      | 0.093      |
| 0.12 | 5.00  | 0.068      | 0.059      |
| 0.08 | 6.00  | 0.047      | 0.041      |
| 0.06 | 7.00  | 0.035      | 0.030      |
| 0.05 | 8.00  | 0.026      | 0.023      |
| 0.04 | 9.00  | 0.021      | 0.018      |
| 0.03 | 10.00 | 0.017      | 0.015      |

Figura 80: Valores para el espectro sísmico

- **Definición del espectro sísmico**

En tipo de análisis ubicado en la parte superior hacemos click en tipo de análisis, nos saldrá el siguiente cuadro.

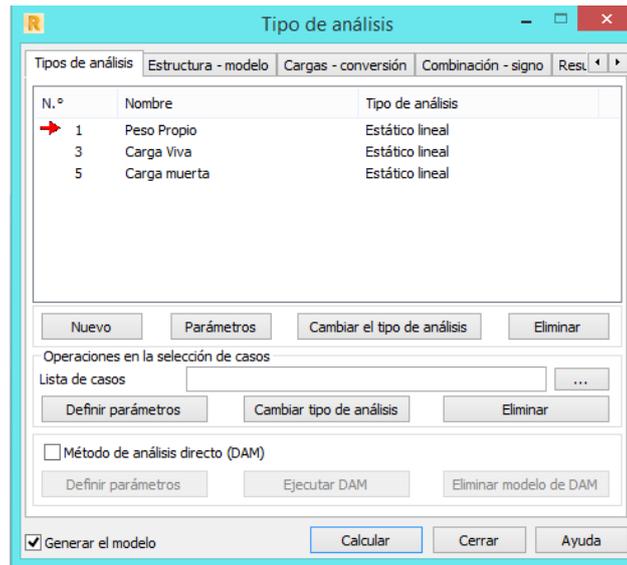


Figura 81: Cuadro para asignar las cargas sísmicas

Click en nuevo para agregar una carga sísmica en x (Para el sismo en Y será el mismo procedimiento)

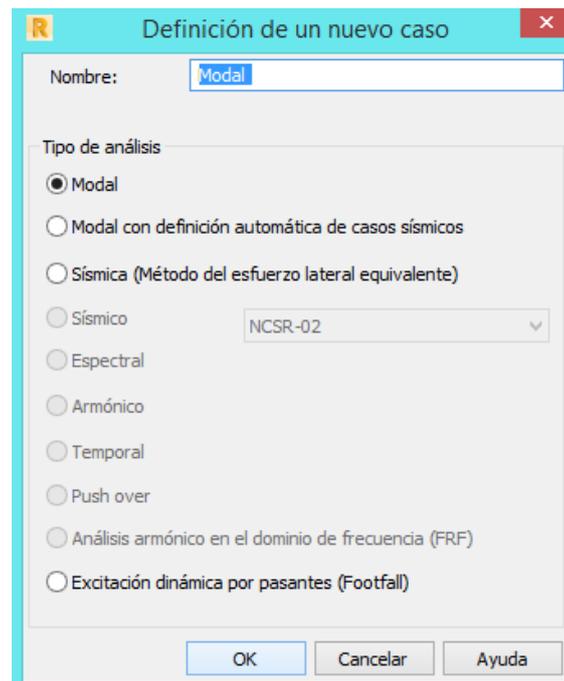


Figura 82: Creación del sismo modal

Nos saldrá un cuadro donde cambiaremos el nombre y seleccionaremos en direcciones activas de la masa en x

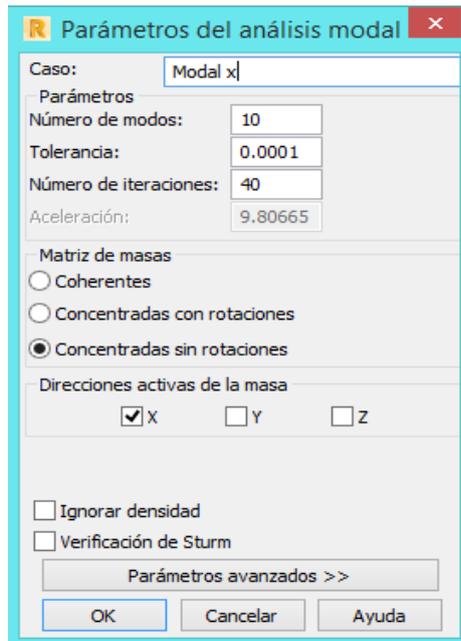


Figura 83: Selección para la dirección del sismo dinamico en x

Hacemos click en parámetros avanzados y en porcentaje de masas participantes pondremos 90 % que según norma sísmica dice en 4.6.1 Modos de vibración tienen que participar el 90 % de la masa total.

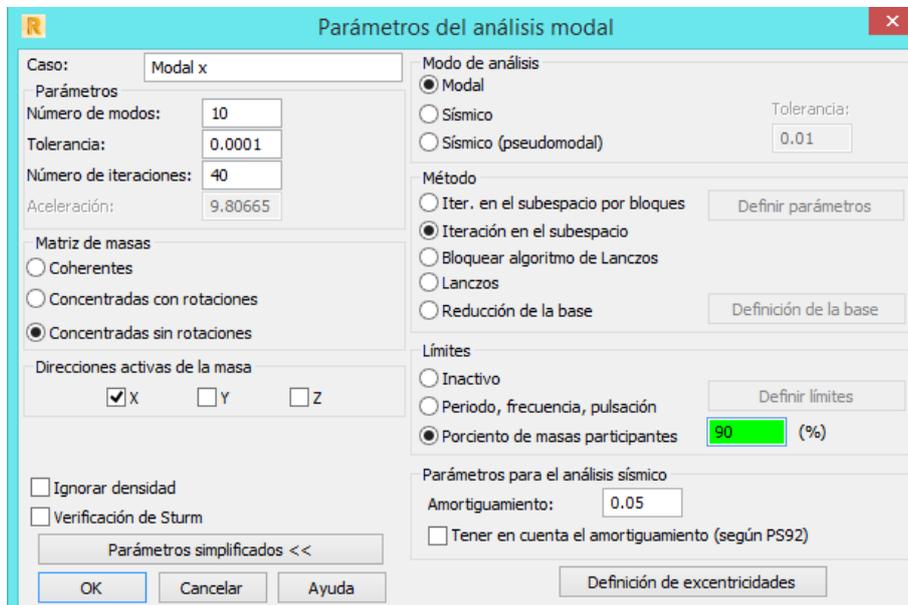


Figura 84: Porcentaje de la participación de masas según norma

Click en nuevo para agregar el espectro en x

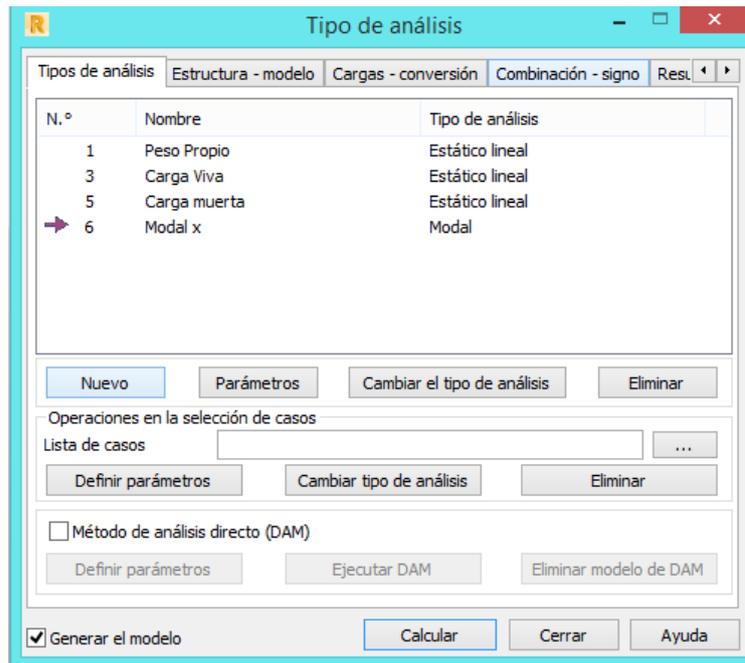


Figura 85: Carga modal creada

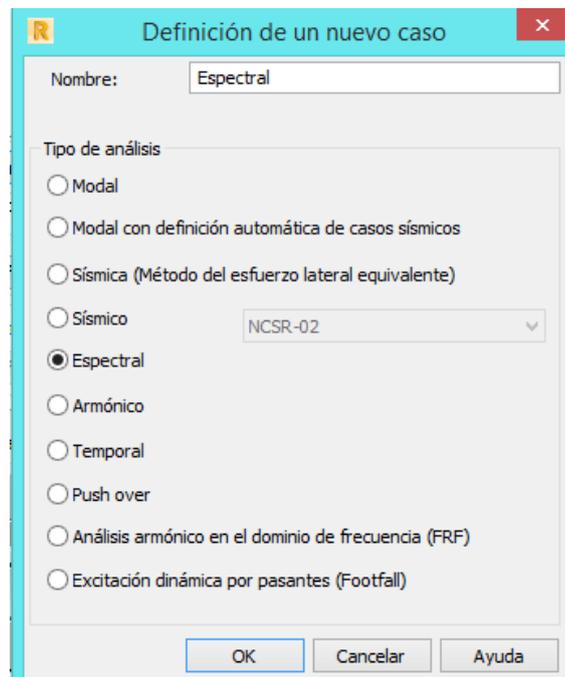


Figura 86: Creación del espectro sísmico

Nos saldrá el siguiente cuadro y le damos en definición del espectro

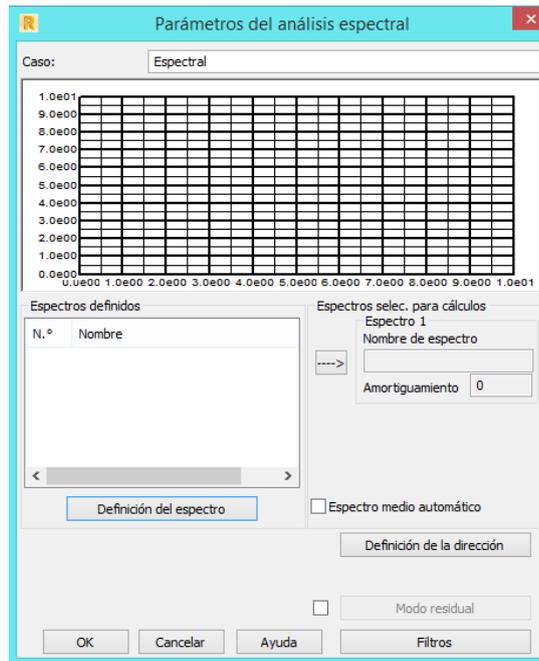


Figura 87: Cuadro donde se ingresaran los valores para el espectro sísmico. Definimos un nombre y hacemos click en puntos donde agregaremos los datos del espectro en X.

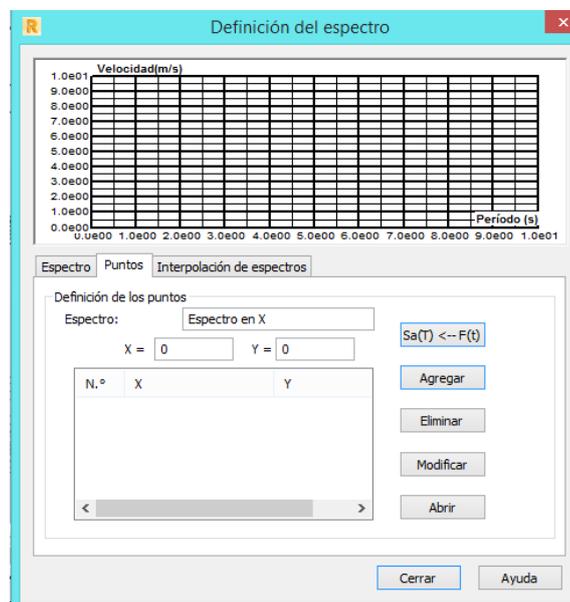


Figura 88: Ingreso de los valores.

Clic en abrir y agregamos los datos del espectro en x (Lo mismo para Y)

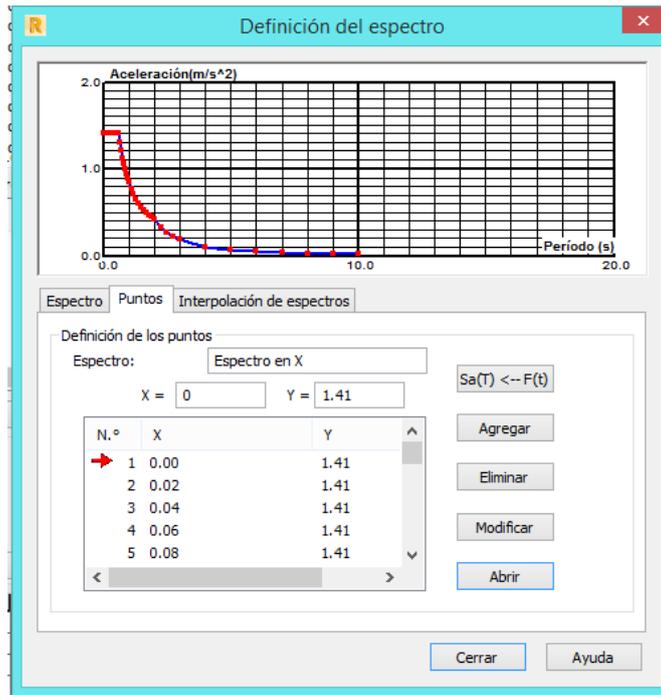


Figura 89: Valores ingresados para el espectro sísmico

Cerramos y después vamos a definir la dirección

$X = 1, Y = 0, z = 0$

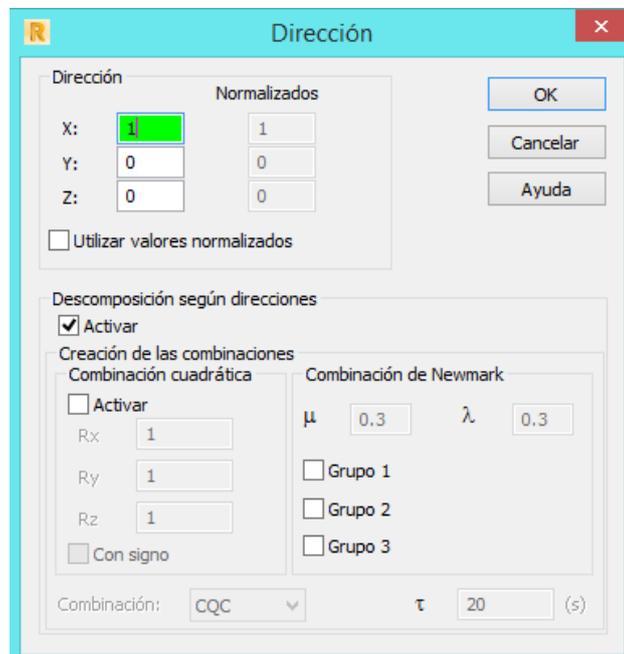


Figura 90: Selección de las direcciones del sismo

Una vez hecho todo esto convertiremos las cargas en masas en cargas – conversión

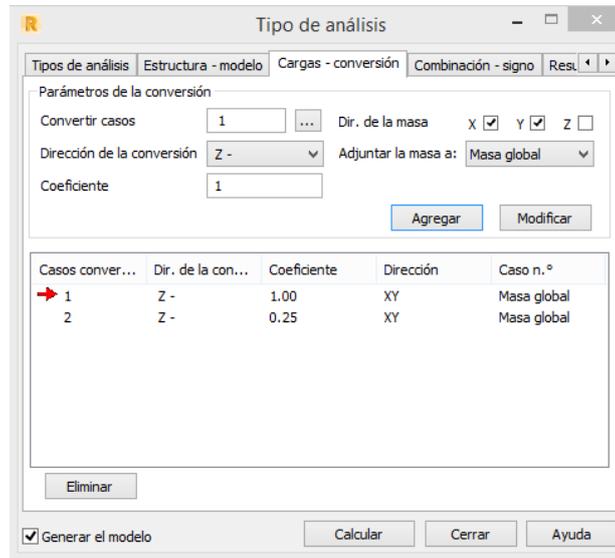


Figura 91: Valores de las masas

**Desplazamiento sísmico en x**

**Derivas de piso**

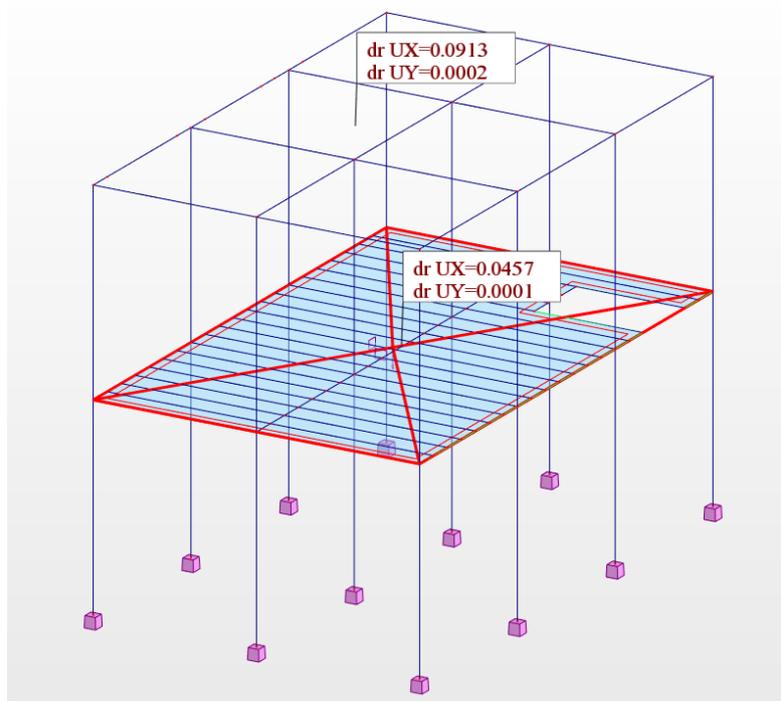


Figura 92: Desplazamiento en los pisos en dirección x

### Primer Piso

$$\frac{0.0457 \times 0.75 \times 7}{270} = 0.00088 < 0.010 \text{ Cumple}$$

### Techo

$$\frac{0.0913 \times 0.75 \times 7}{270} = 0.0017 < 0.010 \text{ Cumple}$$

### Desplazamiento Sísmico En Y

#### Derivas de piso

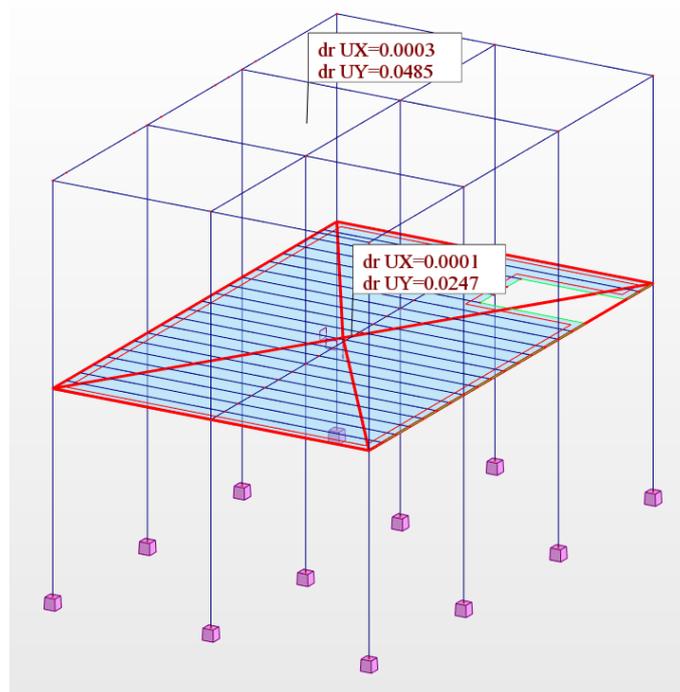


Figura 93: Desplazamiento en los pisos en dirección y

### Primer Piso

$$\frac{0.0247 \times 0.75 \times 7}{270} = 0.00048 < 0.010 \text{ Cumple}$$

### Techo

$$\frac{0.0485 \times 0.75 \times 7}{270} = 0.00094 < 0.010 \text{ Cumple}$$

## **IV. DISCUSIÓN**

A partir de los resultados encontrados, se acepta la hipótesis general que establece que una estructura de bambú soportara las cargas de viento y sismo en la región San Martín, que de acuerdo a los datos encontrados para las cargas de viento la sección asumida de 10 x 15 cm soporta perfectamente los esfuerzos que en ella se producen, así mismo para las cargas por sismo según el modelado estructural la vivienda tiene un desplazamiento en el primer piso menor a 0.010, es decir 0.00088 para el sismo en el eje X, y para el sismo en el eje Y es de 0.0017, para el techo el desplazamiento en el eje X es de 0.00048 y para eje Y es de 0.00094, cumplen con los requisitos de la norma E.20

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Quispe (2010) elementos estructurales de guadua tijeral y viga (Martinez 2011) evaluación y diseño de una vivienda construida a base de bambú, quienes señalan que el uso estructural de la guadua puede soportar las cargas de sismo.

(Martinez 2011) expresa que el uso del bambú en la construcción de viviendas no necesita de especialistas para el uso en la construcción de una vivienda. Esto no es acorde con lo que en este estudio se utilizó para el diseño ya que se necesita de especialistas para asegurar correctamente las uniones, que de acuerdo a la simulación sísmica es donde tiende a fallar.

García (2014/2015) expresa las posibilidades que tiene el bambú como un material estructural así como su ventaja medio ambiental, esto está de acuerdo a esta investigación ya que las posibilidades del bambú dentro de la construcción así como su utilización como viga, columna y muro presentan características que las hacen óptimas para su uso en obra de acuerdo a los resultados alcanzados en esta investigación.

Gutiérrez (2010) señala que las uniones de bambú deben ser realizadas y analizadas para asegurar la resistencia frente a eventos sísmicos, lo cual está de

acuerdo a esta investigación según los resultados alcanzados y a la simulación realizada a eventos sísmicos.

Muxing Ding (2015) señala que el mejor sustituto para el refuerzo con acero es el bambú debido a su buena resistencia a la tracción. Esto no esta acorde a la investigación en esta tesis debido a que ejercerá presión sobre las paredes del bambú generando que se lleguen a rajar.

Después del análisis realizado se puede determinar el importante potencial que tiene la guadua en la construcción y que es muy poco conocido y aprovechado, así mismo la falta de conocimiento en el uso que se le puede dar a la guadua no ha permitido la introducción y el desarrollo en el sistema constructivo del país.

## **V. CONCLUSIONES**

El sistema estructural que se utilizó para diseñar la vivienda es un sistema aporticado, lo cual influye de una manera óptima frente a los eventos sísmicos que al ser modelado en el programa en análisis estático y dinámico, se observó que la vivienda si cumple con los requisitos de seguridad estructural de acuerdo a la norma sismo rresistente E.30. Lo que se complementa con las características mecánicas y elástica de los tallos de bambú.

El suelo en el que se realiza el presente proyecto de investigación ubicado en la ciudad de Tarapoto es limo – arcilloso (SUCS ML, CL) con una capacidad portante de  $0.92 \text{ kg/cm}^2$

Los resultados obtenidos en el diseño de vigas de bambú dieron como resultado que se necesitan tres guaduas en las vigas principales que se encuentran en el eje “Y” en los laterales, para la viga que se encuentra en el eje B entre 1-2 se necesitan 6 guaduas, así mismo para las vigas ubicadas en los ejes “X”, para las columnas según los resultados salio que en la parte más critica de la estructura se necesitan 25 bambús, en el diseño del cimiento corrido dio como resultado que se necesita un ancho mínimo de 40 cm.

El método analítico que se seguio para la resolución de las vigas, columnas, muros y cimiento corrido ya están definidos en las normas utilizadas para esta tesis por lo tanto cumple los requisitos anti sísmicos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En base al presente trabajo se recomienda el uso de estructuras de bambú en lugares donde se facilite su obtención y se disponga de personal calificado apropiado, se demuestra que es un material muy flexible y duradero ante eventos sísmicos y puede soportar cargas de flexión y compresión muy bien.

Se recomienda usar el bambú como sustituto de materiales tradicionales en zonas rurales o donde el diseño arquitectónico lo requiera, y como alternativa al adobe, al tapial y a la quincha.

Es necesario que los trabajos con elementos estructurales en bambú sean llevados a cabo por personal calificado en esta técnica, a fin de garantizar la perfecta unión entre elementos estructurales y respetar los planos de obra.

Las zonas de cultivo o extracción del bambú deben tener un plan de manejo integral que eviten la deforestación, y puedan asegurar la disponibilidad del recurso a futuro.

se recomienda mejorar el suelo mediante el reemplazo de material afirmado en capas de 20 cm.

Se recomienda hacer cunetas alrededor de la vivienda para evitar que las aguas de lluvia entren en contacto con la edificación y evitar la pudrición del bambú.

Los tallos de bambú a emplear deben encontrarse en buen estado indicadas en el presente estudio, esto permitirá asegurar un buen comportamiento estructural.

## VIII REFERENCIAS

**2ACAD.** 2acad. [En línea] <http://www.2acad.es/ventajas-de-utilizar-robot-structural-analysis/>.

**ADNAN, Urdaneta. 2011.** Bambú como alternativa ecológica para la construcción de viviendas de interés social. Venezuela : s.n., 2011.

**BERNAL, Cesar A. 2010.** Metodología de la investigación. Colombia : Pearson Educación, 2010.

**CANDELARIA Ordoñez, Víctor Rubé, y otros. 2002.** Manual para la construcción sustentable. Mexico : s.n., 2002.

**CARTAGENA, Junta de. 2010.** Manual de para diseño de maderas del grupo andino. Cartagena : s.n., 2010.

**CONSTRUCCION** en bambú. [En línea] <http://construirtv.com/manual-de-construccion-en-bambú/>.

**DIAZ, Felix .E. 2010.** Pequeño Manual del bambú. 2010.

**DING, Muxing. 2015.** Exploring the use of bamboo reinforced rubberized concrete (Brrc) As A sustainable. EE.UU : s.n., 2015.

**FIDIAS, Arias. 2006.** Metodología de la investigación. Caracas - Venezuela : Episteme, 2006.

**GALLO Ortiz, Gabriel y Espino Márque, Luis Ignacio. 2001.** Diseño estructural de casas habitación. Mexico D.F : s.n., 2001.

**GARCIA, Samuel Martinez. 2014/2015.** Bambú como material estructural: Generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo. Valencia : s.n., 2014/2015.

**GUTIERREZ, Sergio Clever. 2010.** Uniones estructurales con bambú (Guadua Angustiofilia). Lima : s.n., 2010.

**HERNANDEZ Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista lucio, Pilar. 2006.** Metodología de la investigación. Mexico : Infagon S.A de C.V, 2006.

**HUARCAYA Lizana, Jesus David . 2010.** Determinación de resistencia de uniones estructurales en bambú (Guadua Angustiofilia) Bosque: Flor del Valle, Dsitrito/Provincia: Rioja, Departamento: San Martín. Lima : s.n., 2010.

**LANGER, Villar - Farez - Lozada. 2011.** Taller de estructuras verticales. Ciudad de la plata : s.n., 2011.

**MESEN, Carlos Manuel Herrera. 2008.** Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú. Costa Rica : s.n., 2008.

- MINISTERIO de vivienda. 2006.** Norma tecnica E.20 Cargas. Lima : s.n., 2006.
- MINISTERIO de Vivienda, Construccion y saneamiento. 2012.** Norma tecnica E. 100 BAMBÚ. LIMA : S.N., 2012.
- MINKE, Gernok. 2005.** Manual de construccion de viviendas antisismicas de tierra. Alemania : s.n., 2005.
- NEL Quezada, Lucio. 2010.** Metodologia de la investigacion. Lima : Macro, 2010.
- PARDAVE, Tania Quispe. 1996.** Elementos Estructurales de Bambú (Guadua Angustifolia): Tijeral y viga. Lima : s.n., 1996.
- RODRIGUEZ Romo, Juan Carlos. 2006.** El bambú como material de construcción conciencia tecnologica. Mexico : s.n., 2006.
- SENCICO.** Norma tecnica Peruana E.100 bambú. Lima : s.n.
- SEYMOUR, John. 2014.** Guia practica ilustrada para la vida en el campo. Gales : Blume, 2014.
- TAKAHASHI, Josefina, Ascencios, Daniel. 2004.** Inventario del bambú en el Peru. Lima : s.n., 2004.
- TECNICA, Norma. 2012.** Norma tecnica E.100 bambú. Lima : s.n., 2012.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

### **Matriz De Consistencia**

**Título:** Uso del Bambú como Material estructural caso Vivienda Ecológica en Tarapoto -2017

**Responsable:** Paredes Angulo, Víctor Hugo

| MATRIZ RELACIONAL   |  |   |  |   |   |
|---|--|---|--|---|---|
| FORMULACIÓN DE PROBLEMAS  | OBJETIVOS  | HIPÓTESIS   | VARIABLE   | DEFINICION CONCEPTUAL   | DEFINICION OPERACIONAL  |
| <p><u>General</u><br/>¿De que manera influye uso del bambú como material estructural en una vivienda ecológica Tarapoto – 2017?</p> | <p><u>General</u><br/>Conocer el uso del bambú como material estructural en la construcción de una vivienda ecológica en tarapoto - 2017</p> | <p><u>General</u><br/>El uso del bambú como material estructural soportara cargas de viento y sismo en una vivienda ecológica en la región San Martin</p> | <p><b>Variable 1</b><br/><br/><b>Uso del Bambú</b></p> | <p>“En el Perú se usó desde los tiempos precolombinos, encontró en los bambúes (La Guadua angustifolia) el material ideal para la construcción. La Guadua angustifolia es nativa de los países andino amazónicos y en el Perú sobresale entre otras especies de su género por las propiedades estructurales de sus tallos, tales como la relación peso, siendo incluso comparado con el acero.”<br/>Universidad Ricardo Palma<br/>Ing. Rimara</p> | <p>El bambú debido a su flexibilidad lo hace un material antisísmico, permite aislar del frio, calor y ruido por las cámaras de aire que forman los troncos de bambú.</p> |

| MATRIZ RELACIONAL   |   |   |  |  |  |
|---|---|---|--|--|--|
| FORMULACIÓN DE PROBLEMAS  | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS   | VARIABLE   | DEFINICION CONCEPTUAL  | DEFINICION OPERACIONAL   |
| <b>ESPECIFICOS</b><br>¿De qué manera influye el diseño estructural de bambú en una vivienda ecológica en Tarapoto - 2017? | <b>ESPECIFICOS</b><br>conocer el diseño estructural del bambú en una vivienda ecológica Tarapoto - 2017 | <b>ESPECIFICAS</b><br>El uso del diseño estructural del bambú resistirá las inclemencias climáticas en una vivienda ecológica Tarapoto - 2017 | <b>Variable 2</b><br><br><b>Material estructural</b> | “El estudio de una estructura consiste en evaluar la funcionalidad, factibilidad y seguridad. Estos aspectos toman en cuenta entre otras cosas, la forma, detalle, durabilidad, resistencia, costo, disponibilidad y capacidad de la estructura”<br><br>Facultad de Arquitectura y Diseño febrero 2016 Sistemas Estructurales, Universidad de Los Andes, Venezuela. Prof. Jorge O. Medin | Es todo material que cumple con las especificaciones técnicas según el reglamento nacional de edificaciones Norma E-100 diseño con bambú, para ser utilizada como material estructural en una vivienda (1 planta y 2 plantas) Además, se usará el software (etabs) para aplicar el método estructural. |
| ¿De qué manera influye el suelo para asegurar la estabilidad en una vivienda ecológica en Tarapoto - 2017?                | Conocer el tipo de suelo para asegurar la estabilidad en una vivienda ecológica Tarapoto - 2017         | El uso del bambú en el terreno asegurara la estabilidad en una vivienda ecológica Tarapoto - 2017   |  |  |  |
| ¿De qué manera influye el bambú en el método analítico en una vivienda ecológica en Tarapoto - 2017?                      | Conocer el método analítico del bambú para una vivienda ecológica Tarapoto - 2017                       | El uso del método analítico del bambú será antisísmico en una vivienda ecológica en Tarapoto - 2017   |  |  |  |

## **ANEXO 2**

Instrumentos a utilizar para el desarrollo de este proyecto

## **ANEXO 3**

Estudio de Suelos

## **ANEXO 4**

Diseño de vigas

Para las vigas se utilizará el bambú como material y se consideraran simplemente apoyadas.

La viga que será analizada está en el Eje A entre 1-2 cuyo ancho tributario es de 1.35 m

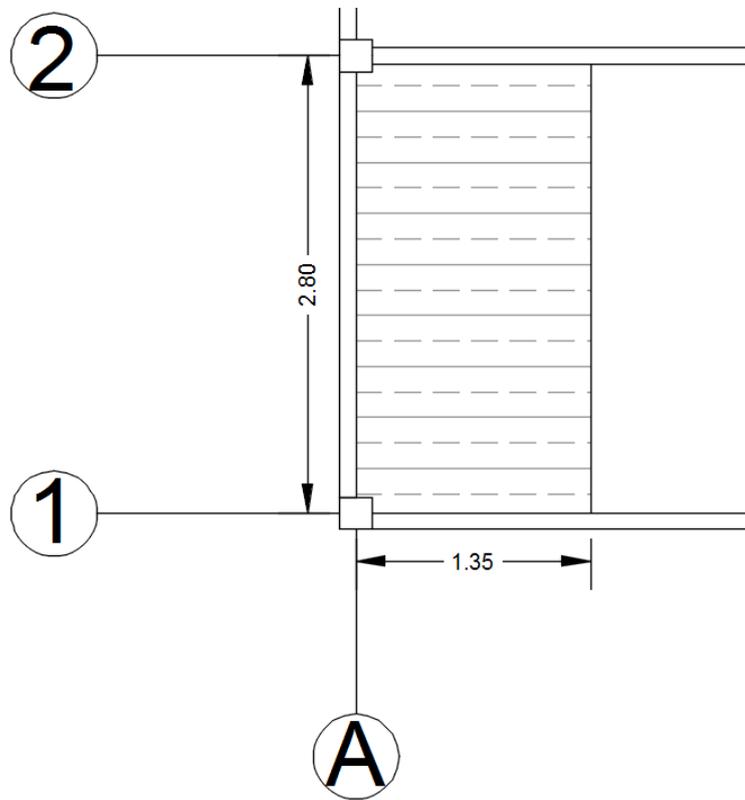


Figura 94: Vista en planta de la viga eje A entre 1-2

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga}$  x  $3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.80 m

Reemplazando en la fórmula queda: (Ver figura 46, p.67)

volumen =  $3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m}$

Volumen =  $0.0141 \text{ m}^3$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen

Peso =  $790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0141 \text{ m}^3$

Peso = 11.12 kg

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga viva**

Carga viva = Carga según norma E.20 x Ancho tributario

Carga viva =  $200 \text{ kg/m}^2 \times 1.35 \text{ m} = 270 \text{ kg/m}$

- **Carga total**

Para la carga total se sumaran los valores anteriormente calculados siendo:

Carga muerta + carga viva =  $213.30 + 3.97 \text{ kg/m} + 270 \text{ kg/m} = 487.27 \text{ kg/m}$

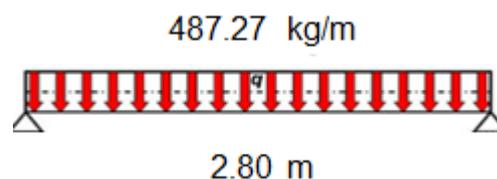


Figura 95: Carga distribuida en la viga eje A entre 1-2

Reaciones en la viga eje A entre 1-2:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{487.27 \frac{kg}{m} \times 2.80m}{2} = 682.18 \text{ kg}$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E.100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 2.74     | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.85     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = E_x + A + d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E.100 bambú

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{viga} = \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{viga} = \frac{3.142 \times (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{viga} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$\frac{\pi \times (de^4 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$Z_{VIGA} =$

$$Z_{VIGA} = \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm})^4)}{32 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{VIGA} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$I_{viga} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{viga} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{viga} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{VIGA} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{VIGA} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{viga} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{viga} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{viga} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para tres cañas de bambú**

$$Z_{VIGA} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{VIGA} = 1094.01 \text{ cm}^3$$

- **Momentos de inercia y módulos de sección necesarios**

Según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas se usará la siguiente fórmula.

$$\Delta = \frac{L}{K}$$

Donde  $K = 250 \rightarrow$  no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.80 \text{ m}}{250} = 0.0112 \text{ m}$$

Calcularemos la deformación en vigas

$$\text{Se usará la fórmula } f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga

Para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexión admisible se obtiene:

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times 4.87 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times 250 \times 280^3 \text{cm}^3}{384 \times 95000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$I_{\text{viga}} = 3663.18 \text{ cm}^4$$

Para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra

$$\text{Módulo de sección necesario : } \frac{M_{\text{max}}}{f_m}$$

Momento máximo en la viga:

$$\frac{q \times L^2}{8} = \frac{487.27 \times (2.80 \text{ m})^2}{8} = 477.52$$

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{47752 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 955.05 \text{ cm}^3$$

Se usara tres cañas de bambú:



Figura 96: Viga compuesta de 3 bambús

Nota: Todas las distancias entre los ejes son iguales por lo tanto se necesitaran 3 bambús, eje A entre 1 – 4.

### Eje B entre 1 - 2

Para las vigas se utilizará el bambú como material y se consideraran simplemente apoyadas .

La viga que será analizada está en el Eje B cuyo ancho tributario es de 2.70 m

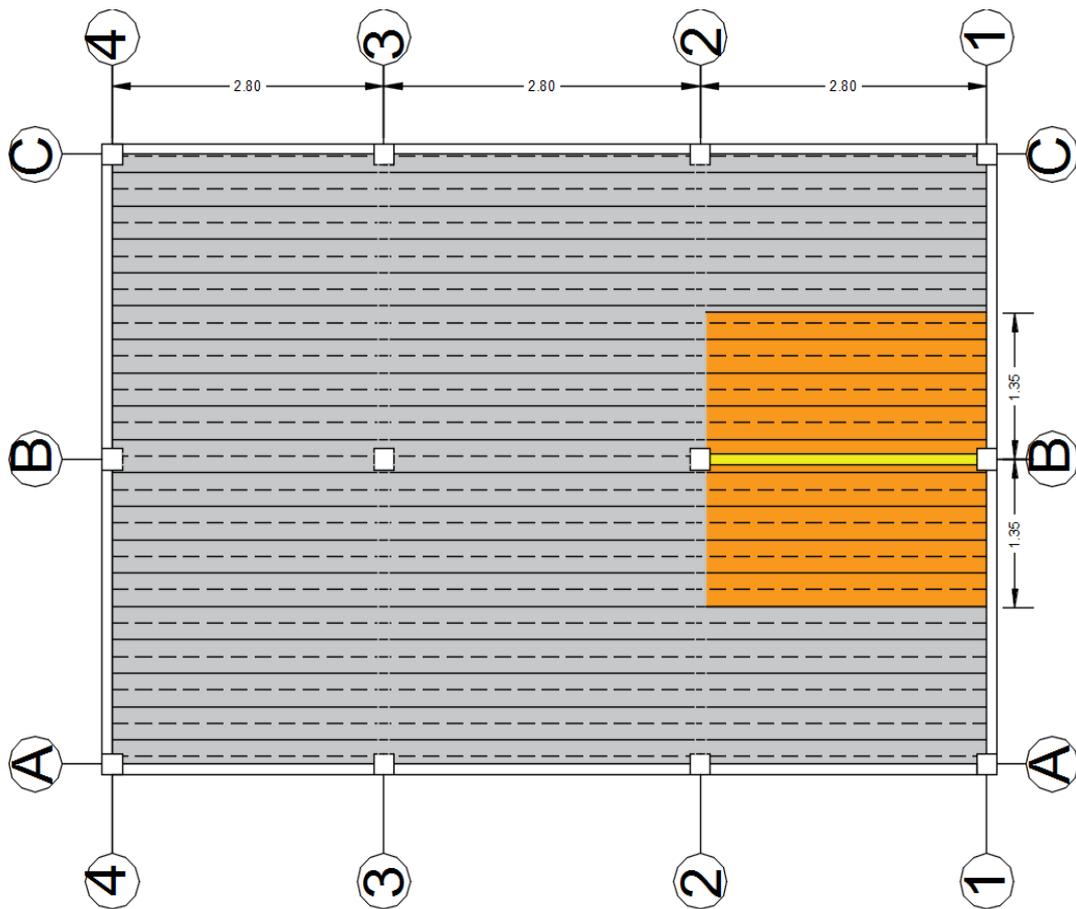


Figura 97: Vista en planta de la viga analizada.

Empezaremos calculando la carga muerta.

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga}$  x  $3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.80 m

Reemplazando en la fórmula queda: ( Ver figura 46 p. 67)

volumen =  $3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m}$

Volumen =  $0.0141 \text{ m}^3$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen

Peso =  $790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0141 \text{ m}^3$

Peso = 11.12 kg

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga viva**

Carga viva = Carga según norma E.20 x Ancho tributario

Carga viva =  $200 \text{ kg/m}^2 \times 2.70 \text{ m} = 540 \text{ kg/m}$

- **Carga total**

Para la carga total se sumaran los valores anteriormente calculados siendo:

Carga muerta + carga viva =  $213.30 + 3.97 \text{ kg/m} + 540 \text{ kg/m} = 757.27 \text{ kg/m}$

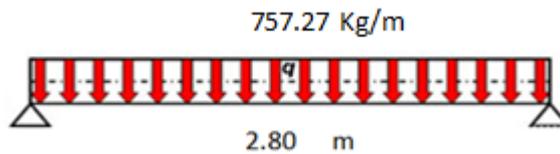


Figura 98: Carga distribuida en la viga b entre 1-2

Reaciones en la viga eje B entre 1-2:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{757.27 \frac{kg}{m} \times 2.80m}{2} = 1060.18 \text{ kg}$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E.100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 5.84     | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.85     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = E_x + A + d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E.100 bambú

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{3.142 \times (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (de^4 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm})^4)}{32 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para tres cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 1094.01 \text{ cm}^3$$

- **Mómentos de inercia y módulos de sección necesarios**

Procederemos a calcular los módulos de inercias y sección necesarios para la viga, según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas se usara la siguiente fórmula:  $\Delta = \frac{L}{K}$

$$\Delta = \frac{L}{K}$$

Donde:

L = Longitud de la viga

K = 250 → no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.80 \text{ m}}{250} = 0.0112 \text{ m}$$

Calcularemos la deformación en vigas

$$\text{Se usará la fórmula : } f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga, para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexión admisible se obtiene

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times 7.57 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times 250 \times 280^3 \text{cm}^3}{384 \times 95000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$I_{\text{viga}} = 5694.10 \text{ cm}^4$$

Para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra:

$$\text{Módulo de sección necesario : } \frac{M_{\text{max}}}{f_m}$$

$$\text{Momento máximo en la viga: } \frac{q \times L^2}{8}$$

$$\frac{757.27 \times (2.80 \text{ m})^2}{8} = 742.12 \text{ kg-m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{74212 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 1484.24 \text{ cm}^3$$

Se usara 6 cañas de bambú:

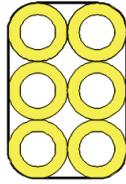


Figura 99: Viga compuesta de 6 bambú

### Eje B entre 1 – 2

Para las vigas se utilizará el bambú como material y se consideraran simplemente apoyadas .

La viga que será analizada está en el Eje B cuyo ancho tributario es de 2.70 m.

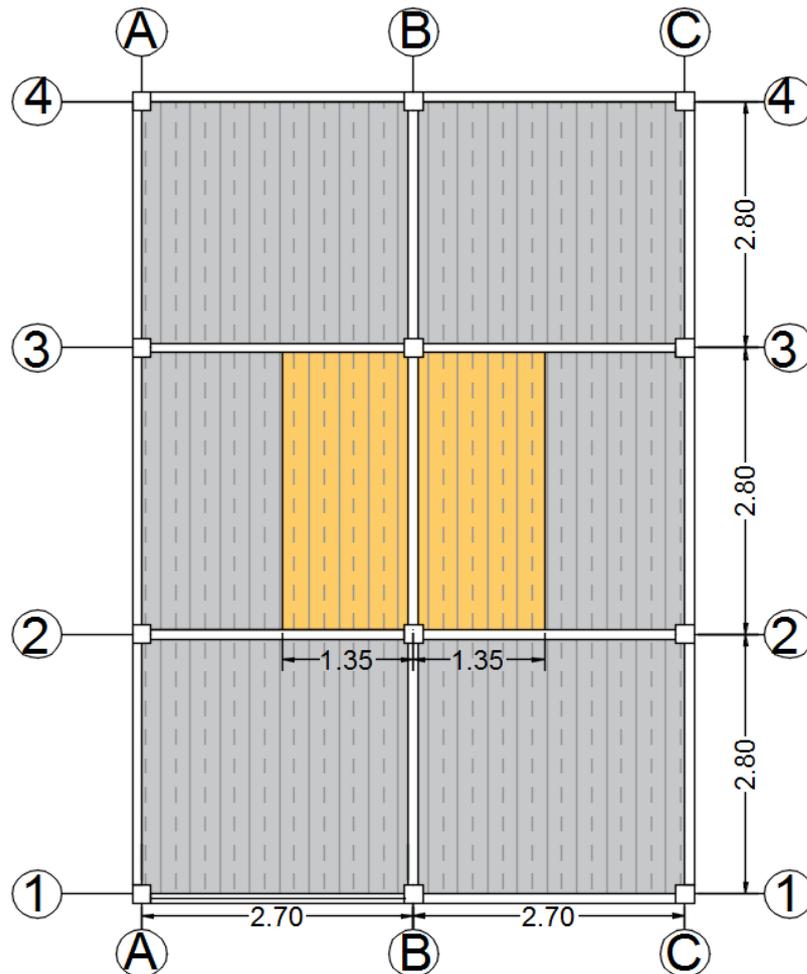


Figura 100: en planta de la viga analizada eje b entre 2-3

Empezaremos calculando la carga muerta.

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga}$  x  $3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.80 m

Reemplazando en la fórmula queda: ( Ver figura 46 p.67)

volumen =  $3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m}$

Volumen =  $0.0141 \text{ m}^3$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen

Peso =  $790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0141 \text{ m}^3$

Peso = 11.12 kg

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga viva**

Carga viva = Carga según norma E.20 x Ancho tributario

Carga viva =  $200 \text{ kg/m}^2 \times 2.70 \text{ m} = 540 \text{ kg/m}$

- **Carga total**

Para la carga total se sumaran los valores anteriormente calculados siendo:

$$\text{Carga muerta} + \text{carga viva} = 3.97 \text{ kg/m} + 540 \text{ kg/m} = 543.97 \text{ kg/m}$$

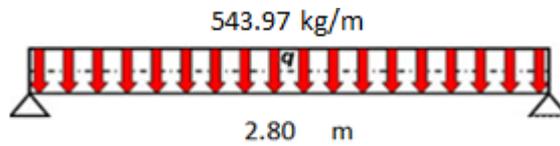


Figura 101: Carga distribuida en la viga eje b entre 2-3

Reacciones en la viga eje B entre 1-2:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{543.97 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 2.80 \text{ m}}{2} = 761.59 \text{ kg}$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E.100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 5.84     | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.85     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = E_x + A + d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E.100 bambú.

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{3.142 \times (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (de^4 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm})^4)}{32 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para tres cañas de bambú**

$$Z_{VIGA} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{VIGA} = 1094.01$$

- **Mómentos de inercia y modulos de sección necesarios**

Procederemos a calcular los módulos de inercias y sección necesarios para la viga ,según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas

se usara la siguiente fórmula:  $\Delta = \frac{L}{K}$

Donde:

L = Longitud de la viga

K = 250 → no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.80 \text{ m}}{250} = 0.0112 \text{ m}$$

Calcularemos la deformación en vigas

Se usará la fórmula :  $f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga

para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexión admisible se obtiene:

$$I_{viga} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{viga} = \frac{5 \times 7.57 \frac{kg}{cm} \times 250 \times 280^3 cm^3}{384 \times 95000 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$I_{viga} = 5694.10 \text{ cm}^4$$

Cálculo del Módulo de Sección Necesario Para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra:

$$\text{Módulo de sección necesario : } \frac{M_{max}}{f_m}$$

Momento máximo en la viga :  $\frac{q \times L^2}{8}$

$$\frac{543.97 \times (2.80 \text{ m})^2}{8} : 533.09 \text{ kg-m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario : } \frac{53309 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 1066.18 \text{ cm}^3$$

Se usara tres cañas de bambú:

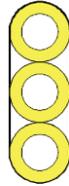


Figura 102: Viga compuesta por 3 cañas de bambú

## Diseño de vigas en el eje x

### Eje 1 entre A - Bigual B - C.

La viga que será analizada está en el Eje 1 entre A-B cuyo ancho tributario es de 0.20 m

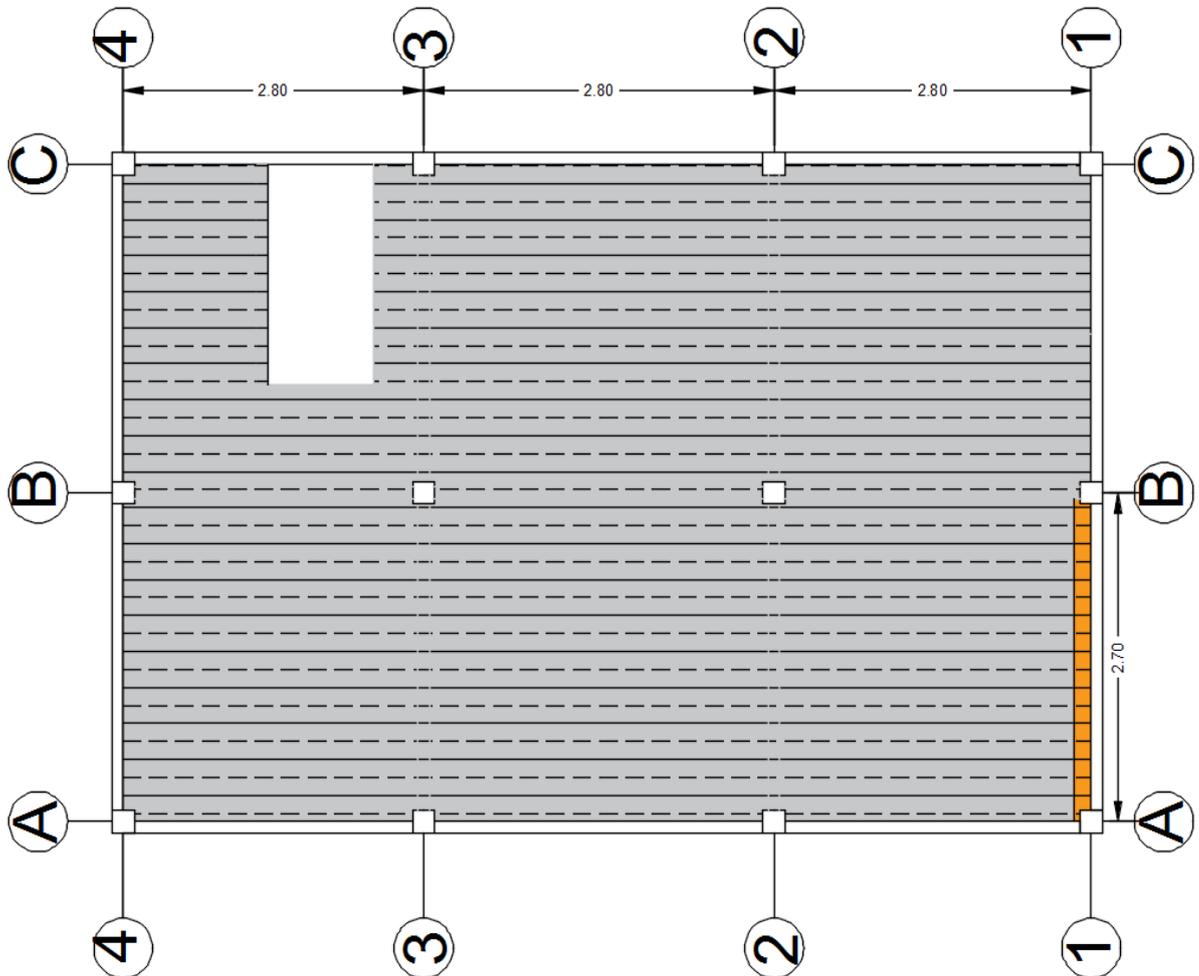


Figura 103: Vista en planta de la viga analizada eje 1 entre a-b

Empezaremos calculando la carga muerta.

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga}$  x  $3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.70 m

Reemplazando en la fórmula queda: ( Ver figura 46 p.67)

volumen =  $3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.70 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.70 \text{ m}$

Volumen =  $0.0136 \text{ m}^3$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen

Peso =  $790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0136 \text{ m}^3$

Peso = 10.74 kg

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga viva**

Carga viva = Carga según norma E.20 x Ancho tributario

Carga viva =  $200 \text{ kg/m}^2 \times 0.20 \text{ m} = 40 \text{ kg/m}$

- **Carga total**

Para la carga total se sumaran los valores anteriormente calculados siendo:

Carga muerta + carga viva =  $213.30 \text{ kg/m} + 3.97 \text{ kg/m} + 40.00 \text{ kg/m} = 257.27 \text{ kg/m}$

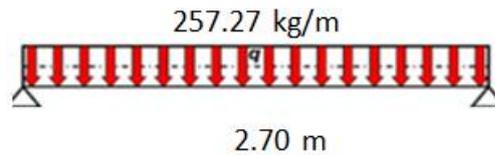


Figura 104: Carga distribuida en la viga eje 1 entre a-b

Reaciones en la viga eje 1 entre A - B:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{257.27 \frac{kg}{m} \times 2.70m}{2} = 346.95 \text{ kg}$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E.100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 0.4397   | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.85     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = I_x + A \times d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E.100 bambú

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{3.142 \times (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (de^4 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm})^4)}{32 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para tres cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 1094.01 \text{ cm}^3$$

- **Mómentos de inercia y modulos de sección necesarios**

Procederemos a calcular los módulos de inercias y sección necesarios para la viga, según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas se usara la siguiente fórmula:  $\Delta = \frac{L}{K}$

Donde:

L = Longitud de la viga

K = 250 → no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.80 \text{ m}}{250} = 0.0112 \text{ m}$$

Calcularemos la deformación en vigas

Se usará la fórmula :  $f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga

para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexión admisible se obtiene:

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times 3.47 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times 250 \times 270^3 \text{cm}^3}{384 \times 95000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$I_{\text{viga}} = 2610.11 \text{ cm}^4$$

Cálculo del módulo de sección necesario para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{M_{\text{max}}}{f_m}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{q \times L^2}{8}$$

Q = Carga distribuida

L = Longitud de la viga

$$M_{\text{max}} = \frac{257.27 \times 2.70^2}{8} = 234.44 \text{ kg-m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{23444 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 468.88 \text{ cm}^3$$

Se usaran 4 cañas de bambú

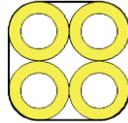


Figura 105: viga de bambú compuesta de 4 cañas de bambú

**Eje 1 - 2 entre A - B igual eje 1-2 entre B - C**

La viga está entre el eje 1-2 y entre el eje A -B cuyo ancho tributario es de 0.40 m.

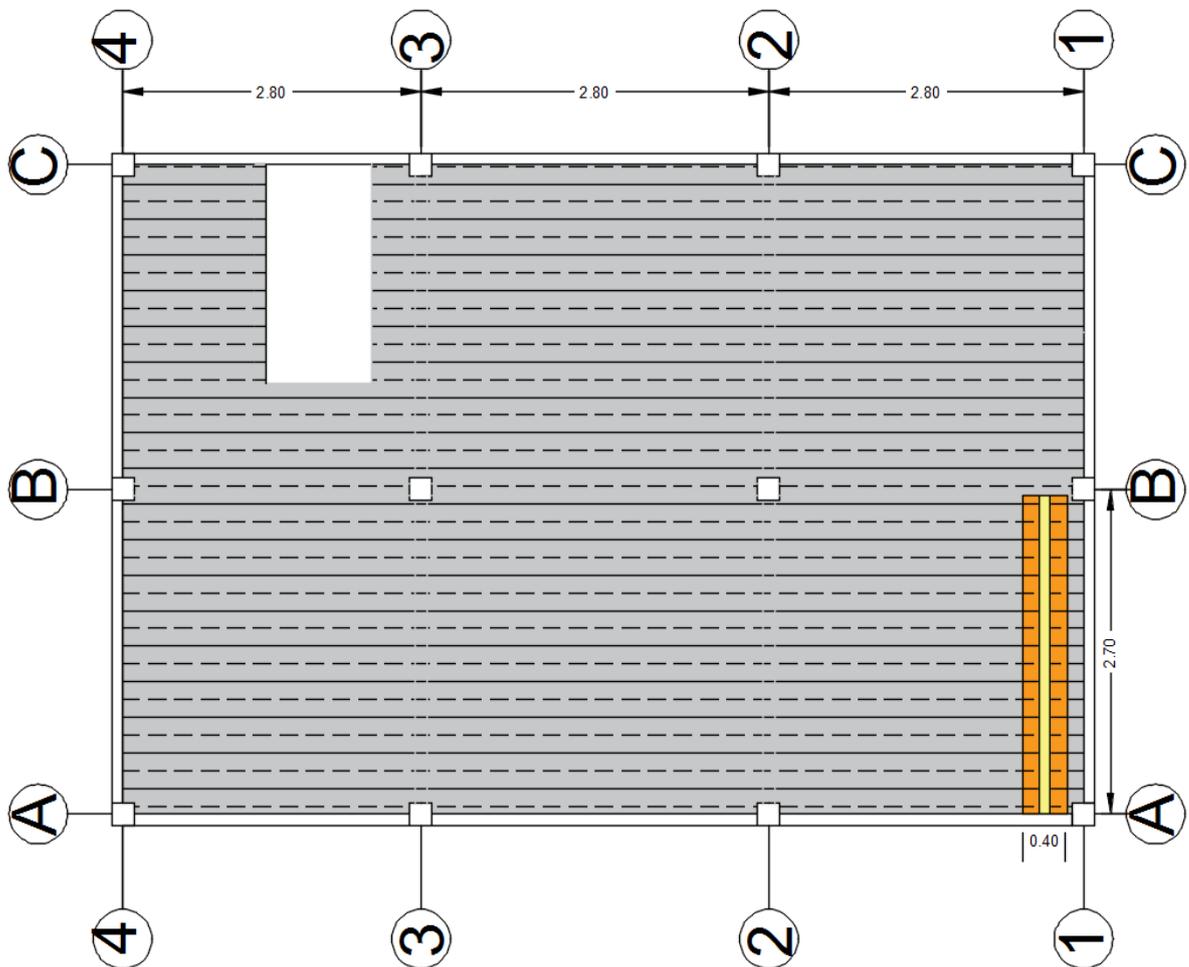


Figura 106: Vista en planta de la viga analizada eje 1 entre a-b

Empezaremos calculando la carga muerta.

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga}$  x  $3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.70 m

Reemplazando en la fórmula queda: ( Ver figura 46 p.67)

volumen =  $3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.70 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.70 \text{ m}$

Volumen =  $0.0136 \text{ m}^3$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen

Peso =  $790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0136 \text{ m}^3$

Peso = 10.74 kg

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga viva**

Carga viva = Carga según norma E.20 x Ancho tributario

Carga viva =  $200 \text{ kg/m}^2 \times 0.40 \text{ m} = 80 \text{ kg/m}$

- **Carga total**

Para la carga total se sumaran los valores anteriormente calculados siendo:

Carga muerta + carga viva = 3.97 kg/m + 80.00 kg/m = 83.97 kg/m

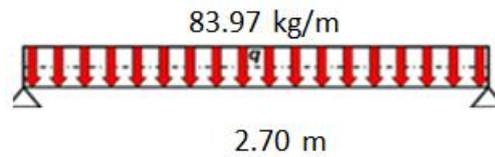


Figura 107: Carga distribuida en la viga eje 1 entre a-b

Reaciones en la viga eje 1 entre A - B:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{83.97 \frac{kg}{m} \times 2.70m}{2} = 113.36 \text{ kg}$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E.100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 0.8397   | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.70     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = I_x + A \times d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E.100 bambú

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{3.142 \times (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (de^4 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm})^4)}{32 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para tres cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{VIGA} = 1094.01 \text{ cm}^3$$

Procederemos a calcular los módulos de inercias y sección necesarios para la viga

Según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas se

usará la siguiente fórmula:  $\Delta = \frac{L}{K}$

Donde:

L = Longitud de la viga

K = 250 → no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.80 \text{ m}}{250} = 0.0112 \text{ m}$$

Calcularemos la deformación en vigas

Se usará la fórmula :  $f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga

para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexión admisible se obtiene:

$$I_{viga} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{viga} = \frac{5 \times 0.837 \frac{kg}{cm} \times 250 \times 270^3 cm^3}{384 \times 95000 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$I_{viga} = 564.51 \text{ cm}^4$$

Para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra

Módulo de sección necesario :  $\frac{M_{max}}{f_m}$

$$M_{max} = \frac{q \times L^2}{8}$$

Q = Carga distribuida

L = Longitud de la viga

$$M_{\max} = \frac{83.97 \times 2.70^2}{8} = 76.52 \text{ kg-m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario : } \frac{7652 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 153.04 \text{ cm}^3$$

Se usará dos bambús:



Figura 108: Vista de sección de viga compuesta de 2 bambús

**Eje 3 entre A - B igual B - C**

La viga que será analizada está entre el eje 1-2 y entre el eje A -B cuyo ancho tributario es de 0.40 m

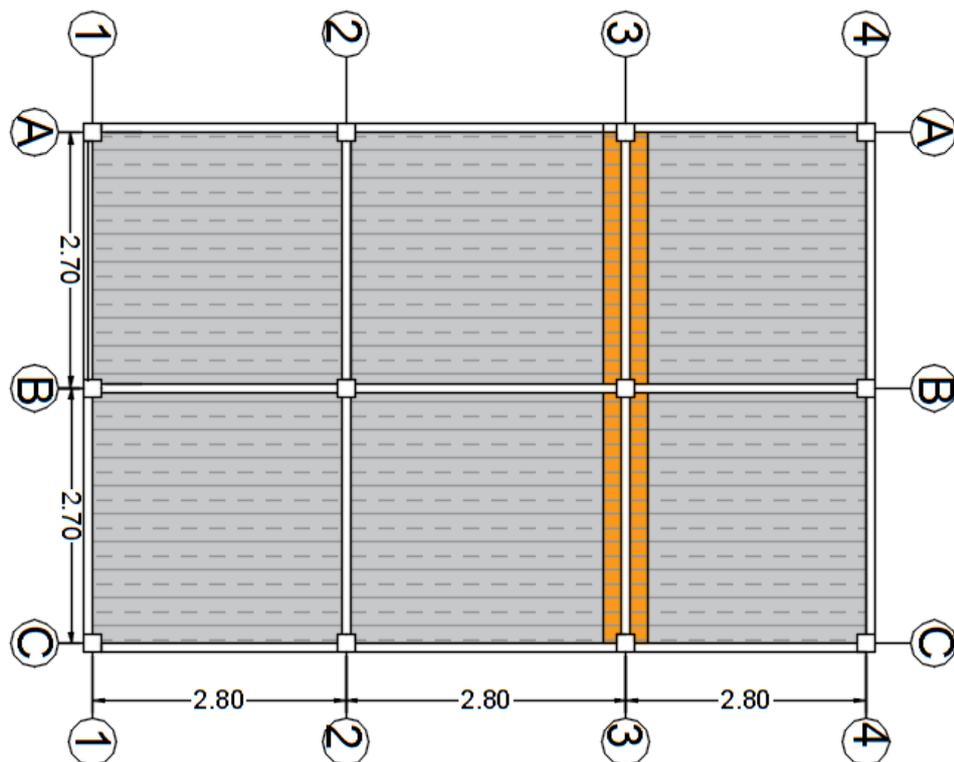


Figura 109: Vista en planta de la viga analizada.

Empezaremos calculando la carga muerta.

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga}$  x  $3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.70 m

Reemplazando en la fórmula queda: (Ver figura 46, p 67)

volumen =  $3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.70 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.70 \text{ m}$

Volumen =  $0.0136 \text{ m}^3$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen

Peso =  $790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0136 \text{ m}^3$

Peso = 10.74 kg

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga viva**

Carga viva = Carga según norma E.20 x Ancho tributario

Carga viva =  $200 \text{ kg/m}^2 \times 0.40 \text{ m} = 80 \text{ kg/m}$

- **Carga total**

Para la carga total se sumaran los valores anteriormente calculados siendo:

Carga muerta + carga viva = 213.30 kg/m + 3.97 kg/m + 80.00 kg/m = 297.27 kg/m

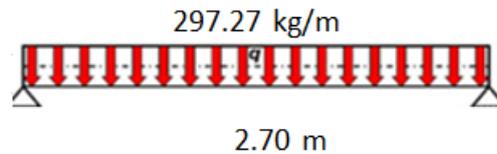


Figura 110: Carga distribuida en la viga eje 3 entre a-b y b-c

Reacciones en la viga eje 1 entre A - B:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{297.27 \frac{kg}{m} \times 2.70m}{2} = 401.31kg$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E.100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 0.8397   | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.70     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = E_x + A + d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E.100 bambú

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{3.142 \times (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (de^4 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm})^4)}{32 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para tres cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{VIGA} = 1094.01 \text{ cm}^3$$

Procederemos a calcular los momentos de inercias y sección necesarios para la viga, según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas se usara la siguiente fórmula:  $\Delta = \frac{L}{K}$

Donde:

L = Longitud de la viga

K = 250 → no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.80 \text{ m}}{250} = 0.0112 \text{ m}$$

Calcularemos la deformación en vigas

$$\text{Se usará la fórmula : } f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga

Para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexión admisible se obtiene:

$$I_{viga} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{viga} = \frac{5 \times 2.97 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times 250 \times 270^3 \text{cm}^3}{384 \times 95000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$I_{viga} = 2003.10 \text{ cm}^4$$

Para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{M_{max}}{f_m}$$

$$M_{max} : \frac{q \times L^2}{8}$$

Q = Carga distribuida

L = Longitud de la viga

$$M_{max} = \frac{297.27 \times 2.70^2}{8} = 270.89 \text{ kg-m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{27089 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 541.78 \text{ cm}^3$$

Se usará 4 bambús

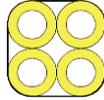


Figura 99: Vista de sección de viga compuesta

**Nota:** Al ser los espacios 0.40 metros en ancho tributario se considerara el número de guaduas a utilizar como 4.

## Diseño de vigas segundo piso

### Diseño de vigas en el eje Y

#### Eje A entre 1-2 igual a eje C entre 1-2

Para las vigas se utilizará el bambú como material y se consideraran simplemente apoyadas.

La viga que será analizada está en el Eje A entre 1 - 2:

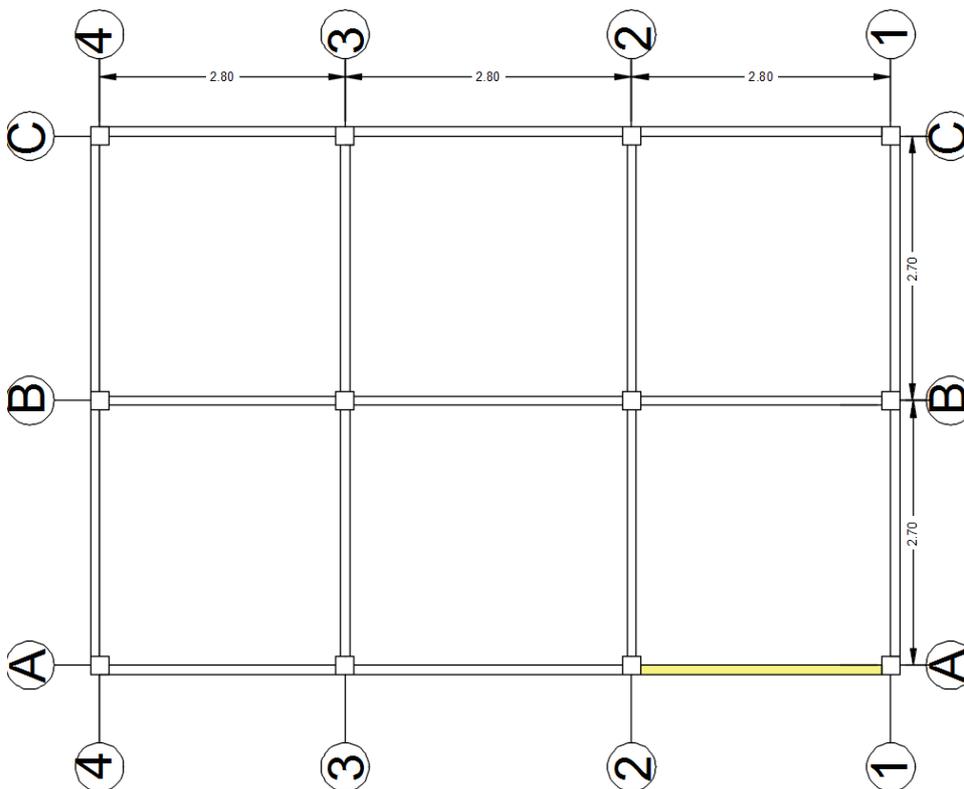


Figura 111: vista en planta segundo piso de la viga analizada eje A entre 1-2

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga}$  x  $3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.80 m

Reemplazando en la fórmula queda: ( Ver figura 46, p. 67)

volumen =  $3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.80 \text{ m}$

Volumen =  $0.0141 \text{ m}^3$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen

Peso =  $790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0141 \text{ m}^3$

Peso = 11.12 kg

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga total**

Carga muerta = 3.97 kg/m

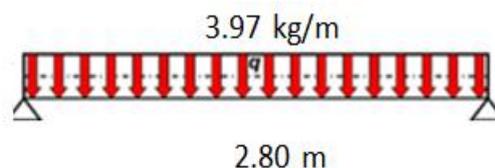


Figura 112: Carga distribuida en la viga segundo piso eje A entre 1-2

Reaciones en la viga eje A entre 1-2:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{3.97 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 2.80 \text{ m}}{2} = 5.56 \text{ kg}$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E.100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 0.37     | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.85     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = E_x + A + d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E.100 bambú

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \frac{\pi x (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{3.142 x (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi x (de^4 - (de - 2 x t)^4)}{32 x de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi x (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 x 2 \text{ cm})^4)}{32 x 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{\text{viga}} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{\text{viga}} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 1094.01 \text{ cm}^3$$

- **Mómentos de inercia y modulos de sección necesarios**

Procederemos a calcular los módulos de inercias y sección necesarios para la viga.

Según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas se usara la siguiente fórmula.

$$\Delta = \frac{L}{K}$$

Donde  $K = 250 \rightarrow$  no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.80 \text{ m}}{250} = 0.0112 \text{ m}$$

Calcularemos la deformación en vigas

$$\text{Se usará la fórmula : } f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga

Para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexión admisible se obtiene:

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times 0.056 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times 250 \times 280^3 \text{cm}^3}{384 \times 95000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$I_{\text{viga}} = 42.12 \text{ cm}^4$$

Para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{M_{\text{max}}}{f_m}$$

$$\text{Momento máximo en la viga : } \frac{q \times L^2}{8}$$

$$\frac{5.56 \times (2.80 \text{ m})^2}{8} = 5.45 \text{ kg-m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario} = \frac{545 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 10.90 \text{ cm}^3$$

Se usara una cañas de bambú

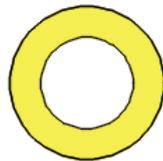


Figura 103: Viga de bambú

**Nota:** Se usaran una caña de bambú para todas las vigas del segundo piso ya que tiene el mismo peso.

**Diseño de vigas en el eje x**

**Eje 1 entre A-B igual a B - C**

Para las vigas se utilizará el bambú como material y se consideraran simplemente apoyadas.

La viga que será analizada está en el Eje A entre 1 - 2:

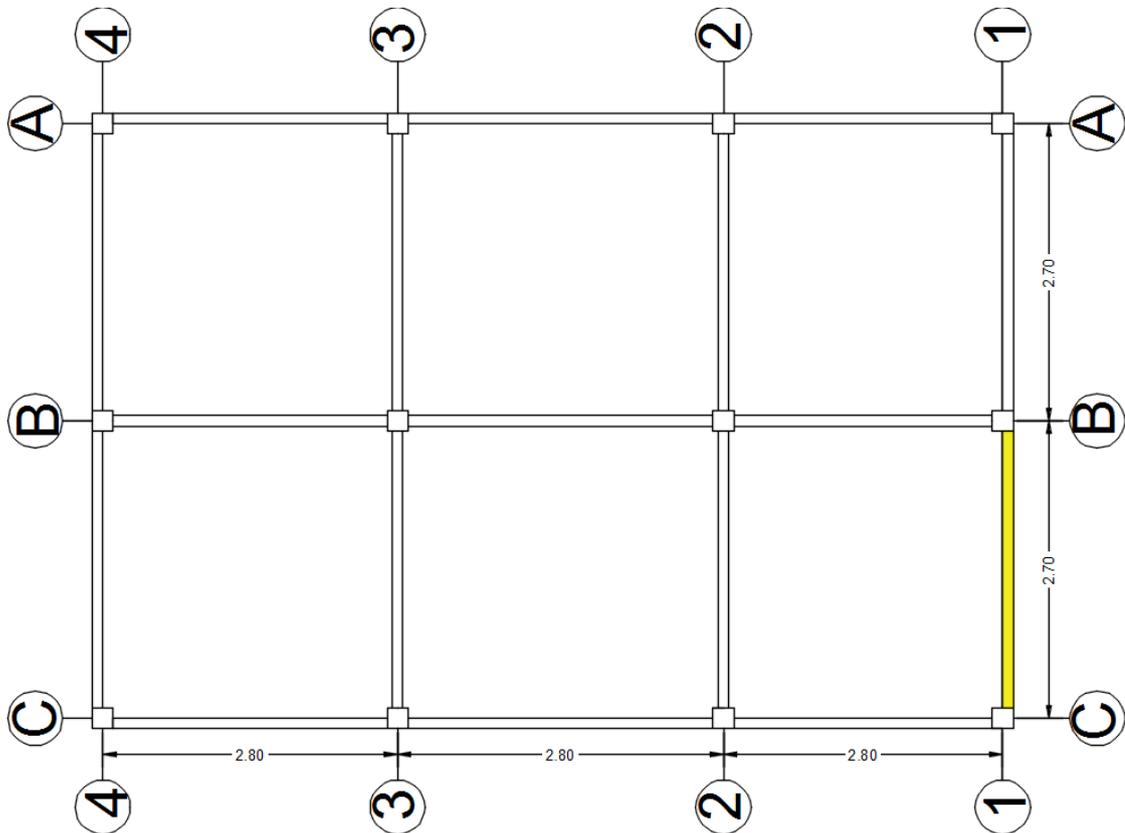


Figura 113: vista en planta segundo piso de la viga analizada eje x

- **Carga muerta**

No hay ninguna fórmula para calcular directamente el peso del bambú, en este caso primero se calculara el volumen de un cilindro hueco.

Volumen =  $3.14 \times R^2 \times \text{Long. De la viga}$  x  $3.14 \times r^2 \times \text{Long. De la viga}$

R = Radio mayor

r = Radio menor

Las dimensiones de la sección del bambú son:

Radio mayor = 5 cm

Radio menor = 3 cm

H = 2.70 m

Reemplazando en la fórmula queda: (Ver figura 46 p.67)

volumen =  $3.1416 \times 0.05^2 \text{ m} \times 2.70 \text{ m} - 3.1416 \times 0.03^2 \text{ m} \times 2.70 \text{ m}$

Volumen =  $0.0136 \text{ m}^3$

Una vez obtenido el volumen procederemos a calcular el peso

Peso = Peso específico del bambú x volumen

Peso =  $790.00 \text{ kg/m}^3 \times 0.0136 \text{ m}^3$

Peso = 10.74 kg

Por metro lineal el bambú pesa = 3.97 kg/m

- **Carga total**

Para la carga total se sumaran los valores anteriormente calculados siendo:

Carga muerta + carga murta de techo =  $3.97 \text{ kg/m} + 33.60 \text{ kg/m} = 37.57 \text{ kg/m}$

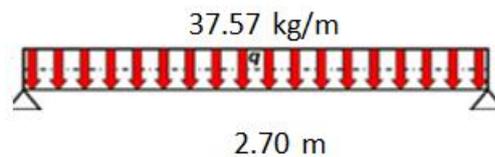


Figura 114: Carga distribuida en la viga segundo piso eje A entre 1-2

Reacciones en la viga eje A entre 1-2:

$$R = \frac{q \times L}{2}$$

$$R = \frac{37.57 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 2.70 \text{ m}}{2} = 50.72 \text{ kg}$$

- **Calculo de inercias según norma técnica E.100 bambú**

Para calcular el número de bambús a utilizar en la viga se usara las inercias de las guaduas, para esto primero daremos a conocer los datos del bambú:

|    |   |                  |          |                    |
|----|---|------------------|----------|--------------------|
| De | = | Diámetro externo | 10.00    | Cm                 |
| DI | = | Diámetro interno | 6.00     | Cm                 |
| T  | = | Espesor de pared | 2.00     | Cm                 |
| W  | = | peso             | 0.033    | Kg/cm              |
| L  | = | Long, viga       | 2.85     | m                  |
| E  | = | Mod. elasticidad | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |

Para calcular la inercia en la guadua se utilizara el teorema de Steiner

$$I_0 = E_x + A + d^2$$

También se procederá a calcular el módulo de sección en este caso se usaran las fórmulas que están en la norma técnica E.100 bambú

- **Momento de inercia para una caña de bambú**

$$I_{\text{viga}} = \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{3.142 \times (10000.00 \text{ cm}^4 - 1296.0 \text{ cm}^4)}{64}$$

$$I_{\text{viga}} = 427.26 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (de^4 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - (10 \text{ cm} - 2 \times 2 \text{ cm})^4)}{32 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Z_{\text{VIGA}} = 85.45 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para dos cañas de bambú**

$$\left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 2$$

I<sub>viga</sub> =

$$I_{viga} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 2$$

$$I_{viga} = 3367.80 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para una caña de bambú**

$$Z_{VIGA} = \frac{\pi \times (5 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{32 \times de}$$

$$Z_{VIGA} = 336.78 \text{ cm}^3$$

- **Momento de inercia para tres cañas de bambú**

$$I_{viga} = \left( \frac{\pi \times (de^4 - di^4)}{64} + \frac{\pi \times (de^2 - di^2)}{4} \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right) \times 3$$

$$I_{viga} = \left( \frac{\pi \times (10^4 \text{ cm}^4 - 6^4 \text{ cm}^4)}{64} + \frac{\pi \times (10^2 \text{ cm}^2 - 6^2 \text{ cm}^2)}{4} \times (5 \text{ cm})^2 \right) \times 3$$

$$I_{viga} = 5051.67 \text{ cm}^4$$

- **Módulo de sección para dos cañas de bambú**

$$Z_{VIGA} = \frac{\pi \times (35 \times de^4 - 4 \times de^2 \times (de - 2 \times t)^2 - (de - 2 \times t)^4)}{96 \times de}$$

$$Z_{VIGA} = 1094.01 \text{ cm}^3$$

- **Mómentos de inercia y modulos de sección necesarios**

Procederemos a calcular los módulos de inercias y sección necesarios para la viga.

Según (Pardave, 2010) para calcular las deformaciones producidas en las vigas se usara la siguiente fórmula:  $\Delta = \frac{L}{K}$

Donde  $K = 250 \rightarrow$  no se considera cielo raso

$$\Delta = \frac{2.70 \text{ m}}{250} = 0.0108 \text{ m}$$

Calcularemos la deformación en vigas

$$\text{Se usará la fórmula : } f = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I}$$

Esta fórmula será igualada a  $\frac{L}{K}$  para obtener la deformaciones en la viga

Para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra.

Despejando la ecuación de deflexión admisible se obtiene:

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times W \times K \times L^3}{384 \times E}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{5 \times 0.375 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times 250 \times 280^3 \text{cm}^3}{384 \times 95000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$I_{\text{viga}} = 282.07 \text{ cm}^4$$

Para que el elemento no vaya a fallar, es necesario tener un módulo de sección suficiente para que esto no ocurra .

Momento máximo en la viga :

$$\frac{q \times L^2}{8}$$

$$\frac{37.57 \times (2.70 \text{ m})^2}{8} = 34.24 \text{ kg-m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario : } \frac{M_{\text{max}}}{f_m}$$

$$\text{Módulo de sección necesario : } \frac{3424 \text{ kg-cm}}{50 \text{ kg/cm}^2} = 68.48 \text{ cm}^3$$

Se usara una cañas de bambú



Figura 115: Viga de bambú

Nota: Se usaran una caña de bambú para todas las vigas del segundo piso ya que tiene el mismo peso.

## **ANEXO 5**

Diseño de columnas

## Eje A – 1 igual a eje C - 1

- **Datos del bambú según norma técnica E.100 bambú:**

|                                      |   |          |                    |                              |
|--------------------------------------|---|----------|--------------------|------------------------------|
| Compresión paralela a la fibra $F_c$ | = | 130.00   | Kg/cm <sup>2</sup> | Norma técnica E.100<br>bambú |
| Flexión                              | = | 50.00    | Kg/cm <sup>2</sup> |                              |
| E                                    | = | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |                              |

Para hacer el cálculo de las columnas se asumirá cualquier sección rectangular.

**Nota:** si la sección asumida no cumple con los requisitos que da la norma técnica E.100 bambú se procederá a aumentar la sección.

Sección de:

Base = 20 cm

Altura = 20 cm

Esto nos da un área de = 400.00 cm<sup>2</sup>

- **Esbeltez de la columna**

En este paso se determinará la esbeltez de la columna, es decir para determinar si la columna es larga intermedia o corta.

$$\Lambda = \frac{L}{R}$$

$\Lambda$  = Relación de esbeltez del elemento

L = Longitud del elemento en mm

R = Radio de giro de la sección en mm

- **Radio de giro**

El radio de giro está dada por la siguiente fórmula :

$$\frac{\sqrt{(De^2 + (De - 2 \times t)^2)}}{4}$$

Donde:

De = Diámetro exterior de la guadua = 10 cm

T = Espesor de la pared de la guadua = 2 cm

Reemplazando en la fórmula queda:

$$\frac{\sqrt{(0.10 \text{ m}^2 + (0.10 \text{ m} - 2 \text{ m} \times 0.02 \text{ m})^2)}}{4} = 0.0292 \text{ m}$$

Una vez obtenido el radio de giro procederemos a calcular la esbeltez de la columna:

$$\Lambda = \frac{2700.00 \text{ mm}}{29.20 \text{ mm}} = 92.46$$

- **Clasificación de columnas**

Ahora para verificar si la columna es larga, intermedia o corta se usara el siguiente cuadro de la norma técnica E.100 bambú. ( Ver tabla 7 p.63)

Pero aún no se puede determinar la esbeltez de la columna porque falta el dato Ck.

- **Calculo de Ck**

Para calcular Ck usaremos la norma técnica E.100 bambú:

$$Ck = 2.565 \frac{\sqrt{E_{0.05}}}{F_c}$$

E<sub>0.005</sub> = en el percentil 5 en Mpa

F<sub>c</sub> = compresión paralela a las fibras en Mpa

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

E<sub>0.005</sub> = 3756.64 Mpa.

Reemplazando los valores en la fórmula se tiene:

$$CK = 43.60$$

Entonces se determina que la columna es larga.

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E.100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ Mpa} \times 40000 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 10.96 \text{ kN}$$

- **Flexocompresión**

Se procederá a calcular por flexocompresión para verificar si la columna soporta las cargas proveniente de las vigas, según norma técnica E. 100 bambú es:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

N = Carga axial aplicada

N<sub>adm</sub> = Carga admisible (Calculada según las fórmulas de la columna)

K<sub>m</sub> = Factor de magnificación de momentos

M = Valor absoluto de momento flector máximo (Columna)

Z = Módulo de sección

F<sub>m</sub> = Esfuerzo admisible a flexión

N<sub>cr</sub> = Carga critica de euler

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

Donde:

N = Carga axial aplicada

N<sub>cr</sub> = Carga crítica de Euler para pandeo

Antes de calcular Km (Magnificación de momentos) se calculará la carga crítica de Euler.

- **Carga crítica de Euler**

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.005} \cdot I}{L_{ef}^2}$$

E<sub>0.005</sub> = Módulo de percentil 5

I = Inercia de la sección (Bambú)

L<sub>ef</sub> = Longitud efectiva

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

3756.64 MPa

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$\frac{(3.1416)^2 \times 3756.64 \text{ MPa} \times 109578600 \text{ mm}^4}{(2700 \text{ mm})^2}$$

N<sub>cr</sub> = 557.31Kn

Otro dato que se necesita para calcular km es la carga axial aplicada a la columna, estos datos se obtendrán de la reacciones de las vigas (Simplemente apoyadas).

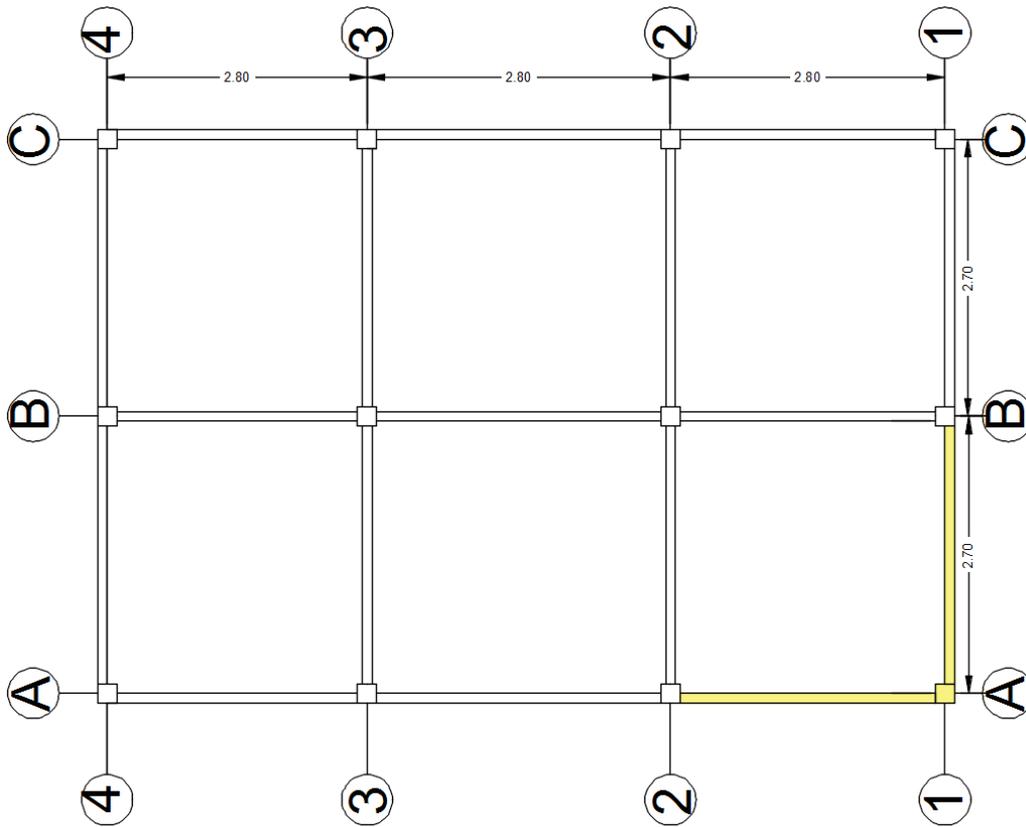


Figura 116: Columna analizada eje A-1

- **Carga axial aplicada**

Reacción de la viga del eje A entre 1-2, eje 1 entre A-B nos da: 487.27 kg + 346.95 kg + 113.36 kg + 5.36 kg = 952.94 kg

Ahora obtenido este valor podemos calcular la Magnificación de momentos Km

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{9.35 \text{ Kn}}{557.31 \text{ kn}}} = 1.03$$

- **Momento en la columna**

Procederemos a calcular el momento máximo en la columna:

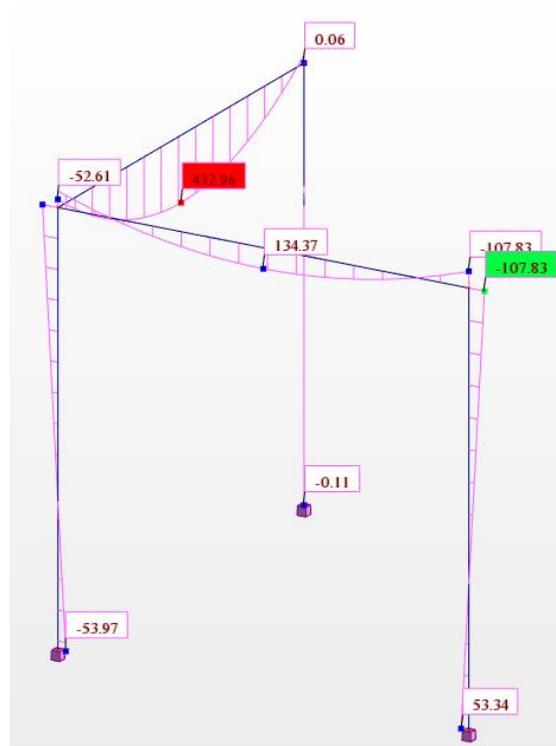


Figura 117: Momento en la columna A-1

El momento máximo en la columna es = 107.83 kg-m

Obteniendo todos los valores necesarios para calcular la columna a flexocompresión procederemos a reemplazar en la fórmula.

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

$$\frac{9.35 \text{ kN}}{10.96 \text{ kN}} + \frac{1.003 \times 107.81 \text{ kN-mm}}{2358920 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ MPa}} = 0.86 < 1$$

- **Área del bambú**

Procederemos a calcular el área del bambú:

$$\frac{3.1416}{4} \times (De^2 - Di^2)$$

$$\frac{3.1416}{4} \times (100^2 - 60^2) = 50.27 = \text{Área}$$

Una vez obtenido el área calcularemos el número de bambú a utilizar en la columna, para esto se hace:

- **Números de bambús a utilizar**

Área x Número de bambús a utilizar

$$50.27 \times 8 = 402.16 \text{ cm}^2$$

Esta área es mayor a las que nos da al inicio de  $400 \text{ cm}^2$  por lo tanto se usara 10 bambús

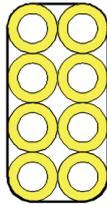


Figura 110: Viga compuesta de 8 bambús

**Segundo Piso:**

- **Datos de la sección**

$$B = 10 \text{ cm}$$

$$H = 10 \text{ cm}$$

- **Calculando Momento:**

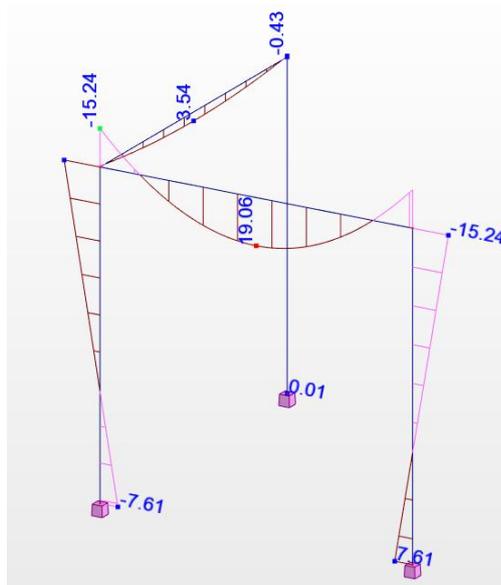


Figura 118: Momento en la columna segundo piso A-1

- **Carga axial**

Carga axial de las vigas Eje A entre 1-2 y eje 1 entre A – B = 113.36 Kg + 5.36 kg  
= 118.72 kg

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E. 100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ MPa} \times 10000.00 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 2.74 \text{ kN}$$

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{1.16 \text{ kN}}{171.28 \text{ kN}}} = 1.01$$

- **Flexocompresion**

$$\frac{1.16 \text{ kN}}{2.74 \text{ kN}} + \frac{1.01 \times 15.24 \text{ kN-mm}}{336780 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.91 < 1$$

Se usaran dos cañas de bambús



Figura 112: Viga compuesta de 2 bamus

Nota 1: Para uniformizar la columna se usaran 8 bambús

Nota 2: Al ser las mismas distancias entre ejes, estos valores calculados serán iguales para los ejes A – 4, C – 4

### Eje A – 2 igual a eje C – 2

- **Datos del bambú según norma técnica E. 100 bambú:**

|                                   |   |          |                    |                               |
|-----------------------------------|---|----------|--------------------|-------------------------------|
| Compresión paralela a la fibra Fc | = | 130.00   | Kg/cm <sup>2</sup> | Norma técnica E. 100<br>bambú |
| Flexión                           | = | 50.00    | Kg/cm <sup>2</sup> |                               |
| E                                 | = | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |                               |

Para hacer el cálculo de las columnas se asumirá cualquier sección rectangular.

**Nota:** si la sección asumida no cumple con los requisitos que da la norma técnica E. 100 bambú se procederá a aumentar la sección.

Sección de:

Base = 25 cm

Altura = 30 cm

Esto nos da un área de = 750.00 cm<sup>2</sup>

- **Esbeltez de la columna**

En este paso se determinara la esbeltez de la columna , es decir para determinar si la columna es larga intermedia o corta.

$$\Lambda = \frac{L}{R}$$

$\Lambda$  = Relación de esbeltez del elemento

L = Longitud del elemento en mm

R = Radio de giro de la sección en mm

- **Radio de giro**

El radio de giro está dada por la siguiente fórmula :

$$\frac{\sqrt{(De^2 + (De - 2 x t)^2)}}{4}$$

Donde:

De = Diámetro exterior de la guadua = 10 cm

T = Espesor de la pared de la guadua = 2 cm

Reemplazando en la fórmula queda:

$$\frac{\sqrt{(0.10 \text{ m}^2 + (0.10 \text{ m} - 2 \text{ m} \times 0.02 \text{ m})^2)}}{4} = 0.0292 \text{ m}$$

Una vez obtenido el radio de giro procederemos a calcular la esbeltez de la columna:

$$\Lambda = \frac{2700.00 \text{ mm}}{29.20 \text{ mm}} = 92.46$$

- **Clasificación de columnas**

Ahora para verificar si la columna es larga, intermedia o corta se usara el siguiente cuadro de la norma técnica E. 100 bambú. (Ver tabla 7 p 73)

Pero aún no se puede determinar la esbeltez de la columna porque falta el dato Ck.

- **Calculo de Ck**

Para calcular Ck usaremos la norma técnica E. 100 bambú:

$$Ck = 2.565 \frac{\sqrt{E_{0.05}}}{F_c}$$

E<sub>0.05</sub> = en el percentil 5 en Mpa

F<sub>c</sub> = compresión paralela a las fibras en Mpa

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

$$E_{0.005} = 3756.64 \text{ Mpa.}$$

Reemplazando los valores en la fórmula se tiene:

$$CK = 43.60$$

Entonces se determina que la columna es larga.

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E. 100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{L^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{MPa} \times 75000.00 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 20.56 \text{ kN}$$

- **Flexocompresión**

Se procederá a calcular por flexocompresión para verificar si la columna soporta las cargas proveniente de las vigas, según norma técnica E. 100 bambú es:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

N = Carga axial aplicada

$N_{adm}$  = Carga admisible (Calculada según las fórmulas de la columna)

$k_m$  = Factor de magnificación de momentos

M = Valor absoluto de momento flector máximo (Columna)

Z = Módulo de sección

Fm = Esfuerzo admisible a flexión

N<sub>cr</sub> = Carga crítica de Euler

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

Donde:

N = Carga axial aplicada

N<sub>cr</sub> = Carga crítica de Euler para pandeo

Antes de calcular Km (Magnificación de momentos) se calculará la carga crítica de Euler.

- **Carga crítica de Euler**

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05} \cdot I}{L_{ef}^2}$$

E<sub>0.005</sub> = Módulo de percentil 5

I = Inercia de la sección (Bambú)

L<sub>ef</sub> = Longitud efectiva

Según Huarcaya en su tesis Determinación de resistencia de uniones estructurales en bambú el  $E_{0.05}$  en el percentil 5 es:

3756.64 MPa

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$\frac{3.1416 \cdot 3756.64 \text{ MPa} \cdot 252584100 \text{ mm}^4}{(270 \text{ mm})^2}$$

N<sub>cr</sub> = 1284.64 kN

Otro dato que se necesita para calcular km es la carga axial aplicada a la columna, estos datos se obtendrán de la reacciones de las vigas (Simplemente apoyadas).

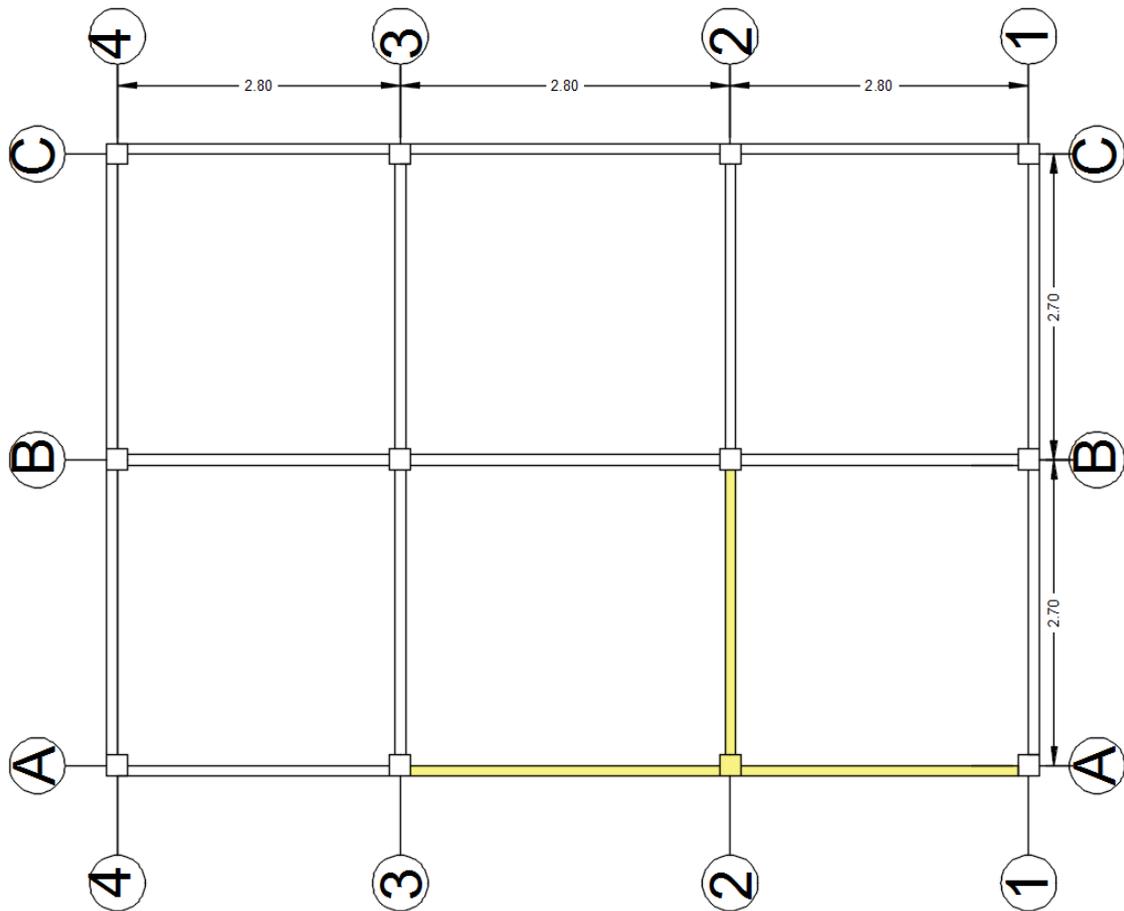


Figura 119: Vista en planta de a columna eje A-2

- **Carga axial aplicada**

Reacción de la viga del eje A entre 1-2 y 2 – 3 ,eje 2– A-B estos valores sumados nos da: 682.18 kg + 682.18 kg + 401.31 kg + 113.36 kg + 5.36 kg + 5.36 kg = 1889.75 kg

Ahora obtenidos este valor podemos calcular la Magnificación de momentos Km

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{18.53 \text{ kN}}{1284.64 \text{ kN}}} = 1.02$$

- **Momento en la columna**

Procederemos a calcular el momento máximo en la columna:

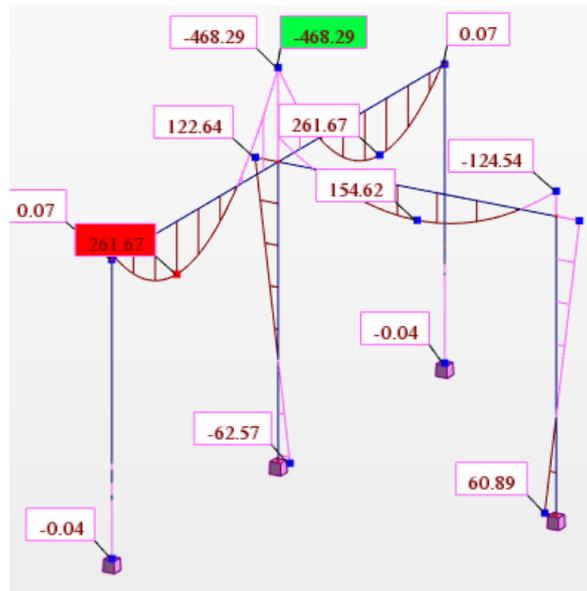


Figura 120: Momento en la columna A-2

El momento máximo en la columna es = 468.29 kg-m

Obteniendo todos los valores necesarios para calcular la columna a flexocompresión procederemos a reemplazar en la fórmula.

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

$$\frac{18.53 \text{ kN}}{20.56 \text{ kN}} + \frac{1.02 \times 468.29 \text{ kN-mm}}{4292370 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.85 < 1$$

- **Área del bambú**

Ahora procederemos a calcular el área del bambú:

$$\frac{3.1416}{4} \times (De^2 - Di^2)$$

$$\frac{3.1416}{4} \times (100^2 - 60^2) = 50.27 = \text{Área}$$

Una vez obtenido el área calcularemos el número de bambús a utilizar en la columna, para esto se hace:

- **Números de bambús a utilizar**

Área x Número de bambús a utilizar

$$50.27 \times 15 = 754.05 \text{ cm}^2$$

Esta área es mayor a las que nos da al inicio de  $750 \text{ cm}^2$  por lo tanto se usara 15 bambús



Figura 115: Viga compuesta por 15 bambús

**Nota** = Al tener las mismas distancias serán igual también a Eje A – 3 y C - 3

**Segundo Piso:**

- **Datos de la sección**

B = 10 cm

H = 10 cm

- **Calculando Momento:**

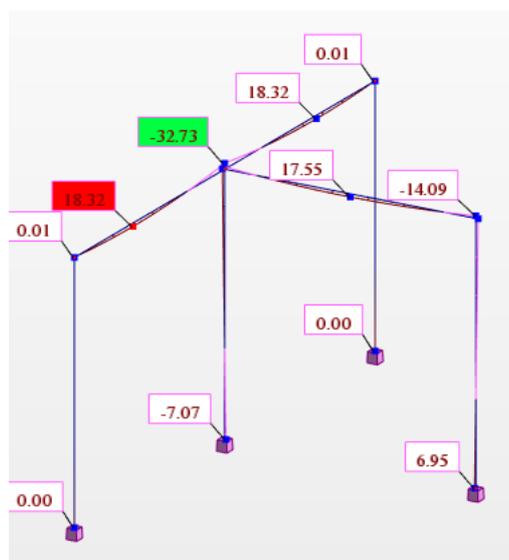


Figura 121: Momento en la columna segundo piso A-2

- **Carga axial**

Reacción de la viga del eje A entre 1-2 y 2 – 3 ,eje 2entre A-B estos valores sumados nos da: 113.36 kg + 5.36 kg + 5.36 kg = 124.08 kg

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E. 100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ MPa} \times 10000.00 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 2.74 \text{ kN}$$

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{1.22 \text{ kN}}{171.29 \text{ kN}}} = 1.01$$

- **Flexocompresion**

$$\frac{1.22 \text{ kN}}{2.74 \text{ kN}} + \frac{1.01 \times 32.73 \text{ kN-mm}}{336780 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.46 < 1$$

Se usaran dos cañas de bambús



Figura 122: Viga compuesta por 2 bambús

Nota 1: Para uniformizar la columna se usaran 15 bambús

Nota 2: Al ser las mismas distancias entre ejes, estos valores calculados serán iguales para los ejes A-3 y C-3

### **Eje B – 1 igual a B - 4**

- **Datos del bambú según norma técnica E. 100 bambú:**

|                                   |   |          |                    |                               |
|-----------------------------------|---|----------|--------------------|-------------------------------|
| Compresión paralela a la fibra Fc | = | 130.00   | Kg/cm <sup>2</sup> | Norma técnica E. 100<br>bambú |
| Flexión                           | = | 50.00    | Kg/cm <sup>2</sup> |                               |
| E                                 | = | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |                               |

Para hacer el cálculo de las columnas se asumirá cualquier sección rectangular.

**Nota:** si la sección asumida no cumple con los requisitos que da la norma técnica E. 100 bambú se procederá a aumentar la sección.

Sección de:

Base = 25 cm

Altura = 30 cm

Esto nos da un área de = 750.00 cm<sup>2</sup>

- **Esbeltez de la columna**

En este paso se determinara la esbeltez de la columna , es decir para determinar si la columna es larga intermedia o corta.

$$\Lambda = \frac{L}{R}$$

$\Lambda$  = Relación de esbeltez del elemento

L = Longitud del elemento en mm

R = Radio de giro de la sección en mm

- **Radio de giro**

El radio de giro está dada por la siguiente fórmula :

$$\frac{\sqrt{(De^2 + (De - 2 x t)^2)}}{4}$$

Donde:

De = Diámetro exterior de la guadua = 10 cm

T = Espesor de la pared de la guadua = 2 cm

Reemplazando en la fórmula queda:

$$\frac{\sqrt{(0.10 \text{ m}^2 + (0.10 \text{ m} - 2 \text{ m} \times 0.02 \text{ m})^2)}}{4} = 0.0292 \text{ m}$$

Una vez obtenido el radio de giro procederemos a calcular la esbeltez de la columna:

$$\Lambda = \frac{2700.00 \text{ mm}}{29.20 \text{ mm}} = 92.46$$

- **Clasificación de columnas**

Ahora para verificar si la columna es larga, intermedia o corta se usara el siguiente cuadro de la norma técnica E. 100 bambú. ( Ver tabla 7 p. 73)

Pero aún no se puede determinar la esbeltez de la columna porque falta el dato Ck.

- **Calculo de Ck**

Para calcular Ck usaremos la norma técnica E. 100 bambú:

$$Ck = 2.565 \frac{\sqrt{E_{0.05}}}{F_c}$$

E<sub>0.05</sub> = en el percentil 5 en Mpa

F<sub>c</sub> = compresión paralela a las fibras en Mpa

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

$$E_{0.005} = 3756.64 \text{ Mpa.}$$

Reemplazando los valores en la fórmula se tiene:

$$CK = 43.60$$

Entonces se determina que la columna es larga.

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E. 100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ MPa} \times 75000.00 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 20.56 \text{ kg}$$

- **Flexocompresión**

Se procederá a calcular por flexocompresión para verificar si la columna soporta las cargas proveniente de las vigas, según norma técnica E. 100 bambú es:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

N = Carga axial aplicada

$N_{adm}$  = Carga admisible (Calculada según las fórmulas de la columna)

$k_m$  = Factor de magnificación de momentos

M = Valor absoluto de momento flector máximo (Columna)

Z = Módulo de sección

Fm = Esfuerzo admisible a flexión

N<sub>cr</sub> = Carga crítica de Euler

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

Donde:

N = Carga axial aplicada

N<sub>cr</sub> = Carga crítica de Euler para pandeo

Antes de calcular Km (Magnificación de momentos) se calculara la carga crítica de Euler dada por la fórmula:

- **Carga crítica de Euler**

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05} \cdot I}{L_{ef}^2}$$

E<sub>0.005</sub> = Módulo de percentil 5

I = Inercia de la sección ( Bambú)

L<sub>ef</sub> = Longitud efectiva

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

3756.64 MPa

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$\frac{(3.1416)^2 \times 59814 \frac{kg}{cm^2} \times 252584100 \text{ mm}^4}{(2700 \text{ mm})^2}$$

N<sub>cr</sub> = 1284.64 kN

Otro dato que se necesita para calcular km es la carga axial aplicada a la columna, estos datos se obtendrán de la reacciones de las vigas (Simplemente apoyadas).

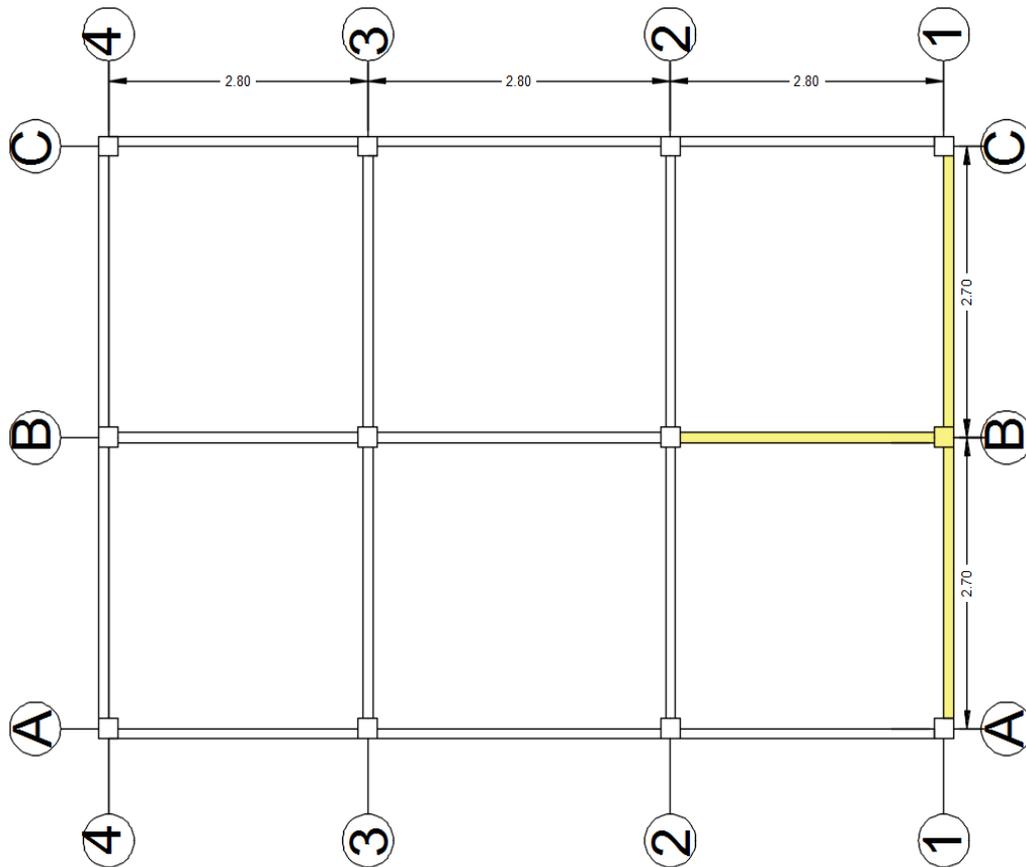


Figura 123: Vista en planta de la columna central eje B-1

- **Carga axial aplicada**

Reacción de la viga del eje 1 entre A-B y B – C, eje B entre 1 – 2 estos valores sumados nos da: 346.95 kg + 346.95 kg + 1060.18 + 113.36 kg + 136.36 kg + 5.36 kg = 1991.52 kg

Ahora obtenidos este valor podemos calcular la Magnificación de momentos Km

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{19.53 \text{ kN}}{1284.64 \text{ kN}}} = 1.02$$

- **Momento en la columna**

Procederemos a calcular el momento máximo en la columna:

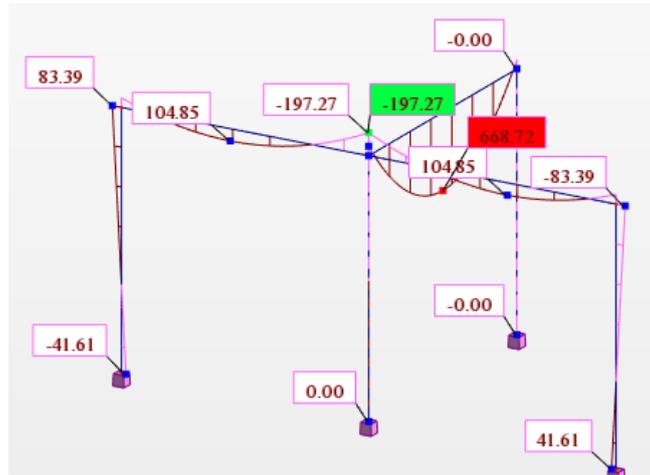


Figura 124: Momento en la columna central eje B-1

El momento máximo en la columna es = 197.27 kg-m

Obteniendo todos los valores necesarios para calcular la columna a flexocompresión procederemos a reemplazar en la fórmula.

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

$$\frac{19.53 \text{ kN}}{20.56 \text{ KN}} + \frac{1.02 \times 197.27 \text{ kN-mm}}{4292370 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.96 < 1$$

## XII. Área del bambú

Ahora procederemos a calcular el área del bambú:

$$\frac{3.1416}{4} \times (De^2 - Di^2)$$

$$\frac{3.1416}{4} \times (100^2 - 60^2) = 50.27 = \text{Área}$$

Una vez obtenido el área calcularemos el número de bambús a utilizar en la columna, para esto se hace:

- **Números de bambús a utilizar**

Área x Número de bambús a utilizar

$$50.27 \times 15 = 754.05 \text{ cm}^2$$

Esta área es mayor a las que nos da al inicio de  $750 \text{ cm}^2$  por lo tanto se usara 15 bambús.

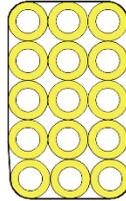


Figura 125: Viga compuesta por 15 bambús

### Segundo Piso:

- **Datos de la sección:**

$B = 10 \text{ cm}$

$H = 10 \text{ cm}$

- **Calculando Momento:**

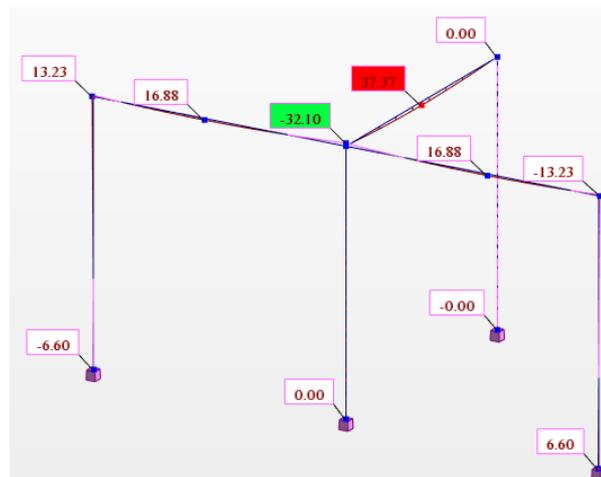


Figura 126: Momento en la columna segundo piso eje B-1

- **Carga axial**

Reacción de la viga del eje 1 entre A-B y B - C, eje B entre 1 - 2 estos valores sumados nos da:  $113.36 \text{ kg} + 113.36 \text{ kg} + 5.36 \text{ kg} = 232.08 \text{ kg}$

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E. 100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ MPa} \times 10000.00 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 2.74 \text{ kN}$$

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{2.28 \text{ kN}}{171.29 \text{ kN}}} = 1.02$$

- **Flexocompresion**

$$\frac{2.32 \text{ kN}}{2.74 \text{ kN}} + \frac{1.02 \times 32.10 \text{ kN-mm}}{336780 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.97 < 1$$

Se usaran dos cañas de bambús

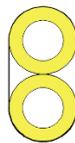


Figura 127: Viga compuesta por dos bambús

Nota 1: Para uniformizar la columna se usaran 15 bambús

Nota 2: Al ser las mismas distancias entre ejes, estos valores calculados serán iguales para los ejes C-2, A-3 y C-3

## Eje B – 2

- **Datos del bambú según norma técnica E. 100 bambú:**

|                                      |   |          |                    |                               |
|--------------------------------------|---|----------|--------------------|-------------------------------|
| Compresión paralela a la fibra $F_c$ | = | 130.00   | Kg/cm <sup>2</sup> | Norma técnica E. 100<br>bambú |
| Flexión                              | = | 50.00    | Kg/cm <sup>2</sup> |                               |
| E                                    | = | 95000.00 | Kg/cm <sup>2</sup> |                               |

Para hacer el cálculo de las columnas se asumirá cualquier sección rectangular.

**Nota:** si la sección asumida no cumple con los requisitos que da la norma técnica E. 100 bambú se procederá a aumentar la sección.

Sección de:

$$\text{Base} = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Altura} = 35 \text{ cm}$$

Esto nos da un área de = 1225 cm<sup>2</sup>

- **Esbeltez de la columna**

En este paso se determinará la esbeltez de la columna, es decir para determinar si la columna es larga intermedia o corta.

$$\Lambda = \frac{L}{R}$$

$\Lambda$  = Relación de esbeltez del elemento

L = Longitud del elemento en mm

R = Radio de giro de la sección en mm

- **Radio de giro**

El radio de giro está dada por la siguiente fórmula :

$$\frac{\sqrt{(De^2 + (De - 2 x t)^2)}}{4}$$

Donde:

De = Diámetro exterior de la guadua = 10 cm

T = Espesor de la pared de la guadua = 2 cm

Reemplazando en la fórmula queda:

$$\frac{\sqrt{(0.10 \text{ m}^2 + (0.10 \text{ m} - 2 \text{ m} \times 0.02 \text{ m})^2)}}{4} = 0.0292 \text{ m}$$

Una vez obtenido el radio de giro procederemos a calcular la esbeltez de la columna:

$$\Lambda = \frac{2700.00 \text{ mm}}{29.20 \text{ mm}} = 92.46$$

- **Clasificación de columnas**

Ahora para verificar si la columna es larga, intermedia o corta se usara el siguiente cuadro de la norma técnica E. 100 bambú. ( Ver tabla 7 p.73)

Pero aún no se puede determinar la esbeltez de la columna porque falta el dato Ck.

- **Calculo de Ck**

Para calcular Ck usaremos la norma técnica E. 100 bambú:

$$Ck = 2.565 \frac{\sqrt{E_{0.05}}}{F_c}$$

E<sub>0.05</sub> = en el percentil 5 en Mpa

F<sub>c</sub> = compresión paralela a las fibras en Mpa

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

E<sub>0.05</sub> = 3756.64 Mpa.

Reemplazando los valores en la fórmula se tiene:

$$CK = 43.60$$

Entonces se determina que la columna es larga.

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E. 100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ MPa} \times 122500 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 33.58 \text{ kN}$$

- **Flexocompresión**

Se procederá a calcular por flexocompresión para verificar si la columna soporta las cargas proveniente de las vigas, según norma técnica E. 100 bambú es:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

N = Carga axial aplicada

$N_{adm}$  = Carga admisible (Calculada según las fórmulas de la columna)

$k_m$  = Factor de magnificación de momentos

M = Valor absoluto de momento flector máximo (Columna)

Z = Módulo de sección

$f_m$  = Esfuerzo admisible a flexión

$N_{cr}$  = Carga critica de Euler

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

Donde:

N = Carga axial aplicada

N<sub>cr</sub> = Carga critica de Euler para pandeo

Antes de calcular Km (Magnificación de momentos) se calculará la carga critica de Euler dada por la fórmula:

- **Carga critica de Euler**

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05} \cdot I}{L_{ef}^2}$$

E<sub>0.05</sub> = Módulo de percentil 5

I = Inercia de la sección (Bambú)

L<sub>ef</sub> = Longitud efectiva

Según (Pardave 2010, p.46) el valor en el percentil 5 es:

59814 kg/cm<sup>2</sup>

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$\frac{(3.1416)^2 \times 3756.64 \text{ MPa} \times 420973500 \text{ mm}^4}{(2700 \text{ mm})^2}$$

N<sub>cr</sub> = 2141.06 kN

Otro dato que se necesita para calcular km es la carga axial aplicada a la columna, estos datos se obtendrán de la reacciones de las vigas (Simplemente apoyadas).

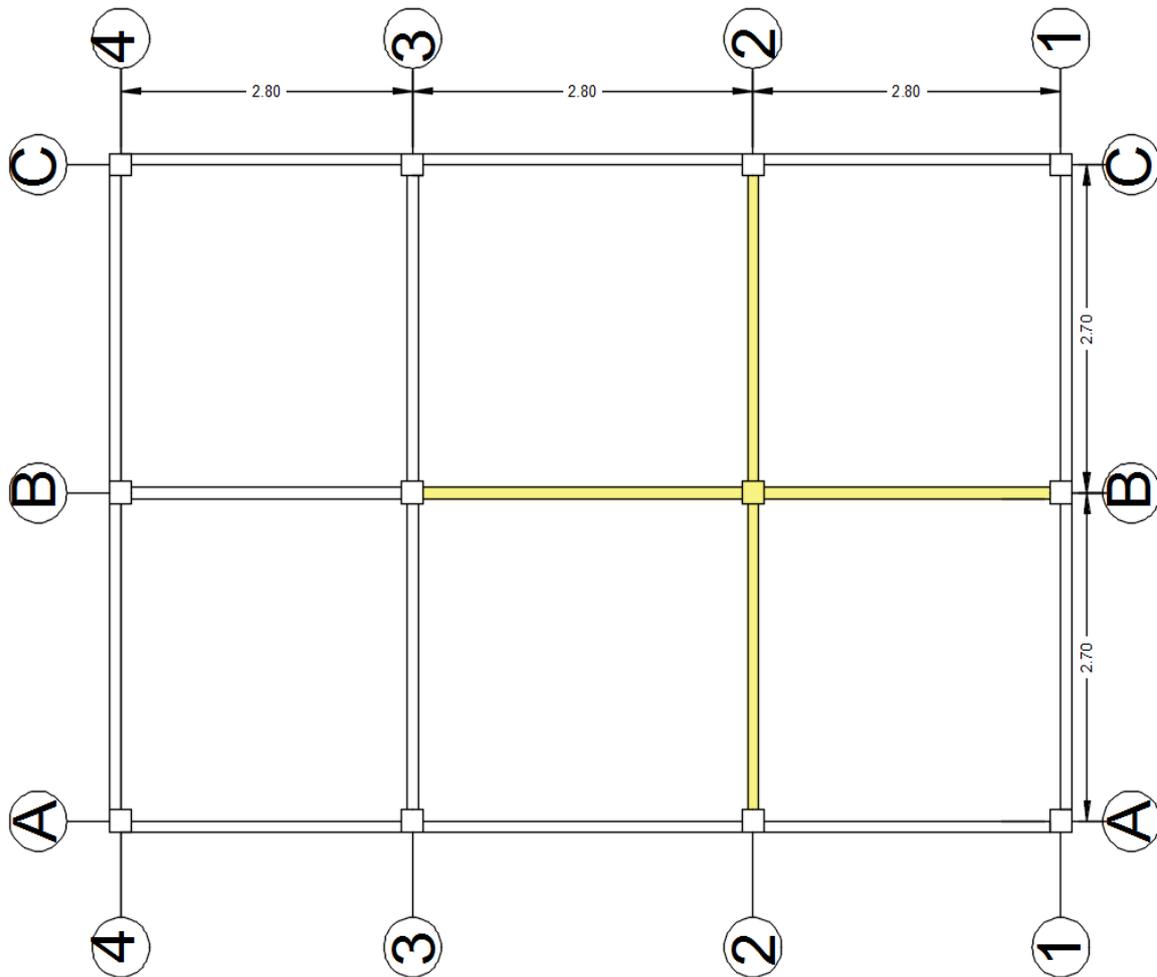


Figura 128: Vista en planta de columna central B-2

- **Carga axial aplicada**

Reacción de la viga del eje B entre 1 – 2 y 2 – 3, eje 2 entre A-B y B – C estos valores sumados nos da: 401.31 kg + 1060 kg + 401.31 kg + 761.59 kg + 113.36 kg + 113.36 kg + 5.36 kg + 5.36 kg = 2861.65 kg

Ahora obtenidos este valor podemos calcular la Magnificación de momentos Km

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{28.06 \text{ kN}}{2141.06 \text{ kN}}} = 1.02$$

- **Momento en la columna**

Procederemos a calcular el momento máximo en la columna:

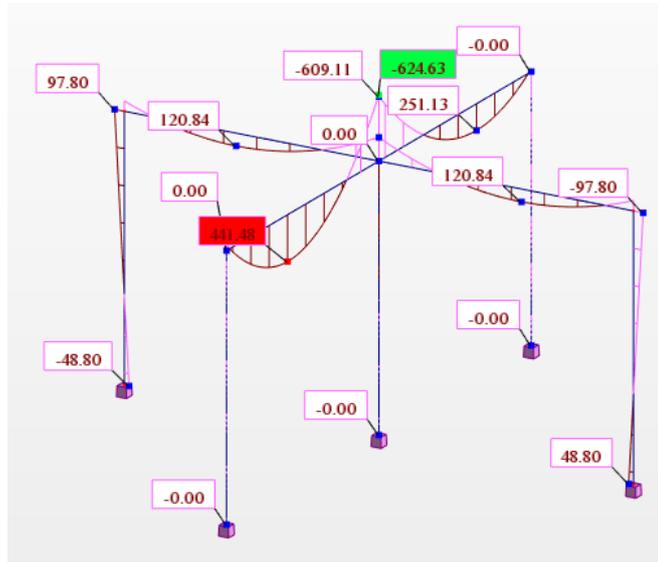


Figura 129: Momento en la columna central B-2

El momento máximo en la columna es = 624.53 kg-m

Obteniendo todos los valores necesarios para calcular la columna a flexocompresión procederemos a reemplazar en la fórmula.

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m \cdot |M|}{Z \cdot f_m} < 1$$

$$\frac{28.06 \text{ kN}}{33.58 \text{ kN}} + \frac{1.02 \times 624.53 \text{ kN-mm}}{7153950 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.85 < 1$$

- **Área del bambú**

Ahora procederemos a calcular el área del bambú:

$$\frac{3.1416}{4} \times (De^2 - Di^2) = \frac{3.1416}{4} \times (100^2 - 60^2) = 50.27 = \text{Área}$$

Una vez obtenido el área calcularemos el número de bambús a utilizar en la columna, para esto se hace:

- **Números de bambús a utilizar**

Área x Número de bambús a utilizar

$$50.27 \times 25 = 1256 \text{ cm}^2$$

Esta área es mayor a las que nos da al inicio de  $1024 \text{ cm}^2$  por lo tanto se usara 21 bambús

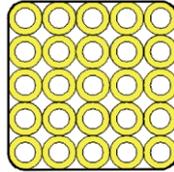


Figura 130: Viga compuesta por 25 bambús

### Segundo Piso:

- **Datos de la sección**

$$B = 10 \text{ cm}$$

$$H = 10 \text{ cm}$$

- **Calculando Momento**

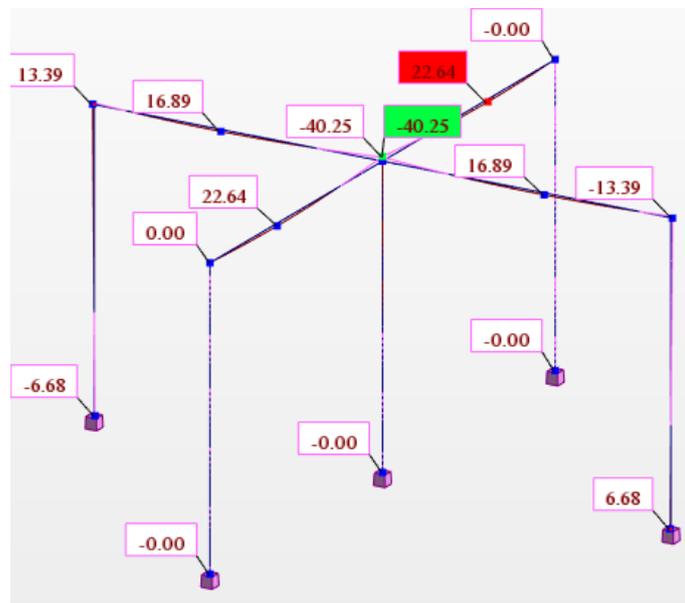


Figura 131: Momento en la columna segundo piso eje B-2

- **Carga axial**

Reacción de la viga del eje 1 entre A-B y B - C, eje B entre 1 - 2 estos valores sumados nos da: 113.36 kg + 113.36 kg + 5.36 kg + 5.36 kg = 237.44 kg

- **Cargas admisibles**

Según norma técnica E. 100 bambú para una columna de sección circular se usara la siguiente fórmula:

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{EA}{\Lambda^2}$$

E = Módulo de elasticidad

A = Área de la sección planteada

$$N_{adm} = 0.2467 \times \frac{9500.00 \text{ MPa} \times 10000.00 \text{ mm}^2}{92.46^2}$$

$$N_{adm} = 2.74 \text{ kN}$$

- **Calculando Km**

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{N_{cr}}}$$

$$\frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{2.33 \text{ kN}}{171.29 \text{ kN}}} = 1.02$$

- **Flexocompresion**

$$\frac{2.33 \text{ kN}}{2.74 \text{ kg}} + \frac{1.02 \times 40.25 \text{ kN-mm}}{336780 \text{ mm}^3 \times 5 \text{ Mpa}} = 0.87 < 1$$

Se usaran dos cañas de bambús



Figura 132: Viga compuesta por 2 bambús

Nota : Para uniformizar la columna se usaran 25 bambús

## **ANEXO 6**

Planos

## **ANEXO 7**

Fotos

Foto 1: Entrada al lugar de terreno donde se realizara el proyecto de investigación



Foto 2: Fotos de Bambú cerca al terreno



Foto 3: Lugar del terreno donde se realizará el proyecto de investigación, tiene un área de 100 m<sup>2</sup>



## **ANEXO 8**

Reporte turnitin

## ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE LOS TRABAJOS ACADÉMICOS DE LA UCV

Yo, **Delgado Ramírez, Félix Germán**, docente de la experiencia curricular de Desarrollo de Proyecto de Investigación, del ciclo X y revisor del trabajo académico titulado "**Uso del Bambú como material estructural caso vivienda ecológica en Tarapoto -2017**" del estudiante Víctor Hugo Paredes Angulo, he sido capacitado e instruido en el uso de la herramienta Turnitin y he constatado lo siguiente:

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud de 14%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencia mínimo que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

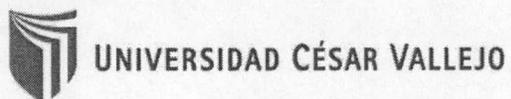
Lima, 01 de diciembre del 2017



---

**Mg. Delgado Ramírez, Félix German**

Desarrollo de Proyecto de Investigación  
DNI N°22264222



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Uso del Bambú como material estructural caso vivienda ecológica en Tarapoto -2017

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

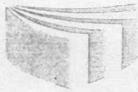
Victor Hugo Paredes Angulo

**ASESOR:**

Dr.Luis Gabriel Quiroz Torres



| Todas las fuentes   |     |
|---|-----|
| Coincidencia 1 de 74  |     |
| • <a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a><br>Fuente de internet: 30 URL          | 4 % |
| • <a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a><br>Fuente de internet: 193 URL | 4 % |
| • <a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a><br>Fuente de internet: 16 URL            | 3 % |
| • <a href="http://repositorio.lamolina.edu...">repositorio.lamolina.ed...</a><br>Fuente de internet | 3 % |
| • <a href="http://documents.mx">documents.mx</a><br>Fuente de internet: 39 URL                      | 3 % |
| • <a href="http://www.usmp.edu.pe">www.usmp.edu.pe</a><br>Fuente de internet: 2 URL                 | 2 % |
| • <a href="http://issuu.com">issuu.com</a><br>Fuente de internet: 9 URL                             | 2 % |
| • Entregado a Universida...<br>Trabajos del estudiante: 26  | 2 % |
| • <a href="http://www.vivienda.gob.pe">www.vivienda.gob.pe</a><br>Fuente de internet: 2 URL         | 2 % |
| • <a href="http://dspace.utpl.edu.ec">dspace.utpl.edu.ec</a><br>Fuente de internet: 3 URL           | 2 % |
| • <a href="http://myslide.es">myslide.es</a><br>Fuente de internet: 6 URL                           | 2 % |
| • <a href="http://www.bambubrasileiro...">www.bambubrasileiro...</a><br>Fuente de internet          | 2 % |
| • <a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a>                              | 1 % |



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Paredes Angulo Victor Hugo
D.N.I. : 77802306
Domicilio : Urb. San Jose Mz. J. lote 22 - Carabaylla
Teléfono : Fijo : Móvil : 930460036
E-mail : vpa.9014.91@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería Civil
Carrera : Ingeniería Civil
Título : Ingeniería Civil

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Paredes Angulo Victor Hugo

Título de la tesis:

Uso del bambú como material estructural
para vivienda ecológica en Tarapoto 2017

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : [Signature]

Fecha : 23-08-18



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

Solicita: Visto bueno  
de la tesis

Yo,

Victor Hugo Paredes Angulo  
(Nombres y apellidos del solicitante)  
....., con DNI N.º 71802306 ..... y  
domicilio en Urb. San Jose Mz. "J" lote "22" Corabaillo  
.....  
en mi condición de..... del alumno(a) .....

(Padre/madre/apoderado/tutor)  
..... con código de alumno o código de matrícula N.º 400004786  
..... de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil ..... recurro a  
su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Solicito el visto Bueno para la publicación de mi tesis

(explica con claridad el asunto)

Por lo expuesto, agradeceré se atienda mi petición.

Lima, 04 setiembre ..... de 2018..

Anexos:

- A. ....
- B. ....
- C. ....
- D. ....

Firma del solicitante

SNC. Franco Coronado

