



**UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO ESTRUCTURAL EN BAMBÚ Y MADERA DE UN CENTRO  
CULTURAL Y RECREATIVO, REALIZADO CON HERRAMIENTAS  
TECNOLÓGICAS EN LA CABECERA CANTONAL DEL CANTÓN  
MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

---

**Autor:** Kevin Alexis Copo Ramos

**Tutor:** Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino

**AMBATO - ECUADOR**

**Marzo – 2022**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico y, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema “**DISEÑO ESTRUCTURAL EN BAMBÚ Y MADERA DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO, REALIZADO CON HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN LA CABECERA CANTONAL DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, elaborado por el Sr. Kevin Alexis Copo Ramos, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 180529037-4, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2022

---

**Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, **Kevin Alexis Copo Ramos**, con C.I.: 180529037-4, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema: **“DISEÑO ESTRUCTURAL EN BAMBÚ Y MADERA DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO, REALIZADO CON HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN LA CABECERA CANTONAL DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2022



---

**Kevin Alexis Copo Ramos**

**C.I.: 180529037-4**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2022



---

**Kevin Alexis Copo Ramos**

**C.I.: 180529037-4**

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Kevin Alexis Copo Ramos de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema **“DISEÑO ESTRUCTURAL EN BAMBÚ Y MADERA DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO, REALIZADO CON HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN LA CABECERA CANTONAL DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, Marzo 2022

Por constancia firman:

---

Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres  
Miembro Calificador

---

Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes  
Miembro Calificador

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar este proyecto de titulación principalmente a Dios, por ser esa guía espiritual e iluminarme en todas las noches de desvelo.*

*A mis padres Guillermo y Norma, las dos personas más importantes en mi vida quienes han sido siempre el pilar esencial en mí, no existen palabras para expresar todo lo que siento por ellos...*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por darme las fuerzas necesarias para poder continuar en los instantes de zozobra en mi vida y más que nada por darle salud a mi familia en estos tiempos tan difíciles que vivimos en el mundo.*

*“En paz me acuesto y me duermo, porque solo tú, Señor, me haces vivir confiado.”*

*Salmos 4:8*

*Agradezco a mis padres, por ser la guía en mi vida, llevándome por el camino del bien e inculcándome valores de amor, respeto y responsabilidad. Gracias por brindarme su apoyo desde que comencé a dar mis primeros pasos por todo eso siempre estaré eternamente agradecido.*

*A mi hermana Nicole por preocuparse por mí y ayudarme siempre que la he necesitado.*

*Agradecer también a mis padrinos de bautizo Miguel y Flor, quienes han sido como mis segundos padres, siempre ayudándome y dándome fuerzas desde muy chico para cumplir con las metas que me he propuesto, su apoyo a sido una bendición que Dios me dio...*

*A mi querida Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, a los docentes y todo el personal que la conforma, no me queda más que agradecerles por formarme y acogerme.*

*Al ingeniero Jorge Guevara, agradecerle por su tiempo y sus conocimientos brindados en este tiempo para poder concluir este proyecto.*

*Agradecer también al ingeniero Álvaro Ortiz quien me inculco esta bonita inclinación de trabajar con estos materiales, quien sin dudarlo me ha compartido sus conocimientos profesionales para poder desarrollar mi trabajo.*

*A todos los amigos que la universidad me dio la oportunidad de conocer, Taty, Lady, Christian, Daniel en fin son varios quienes me han extendido su mano cuando les he pedido su ayuda, siendo un gran apoyo durante esta época de mi vida.*

*Una hoja es corta para agradecer a toda mi familia y a cada una de las personas que han estado junto a mi brindándome su apoyo y amistad.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos .....	1
1.1.1 Antecedentes .....	1
1.1.2 Justificación.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General: .....	4
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	5
CAPITULO II .....	6
2.1 Fundamentación Teórica .....	6
2.1.1 Bambú .....	6
2.1.2 El bambú en la construcción .....	7
2.1.3 La caña guadua.....	9
2.1.4 Uniones de caña guadua.....	30
2.1.5 Elementos Constructivos.....	39
2.1.6 Madera.....	45
2.1.7 Uniones para madera.....	56

2.1.8	Clasificación estructural de las maderas .....	57
2.1.9	Ventajas de la guadua en comparación con la madera.....	58
2.1.10	Desventajas de la guadua en comparación con la madera .....	58
2.1.11	Uso en el Ecuador .....	59
2.1.12	Marco Legal .....	61
2.2	Instrumentos y Técnicas .....	64
2.3	Materiales .....	65
2.4	Bases para el diseño estructural.....	66
2.4.1	Combinaciones de carga .....	68
2.4.2	Requisitos de calidad para las estructuras.....	68
2.5	Métodos .....	69
2.5.1	Diseño estructural para elementos GaK.....	70
2.5.2	Diseño estructural para elementos de madera.....	88
CAPITULO III.....		94
3.1	Calculo estructural de bambú para el primer piso.....	94
3.1.1	Vigas Secundarias Planta Baja.....	95
3.1.2	Controles de vigas secundarias .....	97
3.1.3	Vigas Principales Planta Baja .....	99
3.1.4	Controles para vigas principales .....	100
3.1.5	Columnas.....	102
3.1.6	Controles para columnas .....	102
3.3.2	Vigas Principales Planta Baja .....	113
3.3.3	Columnas.....	116
3.4	Calculo estructural de madera para el segundo piso .....	119
3.4.1	Vigas secundarias Planta Alta.....	121
3.4.2	Vigas principales Planta Alta .....	122
3.4.3	Vigas principales Planta Alta.....	123
3.4.4	Elementos rigidizadores .....	123
3.5	Modelo de la estructura de bambú en Etabs.....	124
3.5.1	Materiales .....	124
3.5.2	Secciones transversales de los elementos estructurales ingresados al modelo	126

3.5.3	Propiedades geométricas de las secciones transversales utilizadas en cada elemento estructural .....	128
3.5.4	Asignación de cargas.....	130
3.5.5	Carga sísmica .....	132
3.5.6	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (Sa) .....	134
3.5.7	Resumen de factores para calculo sísmico .....	134
3.5.8	Cálculo del coeficiente sísmico.....	135
3.5.9	Cortante basal.....	135
3.5.10	Combinaciones de carga ingresadas en el programa Etabs .....	135
3.5.11	Carga sísmica por coeficiente C (Sismo X) .....	136
3.5.12	Distribución de fuerzas sísmicas en cada piso .....	136
3.5.13	Modal participating Mass ratios (%).....	137
3.5.14	Control de derivas .....	138
3.5.15	Control de cortantes .....	139
3.5.16	Efectos P-delta.....	139
3.6	Modelo de la estructura de madera en Etabs .....	140
3.6.1	Materiales .....	140
3.6.2	Secciones transversales de los elementos estructurales ingresados al modelo	141
3.6.3	Propiedades geométricas de las secciones transversales utilizadas en cada elemento estructural .....	143
3.6.4	Asignación de cargas.....	147
3.6.5	Resumen de factores para calculo sísmico .....	149
3.6.6	Cálculo del coeficiente sísmico.....	149
3.6.7	Cortante basal.....	149
3.6.8	Combinaciones de carga ingresadas en el programa Etabs .....	150
3.6.9	Carga sísmica por coeficiente C (Sismo X) .....	150
3.6.10	Distribución de fuerzas sísmicas en cada piso .....	151
3.6.11	Modal participating Mass ratios (%).....	152
3.6.12	Control de derivas .....	152
3.6.13	Control de cortantes .....	153
3.6.14	Efectos P-delta.....	154
3.7	Cimentación de la estructura de bambú.....	155
3.7.1	Materiales .....	155
3.7.2	Propiedades del suelo .....	156

3.7.3	Dimensiones de los plintos.....	156
3.7.4	Revisión de las cimentaciones .....	157
3.8	Cimentación de la estructura de madera.....	160
3.8.1	Materiales.....	160
3.8.2	Propiedades del suelo.....	161
3.8.3	Dimensiones de los plintos.....	162
3.8.4	Revisión de las cimentaciones .....	162
3.9	Presupuesto referencial de las dos estructuras propuestas .....	167
3.9.1	Estructura en bambú.....	167
3.9.2	Estructura en madera.....	168
CAPITULO IV.....		169
4.1	Conclusiones.....	169
4.2	Recomendaciones .....	170
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		172
ANEXOS.....		176
Anexo 1:	Carta compromiso .....	176
Anexo 2:	Anteproyecto arquitectónico .....	177
Anexo 3:	Armado del fuste de hormigón para la estructura de Bambú. ....	178
Anexo 4:	Calculo del perno para conexiones en bambú .....	178
Anexo 5:	Análisis de precios unitarios.....	179
Anexo 6:	Planos estructurales de los dos modelos propuestos .....	202

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla comparativa de propiedades mecánicas del GaK [13].	26
Tabla 2: Comparativa de uniones [16].	31
Tabla 3: Desarrollo fisiológico de la madera [33].	52
Tabla 4: Propuesta de agrupación estructural de la madera ecuatoriana [33].	57
Tabla 5: Plantaciones de bambú por provincias en el año 2003 en Ecuador.	59
Tabla 6: Normativa usada para la guadua y madera	62
Tabla 7: Especies utilizadas como madera estructural [37].	67
Tabla 8: Combinaciones de cargas para el diseño [13].	68
Tabla 9: Esfuerzos admisibles, $f_i$ (mpa), $ch=12\%$ .	70
Tabla 10: Módulos de elasticidad, $e_i$ (mpa), $ch=12\%$ .	71
Tabla 11: Coeficientes de modificación por duración de carga (cd) [13].	72
Tabla 12: Coeficientes de modificación por contenido de humedad (cm) [13].	73
Tabla 13: Coeficientes de modificación por temperatura (ct) [13].	73
Tabla 14: Formulas para el cálculo de deflexiones.	76
Tabla 15: Deflexiones admisibles (mm).	76
Tabla 16: Valores de $cc$ .	77
Tabla 17: Coeficientes $c_1$ para diferentes relaciones $d/b$ .	78
Tabla 18: Coeficiente de longitud efectiva.	82
Tabla 19: Clasificación de columnas por esbeltez.	84
Tabla 20: Esfuerzos admisibles para la madera (MPa) [37].	88
Tabla 21: Módulos de elasticidad para la madera (MPa) [37].	89
Tabla 22: Clasificación de columnas.	91
Tabla 23: Valores de entrada.	94
Tabla 24: Esfuerzos admisibles.	95
Tabla 25: Espectro de diseño.	95
Tabla 26: Propiedades de la sección 1C3F.	96
Tabla 27: Configuración de las vigas secundarias	96
Tabla 28: Características de las vigas secundarias	97
Tabla 29: Control de flexión de las vigas secundarias	98
Tabla 30: Control de cortante de las vigas secundarias.	98
Tabla 31: Control de aplastamiento de las vigas secundarias	99
Tabla 32: Propiedades de la sección 2C6F.	99
Tabla 33: Características de las vigas principales	100
Tabla 34: Control de flexión de las vigas principales	100
Tabla 35: Control de cortante de las vigas secundarias.	101
Tabla 36: Control de aplastamiento de las vigas secundarias	102
Tabla 37: Propiedades de la sección 4C4F.	102
Tabla 38: Control por esfuerzo a compresión paralela.	103
TABLA 39: Control de flexión y tensión axial.	103
Tabla 40: Control a flexo compresión.	104
Tabla 41: Valores de entrada.	105
Tabla 42: Cálculo vigas secundarias planta alta.	106
Tabla 43: Cálculo vigas principales planta alta.	107
Tabla 44: Cálculo de elementos rigidizadores	108

Tabla 45: Valores de entrada.....	109
Tabla 46: Propiedades y configuración de las vigas secundarias .....	110
Tabla 47: Características de las vigas secundarias.....	111
Tabla 48: Control de flexión de las vigas secundarias .....	112
Tabla 49: Control de cortante de las vigas secundarias .....	112
Tabla 50: Control de compresión perpendicular de las vigas secundarias.....	113
Tabla 51: Características de las vigas principales en sentido X.....	113
Tabla 52: Control de flexión de las vigas principales .....	114
Tabla 53: Control de cortante de las vigas principales .....	115
Tabla 54: Control de compresión perpendicular de las vigas secundarias.....	115
Tabla 55: Cálculo de vigas colocadas en sentido Y.....	116
Tabla 56: Clasificación de la columna .....	116
Tabla 57: Control por esfuerzo a compresión .....	117
Tabla 58: Control a flexo compresión.....	118
Tabla 59: Control de flexión y tensión axial.....	118
Tabla 60: Cálculo de columnas sección 31x31 .....	119
Tabla 61: Valores de entrada.....	120
Tabla 62: Cálculo vigas secundarias planta alta .....	121
Tabla 63: Cálculo vigas principales planta alta.....	122
Tabla 64: Cálculo de columnas de la planta alta.....	123
Tabla 65: Calculo de los elementos rigizadores.....	123
Tabla 66: Calculo de cargas para asignar en el nivel N+3.10.....	130
Tabla 67: Calculo de cargas para asignar en el nivel N+6.20.....	131
Tabla 68: Tabla "auto seismic data" del programa etabs .....	135
Tabla 69: Calculo de cargas para asignar en el nivel N+3.10.....	147
Tabla 70: Calculo de cargas para asignar en el nivel N+3.10.....	148
Tabla 71: Tabla "auto seismic data" del programa etabs .....	150
Tabla 72: Presupuesto referencial para la estructura de bambú.....	167
Tabla 73: Presupuesto referencial para la estructura de madera .....	168

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Disposición del Bambú en el Mundo.....	6
Figura 2: Sección Longitudinal del Tallo [10]. .....	8
Figura 3: Caña Guadua Angustifolia Kunth [12]. .....	9
Figura 4: Estructura de la Guadúa [15]. .....	11
Figura 5: Tipos de rizomas existentes [17]. .....	12
Figura 6: Guadales (conjunto de bambúes) [19]. .....	15
Figura 7: Tratamiento de preservación del bambú por inmersión [19]. .....	17
Figura 8: Planta de Tratamiento en Santo Domingo de los Tsáchilas [20]. .....	18
Figura 9: Tratamiento de preservación del bambú por el método de Boucherie [21]. .....	19
Figura 10: La savia sale por la parte más baja del culmo y se recolecta en un recipiente [21]. .....	19
Figura 11: Secado al ambiente del <i>Gak</i> [21]. .....	21
Figura 12: Método de secado solar [16]. .....	22
Figura 13: Comparación de Resistencia y rigidez de materiales de construcción [18]. .....	24
Figura 14: Falla de la caña guadúa a flexión [18]. .....	25
Figura 15: Daño en el bambú provocado por escarabajos [25]. .....	27
Figura 16: Daño severo debido a las termitas [25]. .....	28
Figura 17: Manera correcta de construir con bambú [20]. .....	28
Figura 18: Puntos clave para construir una estructura sismo resistente [25]. .....	29
Figura 19: Unión con tornillo de acero a tensión [16]. .....	31
Figura 20: Entalladura con corte recto [26]. .....	32
Figura 21: Entalladura con corte boca de pescado [26]. .....	33
Figura 22: Entalladura con corte pico de flauta [13]. .....	33
Figura 23: Detalle de conectores de sección compuesta. ....	34
Figura 24: Perno pesante [27]. .....	35
Figura 25: Vaciado de mortero en la unión [27]. .....	35
Figura 26: Pasos para realizar una unión con perno tensor [12]. .....	36
Figura 27: Esquema de unión longitudinal con pieza de madera [13]. .....	36
Figura 28: Unión longitudinal con dos piezas metálicas [13]. .....	37
Figura 29: Unión longitudinal con dos culmos [13]. .....	37
Figura 30: Tipos de uniones con amarres [16]. .....	38
Figura 31: Uniones zunchadas [13]. .....	38
Figura 32: Tipos de uniones en diagonal [13]. .....	39
Figura 33: Ejemplo de columna compuesta que soporta vigas doblemente transversales [13]. .....	40
Figura 34: Ejemplo de viga compuesta [13]. .....	41
Figura 35: Detalle de entepiso de concreto [27] .....	41
Figura 36: Detalle de entepiso entablado [27]. .....	42
Figura 37: Panel con estructura de culmos de <i>GaK</i> [13]. .....	42
Figura 38: Esquema de panel con estructura de <i>GaK</i> [13]. .....	43
Figura 39: Detalle de uniones en panel con estructuras de <i>GaK</i> [13]. .....	43
Figura 40: Cubierta construida con bambú [16]. .....	44

Figura 41: Ejemplo de armadura y uniones para cubierta [16].	44
Figura 42: Corte transversal de un tronco [28].	48
Figura 43: Tala de árboles usando sierras mecánicas [28].	53
Figura 44: Proceso de descortezado [28].	53
Figura 45: Algunos tipos de corte de la madera [28].	54
Figura 46: Daños en la madera provocado por hongos.	55
Figura 47: Método de Inmersión.	56
Figura 48: Construcción de caña guadúa con más de 100 años en Santa Elena [35].	60
Figura 49: Sección de viga 2C2F.	69
Figura 50: Sección de viga 1C2F.	69
Figura 51: Sección de columna C_4C4F.	70
Figura 52: Ejemplo de sección compuesta.	78
Figura 53: Modelo Estructural	124
Figura 54: Ingreso del módulo de elasticidad $E_{min}$ en Etabs	125
Figura 55: Ingreso del módulo de elasticidad $E_{0.05}$ en Etabs.	125
Figura 56: Secciones de vigas en N+3.10	126
Figura 57: Secciones de vigas en N+6.20	126
Figura 58: Elevación de los ejes A y B.	127
Figura 59: Elevación de los ejes C y D.	127
Figura 60: Columnas en pórtico del eje E y F.	127
Figura 61: Columna 4C4F.	128
Figura 62: Viga 2C6F.	128
Figura 63: Viga 1C3F.	128
Figura 64: Rigidizador 1C1F	129
Figura 65: Viga 2C2F.	129
Figura 66: Viga 1C2F.	129
Figura 67: Carga muerta en vigas secundarias de N+3.10 en Kgf/m.	130
Figura 68: Carga viva en vigas secundarias de N+3.10 en kgf/m.	130
Figura 69: Carga muerta en vigas secundarias de N+6.20 en kgf/m.	131
Figura 70: Carga viva en vigas secundarias de N+6.20 en kgf/m.	131
Figura 71: Poblaciones ecuatorianas y valor Z	132
Figura 72: $f_a$ Coeficiente de ampliación de suelo en la zona de periodo corto	132
Figura 73: $F_d$ : Ampliación de las ordenadas del aspecto elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca considerada los efectos de sitio	132
Figura 74: Comportamiento no lineal de los suelos.	133
Figura 75: Periodo límite de vibración en el aspecto sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño	133
Figura 76: Periodo límite de vibración en el aspecto sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño	133
Figura 77: Razón entre la aceleración espectral y la aceleración máxima en el terreno para el periodo de retorno seleccionado.	134
Figura 78: Combinaciones de carga proporcionadas por la NEC.	135
Figura 79: Sismo sentido X.	136
Figura 80: Sismo sentido Y.	136
Figura 81: Distribución de cargas sísmicas en cada piso sentido X	136
Figura 82: Distribución de cargas sísmicas en cada piso sentido Y	137

Figura 83: Modal participating mass ratios (%).....	137
Figura 84: Curvas de derivas elásticas sentido X.....	138
Figura 85: Curvas de derives elásticas sentido Y.....	138
Figura 86: Control de cortantes de la estructura.....	139
Figura 87: Control sismo en X. ....	139
Figura 88: Control sismo en Y. ....	139
Figura 89: Modelo Estructural .....	140
Figura 90: Ingreso en Etabs del módulo de elasticidad $E_{min}$ .....	140
Figura 91: Secciones de vigas en N+3.10 .....	141
Figura 92: Secciones de vigas en N+6.20 .....	141
Figura 93: Columnas en pórtico del eje A y B.....	142
Figura 94: Columnas en pórtico del eje C y D.....	142
Figura 95: Columnas en pórtico del eje E y F.....	142
Figura 96: Columna 35x35.....	143
Figura 97: Columna 31x31.....	143
Figura 98: Columna 27x27.....	144
Figura 99: Columna 29x29.....	144
Figura 100: Viga 29x35.....	144
Figura 101: Viga 23x35.....	145
Figura 102: Viga 12x22.....	145
Figura 103: Viga 15x26.....	145
Figura 104: Viga 11x16.....	146
Figura 105: Rigidizador 18x25 .....	146
Figura 106: Carga muerta en vigas secundarias de N+3.10 en Kgf/m.....	147
Figura 107: Carga viva en vigas secundarias de N+3.10 en kgf/m.....	147
Figura 108: Carga muerta en vigas secundarias de N+6.20 en kgf/m.....	148
Figura 109: Carga viva en vigas secundarias de N+6.20 en kgf/m.....	148
Figura 110: Combinaciones de carga proporcionadas por la NEC. ....	150
Figura 111: Sismo sentido X.....	150
Figura 112: Sismo sentido Y.....	150
Figura 113: Distribución de cargas sísmicas en cada piso sentido X.....	151
Figura 114: Distribución de cargas sísmicas en cada piso sentido Y.....	151
Figura 115: Modal participating mass ratios (%).....	152
Figura 116: Curvas de derivas elásticas sentido X.....	152
Figura 117: Curvas de derives elásticas sentido Y.....	153
Figura 118: Control de cortantes de la estructura.....	153
Figura 119: Control sismo en X. ....	154
Figura 120: Control sismo en Y. ....	154
Figura 121: Propiedades del hormigón. ....	155
Figura 122: Ingreso de las propiedades del acero. ....	155
Figura 123: Ingreso de la resistencia del suelo (10 tn/m <sup>2</sup> ). ....	156
Figura 124: Dimensiones seleccionadas de los plintos. ....	156
Figura 125: Revisión de presiones mediante cargas de servicio.....	157
Figura 126: Revisión de presiones mediante cargas de servicio y sísmicas. ....	157
Figura 127: Chequeo a punzonamiento.....	158
Figura 128: Armado de plintos de 2.30x2.30 (m) .....	158

Figura 129: Armado de plintos de 1.80x1.80 (m).....	159
Figura 130: Armado de plintos de 1.30x1.30 (m).....	159
Figura 131: Chequeo a corte de los plintos.....	160
Figura 132: Ingreso de las propiedades del hormigón.....	160
Figura 133: Ingreso de las propiedades del acero.....	161
Figura 134: Ingreso de la resistencia del suelo (10 tn/m <sup>2</sup> ).....	161
Figura 135: Dimensiones seleccionadas de los plintos.....	162
Figura 136: Revisión de presiones mediante cargas de servicio.....	162
Figura 137: Revisión de presiones mediante cargas de servicio y sísmicas.....	163
Figura 138: Chequeo a punzonamiento.....	163
Figura 139: Armado de plintos de 1.80x1.80 (m).....	164
Figura 140: Armado de plintos de 1.30x1.30 (m).....	164
Figura 141: Armado de plintos de 2.20x2.20 (m).....	165
Figura 142: Armado de plintos de 1.80x4.10 (m), en el sentido X.....	165
Figura 143: Armado de plintos de 1.80x4.10 (m), en el sentido Y.....	166
Figura 144: Chequeo a corte de los plintos.....	166

## RESUMEN

El presente proyecto técnico tiene como objetivo ejecutar el diseño estructural de una edificación que servirá a la población y visitantes del cantón Mocha, se presentan dos modelos mismos que se ejecutaron con Guadua Angustifolia Kunth (Gak) y otro modelo que se realizó con madera del grupo estructural A, materiales que son diferentes a los normalmente utilizados en la construcción.

Para garantizar un correcto desempeño estructural ante alguna eventualidad sísmica de los modelos, se cumplió con los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015). En la elaboración de este proyecto se aplicó una investigación descriptiva y bibliográfica con distintos autores, mismos que están mostrados en el presente trabajo. Una vez definida la geometría y configuración arquitectónica del modelo, mediante la ayuda de un profesional encargado por el GAD Mocha, se realizó el diseño de las estructuras con los materiales elegidos para este proyecto, mediante un software de análisis y diseño estructural.

Se realizó un pre-dimensionamiento que posteriormente se mejoró con los esfuerzos internos mostrados en el programa y mediante una hoja de cálculo se revisó si dichos esfuerzos cumplían con los esfuerzos admisibles de los materiales en las secciones propuestas para cada modelo, luego para validar el diseño se verificó los distintos requerimientos sísmicos, derivas, índice de estabilidad, control de cortantes y consideraciones de diseño que se encuentran especificadas en la NEC 2015. Finalmente se realizó el modelado tridimensional de las estructuras en un programa especializado de dibujo.

Palabras clave: Guadua angustifolia kunth, Diseño estructural, Esfuerzos admisibles, Grupo estructural, NEC 15.

## ABSTRACT

The objective of this technical project is to execute the structural design of a building that will serve the population and visitors of the Mocha canton, two models are presented that were executed with Guadua Angustifolia Kunth (Gak) and another model that was made with wood of structural group A, materials that are different from those normally used in construction.

To guarantee a correct structural performance in case of any seismic eventuality of the models, the requirements of the Ecuadorian Construction Standard (NEC 2015) were complied with. In the elaboration of this project, a descriptive and bibliographic research with different authors was applied, which are shown in this work. Once the geometry and architectural configuration of the model was defined, with the help of a professional in charge of the GAD Mocha, the design of the structures was carried out with the materials chosen for this project, using structural analysis and design software.

A pre-dimensioning was carried out and later refined with the internal forces shown in the program and a spreadsheet was used to check if these forces complied with the allowable stresses of the materials in the sections proposed for each model. Then, to validate the design, the different seismic requirements, drifts, stability index, shear control and design considerations specified in the NEC (2015). Finally, the three-dimensional modeling of the structures was carried out in a specialized drawing program.

Keywords: Guadua Angustifolia Kunth, Structural design, Allowable stresses.

# CAPÍTULO I

## 1.1 Antecedentes Investigativos

### 1.1.1 Antecedentes

Una de las industrias más importantes en el mundo se encuentra en el campo de la construcción, por lo que a medida que transcurre el tiempo, aumenta la demanda de mejoras o cambios en esta industria y a su vez las personas tratan de dejar un mejor lugar al que han vivido, invirtiendo en nuevas maneras de construir siendo estas más amigables con el medio ambiente, poseyendo la misma suma o hasta superior seguridad que las construcciones tradicionales [1].

Durante siglos se han utilizados materiales diferentes a los usados comúnmente como el hormigón y el acero, pero con la ayuda de nuevas tecnologías existentes en la actualidad el campo de la construcción ya sea con madera o bambú, materiales derivados de la naturaleza se han llevado a cabo estructuras más amplias, más complejas y altas, cambiando así la construcción basada en prácticas y experiencias, por cálculos probados en programas de análisis [1].

A nivel mundial el bambú ha ocupado un lugar de gran importancia en las construcciones debido a que es un recurso renovable, además de sus beneficios ambientales, sociales y económicos. El presente trabajo se efectúa para el cantón Mocha provincia de Tungurahua, que debido a la escasez de estudios de este material y a la ubicación geográfica no se ha optado por construcciones con bambú a diferencia de la madera que ha sido un material con un gran uso en esta zona del Ecuador con estructuras aun en pie después de 50 a 60 años, pero cabe mencionar que el bambú es un material que se adecua a varios climas por lo que se podría construir en esta zona con seguridad [2].

Las estructuras con este tipo de materiales han tenido un progreso hasta nuestros tiempos a nivel mundial, por ejemplo, las construcciones con madera se las realizaba mediante el uso de grandes elementos verticales, horizontales y diagonales, que analizadas con el conocimiento teórico actual nos revelan cuan sofisticada fue la respuesta de estas estructuras, en la actualidad la construcción con marcos ligeros usando elementos estandarizados, se han convertido en la técnica más dominante en la construcción de estructuras [3].

Las estructuras de madera han existido por más de 10 mil años, desde que la gente empezó a establecerse en un lugar determinado y empezó a cultivar las tierras, en diferentes países como Alemania, Suiza y Austria, las casas de madera siguen en pie después de varios años después de su construcción, debido a que la madera siempre a tenido la durabilidad necesaria para la tensión y la compresión a la cual están sometidos [1].

Aprovechando las propiedades del bambú como un recurso renovable y caracterizado por su gran resistencia además de un bajo peso, varios investigadores y organizaciones han estado promoviendo su potencial como material sostenible para la construcción, El bambú tiene excelentes propiedades de resistencia, particularmente en lo que respecta en respuesta a tracción, la mayoría de las propiedades dependerán del tipo de especie y las condiciones climáticas en las que crece [4].

Desde hace varios años, el bambú y la madera se ha utilizado como un recurso sostenible en la construcción de estructuras en diferentes países en desarrollo. El bambú, en particular, es un material de rápido crecimiento que lo ha convertido en un material estructural interesante debido a su durabilidad. Esta planta crece completamente en unos pocos meses y alcanza la máxima resistencia mecánica en solo unos pocos años [5].

Desde el siglo XX, la arquitectura sostenible ha sobresalido, a la cual también se la conoce como arquitectura verde o arquitectura sustentable, esta idea busca optimizar los recursos naturales, así como los sistemas estructurales de las edificaciones reduciendo el impacto en el medio ambiente y sus habitantes [2].

### **1.1.2 Justificación**

La importancia de la investigación es debido al incesante cambio a la modernidad, esto quiere decir innovar con nuevos materiales en las construcciones civiles en las cuales se usan normalmente materiales convencionales. Además de utilizar un material completamente no convencional como es el Bambú que es completamente renovable y de rápido crecimiento, lo que se desea es tratar de manejar los recursos económicos en menor cantidad en comparación al usado en el hormigón y acero que se usan generalmente [6].

El proyecto está dirigido a la exigencia que presenta el cantón Mocha de contar con un centro cultural que también actúe como un museo para la recolección de información histórica y cultural que contiene esta zona del Ecuador y poder crear un punto turístico en la ciudad para los turistas locales, nacionales y extranjeros, donde puedan encontrar diferentes actividades recreativas esto debido a que actualmente el cantón no cuenta con un espacio adecuado para la atención a los visitantes.

Se intenta encontrar un diseño estructural con materiales que contengan similares o mejoradas propiedades físicas y mecánicas que los materiales usados frecuentemente en las obras civiles, además que se busca que este material sea eco amigable, cambiando la pensamiento de los constructores y puedan reducir el uso de los materiales convencionales como el hormigón, además de productos que no se fabrican en nuestro país como lo es el acero, el cual se debe importar de otros países, por lo que al omitir su uso en grandes cantidades, ayudaríamos a contrarrestar el alto costo de una

estructura, teniendo la oportunidad de colocar ese ahorro económico en los acabados de nuestras construcciones [7].

Mediante herramientas tecnológicas de cálculo de estructuras se mostrara que las propiedades físicas y mecánicas de materiales como el bambú y la madera podrán sustituir a las estructuras de hormigón y acero, materiales que se utilizan en las distintas estructuras de la actualidad, ya que estos materiales han sido los principales componentes claves para tener un edificio estable, seguro y resistente al fuego, y como el calentamiento global afecta en gran medida a nuestro planeta, se deben utilizar nuevas tecnologías o según esta investigación nuevos materiales [8].

Un gran limitante para la ejecución de estas construcciones es el temor que tenemos a lo desconocido, esto es algo común en nuestro país, y es entendible debido a que la mayor cantidad de estudios que se han reunido son sobre el hormigón y el acero, en el presente trabajo se plantea el uso de dos materiales renovables y con muy buenas propiedades mecánicas que se han usado en el país de forma informal, lo que ha sido uno de los más grandes inconvenientes en el sector de la construcción, que se ha podido comprobar con los sismos registrados en los últimos años, debido a que algunas edificaciones no se las han realizado bajo criterios técnicos que permitan salvaguardar vidas en estos desastres naturales. Por lo que en este trabajo se pretende combinar criterios de sismo resistencia y materiales eco amigables. [9]

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General:**

Efectuar el diseño estructural en bambú y madera de un centro cultural y recreativo, realizado con herramientas tecnológicas en la cabecera cantonal del cantón Mocha, provincia de Tungurahua.

### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- Compilar los aspectos generales y específicos del bambú (*guadua Angustifolia Kunth*) y de la madera estructural.
- Ejecutar un prediseño de los elementos estructurales involucrados en la edificación propuesta.
- Verificar los indicadores de sismo resistencia propuestos por la Norma Ecuatoriana de Construcción en la estructura propuesta tanto en bambú como en madera.
- Efectuar un análisis de presupuestos de la estructura propuesta entre los dos materiales empleados.

## CAPITULO II

### 2.1 Fundamentación Teórica

#### 2.1.1 Bambú

Desde el punto botánico el Bambú se lo clasifica como Bambuseae, una tribu perteneciente a la familia de las gramíneas. A las bambusas se las encuentra alrededor del mundo entre los 35° latitud norte y los 47° latitud sur, excepto Europa debido a que no posee especies nativas. En una amplia franja del anillo ecuatorial del continente americano se presentan las mejores características de la planta [10].

Se constituye por un sistema de ejes vegetativos segmentados, mismas que se forman de manera alterna entre nudos y entrenudos, los cuales cambian dependiendo su ubicación (rizoma, tallo y ramas) dentro de la planta [10]. No todos los bambúes son de color verde, algunos son de color verde con rayas amarillas como la “guadua rayada” del Quindío, otros solo son de color amarillo como la *Bambusa vulgaris* o amarillo con rayas verdes como la *Bambusa vulgaris* var que son especies originarias de Asia y cultivadas en América como ornamentales [6].



Figura 1: Disposición del Bambú en el Mundo.

El crecimiento del bambú se da junto a árboles y arbustos, en general se origina en bosques tropicales, en selvas de clima cálido y en el caso de los bambúes herbáceos se da bajo la sombra de bosques cálidos. Su crecimiento va a depender de la humedad donde se encuentre implantado, además de la sombra y la temperatura del medio ambiente. El periodo de florecimiento del bambú va a cambiar dependiendo de la especie del bambú, tiempo que puede ser desde los 3 años y otros llegan a florecer una vez en su vida este es el caso de la *Phyllostachys Nigra* que sucede a los 120 años la cual es la que más tarda en florecer [9].

### **2.1.2 El bambú en la construcción**

Es un material con una forma circular y hueca, lo cual le permite ser liviana, fácil de manejar y trasladar, esto además permite acelerar el proceso de construcción. La presencia de nudos y tabiques le permite ser un material más rígido y elástico al curvarse, presentando una clara ventaja en sistemas de construcción sismorresistentes, el bambú como ventaja con respecto a otros materiales se puede mencionar que es uno de los más baratos debido a que no necesita importación hacia nuestro país [11].

Para Morán [12], las construcciones deben ser de bambú porque es un material excelente y versátil para construir, además de ser ligero y resistente.. Arquitectónicamente, resulta atractivo y natural para edificaciones de diferentes usos, es un material ecológico de rápida regeneración, su uso requiere herramientas manuales, es económico y de fácil manejo.

Este material se emplea principalmente en lugares donde la especie se presenta en grandes cantidades, ya sea que se lo utilice como material primario aprovechando su propiedad sismo-resistente o secundario, también de manera ocasional dentro de las construcciones empleándola para obtener formas arquitectónicas exóticas y artísticas. Además de su uso estructural también se lo emplea en la elaboración de paredes, cercos

para la delimitación de propiedades o la preparación de sistemas de andamiajes en construcciones [9].

Este material se distingue por tener varias partes las cuales se propone para diferentes tipos de usos, el primer tramo denominado cepa o también como la parte basal comprendida entre (4–5) m, dependiendo del uso específico que se le quiera dar se lo utiliza en la construcción de cimientos, columnas y vigas. El segundo tramo tiene una longitud aproximada de (8–10) m, los usos que pueden tener son la elaboración de elementos de cerchas, vigas de entresijos, diagonales y dependiendo su diámetro también pueden ser utilizadas en columnas. El tercer tramo o también conocido como Sobrebasa aunque su diámetro es menor, también es comercial debido a que su forma permite varios usos, teniendo una longitud aproximada de 4 metros especialmente se utiliza en la elaboración de riostras, montantes, otros elementos menores de cerchas, entre otras más y el último tramo o también llamado Varillon con una longitud aproximada de 5 metros, es la parte más delgada utilizable en la construcción para correas de techos de palma [10].

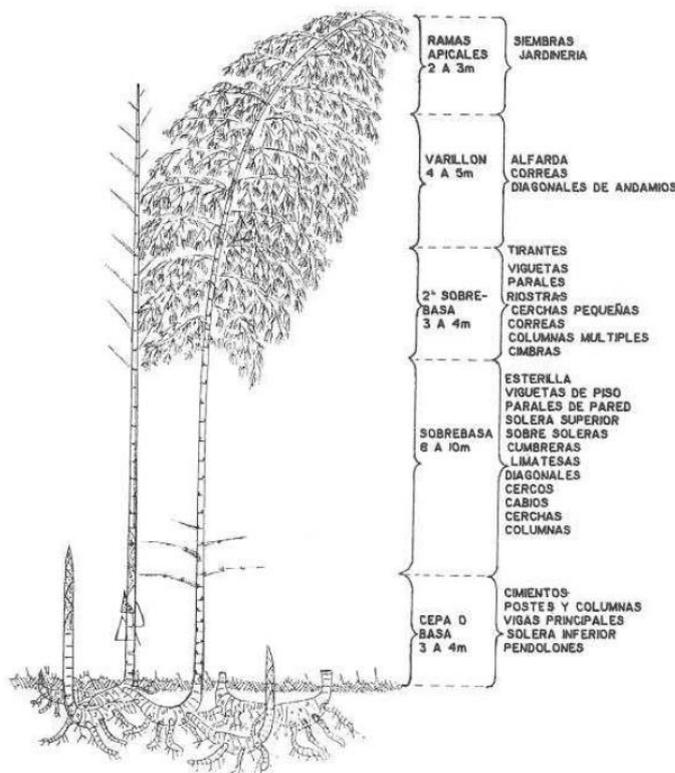


Figura 2: Sección Longitudinal del Tallo [10].

Los diámetros comerciales del bambú ya inmunizado en el Ecuador, se encuentran desde los 10 cm hasta los 16 cm, y el espesor normalmente es un 12% del diámetro. De la misma forma la longitud comercial de venta al público del bambú es de 6 metros, por temas de transporte principalmente.

### **2.1.3 La caña guadua**

#### **2.1.3.1 Generalidades**

La caña guadúa se define como un tipo de bambú endémica del Sur y Centro América, la cual está conformada por 32 especies, al inicio los botánicos Humboldt y Bonpland la denominaron Guadua Bambusa, posteriormente fue bautizada como Guadua Angustifolia Kunth, debido al tipo de hojas angostas que la planta posee, denominación que fue asignada por el botánico alemán Karl Sigismund Kunth alrededor del año 1820 [9], [13].

La Guadua Angustifolia Kunth o también llamada como (GaK ), una de las 1200 especies de bambú identificadas a nivel mundial, es leñosa y se desarrolla en regiones tropicales, los tallos pueden alcanzar un altura aproximada de 30 metros, es nativa de países como Ecuador, Colombia y Perú, sin embargo en la actualidad otros países han empezado a plantarla debido a sus grandes beneficios para distintos usos y sus excelentes propiedades físicas y mecánicas [13].



Figura 3: Caña Guadua Angustifolia Kunth [12].

De acuerdo con las Normas de Construcción Ecuatorianas (NEC), la caña guadua se distingue a las otras especies del mismo género por las características en su tronco, al tener una relación peso sobre resistencia (igual o superior a la que se observa en algunas maderas), incluso es comparado con el acero teniendo en cuenta que la capacidad de absorción de energía y la flexibilidad de soporte es mayor, lo que convierte a este tipo en un material ideal para construcciones sismo resistentes [13].

Según Londoño [14], la clasificación botánica del *Gak* es la siguiente:

Reino:	Vegetal
División:	Spermatofitas
Subdivisión:	Angiospermas
Orden:	Cyperales / Glumiflorales
Clase:	Monocotiledóneas
Familia:	Poacea / Gramineae
Subfamilia:	Bambusoideae
Súper-tribu:	Bambusodae
Tribu:	Bambuseae
Sub-tribu:	Guaduínae
Género:	Guadúa
Especie:	Angustifolia Kunth
Nombre Científico:	Guadúa Angustifolia Kunth

### **2.1.3.2 Morfología**

La estructura de la guadua se fracciona en tres secciones la apical o puntal donde se hallan los diámetros más delgados y su fibra es más resistente que las demás secciones, luego se encuentran la sección intermedia y la sección basal donde se están los mayores diámetros y los espesores más gruesos, la longitud entre nudos es más corta en la sección basal que en la sección intermedia [15].

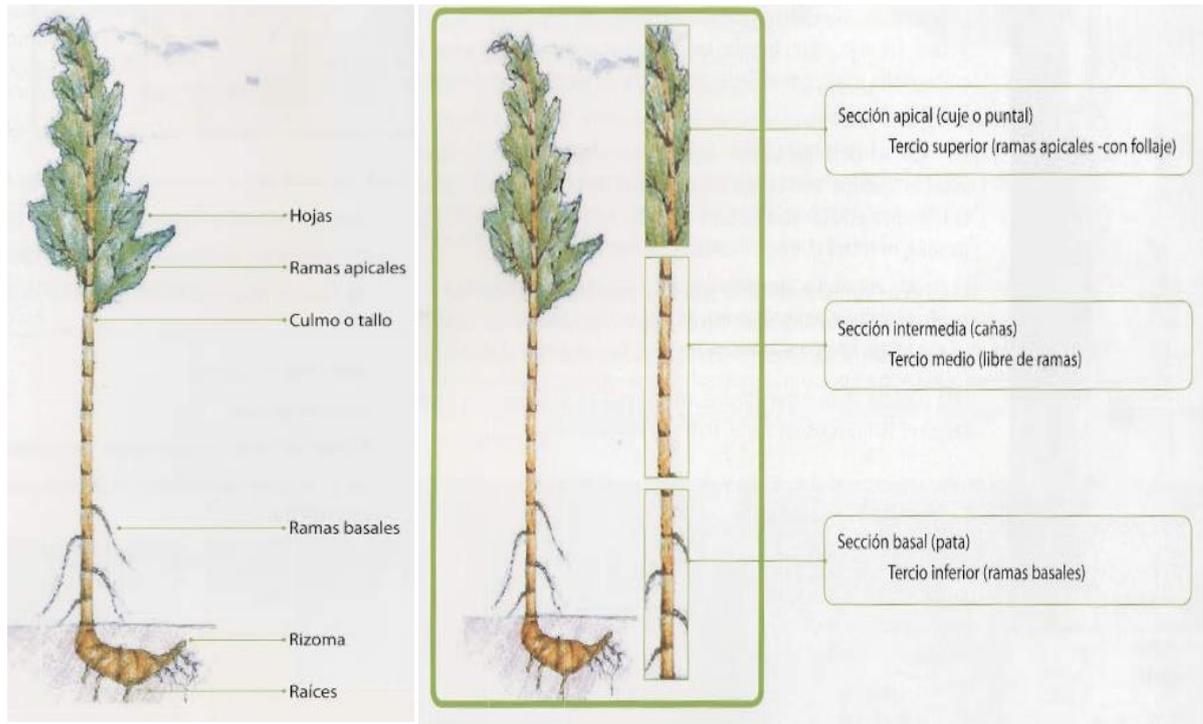


Figura 4: Estructura de la Guadúa [15].

#### 2.1.3.2.1 Raíces

Las raíces del bambú son fibrosas, delgadas y cilíndricas, la edad de la planta no ocasiona que su diámetro incremente de valor. Generalmente brotan desde los nudos de los tallos subterráneos [16].

#### 2.1.3.2.2 Tallo

El tallo del bambú contiene una parte subterránea, llamada rizoma, y una parte emergente llamada culmo. Si examinamos el rizoma, el culmo y sus ramas, podemos ver que se encuentran segmentados, es decir, hay una serie de nudos (que aparecen como anillos a lo largo del culmo, donde surgen las vainas y ramas) e intervalos entre los nudos, que se llaman simplemente entrenudos. El espacio interno dentro de la caña de bambú está compartimentado en una serie de huecos por cada nodo que lleva una placa transversal. Es esta estructura básicamente hueca en forma de cilindro con

paredes transversales que están colocadas a intervalos regulares a lo largo del culmo lo que le da al bambú su fuerza y flexibilidad [17].

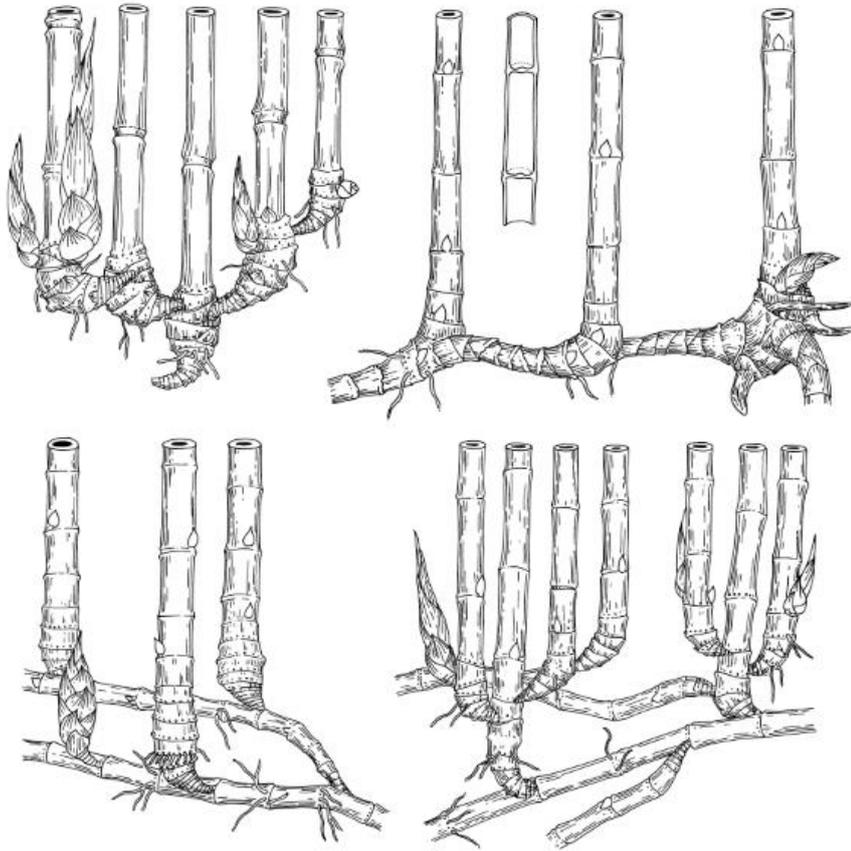


Figura 5: Tipos de rizomas existentes [17].

En la figura 5, se presenta algunos tipos de rizomas existentes en la esquina superior izquierda se presenta un sistema simpodial que contiene rizomas cortos, en la esquina superior derecha los culmos están muy juntos y el sistema de rizomas es simpodial con cuello largo, en la esquina inferior izquierda se presenta un sistema cuando los culmos están más separados y que surgen de rizomas monopodiales, y la última imagen es un sistema mixto.

### 2.1.3.2.3 Ramas

Las ramas crecen desde el tallo originándose a partir de la yema nodal, esta parte ayuda al soporte de las hojas las cuales son las encargadas de los procesos fisiológicos de la planta [9].

#### **2.1.3.2.4 Hojas**

En la planta de bambú, las hojas pueden asumir dos formas, con diferentes funciones, una de estas está representada por la estructura espesa, rígida, en forma de espiral que se sostiene alrededor y encierra gran parte de un entrenudo a medida que se alarga durante el crecimiento temprano del culmo. Estas "vainas de culmo" (u "hojas de culmo", como también se las llama) desempeñan un papel protector al revestir la parte inferior tierna de un entrenudo mientras sus tejidos se dividen y alargan activamente. Las vainas de los culmos pueden ser verdes o de algún otro color, pero suelen ser persistentes hasta cierto punto incluso después de volverse marrones y pueden permanecer en los culmos maduros durante algún tiempo. La otra forma (quizás más inmediatamente reconocible) de una hoja de bambú es la hoja de follaje en las ramas más finas, con hojas verdes llamativas, cuya función es la fotosíntesis [17].

#### **2.1.3.3 Cultivo**

Cuando se cultiva la madera para que esta pueda ser aprovechada se requiere un tiempo de varios años desde los 10, 15 hasta los 100 años. Diferente a lo tiempos que necesita la caña guadua que necesita entre 3.5 y 6 años, esto considerando que estas plantaciones van a generar recursos financieros y ayudan al medio ambiente. Se necesitan tener en cuenta algunas actividades para obtener un correcto cultivo de la planta:

##### **2.1.3.3.1 Ubicación de las plantaciones**

Se debe tener en cuenta algunas consideraciones para la ubicación de los guaduales una vez definido el propósito de estas plantaciones (reforestación, protector de taludes, regulador de cuencas hidrográficas, explotación comercial, etc.), posteriormente se debe considerar:

- Topografía del suelo
- Fuentes de agua

- Vías de comunicación
- Energía eléctrica
- Instalaciones e infraestructura
- Mano de obra

#### **2.1.3.3.2 Preparación del sitio**

Para empezar la plantación se debe primero realizar la limpieza del sitio de arbustos y otra vegetación no deseada, y la construcción de caminos de acceso. El material de plantación (plantas, esquejes o compensaciones) se puede obtener de un bosque de bambú, otra plantación o un vivero [18].

Según [9], cuando el propósito de la plantación de la caña guadua es comercial después de una evaluación en diferentes distancia entre plantas, partiendo de 3x3 metros, 4x4 metros y 5x5 metros, dependiendo de la topografía del terreno. Las distancias entre plántulas son de mucha importancia ya que de esta depende los nutrientes y la energía solar, las mismas que influirán en el diámetro y la altura de las cañas, siendo lo más recomendable usar una separación de 4x4 metros.

#### **2.1.3.3.3 Plantación de la caña guadúa**

Para cultivar la caña guadúa se debe realizar cuidadosamente, el material vegetal que se vaya a utilizar debe estar fuerte y en excelentes condiciones de desarrollo foliar, estas consideraciones ayudan a enfrentar las condiciones hidro climáticas del campo, por lo que se recomienda realizar la plantación en épocas que inicia la temporada de lluvia [9].

Se cree que la composición de los Guaduales es de un 10% de brotes, 30% con tallos jóvenes y el restante con cañas maduras, y una densidad de 4000 a 8000 tallos por

hectárea. Teniendo una productividad estimada de entre 1200 y 1400 tallos por ha/año, lo que produce una alternativa de mayor eficacia al compararla con la madera [19].



Figura 6: Guaduales (conjunto de bambúes) [19].

#### **2.1.3.4 Preservación y Secado**

La principal preocupación de cualquier usuario real o potencial de una casa o producto de bambú es la corta durabilidad del material. En general, se considera que la vida útil del bambú es demasiado corta para cualquier inversión que valga la pena. Esto, lamentablemente, es cierto en gran medida. El bambú tiene una durabilidad natural menor a la de la mayoría de las maderas utilizadas en construcción, debido a la escasez de ciertos productos químicos que ayudan a las maderas pero que no sirven en el bambú. La información que se tiene sobre la durabilidad natural de las diferentes especies de bambú son escasas [18].

Un problema que agrava la baja durabilidad natural es el hueco de la caña de bambú, particularmente al compararla con la sección transversal masiva que tiene la madera. Si los hongos o insectos atacan y destruyen la capa exterior de madera, digamos a una profundidad de 2 mm, la mayor parte de la sección transversal todavía estará en condiciones aceptables. En el caso del bambú, una pérdida de 2 mm puede significar la pérdida de una cuarta parte del espesor. El hueco también ofrece un escondite relativamente seguro para los agentes encargados en destruir el material [18].

La vida útil del bambú sin tratar puede ser:

- 1-3 años cuando esta al aire libre y llega a entrar en contacto con el suelo
- 4-6 años bajo cubierta y sin contacto con el suelo
- 10-15 años con buenas condiciones de almacenamiento

Estos valores se pueden mejorar al preservar el material.

#### **2.1.3.4.1 Preservación**

La piel exterior, con su alto contenido de sílice, forma un buen impermeable y resiste los insectos, pero también evita que el conservante penetre en el culmo. El interior está cubierto con una capa cerosa que también es impermeable. Entonces, un conservante puede entrar solo a través de los vasos conductores, que no son más del diez por ciento de la sección transversal. Cierran para siempre dentro de las 24 horas posteriores a la cosecha, lo que significa que la conservación debe llevarse a cabo dentro de este breve límite de tiempo [18].

En la madera, la conservación de madera aserrada se debe realizar casi siempre, debido a que el resultado del aserrado es que se abren numerosos recipientes y celdas, lo que facilita considerablemente la penetración de cualquier conservante. Además, la madera tiene rayos que proporcionan conexiones cruzadas entre las paredes [18].

- Preservación por avinagrado

El método del avinagrado es una forma natural de preservar el bambú al no usar aditivos, lo que permite que se realice en la misma plantación después de realizar el corte, manteniendo el culmo con sus ramas y hojas descansadas al resto de culmos en forma vertical, por un tiempo aproximado de tres semanas. Es ecológico y aunque no requiere inversiones adicionales, debe ir acompañado de otros tipos de conservantes [9].

- Preservación por Inmersión

Es de los más utilizados, en el cual se debe realizar las siguientes operaciones:

- a) Perforar longitudinalmente los diafragmas interiores de los culmos mediante una varilla de 12 a 16 mm de diámetro.
- b) Posteriormente se debe lavar el exterior del culmo para que no se llegue a contaminar el líquido preservante, mediante materiales poco rugosos para que no se raye la epidermis del culmo.
- c) En un tanque con la siguiente dosificación (por cada 96 litros de agua se recomienda colocar 2 Kg de bórax y una similar cantidad de ácido bórico), colocar los culmos. Los polvos químicos deben ser diluidos en forma parcial mediante recipientes de 5 galones de agua a temperaturas de entre 50°C y 80°C, Uno de los extremos del culmo debe sobresalir un poco para que el aire contenido se transporte hacia la superficie en forma de burbujas.
- d) Los culmos estarán sumergidos por lo menos 5 días en condiciones de temperatura ambiente o solo por 6 horas en temperaturas de entre 60°C y 80°C.
- e) Los culmos se deben colocar en forma inclinada con su parte basal (zona con mayor diámetro) hacia arriba para que puedan escurrir, antes de llevarlos hacia el sitio de secado [13].



Figura 7: Tratamiento de preservación del bambú por inmersión [19].



Figura 8: Planta de Tratamiento en Santo Domingo de los Tsáchilas [20].

El gobierno regional de Santo Domingo, Ecuador, ha invertido en una instalación de tratamiento a gran escala, Los agricultores venderán sus culmos estructuralmente maduros al centro regional a un precio de mercado justo y En última instancia, el centro de tratamiento producirá culmo estructural tratado a un precio más asequible.

- Preservación por el método de Boucherie

En este método, el conservante se hace pasar bajo presión a través de los vasos de la caña hasta que sale por el otro extremo de la caña. Este método se debe usar solo en bambú con estado fresco, dentro de las 24 horas posteriores a la cosecha. A medida que el conservante pasa a través de los vasos, el 90% restante de la sección transversal no entra en contacto con el conservante.

El líquido conservante se mantiene dentro de un tambor cerrado, que está conectado a un extremo del bambú con tubos de goma y manguitos firmemente sujetos alrededor del extremo del bambú (Fig. 9). Una bomba de aire proporciona la presión, debe eliminarse el aire de la parte superior de la manga; de lo contrario, la parte superior del culmo permanecerá sin preservar, lo que resultará en culmos mal tratados [18].

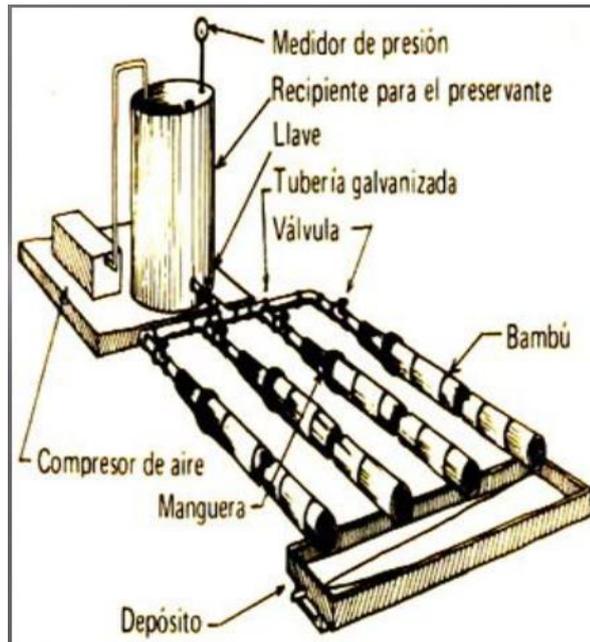


Figura 9: Tratamiento de preservación del bambú por el método de Boucherie [21].

Al principio, la savia debe comenzar a gotear desde el extremo inferior (Fig. 10) sin conservante. Mientras continúa el proceso, esto ayudara a aumentar la concentración de conservante en la savia. El proceso debe continuar hasta que toda la longitud del bambú obtenga suficiente cantidad de conservante. Para determinar el final del proceso, se debe verificar la concentración de la solución que gotea desde el extremo inferior [18].



Figura 10: La savia sale por la parte más baja del culmo y se recolecta en un recipiente [21].

#### 2.1.3.4.2 Secado

La caña guadua es un material poroso que absorbe la humedad encontrada en el ambiente. Mencionando que si el contenido de humedad del material aumenta, el material será más susceptible al ataque de los factores biológicos, debido a esto los culmos de caña guadua que van a ser utilizados en construcción se deberán secar hasta alcanzar un contenido de humedad igual o menor al contenido de humedad de equilibrio propio del lugar de emplazamiento de la estructura [9]. Si se desea impedir que los culmos sufran deformaciones, fisuras o cualquier daño irreversible luego de ya formar parte de una estructura se debe realizar un correcto secado [13].

- Secado al ambiente

Los culmos pueden estar colocados en forma vertical para su secado en lugares ventilados, controlando el daño del material por la acción del clima, agentes biológicos u otras causas, lo cual se consigue siguiendo los siguientes pasos [9].

- a) Los culmos deben ser apoyados intercaladamente a los dos lados de un caballete, mismo que debe tener una altura de  $2/3$  la longitud de los culmos a almacenar. Uno de los extremos se deberá asentar sobre una caña picada o algo que pueda evitar el contacto con el suelo.
- b) Para evitar el deslizamiento lateral de los culmos, se deben sujetar con cuerdas o rabillas los culmos ubicados al inicio, medio y al final del caballete.
- c) Si los caballetes están expuestos al aire libre, los ejes deben colocarse de este a oeste para que tengan una baja exposición al sol.
- d) Girar parcialmente y a diario los culmos sobre su eje longitudinal, durante los 15 primeros días y luego con menor frecuencia.
- e) Una vez alcanzado el contenido de humedad, los culmos deben pasar a ser almacenados bajo cubierta o pueden ser utilizados en construcción [13].



Figura 11: Secado al ambiente del Gak [21].

- Secado artificial

Cuando se habla de secado artificial, es porque el ambiente ya sea interno mediante cámaras de secado, o al controlar la temperatura y la humedad. En este procedimiento se debe precautelar la integridad de los culmos, al evitar que estas sufran aplastamiento o rajaduras. Para utilizar este método de secado los culmos deben pasar por un proceso de pre secado al ambiente durante 8 días.

- a) Hornos de secado: Su fuente de energía son los combustibles fósiles.
- b) Inyección de aire caliente: Se deben colocar en sentido horizontal, además de estar bajo cubierta, para inyectarles aire caliente se realiza mediante un ventilador y una manguera de plástico.
- c) Secado solar: Este método necesita la acción del sol y la participación de equipos mecánicos, para poder controlar el aire caliente por medio de ventiladores y la humedad presente por ventanillas.

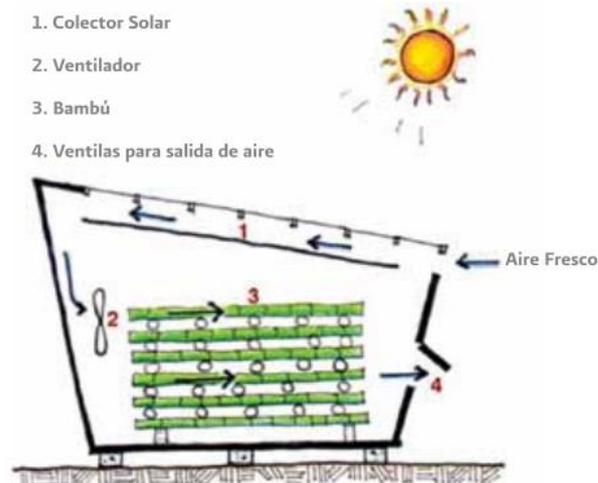


Figura 12: Método de secado solar [16].

### 2.1.3.5 Propiedades físicas y mecánicas

Debido al uso de la caña guadua para un uso estructural, se han realizado estudios en diferentes regiones y lugares donde se encuentra cultivada para poder identificar el comportamiento mecánico y sus propiedades para su correcto uso en sistemas estructurales [22].

Dentro de Ecuador, cualquier edificio está sujeto a la NEC (Normas de la Construcción Ecuatoriana) e INEN (Instituto de Normalización Ecuatoriano), que contienen requisitos mínimos para asegurar que la estructura proteja la vida humana y también ayuden a la serviciabilidad de la misma [9].

Para el diseño de la estructura, el especialista responsable es el encargado de velar por la seguridad, calidad, economía y sostenibilidad, aplicando todo el conocimiento científico y tecnológico, cabe mencionar que la responsabilidad de cualquier daño puede recaer en el profesional que firmo el diseño [9].

Debido a la responsabilidad que implica la construcción de una estructura, se deben estudiar las propiedades mecánicas y estructurales que tiene el material, en este caso el bambú, para evaluar su capacidad de soportar el peso propio, así como diferentes

cargas muertas o vivas. La importancia se genera durante el período de diseño, tratando así de responder de la mejor manera a cualquier desastre natural que se puede presentar en tiempos venideros [9].

La guadua es un material heterogéneo en su composición interna, debido al tipo de ambiente en el que crece, por lo que no hay dos piezas de Guadua idénticas, aunque formen parte del mismo tallo ya que el suelo y el clima afectan la tasa de crecimiento, la estructura, la forma y las propiedades de resistencia de la caña guadua [9].

#### **2.1.3.5.1 Propiedades Físicas**

- Estructura

La parte exterior de la estructura del tallo del bambú contiene una gran cantidad de sílice, que convierte a esta parte como un protector de la planta y con un espesor de 0.25mm, la desventaja que presenta es al momento de usar las herramientas para la cosecha debido a que desgasta su filo rápidamente [23].

Además de ser una capa protectora, también contiene vasos que se encargan de transportar líquido durante la vida de la caña y asimismo se compone de las fibras que cumplen la función de refuerzo de una forma similar a las varillas de acero en el hormigón armado.

La distribución de sílice y celulosa, se puede comparar con un tubo de acero, formado en su exterior por acero de alta resistencia y acero normal en su interior, lo que produce que la caña se convierta en un material excelente para soportar cargas sísmicas conjuntamente es un material liviano [23].

- Durabilidad

Cuando la caña guadua entra en contacto con el suelo esta se expone a insectos, moho y putrefacción, debido a esto se tiene que proveer de una protección extra a pesar de

que la caña guadua tiene una mayor resistencia al compararlos con otros tipos de caña [23].

Al igual que la madera, se debe proteger de la humedad a la caña guadúa para impedir la proliferación de microorganismos y la putrefacción del material, debido a esto se debe considerar un contenido de humedad menor al 20% en el material [9].

- Densidad

Otra de las propiedades mecánicas más importantes es la masa del material por volumen unitario, al cual se conoce como densidad, para la mayoría de bambúes la densidad es de aproximadamente 700-800 kg/m<sup>3</sup>, valor que varía con la calidad del sitio de cultivo, la especie, la posición en el culmo, etc. [18].

En la Fig. 13. se abordan dos preguntas: ¿cuánta resistencia y cuánta rigidez (resistencia a la deformación) tiene el hormigón, el acero, la madera o el bambú? Donde se puede observar que el acero es el mejor y luego sigue el bambú. En términos de rigidez, el cuarto lugar es para el hormigón, el tercero para la madera, el segundo para el acero y el primer lugar para el bambú (las barras marrones en este diagrama se calculan como el módulo E dividido por la masa por volumen o la densidad).

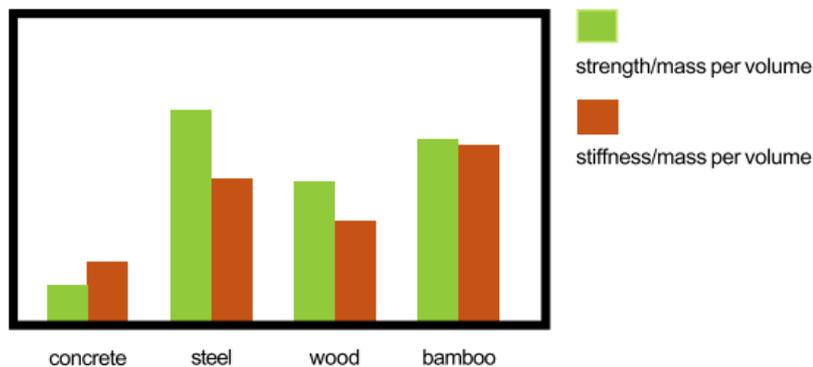


Figura 13: Comparación de Resistencia y rigidez de materiales de construcción [18].

### 2.1.3.5.2 Propiedades Mecánicas

- Flexión

La falla a flexión no es una falla propiamente de la caña guadúa, debido a que no se evidencian fisuras ni roturas en dos partes de la probeta como en las vigas de madera u otro material según Janssen [18]. De acuerdo a ensayos se ha demostrado que la deformación diferida de la caña guadúa no ocurre, lo que se ha visto en los ensayos a flexión es que el vínculo que existe entre las fibras se rompe por lo que la forma circular de la sección pierda resistencia, sin embargo, ninguna de las fibras a lo largo del culmo sufre daño alguno, debido a esto una vez retirada la carga, el elemento de guadua regresa a su forma original, teniendo así un comportamiento elástico [23].



Figura 14: Falla de la caña guadúa a flexión [18].

- Corte

Es una de las propiedades mecánicas más débiles de la caña guadúa, pues cuando el material se somete a esfuerzos de flexión se desarrollan esfuerzos de tracción entre las fibras de manera perpendicular a estas, siendo esta una zona no muy buena para absorber tensión. De la misma forma se considera el esfuerzo cortante en las uniones de los culmos, y considerando estos aspectos la resistencia a cortante que posee la caña guadúa es mayor al de las maderas [23].

- Naturaleza ortotrópica de la caña guadúa

La caña guadúa se define como un material ortotrópico, debido a que tiene propiedades mecánicas independientes en tres planos mutuamente perpendiculares: el eje longitudinal paralelo a la fibra de la pared de la caña, el eje radial perpendicular a la fibra y a los nudos y el eje tangencial perpendicular a la fibra, pero tangente a los nudos [24].

- Módulos de elasticidad

Debido a que al deformar la caña guadúa y luego retirarle la carga aplicada, inmediatamente recupera su estado inicial se la puede identificar como que el material tiene un comportamiento elástico [9].

Al comparar las curvas esfuerzo deformación vs la deformación unitaria del acero y el bambú, cuando están sometidos a una carga de 117.6 MPa el acero sufre una deformación unitaria de 0.00057, mientras que la caña guadúa sufre una deformación unitaria de 0.011, concluyendo que la guadúa sufre una mayor deformación para la misma carga, por esta razón se debe tener una mayor atención a las deformaciones cuando se diseñan estructuras de guadúa [22].

Tabla 1: Tabla comparativa de propiedades mecánicas del GaK [13].

TABLA COMPARATIVA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE GUADÚA										
FUENTE	DOCUMENTO	Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la Caña Guadua angustifolia Kunth del Ecuador.	Diseño de puentes peatonales utilizando caña guadúa como elemento de construcción	Optimización de Unión en Guadua ante Solicitación de Fuerza Sísmica	Uniones Estructurales con Bambú (Guadua Angustifolia).	Metodología de Diseño de Estructuras en Guadua Angustifolia como Material Estructural por el Método de Esfuerzos Admisibles.	El Uso de la Guadua como Madera Alternativa para la Construcción y su Aplicación en la Elaboración de Tablas para Encofrado	Uso de la Caña guadúa en la Vivienda Modular.	Diseño de un Modelo de Vivienda Ecológica con Bambú para la Zona Rural de Yantzaza	Propiedades Físicas-Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II
	AUTOR	Ing. Pedro Córdova	Ing. Kathia Vasconez Miranda / José R. Marín	Raúl Prieto Alzate	Ing. Sergio Gutiérrez	Ing. Caori Takeuchi	Ing. Industrial Ángel Murriaguí	Arq. José Andrés Mendoza Castro / Arq. José Napoleón Rosales Salcedo	Ing. Luis Calva	Ing. Jorge Alberto Cobos Fischer / Ing. Xavier Antonio León Rodríguez
UNIVERSIDAD	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, UCSG	Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE	Univ. Industrial de Santander	Universidad Nacional de Ingeniería	Universidad Nacional de Colombia	Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL	Universidad de Cuenca	Universidad de Loja	Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE	
VARIABLE	PAÍS-FECHA DIMENSIONES	Ecuador-2014	Ecuador-2005	Colombia-2004	Perú-2010	Colombia-2011	Ecuador-2011	Ecuador-2014	Ecuador-2015	Ecuador-2007
Resistencia última a la compresión de la caña guadúa	$\sigma_k = \text{MPa}$	37,76	21,78	42,94	44,37	20,30	69,88	70,92	43,01	48,38
Módulo de Elasticidad de compresión	$E_k = \text{Gpa}$	14,35								
Resistencia última a la tensión de la caña guadúa	$\sigma_k = \text{MPa}$	117,60		161,47	107,69	40,70	258,49		52,46	242,43
Módulo de Elasticidad de tensión	$E_k = \text{GPa}$	8,31								
Resistencia última a la flexión de la caña guadúa	$\sigma_k = \text{MPa}$	45,85				37,40	172,70	33,31	17,16	34,98
Módulo de Elasticidad de flexión	$E_k = \text{GPa}$	12,16								10,36
Resistencia última al esfuerzo cortante de la caña guadúa	$\tau_k = \text{Mpa}$	7,17		6,76	6,41	3,50	6,76		6,74	5,46

### 2.1.3.6 Agentes biológicos que atacan a la guadúa

Al igual que la madera, la guadúa es atacada por agentes biológicos que perjudican su calidad y resistencia, se considera que los hongos son los que causan el mayor daño al causar pudrición y debilitamiento haciendo vulnerable a la guadúa. Cuando la caña se expone a una humedad relativa del aire mayor al 60% y temperaturas superiores a los 12 ° C, es cuando los hongos logran atacar con mayor fuerza [8].

Cuando los troncos de los árboles conservan una alta humedad después de cortados, son vulnerables al ataque de pequeños insectos llamados “gorgojos barrenadores”, pero el insecto que puede causar más daño es el *Dinoderus minutus* (escarabajos de polvo) que ataca tanto a la planta en pie y hasta en esterilla, por lo cual se le debe tener mayor cuidado [8].

Algunos escarabajos se ven atraídos por el almidón contenido en el bambú, dentro del cual colocan sus huevos posteriormente eclosionan y las larvas comen la sección de la caña y eventualmente hacia al exterior para poder escapar, lo que deja pequeños agujeros redondos y ovalados (1-6)mm [25].

Las termitas atacan rápidamente en el bambú verde y fresco, pero el bambú seco también puede ser atacado en climas cálidos y húmedos donde el contenido de humedad de equilibrio del bambú cubierto es más alto que en los climas templados, los escarabajos son evidentes en la mayoría de los climas cálidos del mundo [25].



Figura 15: Daño en el bambú provocado por escarabajos [25].

Las termitas viven en colonias y se alimentan de materia vegetal, al igual que los escarabajos, se sienten atraídas por el almidón del bambú, lo que les diferencia es su contenido de enzimas que también le permiten descomponer la celulosa. Hay dos tipos de termitas, una prefiere vivir en suelo húmedo y la otra anida en las fibras del material [25].



Figura 16: Daño severo debido a las termitas [25].

El ataque fúngico (podredumbre) lo causa un hongo que sobrevive si el bambú se encuentra relativamente húmedo con al menos un 20% de humedad, para lo que la caña guadúa debe estar expuesto a la lluvia o la humedad del suelo, debido a esto levantar el material del suelo y protegerlo de la lluvia prolongará la vida útil. El riesgo de agrietamiento por el sol es otra vulnerabilidad, por lo que los tallos expuestos deben estar sombreados o cubiertos con concreto, teniendo en cuenta esto se debe construir estructuras de bambú con la filosofía buenas botas y buen sombrero [20].

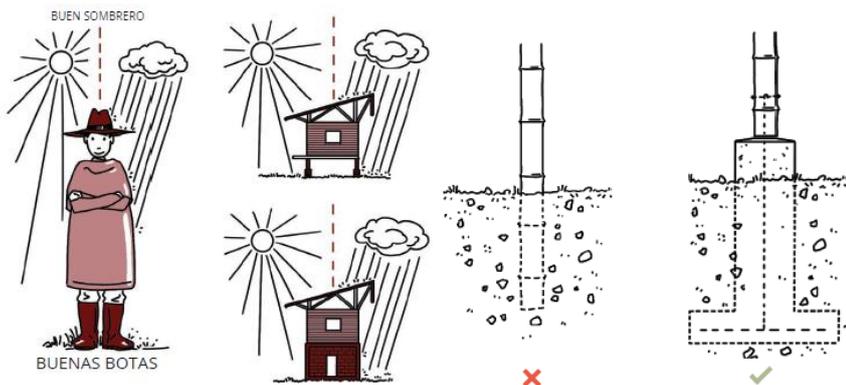


Figura 17: Manera correcta de construir con bambú [20].

### 2.1.3.7 La guadua y los movimientos sísmicos

En las estructuras, hay fuerzas de aceleración sísmica asociadas con el peso del edificio, si el peso de la estructura aumenta, también aumenta la fuerza sísmica [8]. El bambú con su anatomía tubular y fibrosa, permite que se absorba la energía de deformación dando como efecto una mayor flexibilidad, retrasando el agrietamiento o rotura, permitiendo un comportamiento más flexible [8].

Incluso en presencia de movimientos sísmicos muy fuertes, las propiedades de absorción y disipación de energía del material, permiten exhibir una elasticidad, absorción y amortiguación óptimas, lo que ayuda enormemente para garantizar un daño mínimo a los ocupantes del edificio en estas condiciones [8].

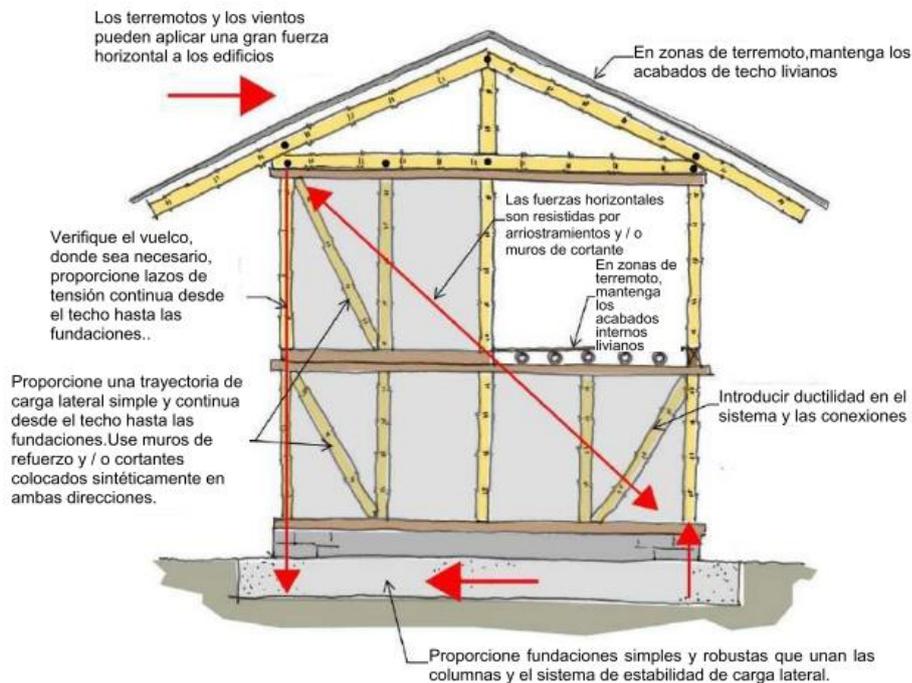


Figura 18: Puntos clave para construir una estructura sismo resistente [25].

Es erróneo creer que el bambú es un material “milagrosamente” bueno en los terremotos, al contrario, como elemento individual posee varios modos de falla frágiles que pueden afectar el desempeño sísmico. Las construcciones tradicionales de bambú y bahareque históricamente han trabajado bien en los movimientos sísmicos por dos razones principales:

- La naturaleza liviana respecto a la relación resistencia/peso general del edificio.
- La ductilidad en las conexiones y uniones, absorbe energía especialmente cuando se usan pernos [25].

Algunas de las estructuras tradicionales tienen una naturaleza flexible lo que es favorable en caso de terremotos, pero no es una característica que se pueda explotar fácilmente en construcciones modernas ya que tienden a ser más pesadas, tienen menores tolerancias de movimiento y requiere una mayor resistencia a las fuerzas sísmicas que los edificios tradicionales, debido a esto las estructuras modernas requieren y normalmente se construyen con conexiones empernadas de mayor resistencia con mortero [25].

#### **2.1.4 Uniones de caña guadua**

Las uniones en bambú son relativamente difíciles debido a que el bambú es hueco y tiene nudos a diferentes distancias y no es un material perfectamente circular. Por lo que hay que tener en cuenta todas estas restricciones al diseñar una articulación. Aunque las tradiciones, las prácticas y las publicaciones sobre este tema brindan alguna información sobre el empalme de bambú, esta información está lejos de ser completa ya que en la mayoría de los casos faltan datos esenciales. Muchas articulaciones tradicionales sufren debilidad o deformación. En muchas de estas articulaciones, se pierde la fuerza de la propia caña [18].

Este material es considerado anisotrópico, es decir sus propiedades longitudinales son completamente diferentes a las propiedades de la dirección transversal. La dirección longitudinal contiene fibras de celulosa, que son fuertes y rígidas. En la dirección transversal hay lignina, que es blanda y quebradiza. Por lo tanto, el bambú es un compuesto reforzado unidireccionalmente con una capacidad tangencial comparativamente pequeña [18].

El acero y la madera se han convertido en materiales adecuados para las estructuras gracias a que se ha logrado solucionar algunos problemas con las uniones. Las uniones proporcionan continuidad entre los elementos estructurales de una construcción, por lo que su objetivo es ayudar a transmitir los esfuerzos de manera segura y eficiente, además de reducir al mínimo las deformaciones [16].

El costo de las conexiones es un componente importante del volumen total del edificio y, por lo tanto, debe analizarse para proporcionar soluciones estructurales y constructivas [16].

Tabla 2: Comparativa de uniones [16].

Tipo de unión	Ventaja	Desventaja	Recomendaciones	Función
Con amarre	Son de fácil elaboración.	No transmiten todos los esfuerzos.	* Los amarres no deben quedar flojos. * Se debe utilizar alambre galvanizado.	* Se utilizan en barandales, cercas o para cosntruir cubiertas temporales
Con pasadores	Se ensamblan con rapidez.	Desaprovecha todo el diámetro del culmo para transmitir esfuerzos.	Se debe perforan cerca del nudo a maximo 5 cm.	En estructuras que requieran rapidez.
Uso de centro de madera	* Una mejor transmision de esfuerzos. * Compatibilidad entre los dos materiales.	Se debe contar con el equipo necesario.	Utilizar un resina adecuada.	* Para solucion de uniones en los muebles.
Combinacion de sistemas	Facil reemplazo de las piezas	Mayor cantidad de material.	Se debe realizar un diseño que facilite el reemplazo de las piezas	Facilitan y refuerzan las uniones.

Un método de ensamblaje simple es usar una tuerca de acero, que también permite una variedad de conexiones. Aunque no es aconsejable usar esta técnica en conexiones que necesiten resistir grandes fuerzas perpendiculares al eje del culmo, ya que estas fuerzas pueden llegar a aplastarlas [16].

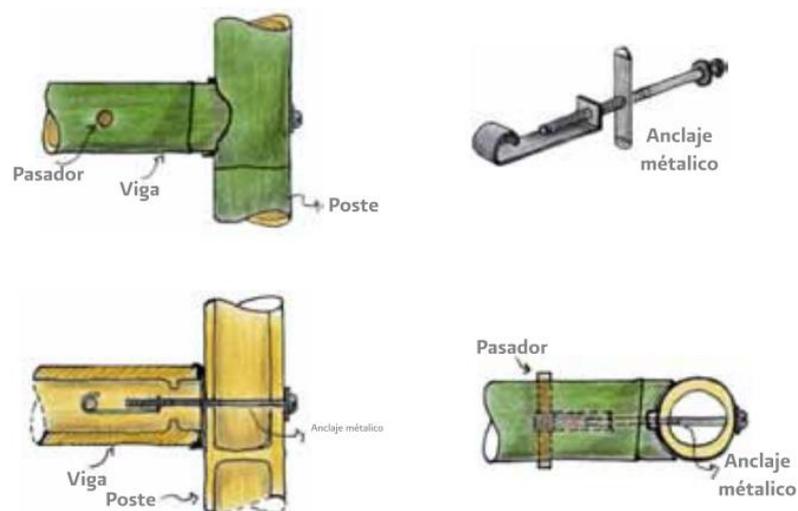


Figura 19: Unión con tornillo de acero a tensión [16].

### **2.1.4.1 Entalladuras**

Para poder conectar los nudos se debe dar forma a los extremos de los elementos que van a necesitar conectarse, los cuales se deben acoplar al diámetro de las demás cañas, una conexión fuerte y fija se logra teniendo en cuenta corte y ángulos necesarios para realizar la unión [9].

La pieza se debe cortar a una distancia máxima de 60 mm del nudo, con preferencia debe ser 50 mm, de esta forma se logrará que quede un nudo entero en cada extremo o próximo a la conexión según la NEC en el capítulo acerca de la Guadua, se pueden realizar diferentes tipos de entalladura según la creatividad o habilidad del encargado de la actividad, a pesar de las varias posibilidades de entalladuras las más usadas en la construcción son los de corte recto, boca de pescado y pico de flauta. Los cortes mencionados pueden incluir orejas que ayudan a que la conexión sea un poco más fija [9].

#### **2.1.4.1.1 Corte recto**

Es un corte plano perpendicular al eje del culmo.



Figura 20: Entalladura con corte recto [26].

#### **2.1.4.1.2 Corte boca de pescado**

Es un corte cóncavo a lo largo del eje del culmo, y se usa a menudo para unir dos elementos de guadua [13].

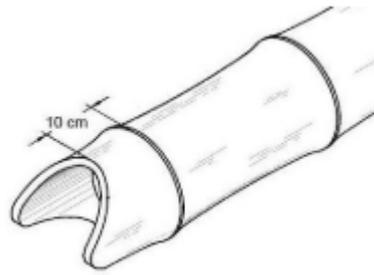


Figura 21: Entalladura con corte boca de pescado [26].

### 2.1.4.1.3 Corte pico de flauta

Este tipo de corte se lo utiliza cuando llegan guaduas con ángulos diferentes a  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , se lo puede realizar como una boca de pescado inclinado o con dos cortes rectos [13].



Figura 22: Entalladura con corte pico de flauta [13].

## 2.1.4.2 Tipos de Uniones

### 2.1.4.2.1 Uniones empernadas

Casi en la totalidad de las uniones de caña guadúa se utilizan pernos, de acuerdo con la calidad del material y el presupuesto disponible se puede utilizar pernos de acero galvanizado con varillas roscadas, tuercas y aranceles, tacos de madera dura o varillas de acero lisas. Las uniones se pueden reforzar con inyección de mortero con el fin de mejorar la resistencia y la respuesta estructural [9]. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-GUADÚA, 2016) y la Norma Colombiana de Maderas y Guadúa NSR-10 – Capítulo G12, se debe realizar lo siguiente:

- a) Cuando se realicen este tipo de uniones se debe utilizar un acero estructural que no contenga un esfuerzo de fluencia menor a 240 MPa.
- b) Utilizar un perno de diámetro mínimo de 9.5 mm (3/8”), y en caso de utilizar platinas, éstas deberán tener un mínimo de espesor de 5 mm (3/16”).
- c) Las perforaciones para la colocación de los pernos deben tener un diámetro mayor al diámetro del perno en 1.5 mm (1/16”).
- d) Las perforaciones realizadas para el relleno en los entrenudos no deben ser mayores a un diámetro de 26 mm, y deben ser correctamente tapados con el mortero utilizado para el relleno.
- e) Es aceptable utilizar abrazaderas o zunchos metálicos, sin embargo, para recurrir a estos materiales se debe tener en cuenta aplastamientos o daños perpendiculares a la fibra.
- f) Los espaciamientos entre pernos no deben ser menores a 150 mm ni ser mayores a 250 mm [13], [26].

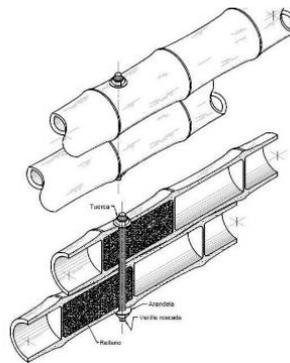
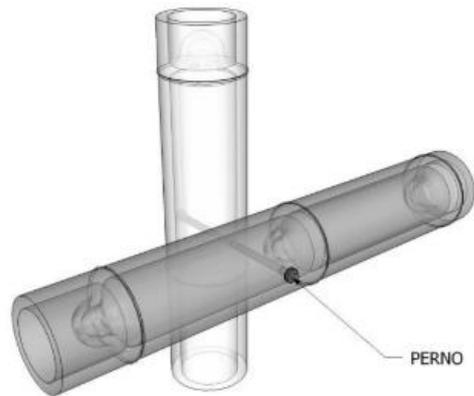


Figura 23: Detalle de conectores de sección compuesta.

Se pueden identificar dos tipos de uniones empernadas:

- a) Perno pasante

Son considerados a los pernos colocados transversalmente, es decir en sentido perpendicular al eje longitudinal de los culmos de caña guadúa, se encuentran apoyados directamente en las paredes de la caña y generalmente se los rellena con mortero para lograr una mayor fijación dentro del canuto [9].



### UNIÓN CON PERNOS

Figura 24: Perno pesante [27].

Para reforzar la unión entre bambúes y evitar que el perno colocado corte el material en conjunto con la carga que pasa por la misma, se debe colocar mortero de cemento [12].

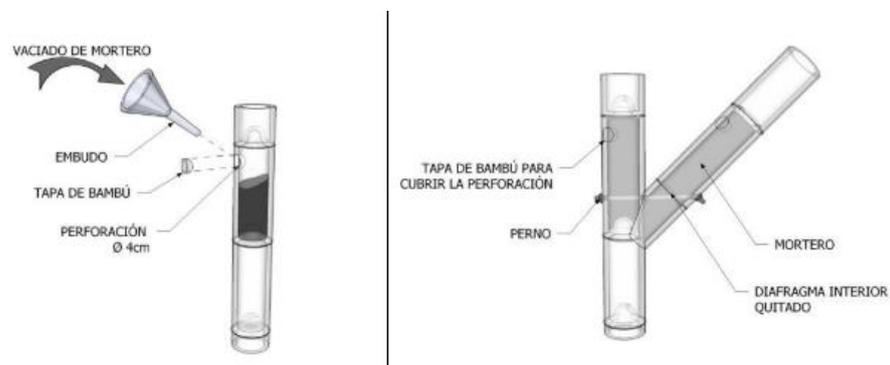


Figura 25: Vaciado de mortero en la unión [27].

### b) Perno tensor

Este tipo de uniones se utiliza cuando se tiene un corte tipo boca de pez que requiere dos piezas de acero: la primera es una varilla tensora que debe tener un gancho en un extremo y una varilla roscada en el otro extremo y un perno de menor longitud como punto de apoyo. La varilla tensora debe ubicarse en la caña que no tiene el corte boca de pez que penetra en la otra caña y se engancha en el perno de anclaje. Esta unión se puede evidenciar la ventaja de que se puede asegurar apretando la tuerca [12].



Figura 26: Pasos para realizar una unión con perno tensor [12].

### 2.1.4.2.2 Uniones longitudinales

Cuando se desea unir dos cañas longitudinalmente para incrementar la longitud manteniendo la conicidad, se puede unir mediante otro bambú de similar diámetro, realizando un corte de una forma tal que la unión a realizar presente dos nudos cercanos [12]. Para realizar esta conexión se puede utilizar los siguientes métodos:

#### a) Con piezas de madera

Los dos elementos se conectan mediante una pieza de madera la cual se une por medio de pernos de al menos 9 mm de diámetro, los cuales se colocan a una distancia máxima de 30 mm de los nudos [13]. Donde  $\Delta$  = Distancia existente entre el perno y el borde de la pieza de madera, el cual debe ser 5 veces el diámetro del perno como mínimo.

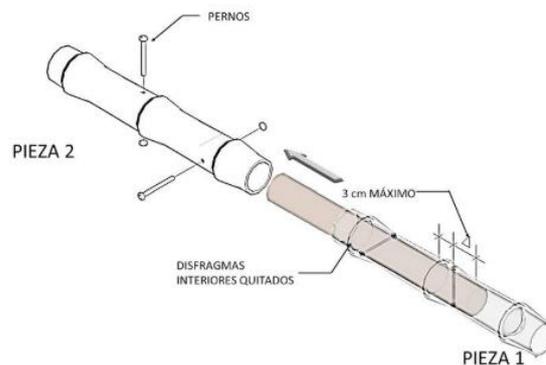


Figura 27: Esquema de unión longitudinal con pieza de madera [13].

b) Con dos piezas de metálicas

Cuando la longitud comercial de una caña finaliza y se necesita unir con otra caña guadúa, se utiliza estas uniones. En este tipo se necesita dos platinas, las cuales deben estar sujetos con pernos de 9 mm como mínimo, paralelos al eje longitudinal de la unión [13].

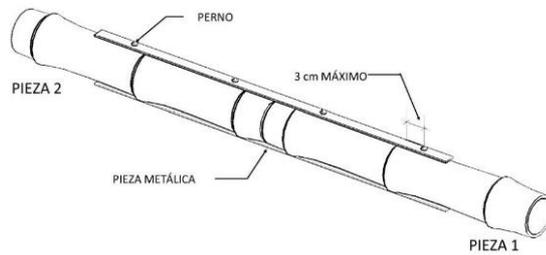


Figura 28: Unión longitudinal con dos piezas metálicas [13].

c) Con dos culmos

Para esta unión se utiliza dos piezas de guadua para unir dos culmos, mediante pernos de 9 mm como mínimo para sujetarlos, paralelos al eje longitudinal de la unión. Los pernos deben estar ubicados a 30 mm como máximo de los nudos [13].

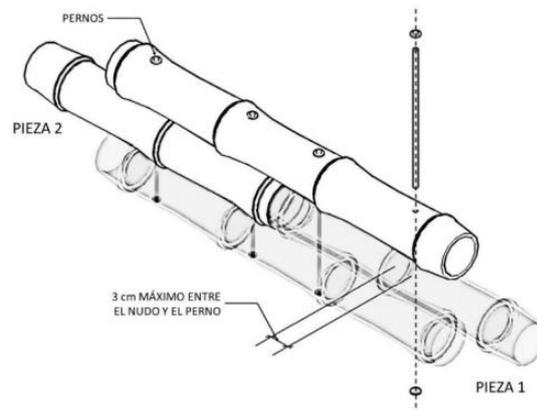


Figura 29: Unión longitudinal con dos culmos [13].

### 2.1.4.2.3 Uniones con amarres

Este tipo de uniones son las más comunes, se las realiza con cuerdas de material orgánico. Para ello se puede utilizar lianas, ratán, tiras de bambú u otro material que orgánico, además que debe ser flexible y resistente. Estas conexiones generalmente se

utilizan en estructuras temporales o cuando las cargas que van a soportar no sean tan grandes [9], [16].

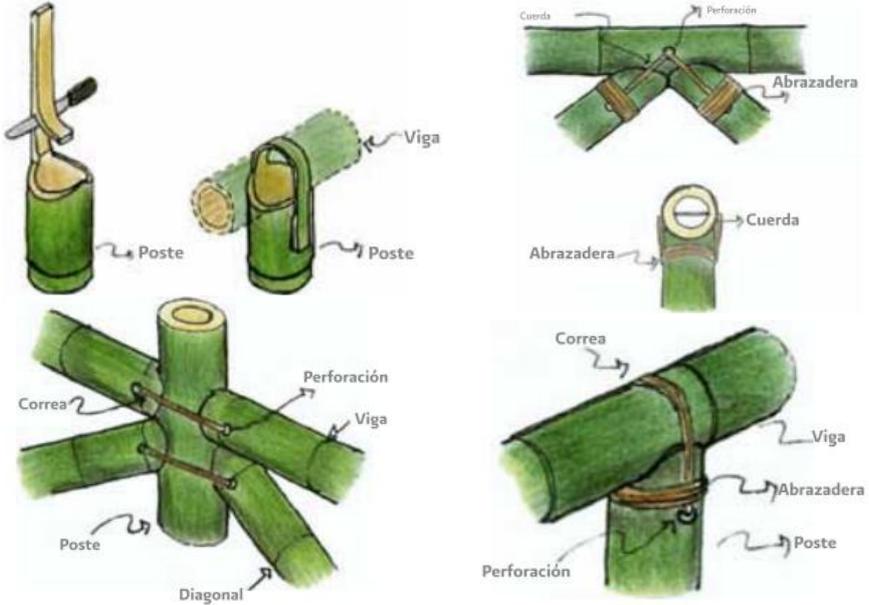


Figura 30: Tipos de uniones con amarres [16].

**2.1.4.2.4 Uniones zunchadas**

Son permitidas cuando se realizan para garantizar que dos elementos de guadua trabajen en conjunto, sin embargo, la transmisión de carga no dependerá del uso de los zunchos. Es recomendable zunchar cerca de la conexión para evitar el agrietamiento de las mismas [13].

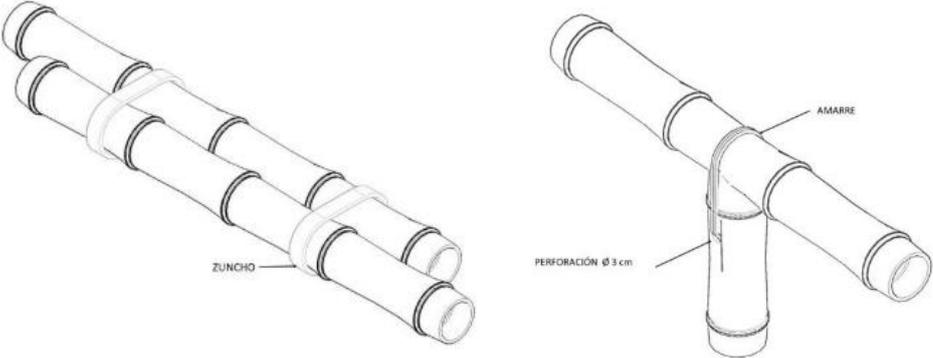


Figura 31: Uniones zunchadas [13].

### 2.1.4.2.5 Uniones diagonales

Para este tipo de uniones es indispensable que uno de los culmos presente un corte boca de flauta, ya que la unión de estas piezas no se presenta en sentido paralelo ni perpendicular y se debe conseguir el mayor contacto posible, logrando el mayor ajuste posible entre estas piezas. Estas uniones deben ser aseguradas mediante pernos, que deben colocarse detrás de los nudos para evitar la presencia de fisuras en las fibras [13].

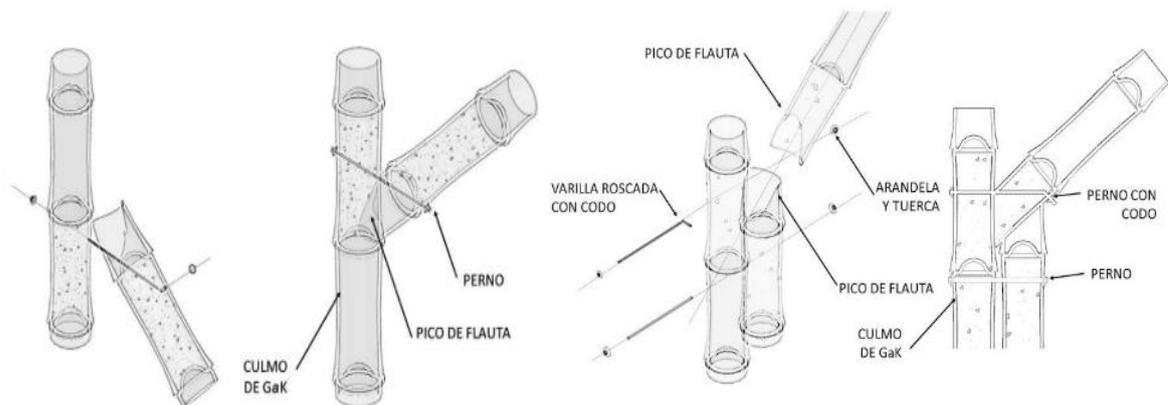


Figura 32: Tipos de uniones en diagonal [13].

## 2.1.5 Elementos Constructivos

Cuando las construcciones soporten grandes cargas, se necesitará unir varios culmos para la formación de vigas o columnas de dimensiones mayores a las que se desarrollaría con un solo culmo. En estas uniones se puede desarrollar una ventaja la cual es que puede incrementar la capacidad para soportar las perforaciones que se realizan para poder obtener las uniones, aunque en el caso de las columnas su base no se refuerza, además se utilizara arriostramientos o también llamados pie de amigo que ayudaran a disminuir los esfuerzos en el nudo [16].

### 2.1.5.1 Columnas

Las columnas dependiendo de la altura y las cargas que deban soportar pueden estar formadas por uno o más culmos de GaK, que se unirán mediante zunchos o pernos

cuyos espaciamientos no deben exceder el tercio de la altura de la columna. Se demandará de un análisis estructural para contrarrestar las posibles flexiones laterales o pandeos que se puedan producir [9].

Al tener más de una pieza de bambú con diferentes alturas en las columnas, estas nos permitirán asegurar vigas transversales y evitar flexión lateral entre ellas. Estos elementos necesitaran de un apoyo en pedestales o columnas de hormigón armado de diferente altura que dependerá al diseño [9].

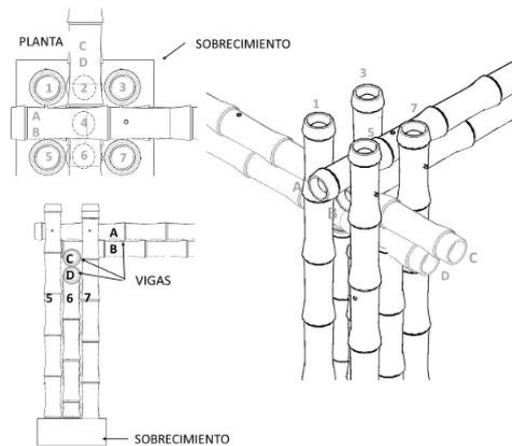


Figura 33: Ejemplo de columna compuesta que soporta vigas dobles transversales [13].

### 2.1.5.2 Vigas

Estos elementos al igual que en las columnas pueden formarse por la unión de uno o más culmos, deberán ser unidas mediante zunchos, pernos o con uniones longitudinales las cuales no deben estar colocadas en zonas de entrenudo y además deberán estar colocadas alternadamente [9].

Se deben utilizar pernos de 10 mm de diámetro como mínimo los cuales deben ser colocados a una distancia de 30 mm de los nudos [9].

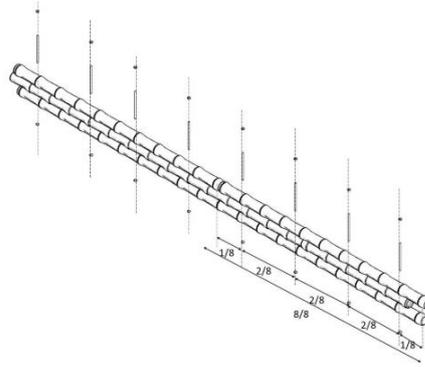


Figura 34: Ejemplo de viga compuesta [13].

### 2.1.5.3 Entrepiso

Los entrepisos de este tipo de estructuras deben ser de tipo liviano, para evitar sobrecargar los elementos estructurales por lo que el peso máximo que debe tener es de 120 kg/cm<sup>2</sup>, salvo que se justifique con un cálculo estructural correspondiente [13].

En los entrepisos se puede evitar el aplastamiento de las vigas en los puntos de apoyo, rellenando los entrenudos de apoyo de las vigas con mortero [13].

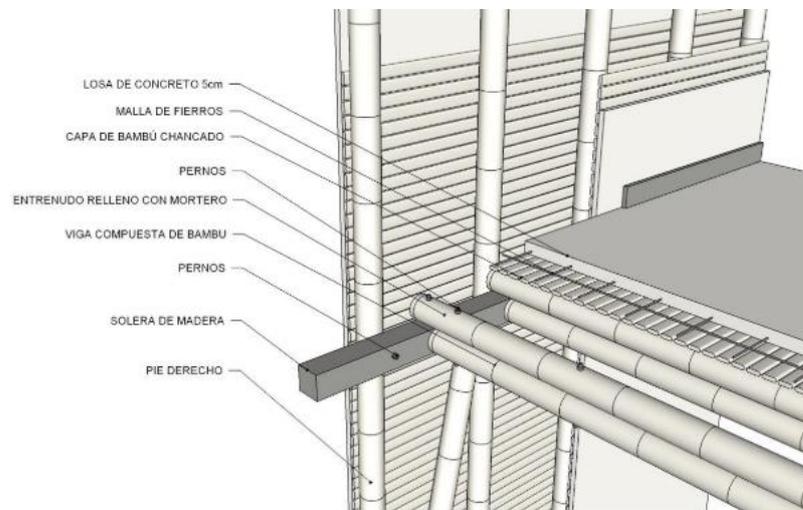


Figura 35: Detalle de entrepiso de concreto [27]

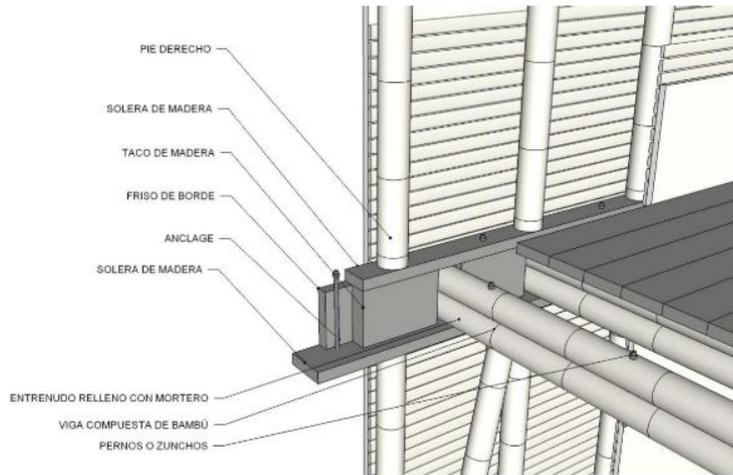


Figura 36: Detalle de entrepiso entablado [27].

#### 2.1.5.4 Panel

La construcción de los paneles puede ser realizada de distintas maneras, mediante culmos de guadua, listones de manera tipo A o B preservada o el uso de paneles mixtos entre GaK y madera. Cuando se construya paneles con caña guadúa, las mismas deben tener una entalladura con corte de pescado para que estas puedan ser aseguradas mediante pernos tensores a las dos soleras, el espaciamiento entre las piezas intermedias no deberá sobrepasar los 60 cm de distancia entre los ejes [13].

En los extremos de los paneles se pueden colocar cañas diagonales las cuales deben tener entalladuras con pico de flauta para ayudar a la rigidez del panel, estos espaciamientos también pueden modificarse de acuerdo a las puertas o ventanas que se coloquen dentro de estos [9].

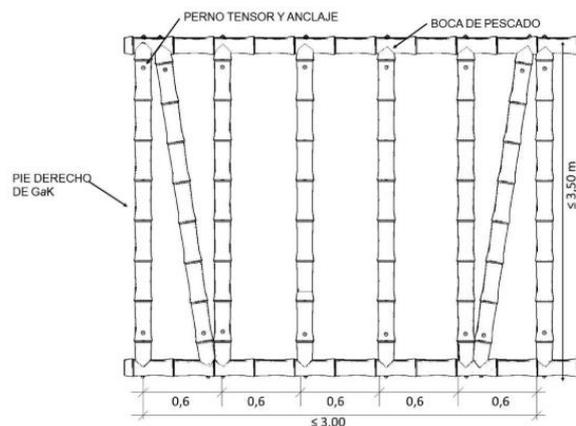


Figura 37: Panel con estructura de culmos de GaK [13].

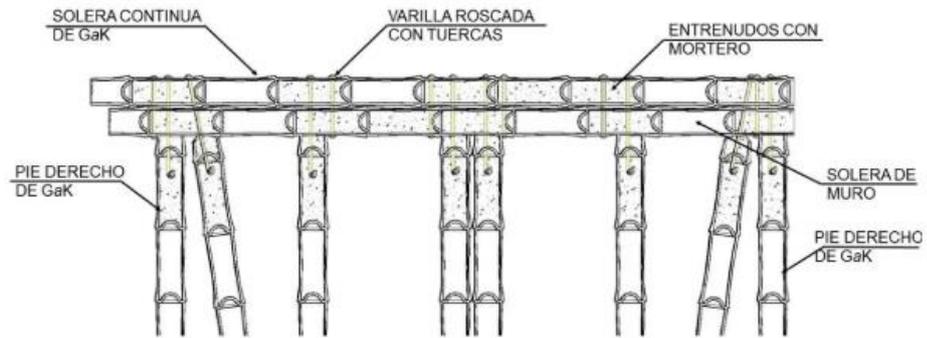


Figura 38: Esquema de panel con estructura de GaK [13].

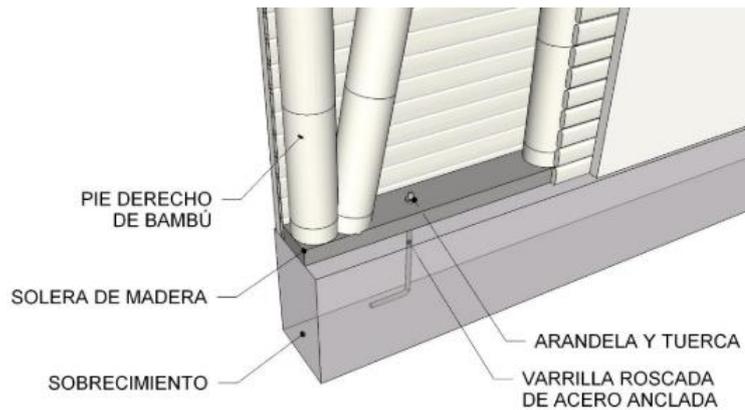


Figura 39: Conexión del panel con estructuras de GaK [13].

### 2.1.5.5 Cubierta

Los techos o cubiertas ayudan a la protección de la estructura contra las condiciones ambientales, además de cumplir con una función de seguridad estructural y buena apariencia arquitectónicamente hablando. Para el diseño se debe considerar cargas vivas, muertas y accidentales ya sean de viento o sismo [16].

Se pueden construir muchos tipos de techos con diferentes características y costos, pero en la construcción con bambú es importante usar un techo liviano y los materiales utilizados para asegurar un aislamiento adecuado para resistir los efectos del agua, además se debe proteger de los rayos solares directos, los techos de estas estructuras suelen tener aleros anchos [12].

En los techos realizados con bambú se conforman por vigas, largueros y tensores, los cuales ayudan a soportar un recubrimiento final realizado con distintos materiales como teja, malla con acero entre otras opciones. La estructura de un techo consiste en vigas principales o armaduras que soportan largueros, estos tendrán un espaciamiento de 40 y 60 cm, o en caso de ser necesario se pueden configurar estas separaciones con las dimensiones de materiales industrializados como laminas metálicas o tableros de madera. Las vigas o armaduras principales estarán ancladas a las columnas y muros para poder resistir las fuerzas del sismo o del viento [16].

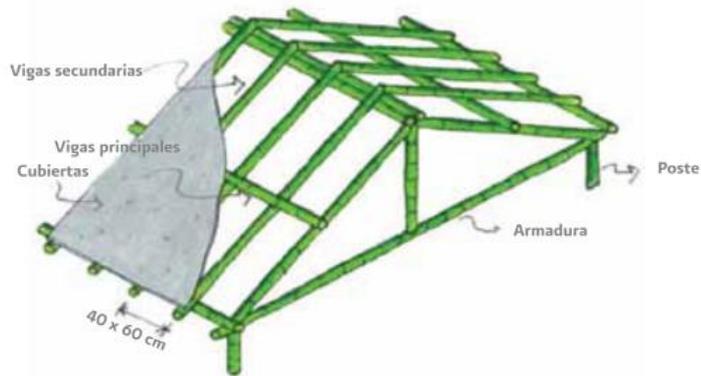


Figura 40: Cubierta construida con bambú [16].

Cuando se utilice cielo raso en las cubiertas el material que se vaya a utilizar debe ser completamente liviano y además se debe considerar espacios que ayuden a la ventilación interna de la cubierta, y asegurando la estructura con un buen anclaje [13].

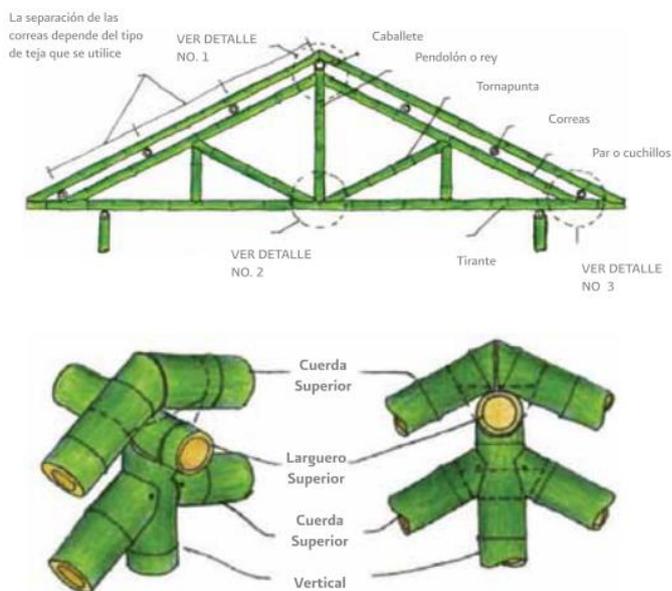


Figura 41: Ejemplo de armadura y uniones para cubierta [16].

### **2.1.6 Madera**

La madera es un material usado en la construcción que al igual que el bambú es de origen vegetal, constituido por tallos leñosos, los cuales también son conocidos con el nombre de tronco en los árboles. Este material está formado por fibras de celulosa, sustancia que conforma el esqueleto de los vegetales y la lignina que le proporciona además de rigidez, dureza a la madera [28].

La madera es uno de los materiales de construcción más tradicionales y utilizados que gracias a sus diversas características, tiene una variedad de aplicaciones. Además, que la madera y los productos de construcción basados en madera han atraído últimamente una atención considerable como materiales de construcción prometedores, principalmente la renovabilidad es un carácter notable de la madera, que la distingue de otros materiales de construcción como el acero, el hormigón y los productos a base de petróleo fósil. Además, durante el crecimiento, los árboles secuestran carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis y parte de este carbono absorbido se almacena en productos de madera. El carbono en los productos de madera permanece almacenado mientras el producto está en uso. En resumen, los productos de madera proporcionan un mecanismo de almacenamiento físico para el carbono, que proporciona beneficios climáticos en función de los aspectos temporales [29].

Este material tiene muchas ventajas como material estructural: es renovable, mecanizable, tiene una buena relación resistencia-peso, la madera es inmune a la corrosión y es estéticamente agradable. No solo es el material de construcción más utilizado en el mundo, sino también uno con características que lo hacen adecuado para una amplia gama de aplicaciones, por lo tanto, los productos pueden variar desde un registro mínimamente procesado en un sitio de construcción de casas de troncos hasta uno altamente procesado y altamente compuesto de madera de ingeniería fabricado en una gran instalación de producción [3].

En la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-MADERA), se encuentran las maderas más utilizadas en la construcción, como Pechiche, Chanul que es fácil de encontrar en los depósitos de madera, Eucalipto, Mascarey, Sande, Seike (también conocida como chuncho), entre otras. Las secciones comerciales de madera que se pueden encontrar en los depósitos son de 7x12, 8x17, 8x15 y con una longitud de 7 m.

En un cálculo estructural podemos necesitar secciones diferentes a las secciones comerciales que se pueden encontrar, para estos casos se puede tomar las siguientes opciones:

- Cambiar las luces de la estructura.
- Mandar a fabricar la sección necesitada, esta opción podría tardar un tiempo mínimo de 45 a 60 días.

Cuando la madera que se va a utilizar se expondrá al agua el Pechiche es un tipo de madera recomendable, de la misma forma otro tipo de madera recomendable para trabajar es el Eucalipto especialmente en la Sierra, en regiones como Costa y Amazonia no son usadas ya que no trabajan de la misma forma que en la región Sierra.

#### **2.1.6.1 Crecimiento de la madera**

Según la cantidad de anillos que posee la madera se puede evidenciar su crecimiento, debido a que se crean a medida que el árbol crece y no dejan de crearse hasta que el árbol culmina su ciclo de vida. La densidad de la madera es baja cuando los anillos antes mencionados no se pueden observar fácilmente y lo contrario ocurre cuando los anillos no se pueden observar con facilidad. Esta es una forma de evidenciar visualmente entre una madera de mayor y menor resistencia debido a la relación que tiene la densidad con las propiedades mecánicas de madera [30].

Los anillos de crecimiento se forman por “maderas tempranas” y “maderas tardías”, las maderas tempranas aparecen en la primera etapa del crecimiento mientras que el otro tipo de madera se forma después, en algunas especies se puede apreciar esta

diferencia debido a que las maderas tempranas poseen cavidades grandes y paredes delgadas lo opuesto ocurre con las maderas tardías, esta diferencia se puede observar en especies como el caso del Eucalipto Glóbulos mientras que en el Guayacán Pechiche las diferencias son poco notorias [30].

#### **2.1.6.2 Composición química de la madera**

- Lignina: Es la sustancia que permite mantener unidas las fibras que conforman la madera, mientras mayor contenido de la sustancia mayor resistencia a esfuerzos mecánicos y viceversa, representa un 30% de la madera.
- Celulosa: es un compuesto formado únicamente por moléculas de glucosa con una apariencia blanca y producida por la fotosíntesis, representa un 50% de la madera.
- Otros elementos: Agua, almidón y resinas conforman el 20% restante.

#### **2.1.6.3 Parte del tronco**

- Corteza: Es la capa externa del tronco, que protege a la planta de los agentes externos.
- Cámbium: Es una capa fina y transparente, posterior a la albura.
- Albura o zona blanca: La formación más reciente, la cual se puede utilizar para trabajos de menor exigencia mecánica y estética.
- Duramen o corazón: Es una zona seca, dura, consistente y de un color más oscuro, esta parte es la que sostiene a la planta y la más apropiada para la obtención de la madera para varios usos.
- Medula: Esta zona posee una menor resistencia por lo que generalmente no se utiliza.

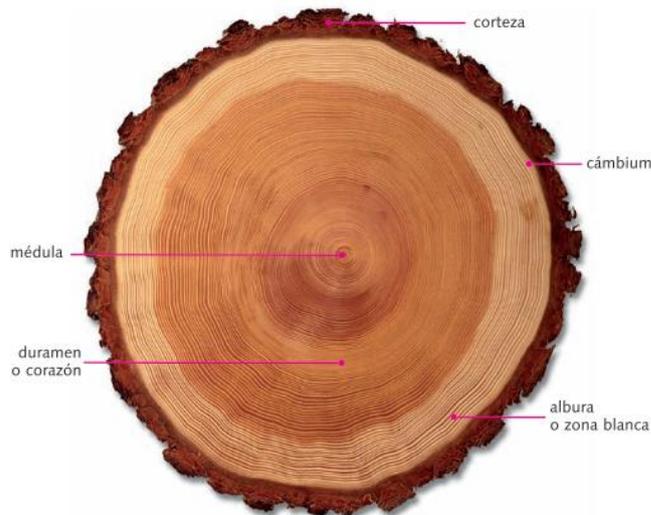


Figura 42: Corte transversal de un tronco [28].

## 2.1.6.4 Clasificación de las maderas según su dureza

### 2.1.6.4.1 Maderas blandas

Estas maderas son ligeras, de rápido crecimiento, de color claro y con nudos pequeños que les permiten la facilidad de trabajar y con bajo coste. Generalmente se incluyen a las especies de árboles coníferas tal es el caso del Pino, Cedro, Ciprés, etc., estas maderas se emplean para trabajos que no requieren de gran solidez del material [31].

### 2.1.6.4.2 Maderas duras

Estas maderas tienen una mayor densidad que las blandas, con una estructura compacta y con poca resina, los anillos anuales están muy juntos casi no se pueden diferenciar, en el mercado maderero tienen mayor valor que las blandas. El Guayacán Pechiche es una de las maderas duras que existen en el Ecuador [30].

## **2.1.6.5 Clasificación de la madera según el grado de humedad**

### **2.1.6.5.1 Maderas verdes**

Estas son las maderas que han sido recién cortadas y aún no han pasado por un proceso de secado, debido a esto presentan una humedad superior al 30% generalmente se encuentra en un rango de 30-35%, esta madera no es adecuada para trabajarla además de no es aceptada para su uso en estructuras debido a que sus propiedades mecánicas no son las ideales [30].

### **2.1.6.5.2 Maderas desecadas**

La humedad de estas maderas se reduce hasta un rango del 10 al 12% mediante procesos naturales, al apilarlas de una manera adecuada se permite que el aire circule entre las tablas para poder reducir el exceso de agua [31].

### **2.1.6.5.3 Maderas secas**

Esta madera contiene un contenido de humedad de hasta el 3%, se producen procesos de secado artificiales permitiendo un resultado en menor tiempo en grandes hornos consiguiendo la dureza y resistencia adecuada [31].

## **2.1.6.6 Características generales**

### **2.1.6.6.1 Anisotropía**

La madera se conforma de varios diseños que poseen diferentes funciones que a su vez dotan al material de una estructura heterogénea que se muestran en las propiedades físicas y mecánicas de cada especie, características que se analizan al momento de

considerar defectos o ventajas según corresponda el uso que se le dará a la madera [30].

#### **2.1.6.6.2 Higroscópico**

Debido a que la madera tiende a absorber y perder agua según las condiciones del ambiente donde se encuentre, este fenómeno se desarrolla debido a que la madera es un material permeable que busca equilibrar la cantidad de agua contenida en su interior con la humedad del entorno donde se encuentre [30].

#### **2.1.6.7 Propiedades físicas de la madera**

Estas características definen los comportamientos frente a los distintos factores que actúan en un medio natural, esto sin modificar su composición química y propiedades mecánicas. Es de vital importancia para los profesionales conocer las características físicas de manera que incluyan en sus diseños la elección apropiada de la madera de acuerdo con los fines funcionales que requieran [30].

##### **2.1.6.7.1 Contenido de humedad**

El contenido de humedad se define como la cantidad de agua que se encuentra en el interior de la misma y se manifiesta siendo parte de la constitución de los elementos leñosos, el agua capilar absorbida que se impregna en las paredes de las células o también el agua que se hallan en las cavidades celulares [32].

##### **2.1.6.7.2 Densidad**

Si bien se recomienda trabajar con maderas que posean un contenido de humedad del 12% denominada densidad seca al aire, se identifican varios tipos de densidades que se pueden considerar a la hora de trabajar con madera debido a la variación porcentual de humedad que contiene la madera [30].

### **2.1.6.7.3 Dureza**

Se define como la resistencia que opone a penetración de cuerpos extraños como clavos, tornillos o herramientas para manipular el material. La densidad y dureza de la madera se relacionan debido a que dificultan el trabajo con el material ya se manualmente o utilizando equipo [30].

### **2.1.6.8 Propiedades mecánicas de la madera**

Una de las ventajas de la madera sobre otros materiales es la diversidad de especies botánicas, las cuales permiten que el ingeniero pueda tener un sinnúmero de posibilidades estéticas y físicas, las cuales deben estar acompañadas por las características mecánicas es decir debe soportar las cargas estructurales a las que vayan a ser sometido el elemento estructural por lo que estas características deben ser tomadas en cuenta según la función que vaya a cumplir el material como elemento constructivo [30].

#### **2.1.6.8.1 Esfuerzo de compresión**

Se refiere a la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, las columnas en un sistema estructural de marcos rígidos se someten a este tipo de esfuerzos.

#### **2.1.6.8.2 Esfuerzo de tracción**

Este esfuerzo se refiere a la resistencia que posee la madera a las fuerzas o esfuerzos que actúan en sentido opuesto y tienden a estirarlo a lo largo de su línea de acción.

### 2.1.6.8.3 Esfuerzo de flexión

Un cuerpo se somete a esfuerzos de flexión cuando actúan en él, fuerzas en un sentido tal que tiendan a doblarlo, en un sistema de pórticos rígidos también se presentan esfuerzos de flexión.

### 2.1.6.8.4 Esfuerzo cortante

La madera presenta esfuerzos de cizalladura o cortante cuando dos fuerzas en sentido contrario tienden a cortar el material.

### 2.1.6.9 Proceso de obtención de la madera

Para obtener el material que se usara en estructuras se debe seguir un proceso que empieza desde la extracción de la madera desde los bosques. Debe ser obtenida de árboles ni muy viejos ni tampoco muy jóvenes y la edad de corte depende de cada especie de la madera a ser obtenida, según la planificación estratégica de bosques nativos del Ecuador se presenta un tiempo donde se produce el desarrollo fisiológico del árbol según su especie mismo que se presentan en la siguiente tabla [33]:

Tabla 3: Desarrollo fisiológico de la madera [33].

Nombre común	Desarrollo fisiológico (años)	Comercial (m)
Caimitillo	25	0,75
Guayacan Pechiche	25	0,6
Chanul	15	0,6
Moral fino	25	0,8
Eucalipto Globulus	15	1,5
Pituca	20	0,7
Mascarey	25	0,5
Sande	20	0,55

- Tala: En este punto se debe evitar que el bosque se quede sin árboles y en relación a esto se tenga que esperar un largo periodo de tiempo para volver a talar se utilizan métodos de talas sostenibles, uno de estos son las talas parciales

donde al bosque si divide parcelas y se tala rotatoriamente o el método de los árboles sembraderos en el cual los árboles existentes son de rápido crecimiento entonces se tala en su totalidad dejando diseminados algunos árboles que actuaran como reproductores [30].



Figura 43: Tala de árboles usando sierras mecánicas [28].

- Poda: Una vez que sean derribados los árboles, se proceden a cortar sus ramas, para poder dejar el tronco libre.
- Descortezado: En este paso se procede a eliminar las cortezas de los árboles antes del tratamiento del secado y preservación, este proceso se debe realizar lo más pronto posible ya que si se espera mucho puede ocurrir que la corteza se adhiera a la madera [33].

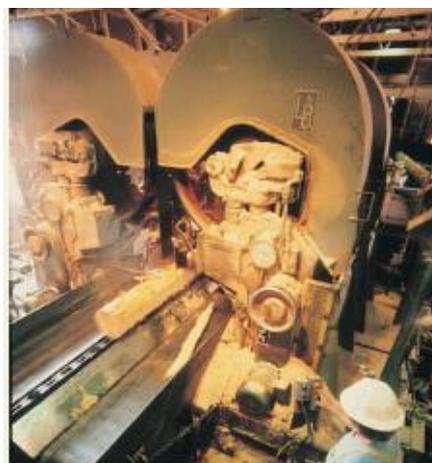


Figura 44: Proceso de descortezado [28].

- Troceado: Dependiendo los requerimientos de la industria que necesite la madera se realizan los cortes, los cuales pueden ser en troncos, tablones, cuarterones, duelas. Antes de realizar los cortes se debe marcar las zonas de corte para el óptimo aprovechamiento de la madera a lo largo del tronco [33].

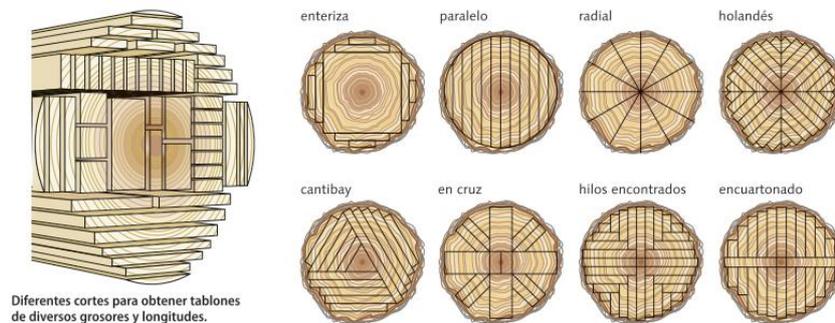


Figura 45: Algunos tipos de corte de la madera [28].

#### 2.1.6.10 Secado de la madera

Para poder usar la madera se debe reducir el grado humedad, hasta obtener un valor menor al 15%, de esta forma se puede impedir deformaciones posteriores en el material e incluso se puede reducir el peso del material y la probabilidad que pueda ser un elemento atacado por los hongos. Para realizar el proceso de secado se puede utilizar los siguientes métodos [30]:

- El secado natural en el cual se apilan las maderas aisladas del suelo en espacios donde exista buena ventilación.
- Secado artificial que se realiza con procedimientos que incluyen aire caliente, vapor de agua, calentamiento eléctrico, entre otros.
- Secado mixto utilizando los dos métodos mencionados anteriormente.

#### 2.1.6.11 Agentes de biodegradación de la madera

Mientras no existan condiciones para la proliferación de microorganismos y bajo condiciones adecuadas para la madera esta puede durar siglos. Los hongos, insectos y bacterias son los principales organismos encargados de dañar la madera [33].

El moho es provocado por hongos que buscan dentro de la madera un suministro excelente de alimento, las bacterias generalmente no son tomadas en cuenta, pero pueden ocasionar la pérdida de resistencia debido a esto se debe tratar la madera para controlar su biodegradación [33].

Los hongos pueden provocar una decoloración en la madera cuando se alimentan de las células del material, también existen los hongos de pudrición que se alimentan de la pared celular, llegando a destruir la totalidad de esta [33].



Figura 46: Daños en la madera provocado por hongos.

#### **2.1.6.12 Tratamiento de la madera**

Debido a que la madera al igual que otros materiales de construcción está expuesta a diferentes factores que pueden comprometer su integridad, como al fuego, desgaste mecánico, y al ser un material de origen orgánico puede sufrir ataques por diferentes agentes como los mencionados anteriormente. Debido a esto se debe elegir el tipo de madera resistente a las condiciones a las que va a ser expuesta y se debe realizar los debidos tratamientos [33].

Los tratamientos por medio de preservantes se dividen en los profilácticos y los de preservación, el tratamiento profiláctico se utiliza usualmente para conservar la madera desde su tala o extracción hasta el momento de ser preservada, aserradas o secadas [30].

Los métodos de preservación para la madera se clasifican en:

- Procesos sin presión
- Procesos a presión

Cuando se quiere realizar un tratamiento que no contenga presión se puede realizar:

- Método de brochado
- Método de Pulverización
- Método de Inmersión
- Método del baño caliente-frío

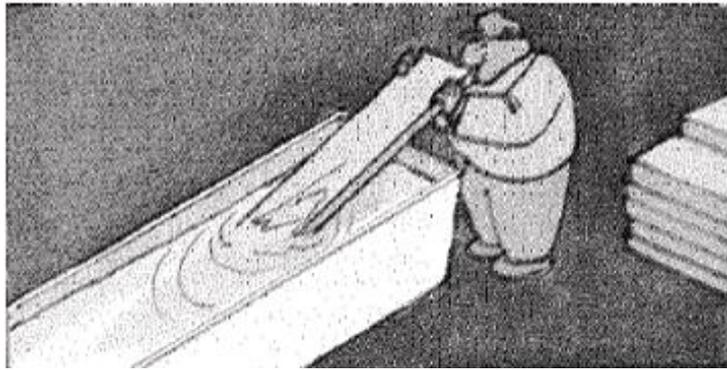


Figura 47: Método de Inmersión.

Normalmente se utilizan mezclas químicas de bórax y ácido bórico a concentración de 20% al 30%. Posterior a la inmersión se debe cubrir el material con plástico para evitar que se evapore de modo que el preservante se disperse dentro del material [30].

### **2.1.7 Uniones para madera**

Las construcciones de madera están conformadas por elementos estructurales los cuales deben estar unidos con el fin que funcionen dentro de un sistema estructural, existen varios tipos de uniones que se pueden realizar para ensamblar dos o más elementos de madera y para poder asegurar que el nudo que se forma entre los elementos sea lo suficientemente rígido y evitar deformaciones [30].

### 2.1.7.1 Uniones clavadas

Estas uniones son las más económicas y de más fácil colocación en obra, siempre y cuando la madera no sea muy densa, caso contrario es necesario utilizar anteriormente un taladro. Una desventaja de este tipo de unión es que no soportan grandes cargas por lo que generalmente se utilizan en edificaciones pequeñas [33].

### 2.1.7.2 Uniones empernadas

Para el diseño de uniones empernadas, se usan cargas admisibles de maderas con un contenido de humedad relativamente igual al que tendrá la unión en su tiempo de vida, para madera verde los valores presentados deben reducirse en un 40% [33]. Para el diseño de uniones empernadas, se usan cargas admisibles de maderas con un contenido de humedad relativamente igual al que tendrá la unión en su tiempo de vida

Cuando la unión este ubicada en un ambiente hostil (intemperie), se debe utilizar solo el 75% de las cargas admisibles del material, mientras que cuando la unión permanezca húmeda solo un 33% de las cargas [33].

## 2.1.8 Clasificación estructural de las maderas

Tabla 4: Propuesta de agrupación estructural de la madera ecuatoriana [33].

Densidad T/m <sup>3</sup>	Nombre común	Nombre científico	Grupo estructural
0,99 0,87 0,70 0,70	Chanul Guayacán Pechiche Bambú gigante Caña Guadúa	Humirastrum procerum Minquartia guianensis Dendrocalamus Asper Guadua angustifolia Kunth	A
0,87 0,85 0,67	Moral fino Caoba Mascarey	Chlorophora tinctora Swietenia macrophylla King Hieronyma chocoensis	B
0,48 0,51 0,81	Sande Colorado Eucalipto Globulos	Brosimum utile Erythrina Smithiana Eucalipto Globulus Glóbulos	C
0,68 0,83 0,59	Seique Pituca Eucalipto Grandis	Cedrelinga catenaeformis Ducke Clarisia racemosa Eucalipto Globulus Grandis	D

Mediante investigaciones realizadas se han planteado una clasificación de las maderas ecuatorianas según su densidad como la mostrada en la tabla 3, sin embargo, en la norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) se establece una clasificación con tan solo tres grupos estructurales.

### **2.1.9 Ventajas de la guadua en comparación con la madera**

Empezando con el rápido crecimiento del bambú en comparación con lo que tarda en crecer un árbol, empezamos observando una gran ventaja de este material, mientras que la guadua necesita de entre 5 o 6 años, esto es apenas la tercera parte del ciclo de un árbol que sea de rápido crecimiento [8].

Para Peñaranda [8], las propiedades estructurales de la Guadua, presentan una alta relación resistencia/peso esto es superior a la mayoría de las maderas, asimismo la capacidad para absorber energía y también admitir una mayor flexión en los diferentes tipos del bambú dentro del género de la Guadua por lo cual se considera un material idóneo para las construcciones sismo-resistentes.

En la rotura también podemos encontrar una gran diferencia mientras que en la madera convencional se produce una rotura de forma continua en la pieza de madera, en la guadua no se observa una fractura a lo largo de la longitud de la caña debido a los nudos y diafragmas que provocan una discontinuidad en la transmisión de las cargas en este material [8].

### **2.1.10 Desventajas de la guadua en comparación con la madera**

Debido a que la guadua está formada por fibras longitudinales fuertes, la resistencia a la tracción perpendicular a la fibra es muy pequeña, algo que también lo distingue de la madera porque no hay fibras radiales que unan las fibras longitudinales, eso es porque están simplemente pegadas por pectinas [8].

Al aplicar una fuerza en un cilindro hueco, se deforma y se abre debido a la baja fuerza de tracción perpendicular a las fibras. Cuando el elemento trabaja en compresión perpendicular a las fibras, su forma de comportarse mejora si se le da un confinamiento que limita de alguna manera las deformaciones laterales. La resistencia al cizallamiento paralelo a las fibras también es baja, ni siquiera alcanza la décima parte de la resistencia a tracción paralela a las fibras [8].

### 2.1.11 Uso en el Ecuador

La caña guadúa se puede desarrollar en condiciones de hasta los 1600 m.s.n.m., en la actualidad varios países del continente cuentan con muchas hectáreas de cultivo, dentro del país no existe una información exacta acerca de la superficie con bambúes [9].

En 2003, la Corporación para la Promoción de Inversiones y Exportaciones (CORPEI) elaboró un estudio en el que un área de alrededor de 10,000 ha de bambú con el que cuenta Ecuador (“Diagnostico de la cadena productiva de la caña guadúa en el Ecuador”), de estas, se estiman unas 5.000 hectáreas son de plantaciones con la especie *Guadua Angustifolia* Kunth (GaK) [9].

Tabla 5: Plantaciones de bambú por provincias en el año 2003 en Ecuador (CORPEI).

<b>PLANTACIONES DE BAMBÚ POR PROVINCIAS</b>		
<b>Provincia</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Bolívar	80.00	1.90
Cotopaxi	60.00	1.40
El Oro	100.00	2.30
Esmeraldas	240.00	5.60
Guayas	1 464.50	34.30
Los Ríos	1 174.00	27.50
Manabí	375.00	8.80
Pastaza	12.00	0.30
Pichincha	751.50	17.50
Zamora	13.00	0.30
<b>TOTAL</b>	<b>4 270.00</b>	<b>100.00</b>

Dentro de la ciudad de Guayaquil aún se visualizan casas construidas con Bambú, debido a que la ciudad ha sido erguida con este material o por lo menos fue usado durante las construcciones en modo de soportes de losas para grandes edificios, postes, andamios, para la arquitectura de casas o cerramientos, lo mismo se a podido observar en la provincia de Manabí con construcciones de igual importancia [9], [34].

Debido a las fibras naturales fuertes que contiene la guadúa, esta permite elaborar diferentes productos como: pisos, esteras, paneles, aglomerados, además de papel con lo cual el país empieza a desarrollar una opción industrial de gran importancia. Además de la construcción también se los usa en la elaboración de instrumentos de caza y pesca, muebles, artesanías, entre otros diferentes usos que se le ha dado a esta especie en el país [34].

En la provincia de Santa Elena, junto al Museo Real Alto, se encuentra una casa de más de 100 años hecha de bambú, construida según la arquitectura de la cultura Valdivia, esta estructura nos recuerda la historia y ayuda a mejorar el uso histórico del bambú, destacando también la importancia que tiene en la vida de los habitantes de estas partes del mundo.



Figura 48: Construcción de caña guadúa con más de 100 años en Santa Elena [35].

De todos los usos un legado de gran importancia es el conocimiento que se a adquirido y que forma parte importante de los saberes y practicas ancestrales, entre estas prácticas que se han evidenciado son las formas de cómo y cuándo se debe cortar la caña [34].

El 16 de Abril del 2016 cuando ocurrió el terremoto cuyo epicentro sucedió en Pedernales en la provincia de Manabí, se han elaborado proyectos habitacionales con bambú, para poder cubrir la escasas de vivienda para las personas afectadas, a partir de este acontecimiento muchos profesionales de la construcción tienen la idea de que el bambú puede ser considerado el material para el futuro, debido a sus múltiples beneficios y su poco impacto ambiental [9].

Según cálculos estimados en el Ecuador, el país consume 5 millones de m<sup>3</sup>/año de madera para diferentes usos como muebles, leña y construcción en general. Según la NEC existen aproximadamente 3 millones de hectáreas de bosques nativos de producción, pero únicamente un millón de esa área se encuentra accesible por el momento [36].

Para utilizar la madera en la industria de la construcción esta debe provenir de bosques nativos que sean manejado sustentablemente, caso contrario los bosques pueden extinguirse, de preferencia debe provenir de plantaciones forestales [36].

#### **2.1.12 Marco Legal**

En la tabla 10 podemos encontrar las normas en que se basara este trabajo, la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo de Estructuras de Guadúa (GaK) misma que fue desarrollada sobre en base al Proyecto Normativo de Guadúa que fue presentado por INBAR (Red Internacional de Bambú y Ratán), donde se tomó como referencia la Norma Técnica del Perú E100 y la Norma Sismo Resistente NSR-10, mismas que se alinean con los procesos que INBAR lidera para la actualización de las

ISOS relacionadas con el bambú, además se utilizara la NEC–SE–MD la cual corresponde a la normativa ecuatoriana para construir con madera conjuntamente con la Guía Práctica para el diseño de estructuras en madera realizada por la secretaria de gestión de riesgos como se indica en [13], [37], [27], [26].

Tabla 6: Normativa usada para la guadua y madera

NEC – SE - GUADUA	Estructuras de guadua (GaK)
E 100 Bambú	Norma Técnica E 100 Bambú, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú
NSR – 10: Capitulo G - 12	Estructuras de guadua: Parámetros de diseño sismo resistente para construcciones realizadas en guadua <i>Angustifolia Kunth</i>
NEC – SE - MD	Estructuras de Madera
NEC-SE-CG	Cargas (no sísmicas).
NEC-SE-DS	Peligro sísmico y requisitos de diseño sismorresistente.

En el año 1976 en Ecuador se promulgo la “Guía popular de construcción sismo resistente” por parte del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), en el cual en su capítulo 10 hace referencia al uso del bambú o caña guadúa gracias a sus características físicas de resistencia y de paso un excelente material para realizar construcciones sismo resistentes [34].

Hasta hace unos años no existía un marco legal específico para la caña guadúa, la mayoría de cuerpos legales la incluyen en normativas dirigidas a ecosistemas como la normativa ecuatoriana sobre el manejo y aprovechamiento forestal sustentable en

Bosque Húmedo Tropical-, o a acuerdos ministeriales específicos -como el caso del Ministerio del Ambiente en Ecuador- que emitió un Acuerdo Ministerial, el cual contiene lineamientos para la recolección de productos no maderables para controles forestales en rutas terrestres (donde se incluye la caña guadúa) [34].

### **2.1.12.1 Constitución del Ecuador**

#### **Sección Segunda**

##### **Ambiente Sano**

En la constitución del Ecuador encontramos los siguientes artículos que relaciona el buen vivir con un ambiente sano.

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. [38]

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. [38]

### **2.1.12.2 Acuerdo ministerial 139 del ministerio del ambiente**

En el capítulo II del acuerdo ministerial realizado por el ministerio del ambiente encontramos el artículo 4 que autoriza el aprovechamiento forestal de las maderas:

**Art. 4.-** El Ministerio del Ambiente en calidad de Autoridad Nacional Ambiental autorizará el aprovechamiento forestal de madera, en bosques públicos o privados,

mediante la emisión de la Licencia de Aprovechamiento Forestal, la cual será emitida previa la aprobación de los siguientes documentos, según el caso: [39]

- a) Para bosques naturales húmedos, andinos y secos, mediante:
  1. Plan de Manejo Integral y Programa de Aprovechamiento Forestal Sustentable, respectivo;
  2. Programa de Aprovechamiento Forestal Simplificado; y,
  3. Plan de Manejo Integral y Programa de Corta para Zona de Conversión Legal, respectivo.
- b) Para el caso de formaciones pioneras, árboles relictos, plantaciones forestales, árboles plantados y árboles de la regeneración natural en cultivos, mediante Programas de Corta. [39]

## **2.2 Instrumentos y Técnicas**

Para este trabajo se utilizarán programas especializados en estructuras como ETABS 2018, el cual nos ayuda en el cálculo de estas por elementos finitos, análisis estático, dinámico lineal, el programa nos permite el análisis de cualquier tipo de estructura, desde las estructuras regulares hasta complejas estructuras que pueden ser irregulares además de edificaciones de gran altura.

El programa es de carácter interactivo donde el usuario debe introducir las características de los materiales y de la estructura para que el programa pueda realizar los cálculos matemáticos, que en ocasiones pueden llegar a ser complejos y demandar de un gran gasto computacional.

Para el desarrollo del trabajo otro programa a utilizar será Excel, cuya plataforma permite una mayor iteración con el usuario del programa, además de esta ventaja también nos facilita la realización de los cálculos sencillos y complejos que se necesitaran para conocer la cantidad de culmos o el grosor de la madera, que se requerirá para cumplir con las luces de la estructura planteada, modelo que se realizara mediante el conocimiento adquirido en la facultad, la bibliografía consultada y cursos realizados acerca de estos temas.

Para la elaboración de los planos y modelado en 3D se utilizarán varios programas de gran uso en la actualidad como Revit y Navisworks donde además que podemos visualizar costos respecto al tiempo de construcción, nos ayuda a tener una idea de cómo se proyectara la estructura una vez ya construida. Mediante técnicas de investigación se utilizaron instrumentos valiosos como son los libros, referencias bibliográficas para poder encontrar y seleccionar información acertada que ayudara a la elaboración del presente trabajo de investigación.

### **2.3 Materiales**

La investigación que se realiza no es de tipo experimental, debido a que no se manipulan variables ni independiente ni dependiente; lo que se realiza es una recopilación bibliográfica para la adquisición de mayor conocimiento, partiendo de la revisión, el análisis y la síntesis de la información científica recolectada en libros, artículos científicos, tesis, etc. [7].

Como soporte estructural para formar las columnas, vigas, viguetas, entrepisos, etc. Se utilizará la especie *Guadúa Angustifolia Kunth*, la cual tendrá un contenido de humedad igual al contenido de humedad de equilibrio del lugar, por ende, en el programa de cálculo se introducirá los valores mecánicos correspondientes a este material [40].

Para el desarrollo del informe de tesis se emplean materiales y suministros de oficina que facilitaran la realización de los contenidos del mismo, es importante detallar las herramientas necesarias en el trabajo de investigación.

- Libros electrónicos
- Artículos científicos
- Libros
- Computadora

- Impresora
- Anillados
- Medios de almacenamiento de información
- Bolígrafos, tablero, borrador, etc.
- Programas computacionales

## **2.4 Bases para el diseño estructural**

Para que una estructura ya sea de bambú o madera pueda ser considerada sismo resistente se debe revisar:

- Derivas
- Torsión
- Distorsión
- Cortante basal (estático y dinámico)
- Índice de estabilidad
- Rigidez de piso
- Deflexiones

Haciendo un análisis de la fuerza basal que llega a una estructura de bambú en comparación con una de hormigón se puede evidenciar que, a la estructura de bambú por tener menor masa, presenta una fuerza menor lo que favorece que en la zona costera que es altamente sísmica se realicen estructuras con materiales de bajo peso como el bambú.

Los elementos de GaK que se utilicen en las estructuras deben ser diseñadas, elaboradas y unidas con el fin de resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de las cargas de servicio y deben estar restringidas a las limitaciones de las deflexiones que se estipulan en la NEC [40].

El coeficiente de disipación de energía básica en una estructura de guadúa o madera, cuyo sistema de resistencia sísmica sea el de pórticos en diagonales es de  $R=2$ . En caso de que se utilice un sistema de resistencia sísmica proporcionado por muros de madera laminada o muros de bahareque encementado, se debe tomar el valor correspondiente de  $R$  para el sistema elegido [40].

Para los cálculos estructurales de elementos de madera, se debe seguir el método de esfuerzos admisibles, donde los esfuerzos internos solicitantes de los elementos al aplicarle carga, deben ser menor o igual al valor de los esfuerzos admisibles especificados en la norma.

Debido a las características de la madera, como la densidad básica o su buena trabajabilidad además la disponibilidad de diversos elementos para realizar las uniones (ensambles, tornillos, etc.), nos facilita el uso de sistemas constructivos como paneles precortados y la prefabricación total y parcial [36].

La madera empleada en las estructuras debe provenir de especies correspondientes a cualquiera de los tres grupos Estructurales (A, B o C) los cuales se muestran en la tabla 7, además el material que se utilice debe contar con un contenido de humedad máxima del 19 % [36].

Tabla 7: Especies utilizadas como madera estructural [37].

Grupo	Nombre Común	Nombre Científico
A	Caimitillo	<i>Chrysophyllum cainito</i>
	Guayacán Pechiche	<i>Minquartia guianensis</i>
B	Chanul	<i>Humiriastrum procerum</i>
	Moral fino	<i>Chiophora tinctoria</i>
	Pituca	<i>Clarisia rasemosa</i>
C	Fernansánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>
	Mascarey	<i>Hieronyma chochoensis</i>
	Sande	<i>Brosimum utile</i>

### 2.4.1 Combinaciones de carga

Todos los elementos de GaK de una estructura deben ser diseñados, construidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de las cargas de servicio consignadas en los capítulos de la NEC y estipuladas en la Tabla 4 [13].

Tabla 8: Combinaciones de cargas para el diseño [13].

1	D
2	D+L
3	D+0,75L+0,525Ex
4	D+0,75L-0,525Ex
5	D+0,75L+0,525Ey
6	D+0,75L-0,525Ey
7	D+0,7Ex
8	D-0,7Ex
9	D+0,7Ey
10	D-0,7Ey
11	D+0,75L+0,525EQx
12	D+0,75L-0,525EQx
13	D+0,75L+0,525EQy
14	D+0,75L-0,525EQy
15	D+0,7EQx
16	D-0,7EQx
17	D+0,7EQy
18	D-0,7EQy

Dónde:

D Carga muerta

L Carga viva.

Ex Carga estática de sismo en sentido X.

Ey Carga estática de sismo en sentido Y.

EQx Carga del espectro de aceleraciones en sentido X.

EQy Carga del espectro de aceleraciones en sentido Y.

### 2.4.2 Requisitos de calidad para las estructuras

Se deben tener en cuenta varios puntos, para que las estructuras de guadúa funcionen correctamente durante su vida útil, las estructuras deben ser realizadas por personal debidamente capacitado y bajo la guía de un profesional calificado, principios de construcción y normativas relacionadas tanto del GaK como la madera [13].

Las construcciones de guadúa y madera, por estar fabricadas con materiales de origen natural, deben recibir un mantenimiento adecuado para que las piezas no sean atacadas

por insectos u hongos en todo momento. Además, la estructura debe tener durante su vida útil el mismo uso para el cual fue diseñada [13].

## 2.5 Métodos

Los elementos para las estructuras de guadúa o madera se las deben diseñar por el método de los esfuerzos admisibles y para las combinaciones de carga descritas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Las uniones de la estructura se consideraran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los elementos que conformen una unión, excepto cuando alguno de los elementos es continuo [40].

Como nomenclatura de los elementos columnas, vigas principales y secundarias construidas con el GaK se utilizará (#columnas C, #filas F), como se muestra en las figuras siguientes, donde se observa el número de columnas y el número de filas con las que están construidas las secciones de GaK.

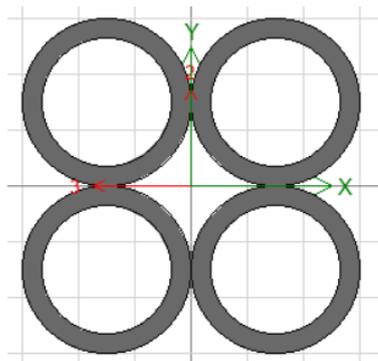


Figura 49: Sección de viga 2C2F.

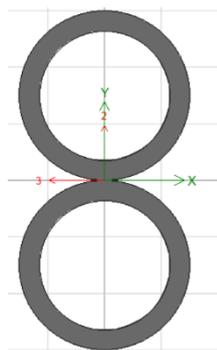


Figura 50: Sección de viga 1C2F.

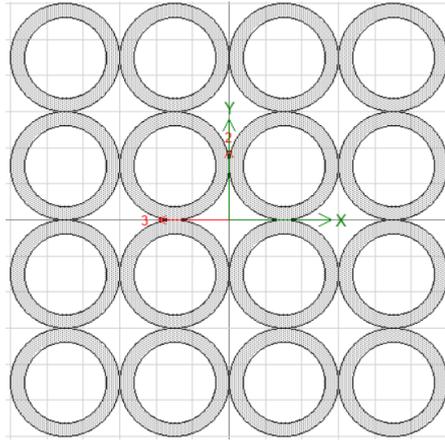


Figura 51: Sección de columna C\_4C4F.

Para determinar la inercia de secciones con más de un culmo de bambú se utilizará el método de Steiner, mismo que indica que la inercia de un conjunto es igual a la inercia de cada elemento más el área por la distancia elevada al cuadrado.

## 2.5.1 Diseño estructural para elementos GaK

### 2.5.1.1 Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad del GaK

Los GaK que cumplan con los requisitos de calidad, utilizaran los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad señalados en las Tablas 9 y 10.

Tabla 9: Esfuerzos admisibles,  $f_i$  (mpa),  $ch=12\%$ .

<b>F<sub>b</sub></b> <b>Flexión</b>	<b>F<sub>t</sub></b> <b>Tracción</b>	<b>F<sub>c</sub></b> <b>Compresión   </b>	<b>F<sub>p</sub>*</b> <b>Compresión ⊥</b>	<b>F<sub>v</sub></b> <b>Corte</b>
15	19	14	1,4	1,2

Dónde:

|| Compresión paralela al eje longitudinal.

⊥ Compresión perpendicular al eje longitudinal.

\* La resistencia a la compresión perpendicular mostrada fue calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.

Tabla 10: Módulos de elasticidad,  $e_i$  (mpa),  $ch=12\%$ .

Módulo percentil 5 $E_{0,5}$	Módulo percentil 5 $E_{0,05}$	Módulo mínimo $E_{min}$
12000	7500	4000

Para el diseño de los elementos estructurales se debe utilizar  $E_{0,5}$ , como módulo de elasticidad del material. El  $E_{min}$  debe usarse para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas ( $C_L$ ) y de Columnas ( $C_p$ ). El  $E_{0,5}$  se debe utilizar para calcular las deflexiones cuando las condiciones de servicio sean críticas o se necesite un nivel de seguridad superior al promedio [13]. La selección del módulo de elasticidad indicado dependerá del criterio del ingeniero encargado del cálculo estructural.

### 2.5.1.2 Coeficientes de modificación

Los valores de esfuerzos admisibles mostrados en la Tabla 9 se ven afectados por los coeficientes de modificación debido a factores como: tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se deben determinar las solicitaciones admisibles de todo miembro estructural de acuerdo con la formula general [13].

Ecuación 1: Formula general de coeficientes de modificación.

$$F'i = Fi * C_D * C_m * C_t * C_L * C_F * C_r * C_p * C_C$$

Siendo:

$C_D$  = coeficiente de modificación por duración de carga.

$C_m$  = coeficiente de modificación por contenido de humedad.

$C_t$  = coeficiente de modificación por temperatura.

$C_L$  = coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas.

$C_F$  = coeficiente de modificación por forma.

$C_r$  = coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta.

$C_p$  = coeficiente de modificación por estabilidad de columnas.

$C_C$  = coeficiente de modificación por cortante.

$F_i$  = esfuerzo admisible en la sollicitación  $i$ .

$F'_i$  = esfuerzo admisible modificado para la sollicitación  $i$ .

### 2.5.1.2.1 Por duración de carga ( $C_D$ )

Se considera que la duración normal de carga son 10 años, cuando se somete un elemento estructural a duraciones de carga diferentes, se debe multiplicar los valores de esfuerzos admisibles por los valores de la tabla 7.

Tabla 11: Coeficientes de modificación por duración de carga (cd) [13].

Duración de carga	Flexión	Tracción	Compresión 	Compresión ⊥	Corte	Carga de diseño
Permanente	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	Muerta
Diez años	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	Viva
Dos meses	1,15	1,15	1,15	0,90	1,15	Construcción
Siete días	1,25	1,25	1,25	0,90	1,25	
Diez minutos	1,60	1,60	1,60	0,90	1,60	Viento y Sismo
Impacto	2,00	2,00	2,00	0,90	2,00	Impacto

Nota: Como método de ser un calculista cuidadoso se puede optar por tomar el valor más desfavorable como coeficiente para poder tener un rango de seguridad.

### 2.5.1.2.2 Por contenido de humedad ( $C_m$ )

Debido al contenido de humedad la caña guadúa al igual que la madera pierde su resistencia, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad anteriormente mostrados fueron calculados para un contenido de humedad igual al 12%, por lo que usando los coeficientes de humedad se debe ajustar a los valores mostrados [13].

Tabla 12: Coeficientes de modificación por contenido de humedad (cm) [13].

Esfuerzos		CH≤12	CH=13	CH=14	CH=15	CH=16	CH=17	CH=18	CH
		%	%	%	%	%	%	%	≥19
Flexión	Fb	1,00	0,96	0,91	0,87	0,83	0,79	0,74	0,70
Tracción	Ft	1,00	0,97	0,94	0,91	0,89	0,86	0,83	0,80
Compresión	Fc	1,00	0,96	0,91	0,87	0,83	0,79	0,74	0,70
Compresión ⊥	Fp	1,00	0,97	0,94	0,91	0,89	0,86	0,83	0,80
Corte	Fv	1,00	0,97	0,94	0,91	0,89	0,86	0,83	0,80
Módulo de elasticidad	$E_{0,5}$	1	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,9
	$E_{0,0}$								
	$E_s$								
	$E_{mi}$								

Es importante tener en cuenta la humedad de equilibrio del lugar donde se va a usar el GaK, valores que se muestran en el Apéndice 3 perteneciente a la Norma Ecuatoriana de la Construcción [13].

### 2.5.1.2.3 Por temperatura ( $C_t$ )

Cuando los elementos estructurales de GaK estén sometidos a altas temperaturas, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad respectivamente, deben ser multiplicados por los valores de la tabla 9, para la condición de temperatura a la cual estén expuestos [13].

Tabla 13: Coeficientes de modificación por temperatura ( $c_t$ ) [13].

Esfuerzos		Condiciones de servicio	$C_t$		
			$T \leq 37$ C	$37 C \leq T \leq 52C$	$37 C \leq T \leq 65C$
Flexión	Fb	Húmedo	1,00	0,60	0,40
		Seco		0,85	0,60
Tracción	Ft	Húmedo		0,85	0,80
		Seco		0,90	
Compresión	Fc	Húmedo		0,65	0,40
		Seco		0,80	0,60
Compresión ⊥	Fp	Húmedo		0,80	0,50
		Seco		0,90	0,70
Corte	Fv	Húmedo		0,65	0,40
		Seco		0,80	0,60
Módulo de elasticidad	E	Húmedo	0,80	0,80	
		Seco	0,90		

Asumimos:  $C_t = 1.00$  En las zonas tropicales y en condiciones de servicio húmedo, las temperaturas máximas frecuentes oscilan dentro de los 35 °C. = 1.00 (como temperaturas máximas en zonas tropicales, se conservan valores de tablas Esfuerzos admisibles y Módulo de elasticidad) [13].

#### **2.5.1.2.4 Por acción Conjunta ( $C_r$ )**

Se puede incrementar los esfuerzos admisibles con un 10% cuando se presenta una acción conjunta de cuatro o más elementos de igual rigidez, como en el caso de viguetas y pies derechos en entramados ( $C_r=1$ ), siempre y cuando no exista una separación entre elementos de 0.6m [13].

#### **2.5.1.3 Diseño de elementos sometidos a flexión**

Debido a la relación muy alta entre el módulo de ruptura y el módulo de elasticidad, lo que lo convierte en un material muy dúctil, el análisis de flexión se regirá por el control de las deflexiones admisibles, salvo algunas excepciones, sin embargo, en todos los casos se debe comprobar la resistencia a la flexión, corte y aplastamiento.

Para diseñar elementos GaK a flexión, es necesario verificar que los efectos descritos a continuación, mismos que no sobrepasen los esfuerzos admisibles modificados con los coeficientes.

- Deflexiones
- Flexión, incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas.
- Cortante paralelo a la fibra
- Aplastamiento (compresión perpendicular a la fibra).

Los elementos de un elemento sometido a flexión no deben fallar por aplastamiento (compresión perpendicular), en la medida de lo posible estos deben terminar en nudos,

cuando esto no ocurre o los nudos no proporcionan suficiente resistencia, los entrenudos de los soportes deben rellenarse con mortero.

Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, esta se debe aplicar sobre un nudo tomando las medidas necesarias para que se evite una falla por corte paralelo a la fibra o aplastamiento en el punto de aplicación. En estos casos, los entrenudos adyacentes a la carga deben rellenarse con mortero.

#### **2.5.1.3.1 Perforaciones**

No se recomienda perforar a la altura del eje neutro en tramos con cargas puntuales o cerca de los apoyos, según sea el caso, es posible perforar a la altura del eje neutro, pero no se permitirá en la zona de tensión de los elementos.

En apoyos y puntos donde se aplican cargas puntuales, se permiten perforaciones, siempre y cuando estas sean para poder rellenar los entrenudos con mortero. El tamaño máximo para realizar las perforaciones debe ser de 3.81 mm.

#### **2.5.1.3.2 Área neta**

El área de la sección transversal formada por un solo culmo, se calculará mediante la fórmula:

*Ecuación 2*

$$A = \frac{\pi}{4} * (D_e^2 - (D_e - 2t)^2)$$

Dónde:

$A$  Área neta de la sección transversal de la guadúa, mm<sup>2</sup>

$D_e$  Diámetro exterior de la guadúa, mm

$t$  Espesor de la pared de la guadúa, mm

#### **2.5.1.3.3 Luz de diseño**

Para las vigas con apoyo simple o en voladizo la luz de diseño será la luz libre entre las caras de soporte más la mitad de la longitud de apoyo en cada extremo, en el caso de las vigas continuas la luz de diseño que se debe considerar es de centro a centro de los apoyos.

#### 2.5.1.3.4 Deflexiones

La deflexión de los elementos GaK se calcularán de acuerdo con las fórmulas de la teoría elástica tradicional, se considerará la deflexión provocada por la flexión y si el caso de análisis lo requiere se debe realizar una corrección del módulo de elasticidad  $E_{0.05}$  por cortante. Para el cálculo de la deflexión en vigas simplemente apoyadas se utilizarán las fórmulas contempladas en la Tabla 10.

Tabla 14: Formulas para el cálculo de deflexiones.

Condición de carga	Deflexión
Carga concentrada en el centro de la longitud	$\Delta = \frac{P * L^2}{48 * E * I}$
Carga uniformemente distribuida	$\Delta = \frac{5 * q * L^4}{384 * E * I}$

Cuando se tiene diferentes condiciones de carga, se deben utilizar formulas correspondientes a la teoría de la elasticidad. Las deflexiones admisibles serán limitadas de acuerdo a los valores de la tabla 11.

Tabla 15: Deflexiones admisibles (mm).

Condición de servicio	Cargas vivas	Viento o granizo	Cargas totales
	(1/k)	(1/k)	(1/k) Nota 2
<b>Elementos de Techo / Cubiertas</b>			
<b>Cubiertas inclinadas</b>			
Cielos rasos de pañete o yeso	1/360	1/360	1/240
Otros cielos rasos	1/240	1/240	1/180
Sin cielo raso	1/240	1/240	1/180
Techos planos	Nota 1	Nota 1	1/300
Techos industriales			1/200
<b>Entrepisos</b>			

Elementos de entrepiso	1/360		1/240
Entrepisos rígidos			1/360
<b>Muros exteriores</b>			
Con acabados frágiles			1/240
Con acabados flexibles			1/120

Las deflexiones de vigas, viguetas, entablados y pies derechos, se calcularán según el módulo de elasticidad del percentil  $E_{0,05}$ , o módulo elástico mínimo, sin embargo, la elección del módulo dependerá del criterio del ingeniero estructural.

Para los elementos con una relación  $L/De \leq 15$ , se debe realizar una corrección por cortante ( $C_c$ ), en la tabla mostrada a continuación se muestran los valores de  $C_c$  para un módulo de elasticidad promedio  $E_{0,05}$ .

Tabla 16: Valores de  $C_c$ .

$l/De$	$C_c$
5	0,70
7	0,75
9	0,81
11	0,86
13	0,91
15	0,93

### 2.5.1.3.5 Flexión

Los esfuerzos máximos de tensión y compresión que se producen por flexión serán calculados para la sección de máximo momento, los mismos que no deben exceder al máximo esfuerzo admisible modificado por flexión  $F_b$  que se establecen para los culmos de GaK.

- Estabilidad lateral y coeficiente de modificación ( $C_L$ )

Para vigas o viguetas que estén conformadas por un solo culmo de GaK, el coeficiente de modificación que se debe considerar será  $C_L=1$ , además se debe tener en cuenta que

se debe verificar si necesita o no de soporte lateral en la zona comprimida de la viga cuando se conforma por dos o más culmos.

Cuando se presentan vigas de sección compuesta, cuya relación alto (d) ancho (b) sea mayor que 1, se deben incluir soportes laterales para poder prevenir el pandeo o la rotación.

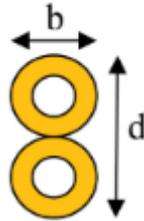


Figura 52: Ejemplo de sección compuesta.

En vigas de sección conformadas por dos o más culmos, el esfuerzo admisible a flexión ( $F_b$ ) se reducirá al multiplicándola por los valores de coeficiente  $C_L$  mostrados en la tabla 13.

Tabla 17: Coeficientes  $c_l$  para diferentes relaciones d/b.

d/b	CL
1	1
2	0,98
3	0,95
4	0,91
5	0,87

- Momento resistente

El esfuerzo a flexión actuante ( $f_b$ ) aplicado a cualquier sección de GaK, no deberá exceder el valor del esfuerzo a flexión admisible ( $F'_b$ ) modificado por los coeficientes b correspondientes, de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ecuación 3

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

Dónde:

- $f_b$  Esfuerzo a flexión actuante, en MPa  
 $M$  Momento actuante sobre el elemento en N mm  
 $F'_b$  Esfuerzo admisible modificado, en MPa  
 $S$  Módulo de sección en mm<sup>3</sup>

El módulo de sección  $S$ , para un culmo de GaK se expresa mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 4

$$S = \frac{\pi(D_e^4 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e}$$

Dónde:

- $S$  Módulo de sección en mm<sup>3</sup>  
 $D_e$  Diámetro promedio exterior del culmo en mm  
 $t$  Espesor promedio de la pared del culmo en mm

#### 2.5.1.3.6 Cortante

Los esfuerzos máximos de cortante se calcularán a una distancia del soporte igual a la altura ( $h$ ) del elemento, para las vigas conformadas por un solo culmo, la altura antes mencionada será igual al diámetro exterior, excepto para voladizos, donde el esfuerzo máximo de corte se debe calcular en la cara del apoyo. En elementos vigas formadas por dos culmos, la altura ( $h$ ) corresponde a la altura real del elemento.

El máximo esfuerzo cortante se debe determinar teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los esfuerzos en la sección, el cual debe ser inferior al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras  $F'_v$  modificado por los coeficientes a los que corresponda.

- Esfuerzo cortante paralelo a las fibras

El esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuantes ( $f_v$ ) sobre cualquier sección de GaK rolliza, no superará el valor del esfuerzo cortante paralelo a las fibras admisibles ( $F'_v$ ), modificado por los respectivos coeficientes, de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ecuación 5

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 6D_e t + 4t^2}{D_e^2 + 2D_e t + 2t} \right) \leq F'_v$$

Dónde:

$f_v$	Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa
$A$	Área de la sección transversal del elemento de guadúa rolliza, en mm <sup>2</sup>
$D_e$	Diámetro externo promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm
$t$	Espesor promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm
$F'_v$	Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa
$V$	Fuerza cortante en la sección considerada, en N

### 2.5.1.3.7 Aplastamiento

Los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras ( $f_p$ ), debe comprobarse especialmente en los apoyos y donde las cargas se concentran en áreas pequeñas. El esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras actuante no deberá exceder al esfuerzo admisible de compresión perpendicular modificado por los coeficientes correspondientes. El esfuerzo a compresión perpendicular a la fibra actuante se calcula mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 6**

$$f_p = \frac{3RD_e}{2t^2L} \leq F_p$$

Dónde:

$F_p$	Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa
$f_p$	Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa
$D_e$	Diámetro externo promedio de la sección de GaK rolliza, en mm
$t$	Espesor promedio de la sección de GaK rolliza, en mm
$L$	Longitud de apoyo, en mm
$R$	Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

Todos los canutos sometidos a esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra, se rellenarán con mortero de cemento, en el caso en que esto no se cumpla, el valor del esfuerzo admisible ( $F_p$ ) se reducirá a una cuarta parte ( $F_p/4$ ).

#### **2.5.1.4 Diseño de elementos solicitados por fuerza axial**

Son los elementos diseñados a solicitaciones ubicadas en la misma dirección que el eje longitudinal que pasa por el centroide de la sección transversal del elemento.

##### **2.5.1.4.1 Elementos solicitados a tensión axial**

El esfuerzo de tensión axial actuante ( $f_t$ ) para cualquier sección de GaK, no deba exceder el valor del esfuerzo admisible a tensión axial ( $F_t$ ), el cual será modificado por los respectivos coeficientes de modificación, de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ecuación 7

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F_t$$

Dónde:

$f_t$	Esfuerzo a tensión actuante, en MPa
$T$	Fuerza de tensión axial aplicada, en N

$F_t$  Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

$A_n$  Área neta del elemento, en mm<sup>2</sup>

#### 2.5.1.4.2 Tensión perpendicular a la fibra

Se debe evitar en lo posible que los elementos estructurales estén sometidos a esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra debido a su baja resistencia en esta sollicitación, sin embargo, si se producen estas estos esfuerzos, la resistencia del elemento debe garantizarse proporcionando un refuerzo adicional en la zona requerida, mediante zunchos metálicos o platinas.

#### 2.5.1.4.3 Elementos solicitados a compresión axial

- Longitud efectiva

La longitud efectiva se refiere a la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en los extremos, la cual es calculada mediante la formula siguiente:

Ecuación 8

$$l_e = l_u * k$$

Donde:

$l_u$  = longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm

$k$  = coeficiente de longitud efectiva, determinado mediante las restricciones en los apoyos según la tabla 18.

$l_e$  = longitud efectiva, en mm

Tabla 18: Coeficiente de longitud efectiva.

Condicion de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

- Esbeltez

Se debe revisar la esbeltez en columnas la cual está dada por la siguiente formula:

Ecuación 9

$$\lambda = \frac{l_e}{r}$$

En donde:

$\lambda$  = relación esbeltez del elemento

$l_e$  = longitud efectiva del elemento, en mm

$r$  = valor de radio de giro de la sección GaK, en mm

El radio de giro de la sección formada a partir de un solo culmo se calculará de acuerdo con la siguiente formula.

Ecuación 10

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

En donde:

$De$  = diámetro exterior promedio de la sección, en mm

$t$  = valor del espesor promedio de la sección, en mm

$r$  = valor de radio de giro de la sección GaK

- Elementos constituidos por dos o más culmos

En este caso se debe calcular el radio de giro mediante la ecuación siguiente:

Ecuación 11

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

En donde:

$I$  = valor de la inercia de la sección, en  $\text{mm}^4$

$A$  = corresponde al área de la sección, en  $\text{mm}^2$

$r$  = valor de radio de giro de la sección GaK

- Clasificación de columnas

Según su valor de esbeltez, las columnas se pueden clasificar en cortas, intermedias o largas.

Tabla 19: Clasificación de columnas por esbeltez.

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

La esbeltez  $C_k$  se denomina al límite entre las columnas intermedias y las columnas largas, misma que se determina mediante la siguiente formula:

*Ecuación 12*

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}}$$

Donde

$F'_c$  = valor del esfuerzo admisible del material en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa

$E_{0.05}$  = módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

Es completamente inaceptable trabajar con elementos de columna con una esbeltez superior a 150.

- Esfuerzos máximos

Los esfuerzos máximos de compresión paralela a la fibra actuante ( $f_c$ ) sobre cualquier sección de GaK, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las

fibras admisibles ( $F'_c$ ) modificado por sus respectivos factores. Se debe tener en cuenta el tipo de columna para poder calcular los esfuerzos máximos:

- Columnas cortas ( $\lambda < 30$ )

*Ecuación 13*

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c$$

Dónde:

$f_c$  = Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante en MPa

$N$  = Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

$A_n$  = Área neta de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>

$F'_c$  = Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

- Columnas intermedias ( $30 < \lambda < C_k$ )

*Ecuación 14*

$$f_c = \frac{N}{A_n * \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{\lambda}{C_k}\right]^3\right)} \leq F'_c$$

Donde:

$f_c$  = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

$N$  = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

$A_n$  = área neta de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>

$F'_c$  = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

$\lambda$  = esbeltez

$C_k$  = esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y largas.

- Columnas largas ( $C_k < \lambda < 150$ )

*Ecuación 15*

$$f_c = 3.3 \frac{E_{0.05}}{\lambda^2} \leq F'_c$$

Donde:

$f_c$  = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

$F_c'$  = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

$\lambda$  = esbeltez

$E_{0.05}$  = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

No se permiten columnas con esbeltez superior a 150

#### 2.5.1.4.4 Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial

Para diseñar los elementos con solicitaciones a flexión y carga axial, se debe considerar lo siguiente:

- Elementos solicitados a flexión con tensión axial

Los elementos de la estructura que se encuentran sometidos simultáneamente a las fuerzas de tensión axial y flexión, deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

*Ecuación 16*

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1$$

Donde:

$f_t$  = esfuerzo a tensión actuante, en MPa

$F'_t$  = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

$f_b$  = esfuerzo a flexión actuante, en MPa

$F'_b$  = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

- Elementos solicitados a flexo-compresión

Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a las fuerzas de compresión y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

Ecuación 17

$$\frac{f_c}{F'_c} + \frac{k_m f_b}{F'_b} \leq 1.0$$

Dónde:

$f_c$  Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

$F'_c$  Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

$f_b$  Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

$F'_b$  Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

$k_m$  Coeficiente de magnificación de momentos.

Ecuación 18

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5(N_a/N_{er})}$$

Dónde:

$N_a$  Carga de compresión actuante, en N

$N_{er}$  Carga crítica de Euler

Ecuación 19

$$N_{er} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$$

Dónde:

$N_{er}$  Carga crítica de Euler, en N

$E_{0.05}$  Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

$I$  Momento de inercia de la sección, en  $mm^4$

$l_e$  Longitud efectiva del elemento, en  $mm$

## 2.5.2 Diseño estructural para elementos de madera

Las estructuras de madera se calculan por medio de esfuerzos admisibles dependiendo al grupo al cual pertenece, después de esos valores se tienen un rango de seguridad hasta llegar a los valores de esfuerzos últimos, mismos que no se deben utilizar ya que la madera es un material de gran deformación y puede causar daños arquitectónicos, además de que las conexiones en madera aún no se encuentran precalificadas como si ocurre con el acero.

### 2.5.2.1 Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad

Para realizar el diseño estructural se debe usar los esfuerzos admisibles que se obtienen desde el Manual de Diseño de la JUNAC, luego de haber realizado varios procesos de ensayos con maderas de la subregión. Es responsabilidad del profesional encargado de calcular la estructura especificar y utilizar la madera que cumpla con la norma, de la misma forma se debe supervisar que en la obra se utilice el material que cumple con la norma de la construcción [36].

Tabla 20: Esfuerzos admisibles para la madera (MPa) [37].

GRUPO	FLEXIÓN	TRACCIÓN PARALELA	COMPRESIÓN PARALELA	COMPRESIÓN PERPENDICULAR	CORTE PARALELO
	$f_m$	$f_t$	$f_c$	$f_{c\perp}$	$f_v$
A	21	14,5	14,5	4	1,5
B	15	10,5	11	2,8	1,2
C	10	7,5	8	1,5	0,8

Los módulos de elasticidad determinados son  $E_{\min}$  ( $E_{0.05}$ ) que será válido para calcular elementos individuales tales como vigas y columnas, y el  $E_{\text{promedio}}$  valor adecuado para el diseño de elementos en los que exista una acción en conjunto [36].

Tabla 21: Módulos de elasticidad para la madera (MPA) [37].

GRUPO	E <sub>min</sub> (E0.05)	E <sub>promedio</sub>
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

### 2.5.2.2 Flexión

Los esfuerzos de compresión o de tracción producidos por flexión  $\sigma_m$ , no deben exceder el esfuerzo admisible  $f_m$  para el grupo de madera utilizado puede aumentarse en un 10% al diseñar entablados o viguetas si hay una acción de conjunto garantizada.

*Ecuación 20*

$$\sigma_m = \frac{|M|}{Z} < f_m$$

*Ecuación 21*

$$Z = \frac{b * h^2}{6}$$

Dónde:

M = Momento aplicado.

Z = Módulo de la sección.

f<sub>m</sub> = Esfuerzo admisible de la madera.

b = Base de la sección transversal.

h = Altura de la sección trasversa

### 2.5.2.3 Diseño a corte

Los esfuerzos cortantes  $\tau$ , deben ser menores o iguales al esfuerzo máximo admisible correspondientes a corte paralelo a la fibra, Asimismo, se puede incrementar al 10% cuando se garantiza un diseño de acción en conjunto para entablados o vigueta.

*Ecuación 22*

$$\tau = \frac{3V}{2bh} < f_v$$

Dónde:

V = Esfuerzo de la madera a corte (kg).

$\tau$  = Esfuerzo de la madera a corte (MPa).

b = Base de la sección (cm).

h = Altura de la sección (cm).

### 2.5.2.4 Compresión perpendicular a las fibras

Hay que comprobar en los apoyos y otros puntos donde hay carga concentrada en superficies pequeñas el esfuerzo a compresión promedio en la dirección perpendicular a las fibras.

*Ecuación 23*

$$\sigma_{CL} = \frac{R}{bd} < f_{CL}$$

Dónde:

R = Reacción.

bd = Área de apoyo, no debe exceder los límites  $f_c$

### 2.5.2.5 Esbeltez

Hay que comprobar la esbeltez en columnas la cual está dada por la siguiente formula:

*Ecuación 24*

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{d}$$

En donde:

$\lambda$  = relación esbeltez del elemento

$l_e$  = longitud efectiva del elemento

$d$  = Extensión de la parte transversal en la dirección considerada.

- Clasificación de columnas

Según su relación de esbeltez, las columnas se pueden clasificar en cortas, intermedias o largas.

Tabla 22: Clasificación de columnas.

<b>Columna</b>	<b>Esbeltez</b>
Corta	$\lambda < 10$
Intermedia	$10 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 50$

La esbeltez  $C_k$  se conoce al límite entre las columnas intermedias y las columnas largas, misma que se debe establecer por medio de la siguiente formula:

*Ecuación 25*

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{F'c}}$$

Donde

$F'c$  = valor de esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras.

E = módulo de elasticidad

No se debe trabajar con elementos de columna con una esbeltez superior a 50.

- Columnas cortas ( $\lambda < 10$ )

*Ecuación 26*

$$N_{adm} = f_c * A$$

Dónde:

Dónde:

A = Área

$f_c$  = Esfuerzo máximo admisible de compresión paralela a las fibras.

$N_{adm}$  = Carga axial máxima admisible.

- Columnas intermedias ( $10 < \lambda < C_k$ )

*Ecuación 27*

$$N_{adm} = f_c * A \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right)$$

Donde:

$f_c$  = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

$N_{adm}$  = Carga axial máxima admisible.

A = área de la sección transversal

$f_c'$  = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

$\lambda$  = Relación de esbeltez

$C_k$  = esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y largas.

- Columnas largas ( $C_k < \lambda < 50$ )

*Ecuación 28*

$$N_{adm} = 0.329 \frac{E * A}{\lambda^2}$$

Donde:

$N_{adm}$  = Carga axial máxima admisible.

$\lambda$  = Relación de esbeltez

E = módulo de elasticidad del percentil.

A = área

## CAPITULO III

### 3.1 Calculo estructural de bambú para el primer piso

Tabla 23: Valores de entrada

Variable	Valor	Unidades	Definicion
D	15	cm	diametro exterior
t	1,8	cm	espesor bambú in situ
<b>MODULO DE ELASTICIDAD</b>			
País		<b>ECUADOR</b>	
E <sub>0.5</sub>	12000	Mpa	módulo percentil 5
E <sub>0.05</sub>	7500	Mpa	módulo percentil 5
E <sub>min</sub>	4000	Mpa	módulo percentil mínimo
u	0,4	adim	poisson
Densidad	900	kgf/m <sup>3</sup>	peso específico
G <sub>0.5</sub>	480	Mpa	módulo de corte
G <sub>0.05</sub>	300	Mpa	módulo de corte
G <sub>min</sub>	160	Mpa	módulo de corte
<b>VANOS DE DISEÑO</b>			
V <sub>izq</sub>	4,34	m	vano izquierdo
V <sub>der</sub>	4,77	m	vano derecho
V <sub>sup</sub>	4,3	m	vano superior
V <sub>inf</sub>	5,03	m	vano inferior
<b>CARGA MUERTA</b>			
Loseta	0	cm	loseta de compresión
Acabados	25	kgf/m <sup>2</sup>	acabados
Inst.	30	kgf/m <sup>2</sup>	instalaciones
Mamp	160	kgf/m <sup>2</sup>	mamposteria
Add	20	kgf/m <sup>2</sup>	adicional
Total	235	kgf/m <sup>2</sup>	
<b>CARGA VIVA</b>			
TIPO		<b>OTROS</b>	
L	480	kgf/m <sup>2</sup>	
<b>CARGA DE DISEÑO</b>			
CD	715	kgf/m <sup>2</sup>	

En la tabla anterior, misma que corresponde a los valores de entrada se encuentran los valores físico mecánicas del material estructural con el cual vamos a diseñar, también podemos encontrar los vanos de diseño es decir las distancias más desfavorables mismas que nos servirán para determinar las secciones requeridas para las cargas muertas y vivas que se suministrarán al piso de análisis. Las cargas muertas están asignadas de acuerdo con lo que normalmente pueden llegar a pesar sus distintos componentes y la carga viva es un valor que nos proporciona la NEC de acuerdo al tipo de uso que tendrá la construcción.

Tabla 24: Esfuerzos admisibles

Fb	15	MPa	Esf. Admisible a flexión
Ft	19	MPa	Esf. Admisible a tensión
Fc	14	MPa	Esf. Admisible a compresión
Fp	1,4	MPa	Esf. Admisible a compresión ⊥
Fv	1,2	MPa	Esf. Admisible a corte
Fb	152,96	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Ft	193,75	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a tensión
Fc	142,76	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión
Fp	14,28	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión ⊥
Fv	12,24	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte

Tabla 25: Espectro de diseño

Z	0,4	V	factor de zona
I	1,3		importancia
Øp	0,9		configuración de planta
Øn	0,9		configuración de elevación
η	2,48	A Y ESMER	aceleración espectral/Test
R	2		factor de reducción de respuesta sismica
Suelo	D		tipo de suelo
Fa	1,20		
Fd	1,19		
Fs	1,28		
To	0,127	s	
Tc	0,698	s	
Test	0,216	s	periodo de la estructura estimado
Tetabs	0,398	s	periodo de estructura real de Etabs
Sa	1,1904	g	pseudoaceleración
Wt	156954,24	kgf	peso de la estructura
%	0,9553		porcentaje
r	1		factor usado en el espectro de diseño elastico

### 3.1.1 Vigas Secundarias Planta Baja

Inercia por STEINNER para vigas secundarias

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + A_1 d_1^2 + A_2 d_2^2 + A_3 d_3^2$$

$$I_t = 3M + A_1 d_1^2 + A_1 d_2^2 + A_1 d_3^2$$

$$I_{culmo} = M$$

Ecuación 29

$$I_t = 3 * M + A (2 * D^2)$$

$$I_t = 3 * 1655.98 + 74.64 (2 * 15^2)$$

$$I_t = 38557.9 \text{ cm}^4$$

M = inercia de un culmo

A = ancho de la estructura

D = diámetro exterior

Tabla 26: Propiedades de la sección 1C3F

Variable	Valor	Unidades	Definicion
SECCIÓN	1C3F		
A	223,93	cm <sup>2</sup>	area
ycg	22,50	cm	centro de gravedad y
xcg	7,50	cm	centro de gravedad x
I	38557,9	cm <sup>4</sup>	inercia del culmo
r	13,12	cm	radio de giro
S	1713,68	cm <sup>3</sup>	módulo de seccion
h	45,00	cm	altura

Tabla 27: Configuración de las vigas secundarias

Nvs	9	u	numero de vigas secundarias
Sentido	X		sentido de construccion de vigas secundarias
Lvs	5,03	m	longitud de la viga secundaria
Sep	48	cm	separación entre vigas secundarias

### Cálculo de carga lineal

Ecuación 30

$$q = CD * sep$$

$$q = (Carga muerta + Carga viva) * sep$$

$$q = 715 \frac{kgf}{cm^2} * \left(\frac{48}{100}\right) cm$$

$$q = 341.06 \text{ kgf/m}$$

### Cálculo del cortante máximo

Ecuación 31

$$V_{max} = \frac{q * L}{2}$$

$$V_{max} = \frac{341.06 \frac{kgf}{m} * 5.03 \text{ m}}{2}$$

$$V_{max} = 857.75 \text{ kgf}$$

### Cálculo del momento máximo

Ecuación 32

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

$$M_{max} = \frac{341.06 \frac{kgf}{m} * (5.03 \text{ m})^2}{8}$$

$$M_{max} = 1078.62 \text{ kgf} - m$$

Cálculo de la inercia requerida

Ecuación 33

$$I_{req} = \frac{5 * q * L^3}{384 * E} * 360$$

$$I_{req} = \frac{5 * \left(\frac{341.06}{100}\right) \frac{\text{kgf}}{m} * \left(\frac{5.03}{100}\right)^3 m^3}{384 * 40788.80 \frac{\text{kgf}}{cm^2}} * 240$$

$$I_{req} = 33253.51 \text{ cm}^4$$

Tabla 28: Características de las vigas secundarias

q	341,06	kgf/m	carga lineal
Vmax	857,75	kgf	cortante maximo
Mmax	1078,62	kgf-m	momento maximo
Vetabs	908,45	kgf	cortante del etabs
Metabs	1132,94	kgf-m	momento del etabs
Servicio	Elementos de entepiso		
Delta	240		delta de tabla 12
Def	2,10	cm	deformacion admisible
Ireq	33253,51	cm <sup>4</sup>	Inercia requerida
D/C	86%		demanda capacidad

Los valores en color amarillo, son valores obtenidos de ETABS y con los cuales se calcularon los esfuerzos solicitantes. Estos valores tienen un rango de diferencia con los calculados manualmente debido a que en estos no se tomaron en cuenta el peso propio de los elementos.

### 3.1.2 Controles de vigas secundarias

#### 3.1.2.1 Flexión

Cálculo del esfuerzo a flexión actuante, mediante la ecuación 3:

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

$$f_b = \frac{1132.94 \text{ kgf} - m}{1713.68 \text{ cm}^3} \leq (152.96 * \text{coeficientes de modificacion})$$

$$f_b = 66.11 \frac{kgf}{cm^2} \leq 91.55 \frac{kgf}{cm^2}$$

Tabla 29: Control de flexión de las vigas secundarias

Flexión		
d/b	3	relacion peralte/base
CD	0,90	coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,70	coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00	coeficiente de modificación por temperatura
CL	0,95	coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00	coeficiente de modificación por forma
Cr	1,00	coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00	coeficiente de modificación por cortante
F'b	91,55	kgf/cm <sup>2</sup> Esf. Admisible a flexión modificado
fb	66,11	kgf/cm <sup>2</sup> Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	72%	demanda capacidad

### 3.1.2.2 Cortante

Cálculo del esfuerzo actuante cortante paralelo a las fibras, mediante la ecuación 5:

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 6D_e t + 4t^2}{D_e^2 + 2D_e t + 2t} \right) \leq F'_v$$

$$f_v = \frac{2 * 908.45 \text{ kgf}}{3 * 223.93 \text{ cm}^2} \left( \frac{3 * 15_{cm}^2 - 6 * 15_{cm} * 1.8 + 4 * 1.8^2}{15_{cm}^2 + 2 * 15_{cm} * 1.8 + 2 * 1.8} \right)$$

$$\leq (12.24 * \text{coeficientes de modificacion})$$

$$f_v = 5.03 \frac{kgf}{cm^2} \leq 8.37 \frac{kgf}{cm^2}$$

Tabla 30: Control de cortante de las vigas secundarias

CORTANTE		
CD	0,90	coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,80	coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00	coeficiente de modificación por temperatura
CL	0,95	coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00	coeficiente de modificación por forma
Cr	1,00	coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00	coeficiente de modificación por cortante
F'v	8,37	kgf/cm <sup>2</sup> Esf. Admisible a corte modificado
fv	5,03	kgf/cm <sup>2</sup> Esf. Admisible a corte resistente
D/C	60%	demanda capacidad

### 3.1.2.3 Aplastamiento

Cálculo del esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, mediante la ecuación 6:

$$f_p = \frac{3RD_e}{2t^2L} \leq F_p$$

$$f_p = \frac{3 * 908.45 \text{ kgf} * 15 \text{ cm}}{2 * (1.8 \text{ cm} * 3 * 2)^2 * 30 \text{ cm}} \leq (14.28 * \text{coeficientes de modificacion})$$

$$f_p = 5.84 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \leq 9.76 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 31: Control de aplastamiento de las vigas secundarias

APLASTAMIENTO			
RELLENO	SI	relleno de mortero?	
CD	0,90	coeficiente de modificación por duracion de la carga	
Cm	0,80	coeficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1,00	coeficiente de modificación por temperatura	
CL	0,95	coeficiente de modificación por estabilidad de vigas	
CF	1,00	coeficiente de modificación por forma	
Cr	1,00	coeficiente de modificación por redistribución de cargas	
Cc	1,00	coeficiente de modificación por cortante	
F'p	9,76	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión $\perp$ modificado
L	30	cm	longitud de apoyo
fp	5,84	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión $\perp$ resistente
D/C	60%	demanda capacidad	

### 3.1.3 Vigas Principales Planta Baja

Tabla 32: Propiedades de la sección 2C6F

STEINNER			
Variable	Valor	Unidades	Definicion
SECCIÓN	2C6F		
A	895,73	cm <sup>2</sup>	area
ycg	45,00	cm	centro de gravedad y
xcg	15,00	cm	centro de gravedad x
I	607695,2	cm <sup>4</sup>	inercia del culmo
r	26,05	cm	radio de giro
S	13504,34	cm <sup>3</sup>	módulo de seccion
h	90,00	cm	altura

Tabla 33: Características de las vigas principales

VIGAS PRINCIPALES			
Lvp	4,77	m	longitud de la viga principal
Vetabs	6645,09	kgf	cortante del etabs
Metabs	5405,65	kgf-m	momento del etabs
Servicio	Elementos de entrepiso		
Delta	240		delta de tabla 12
Def	1,99	cm	deformacion admisible
Def Etabs	0,70	cm	Deformacion tomada de Etabs
D/C	35%		demanda capacidad

### 3.1.4 Controles para vigas principales

#### 3.1.4.1 Flexión

Cálculo del esfuerzo a flexión actuante, mediante la ecuación 3:

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

$$f_b = \frac{5405.65 \text{ kgf} - m * 100}{13504.34 \text{ cm}^3} \leq (152.96 * \text{coeficientes de modificacion})$$

$$f_b = 40.03 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \leq 100.70 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 34: Control de flexión de las vigas principales

Flexión			
d/b	3		relacion peralte/base
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,70		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	0,95		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,10		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
F'b	100,70	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión modificado
fb	40,03	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	40%		demanda capacidad

### 3.1.4.2 Cortante

Cálculo del esfuerzo actuante cortante paralelo a las fibras, mediante la ecuación 5:

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 6D_e t + 4t^2}{D_e^2 + 2D_e t + 2t} \right) \leq F'_v$$

$$f_v = \frac{2 * 6645.09 \text{ kgf}}{3 * 895.73 \text{ cm}^2} \left( \frac{3 * 15_{cm}^2 - 6 * 15_{cm} * 1.8 + 4 * 1.8^2}{15_{cm}^2 + 2 * 15_{cm} * 1.8 + 2 * 1.8} \right)$$

$$\leq (12.24 * \text{coeficientes de modificacion})$$

$$f_v = 9.20 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \leq 9.90 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 35: Control de cortante de las vigas secundarias

CORTANTE			
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,86		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	0,95		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,10		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
F'v	9,90	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte modificado
fv	9,20	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte resistente
D/C	93%		demanda capacidad

### 3.1.4.3 Aplastamiento

Cálculo del esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, mediante la ecuación 6:

$$f_p = \frac{3RD_e}{2t^2L} \leq F_p$$

$$f_p = \frac{3 * 6645.09 \text{ kgf} * 15 \text{ cm}}{2 * (1.8 \text{ cm} * 6 * 2)^2 * 60 \text{ cm}} \leq (14.28 * \text{coeficientes de modificacion})$$

$$f_p = 5.34 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \leq 10.74 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 36: Control de aplastamiento de las vigas secundarias

APLASTAMIENTO			
RELLENO	SI		relleno de mortero?
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,80		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	0,95		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,10		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
Fp	10,74	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión $\perp$ modificado
L	60	cm	longitud de apoyo
fp	5,34	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión $\perp$ resistente
D/C	50%		demanda capacidad

### 3.1.5 Columnas

Tabla 37: Propiedades de la sección 4C4F

Variable	Valor	Unidades	Definicion
SECCIÓN	4C4F		
A	1194,31	cm <sup>2</sup>	area
ycg	30,00	cm	centro de gravedad y
xcg	30,00	cm	centro de gravedad x
I	362394,8	cm <sup>4</sup>	inercia del culmo
r	17,42	cm	radio de giro
S	12079,83	cm <sup>3</sup>	módulo de seccion
h	60,00	cm	altura
b	60,00	cm	base

### 3.1.6 Controles para columnas

Cálculo del esfuerzo admisible a compresión paralela resistente, mediante la ecuación 14 debido a que es una columna intermedia.

$$f_c = \frac{N}{A_n * \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{\lambda}{C_k}\right]^3\right)} \leq F'_c$$

$$f_c = \frac{19760.04}{1194.31 * \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{35.59}{69.97}\right]^3\right)} \leq (142.76 * \text{coeficientes de modificacion})$$

$$f_c = 17.46 \frac{kgf}{cm^2} < 102.79 \frac{kgf}{cm^2}$$

Tabla 38: Control por esfuerzo a compresión paralela.

Lc	3,1	m	longitud de la columna
Hest	6,2	m	altura de la estructura
At	21,25	m²	area tributaria
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,80		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	1,00		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,00		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
Pc	19760,04	kgf	carga axial etabs
Masum	9011,04	kgf-m	momento asumido etabs
Tetabs	5626,73	kgf	Fuerza de tension de ETABS
Tcap	231393,327	kgf	tension por capacidad
F't	139,50	kgf/cm²	
k	2		coeficiente de longitud efectiva
Le	6,2	m	longitud efectiva
λ	35,59		esbeltez
F'c	102,79	kgf/cm²	Esf. Admisible a compresión    modificado
ck	69,97		límite entre columnas largas e intermedias
Tipo	INTERMEDIA		tipo de columna
fc	17,46	kgf/cm²	Esf. Admisible a compresión    resistente
D/C	17%		demanda capacidad

### 3.1.6.1 Flexión y tensión axial

Este control se realiza mediante la ecuación 16:

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1$$

$$\frac{4.71 \frac{kgf}{cm^2}}{139.50 \frac{kgf}{cm^2}} + \frac{74.60 \frac{kgf}{cm^2}}{110.13 \frac{kgf}{cm^2}} \leq 1$$

$$0.71 \leq 1$$

Tabla 39: Control de flexión y tensión axial

FLEXIÓN Y TENSION AXIAL			
F'b	110,13	kgf/cm²	Esf. Admisible a flexión modificado
fb	74,60	kgf/cm²	Esf. Admisible a flexión resistente
ft	4,71	kgf/cm²	Esf. Admisible a tensión resistente
	0,71		

### 3.1.6.2 Flexo compresión

Cálculo de la carga critica de Euler, mediante la ecuación 19.

$$N_{er} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$$

$$N_{er} = \frac{\pi^2 * 76479 \frac{kgf}{cm^2} * 362394.8 \text{ cm}^4}{6.2^2}$$

$$N_{er} = 711607.525 \text{ kgf}$$

Cálculo de la relación de cargas, mediante la ecuación 18.

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5(N_a/N_{er})}$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5(19760.04 \text{ kgf} / 711607.525 \text{ kgf})}$$

$$K_m = 1.04$$

Control a flexo compresión, mediante la ecuación 17.

$$\frac{f_c}{F'_c} + \frac{k_m f_b}{F'_b} \leq 1.0$$

$$\frac{17.46 \frac{kgf}{cm^2}}{102.79 \frac{kgf}{cm^2}} + \frac{1.04 * 74.60 \frac{kgf}{cm^2}}{110.13 \frac{kgf}{cm^2}} \leq 1.0$$

$$0.88 \leq 1.0$$

Tabla 40: Control a flexo compresión

FLEXO - COMPRESIÓN		
Ner	711607,525 kgf	carga de euler
Km	1,04	relacion de cargas
D/C	0,88	demanda capacidad

### 3.2 Calculo estructural de bambú para el segundo piso

Se realiza el mismo procedimiento utilizado en el cálculo de la planta baja, para poder determinar las secciones necesarias para las cargas requeridas en la planta alta.

Tabla 41: Valores de entrada

Variable	Valor	Unidades	Definicion
D	15	cm	diamtero exterior
t	1,8	cm	espesor bambú in situ
MODULO DE ELASTICIDAD			
País	ECUADOR		
E <sub>0,5</sub>	12000	Mpa	módulo percentil 5
E <sub>0,05</sub>	7500	Mpa	módulo percentil 5
E <sub>min</sub>	4000	Mpa	módulo percentil mínimo
u	0,4	adim	poisson
Densidad	900	kgf/m <sup>3</sup>	peso específico
G <sub>0,5</sub>	480	Mpa	módulo de corte
G <sub>0,05</sub>	300	Mpa	módulo de corte
G <sub>min</sub>	160	Mpa	módulo de corte
VANOS DE DISEÑO			
Vizq	4,34	m	vano izquierdo
Vder	4,77	m	vano derecho
Vsup	4,3	m	vano superior
Vinf	5,03	m	vano inferior
CARGA MUERTA			
Loseta	0	cm	loseta de compresión
Acabados	15	kgf/m <sup>2</sup>	acabados
Inst.	35	kgf/m <sup>2</sup>	instalaciones
Mamp	0	kgf/m <sup>2</sup>	mamposteria
Add	20	kgf/m <sup>2</sup>	adicional
Total	70	kgf/m <sup>2</sup>	
CARGA VIVA			
TIPO	CUBIERTA		
L	70	kgf/m <sup>2</sup>	
CARGA DE DISEÑO			
CD	140	kgf/m <sup>2</sup>	

En la tabla anterior, misma que corresponde a los valores de entrada se encuentran los valores físico mecánicas del material estructural con el cual vamos a diseñar, también podemos encontrar los vanos de diseño es decir las distancias más desfavorables mismas que nos servirán para determinar las secciones requeridas para las cargas muertas y vivas que se suministrarán al piso de análisis. Las cargas muertas están asignadas de acuerdo con lo que normalmente pueden llegar a pesar sus distintos componentes y la carga viva es un valor que nos proporciona la NEC de acuerdo al tipo de uso que tendrá la construcción.

### 3.2.1 Vigas secundarias Planta Alta

Tabla 42: Cálculo vigas secundarias planta alta

STEINNER			
Variable	Valor	Unidades	Definicion
SECCIÓN	IC2F		
A	149,29	cm <sup>2</sup>	area
ycg	15,00	cm	centro de gravedad y
xcg	7,50	cm	centro de gravedad x
I	11709,4	cm <sup>4</sup>	inercia del culmo
r	8,86	cm	radio de giro
S	780,63	cm <sup>3</sup>	módulo de seccion
h	30,00	cm	altura
VIGAS SECUNDARIAS			
Nvs	7	u	numero de vigas secundarias
Sentido	X		sentido de construccion de vigas secundarias
Lvs	5,03	m	longitud de la viga secundaria
Sep	60	cm	sparación entre vigas secundarias
q	83,48	kgf/m	carga lineal
Vmax	209,94	kgf	cortante maximo
Mmax	264,00	kgf-m	momento maximo
Vetabs	243,74	kgf	cortante del etabs
Metabs	303,97	kgf-m	momento del etabs
Servicio	Techos industriales		
Delta	200		delta de tabla 12
Def	2,52	cm	deformacion admisible
Ireq	6782,48	cm <sup>4</sup>	Inercia requerida
D/C	58%		demanda capacidad
Flexión			
d/b	2		relacion peralte/base
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,70		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	0,98		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,00		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
F'b	94,44	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión modificado
fb	38,94	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	41%		demanda capacidad
CORTANTE			
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,80		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	0,98		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,00		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
F'v	8,63	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte modificado
fv	2,03	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte resistente
D/C	23%		demanda capacidad
APLASTAMIENTO			
RELLENO	SI		relleno de mortero?
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,80		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	0,98		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,00		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
F'p	10,07	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión $\perp$ modificado
L	30	cm	longitud de apoyo
f'p	3,53	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión $\perp$ resistente
D/C	35%		demanda capacidad

### 3.2.2 Vigas principales Planta Alta

Tabla 43: Cálculo vigas principales planta alta.

STEINNER			
Variable	Valor	Unidades	Definicion
SECCIÓN	2C2F		
A	298,58	cm <sup>2</sup>	area
ycg	15,00	cm	centro de gravedad y
xcg	15,00	cm	centro de gravedad x
I	23418,9	cm <sup>4</sup>	ineria del culmo
r	8,86	cm	radio de giro
S	1561,26	cm <sup>3</sup>	módulo de seccion
h	30,00	cm	altura
VIGAS PRINCIPALES			
Lvp	4,77	m	longitud de la viga principal
Vetabs	1908,31	kgf	cortante del etabs
Metabs	1598,7	kgf-m	momento del etabs
Servicio	Techos industriales		
Delta	200		
Def	2,39	cm	deformacion admisible
Def Etabs	1,80	cm	Inercia requerida
D/C	75%		demanda capacidad
Flexión			
d/b	1		relacion peralte/base
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,70		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	1,00		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,10		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
F'b	106,00	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión modificado
fb	102,40	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	97%		demanda capacidad
CORTANTE			
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,80		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	1,00		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,10		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
F'v	9,69	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte modificado
fv	7,93	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte resistente
D/C	82%		demanda capacidad
APLASTAMIENTO			
RELLENO	SI		relleno de mortero?
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	1,00		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	1,00		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,10		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
F'p	14,13	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión $\perp$ modificado
L	60	cm	longitud de apoyo
fp	13,80	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión $\perp$ resistente
D/C	98%		demanda capacidad

### 3.2.3 Elementos rigidizadores

Tabla 44: Cálculo de elementos rigidizadores

STEINNER			
Variable	Valor	Unidades	Definicion
SECCIÓN	ICIF		
A	74,64	cm <sup>2</sup>	area
ycg	7,50	cm	centro de gravedad y
xcg	7,50	cm	centro de gravedad x
I	1656,0	cm <sup>4</sup>	inercia del culmo
r	4,71	cm	radio de giro
S	220,80	cm <sup>3</sup>	módulo de seccion
h	15,00	cm	altura
b	15,00	cm	base
C O L U M N A S			
Lc	3,32	m	longitud de la columna
CD	0,90		coeficiente de modificación por duracion de la carga
Cm	0,80		coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1,00		coeficiente de modificación por temperatura
CL	1,00		coeficiente de modificación por estabilidad de vigas
CF	1,00		coeficiente de modificación por forma
Cr	1,00		coeficiente de modificación por redistribución de cargas
Cc	1,00		coeficiente de modificación por cortante
Pc	7062,94	kgf	carga axial etabs
Masum	41,59	kgf-m	momento asumido etabs
Tetabs	6858,48	kgf	Fuerza de tension de ETABS
F't	139,50	kgf/cm <sup>2</sup>	
k	2		coeficiente de longitud efectiva
Le	6,64	m	longitud efectiva
λ	140,97		esbeltez
F'c	102,79	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión    modificado
ck	69,97		limite entre columnas largas e intermedias
Tipo	LARGA		tipo de columna
fc	12,70	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión    resistente
D/C	12%		demanda capacidad
FLEXIÓN Y TENSIÓN AXIAL			
F'b	110,13	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión modificado
fb	18,84	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
ft	91,88	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a tensión resistente
	0,83		
FLEXO - COMPRESIÓN			
Ner	2835,05527	kgf	carga de euler
Km	-0,37		relacion de cargas
D/C	0,06		demanda capacidad

### 3.3 Calculo estructural de madera para el primer piso

Tabla 45: Valores de entrada

VALORES DE ENTRADA			
Variable	Valor	Unidades	Definición
<b>VANOS DE DISEÑO</b>			
Vizq	4,34	m	vano izquierdo
Vder	4,77	m	vano derecho
Vsup	4,3	m	vano superior
Vinf	5,03	m	vano inferior
Np	2	u	numero de pisos
Hp	3,1	m	altura de entrepiso
<b>TIPO DE MADERA</b>			
Especie	PECHICHE		
Grupo	A		
<b>CARGA VIVA</b>			
Tipo	OTROS		
L	480	kgf/m <sup>2</sup>	carga viva
<b>CARGA MUERTA</b>			
Mamp	180	kgf/m <sup>2</sup>	mamposteria
Instal	35	kgf/m <sup>2</sup>	instalaciones
Acabados	25	kgf/m <sup>2</sup>	acabados
Piso madera	24	kgf/m <sup>2</sup>	piso
Loseta	0	cm	loseta de compresión
Pp	65,00	kgf/m <sup>2</sup>	peso propio
Total	329,00	kgf/m <sup>2</sup>	
<b>CARGA DE DISEÑO</b>			
CD	809,00	kgf/m <sup>2</sup>	

En la tabla anterior, misma que corresponde a los valores de entrada se encuentran los valores físico mecánicas del material estructural con el cual vamos a diseñar, también podemos encontrar los vanos de diseño es decir las distancias más desfavorables mismas que nos servirán para determinar las secciones requeridas para las cargas muertas y vivas que se suministrarán al piso de análisis. Las cargas muertas están asignadas de acuerdo con lo que normalmente pueden llegar a pesar sus distintos componentes y la carga viva es un valor que nos proporciona la NEC de acuerdo al tipo de uso que tendrá la construcción.

### 3.3.1 Vigas Secundarias Planta Baja

Tabla 46: Propiedades y configuración de las vigas secundarias

Variable	Valor	Unidades	Definición
Nvs	11	u	número de vigas secundarias
Sentido	X		sentido de construcción de vigas secundarias
Lvs	5,03	m	longitud de viga secundaria
Sep	40	cm	separación entre vigas secundarias
b	12	cm	base de la sección
h	22	cm	altura de la sección

#### Cálculo de carga lineal

Ecuación 34

$$\begin{aligned}
 q &= CD * sep \\
 q &= (Carga muerta + Carga viva) * sep \\
 q &= 809 \frac{kgf}{cm^2} * \left(\frac{40}{100}\right) cm \\
 q &= 321.58 \text{ kgf/m}
 \end{aligned}$$

#### Cálculo del cortante máximo

Ecuación 35

$$\begin{aligned}
 V_{max} &= \frac{q * L}{2} \\
 V_{max} &= \frac{321.58 \frac{kgf}{m} * 5.03 \text{ m}}{2} \\
 V_{max} &= 808.77 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

#### Cálculo del momento máximo

Ecuación 36

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= \frac{q * L^2}{8} \\
 M_{max} &= \frac{321.58 \frac{kgf}{m} * (5.03 \text{ m})^2}{8} \\
 M_{max} &= 808.77 \text{ kgf} - m
 \end{aligned}$$

Cálculo de la inercia requerida

Ecuación 37

$$I_{req} = \frac{5 * q * L^4}{384 * E * \delta}$$

$$I_{req} = \frac{5 * \left(\frac{321.58}{100}\right) \frac{kgf}{m} * (5.03 * 100)^4 m^3}{384 * 96873.4 \frac{kgf}{cm^2} * \left(\frac{28}{10}\right)}$$

$$I_{req} = 9901.39 \text{ cm}^4$$

Tabla 47: Características de las vigas secundarias

q	321,58	kgf/m	carga lineal
Mmax	1017,03	kgf-m	momento maximo
Vmax	808,77	kgf	cortante maximo
Metabs	1018,66	kgf-m	momento extraido de etabs
Vetabs	816,82	kgf	cortante extraido de etabs
Iy	10648,00	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección en y
Ix	3168,00	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección en x
A	264	cm <sup>2</sup>	área de la sección
ry	6,35	cm	radio de giro en y
rx	3,46	cm	radio de giro en x
Ycg	11	cm	centro de gravedad en y
Xcg	6	cm	centro de gravedad en x
Sy	968,00	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en y
Sx	528,00	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en x
Servicio	Otros cielos rasos		
Delta	180		
δ	28	mm	deflexión admisible
Emin	96873,4	kgf/cm <sup>2</sup>	
Ireq	9901,39	cm <sup>4</sup>	inercia requerida
D/C	93%		demanda capacidad

### 3.3.1.1 Controles de vigas secundarias

#### 3.3.1.1.1 Flexión

Cálculo del módulo de sección, mediante la ecuación 21.

$$Z = \frac{b * h^2}{6}$$

$$Z = \frac{12 * 22^2}{6}$$

$$Z = 968 \text{ cm}^3$$

Cálculo del esfuerzo admisible a flexión, mediante la ecuación 20.

$$\sigma_m = \frac{|M|}{Z} < f_m$$

$$\sigma_m = \frac{816.82 \text{ kgf} - m * 100}{968 \text{ cm}^3} < 21 * 10.1972 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right)$$

$$\sigma_m = 105.23 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} < 214.14 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 48: Control de flexión de las vigas secundarias

FLEXIÓN			
$f_m$	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Z	968,00	cm <sup>3</sup>	modulo de la sección
$\sigma_m$	105,23	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	49%		demanda capacidad

### 3.3.1.1.2 Corte

Cálculo del esfuerzo admisible a corte, mediante la ecuación 22.

$$\tau = \frac{3V}{2bh} < f_v$$

$$\tau = \frac{3 * 816.82 \text{ kgf}}{2 * 12 * 22} < 1.5 * 10.1972$$

$$\tau = 4.64 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} < 15.2958 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 49: Control de cortante de las vigas secundarias

CORTE			
$f_v$	15,2958	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte
$\tau$	4,64	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte resistente
D/C	30%		demanda capacidad

### 3.3.1.1.3 Compresión perpendicular a las fibras

Cálculo del esfuerzo admisible a compresión perpendicular, mediante la ecuación 23.

$$\sigma_{CL} = \frac{R}{bd} < f_{CL}$$

$$\sigma_{CL} = \frac{816.82 \text{ kgf}}{12 * 29} < 4 * 10.1972$$

$$\sigma_{CL} = 2.35 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} < 40.7888 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 50: Control de compresión perpendicular de las vigas secundarias

COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS			
$f_c \perp$	40,7888	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular
b	12	cm	base de viga secundaria
d	29	cm	base de la viga principal
$\sigma_{CL}$	2,35	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular resis.
D/C	6%		demanda capacidad

### 3.3.2 Vigas Principales Planta Baja

Tabla 51: Características de las vigas principales en sentido X

Variable	Valor	Unidades	Definición
Lvp	4,77	m	longitud viga principal
b	29	cm	base de la sección
h	35	cm	altura de la sección
Metabs	9814,8	kgf-m	momento extraido de etabs
Vetabs	9697,05	kgf	cortante extraido de etabs
Iy	103614,58	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección en y
Ix	71134,58	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección en x
A	1015	cm <sup>2</sup>	área de la sección
ry	10,10	cm	radio de giro en y
rx	8,37	cm	radio de giro en x
Ycg	17,5	cm	centro de gravedad en y
Xcg	14,5	cm	centro de gravedad en x
Sy	5920,83	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en y
Sx	4905,83	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en x
Servicio	Elementos de entepiso		
Delta	240		
$\delta$	20	mm	deflexión admisible
Emin	96873,4	kgf/cm <sup>2</sup>	
Def Etabs	8	mm	inercia requerida
D/C	40%		demanda capacidad

### 3.3.2.1 Controles de vigas principales

#### 3.3.2.1.1 Flexión

Cálculo del módulo de sección, mediante la ecuación 21.

$$Z = \frac{b * h^2}{6}$$
$$Z = \frac{29 * 35^2}{6} = 5920.83 \text{ cm}^3$$

Cálculo del esfuerzo admisible a flexión, mediante la ecuación 20.

$$\sigma_m = \frac{|M|}{Z} < f_m$$
$$\sigma_m = \frac{9814.80 \text{ kgf} - m * 100}{5920.83 \text{ cm}^3} < 21 * 10.1972 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right)$$
$$\sigma_m = 165.77 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} < 214.14 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 52: Control de flexión de las vigas principales

FLEXIÓN			
$f_m$	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
$Z$	5920,83	cm <sup>3</sup>	modulo se la sección
$\sigma_m$	165,77	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	77%		demanda capacidad

#### 3.3.2.1.2 Corte

Cálculo del esfuerzo admisible a corte, mediante la ecuación 22.

$$\tau = \frac{3V}{2bh} < f_v$$
$$\tau = \frac{3 * 9697.05 \text{ kgf}}{2 * 29 * 35} < 1.5 * 10.1972$$
$$\tau = 14.33 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} < 15.2958 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 53: Control de cortante de las vigas principales

CORTE			
$f_v$	15,2958	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte
$\tau$	14,33	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte resistente
D/C	94%		demanda capacidad

### 3.3.2.1.3 Compresión perpendicular a las fibras

Cálculo del esfuerzo admisible a compresión perpendicular, mediante la ecuación 23.

$$\sigma_{CL} = \frac{R}{bd} < f_{CL}$$

$$\sigma_{CL} = \frac{9697.05 \text{ kgf}}{29 * 29} < 4 * 10.1972$$

$$\sigma_{CL} = 11.53 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} < 40.78 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 54: Control de compresión perpendicular de las vigas secundarias

COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS			
$f_c \perp$	40,7888	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular
b	29	cm	base de viga secundaria
d	29	cm	
$\sigma_{CL}$	11,53	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular resis.
D/C	28%		demanda capacidad

### 3.3.2.2 Vigas Principales Planta Baja sentido Y

Se realiza el mismo procedimiento utilizado en el cálculo de las vigas colocadas en sentido X, para determinar la sección que soporta las cargas más desfavorables de las vigas asignadas en el sentido Y.

Tabla 55: Cálculo de vigas colocadas en sentido Y.

Variable	Valor	Unidades	Definición
Lvp	2,5	m	longitud viga principal
b	23	cm	base de la sección
h	35	cm	altura de la sección
Metabs	6316,22	kgf-m	momento extraído de etabs
Vetabs	5481,39	kgf	cortante extraído de etabs
Iy	82177,08	cm <sup>4</sup>	inerencia de la sección en y
Ix	35487,08	cm <sup>4</sup>	inerencia de la sección en x
A	805	cm <sup>2</sup>	área de la sección
ry	10,10	cm	radio de giro en y
rx	6,64	cm	radio de giro en x
Ycg	17,5	cm	centro de gravedad en y
Xcg	11,5	cm	centro de gravedad en x
Sy	4695,83	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en y
Sx	3085,83	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en x
Servicio	Elementos de entepiso		
Delta	240		
δ	10	mm	deflexión admisible
Emin	96873,4	kgf/cm <sup>2</sup>	
Def Etabs	0	mm	inerencia requerida
D/C	0%		demanda capacidad
<b>FLEXIÓN</b>			
f <sub>m</sub>	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Z	4695,83	cm <sup>3</sup>	modulo se la sección
σ <sub>m</sub>	134,51	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	63%		demanda capacidad
<b>CORTE</b>			
f <sub>v</sub>	15,2958	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte
τ	10,21	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte resistente
D/C	67%		demanda capacidad
<b>COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS</b>			
f <sub>c</sub> ⊥	40,7888	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular
b	23	cm	base de viga secundaria
d	23	cm	
σ <sub>CL</sub>	15,60	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular resis.
D/C	38%		demanda capacidad

### 3.3.3 Columnas

Tabla 56: Clasificación de la columna

Variable	Valor	Unidades	Definición
At	21,249075	m <sup>2</sup>	area tributaria
b	35	cm	base de la columna
h	35	cm	atura de la columna
k	1,20		factor k
Lefec.	3,72		longitud efectiva
I	125052,08	cm <sup>4</sup>	inerencia de la sección
A	1225,00	cm <sup>2</sup>	area de la seccion
r	10,10	cm	radio de giro
λ	24,35		esbeltez
f <sub>c</sub>	147,86	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión paralela
ck	17,98		
Clasificación	LARGA		tipo de columna C, I, L

### 3.3.3.1 Controles para columnas

#### 3.3.3.1.1 Compresión

Cálculo del esfuerzo admisible a compresión resistente, mediante la ecuación 28 debido a que es una columna intermedia.

$$N_{adm} = 0.329 \frac{E * A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 0.329 \frac{96873.4 * 1225 \text{ kgf} - \text{cm}^2}{24.35^2} = 65859.91$$

Tabla 57: Control por esfuerzo a compresión

COMPRESIÓN			
Axial etabs	22449,00	kgf	fuerza axial
Nadm	65859,91		
D/C	34%		demanda capacidad

#### 3.3.3.1.2 Flexo compresión

Cálculo de la carga crítica de Euler, mediante la ecuación 19.

$$N_{er} = \frac{\pi^2 E_{min} I}{l_e^2}$$

$$N_{er} = \frac{\pi^2 * 96873.4 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * 125052.08 \text{ cm}^4}{3.72^2}$$

$$N_{er} = 1975718 \text{ kgf}$$

Cálculo de la relación de cargas, mediante la ecuación 18.

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5(N_a/N_{er})}$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5(22449 \text{ kgf}/1975718 \text{ kgf})}$$

$$K_m = 1.02$$

Control a flexo compresión, mediante la ecuación 17.

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m * M}{Z * F_m} \leq 1.0$$

$$\frac{22449 \text{ kgf}}{65859.91 \text{ kgf}} + \frac{1.02 * (9418 \text{ kgf} - m * 100)}{7145.83 \text{ cm}^3 * 214.14 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \leq 1.0$$

$$0.97 \leq 1.0$$

Tabla 58: Control a flexo compresión

FLEXO-COMPRESIÓN			
Ncr	1975718	kgf	carga critica de Euler
km	1,02		
Metabs	9418,00	kgf-m	momento de etabs
Z	7145,83	cm <sup>3</sup>	modulo de seccion
fm	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
		97%	

### 3.3.3.1.3 Flexo tracción

Ecuación 38

$$\frac{N}{A * f_t} + \frac{M}{Z * F_m} \leq 1.0$$

$$\frac{9605.43}{1225 * 147.86} + \frac{9418}{7145.83 * 214.14} \leq 1$$

$$0.06 \leq 1$$

Tabla 59: Control de flexión y tensión axial

FLEXO-TRACCIÓN			
Tension Etabs	9605,43	kgf	carga a tension desde etabs
fm	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Z	7145,83	cm <sup>3</sup>	modulo de seccion
ft	147,86	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a tensión
		6%	

### 3.3.3.2 Calculo estructural para columnas con sección 31x31

Se realiza el mismo procedimiento utilizado en el cálculo de las columnas con sección 35x35 cm, para determinar si esta sección soporta las cargas más desfavorables de las columnas asignadas a esta nueva sección.

Tabla 60: Cálculo de columnas sección 31x31

Variable	Valor	Unidades	Definición
b	31	cm	base de la columna
h	31	cm	altura de la columna
k	1,20		factor k
Lefec.	3,72		longitud efectiva
I	76960,08	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección
A	961,00	cm <sup>2</sup>	area de la seccion
r	8,95	cm	radio de giro
λ	32,18		esbeltez
fc	147,86	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión paralela
ck	17,98		
Clasificación	<b>LARGA</b>		tipo de columna C, I, L
<b>COMPRESIÓN</b>			
Axial etabs	13843,35	kgf	fuerza axial
Nadm	29572,02		
D/C	47%		demanda capacidad
<b>FLEXO-COMPRESIÓN</b>			
Ncr	887125	kgf	carga critica de Euler
km	1,02		
Metabs	5084,98	kgf-m	momento de etabs
Z	4965,17	cm <sup>3</sup>	modulo de seccion
fm	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
	96%		
<b>FLEXO-TRACCIÓN</b>			
Tension Etabs	6110,48	kgf	carga a tension desde etabs
fm	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Z	4965,17	cm <sup>3</sup>	modulo de seccion
ft	147,86	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a tensión
	5%		

### 3.4 Calculo estructural de madera para el segundo piso

Se realiza el mismo procedimiento utilizado en el cálculo de la planta baja, para poder determinar las secciones necesarias para las cargas requeridas en planta alta.

Tabla 61: Valores de entrada

Variable	Valor	Unidades	Definición
<b>VANOS DE DISEÑO</b>			
Vizq	4,34	m	vano izquierdo
Vder	4,77	m	vano derecho
Vsup	4,3	m	vano superior
Vinf	5,03	m	vano inferior
Np	2	u	numero de pisos
Hp	3,1	m	altura de entrepiso
<b>TIPO DE MADERA</b>			
Especie	PECHICHE		
Grupo	A		
<b>CARGA VIVA</b>			
Tipo	CUBIERTA		
L	70	kgf/m <sup>2</sup>	carga viva
<b>CARGA MUERTA</b>			
Mamp	0	kgf/m <sup>2</sup>	mamposteria
Instal	35	kgf/m <sup>2</sup>	instalaciones
Acabados	35	kgf/m <sup>2</sup>	acabados
Piso madera	0	kgf/m <sup>2</sup>	piso
Loseta	0	cm	loseta de compresión
Pp	30,00	kgf/m <sup>2</sup>	peso propio
Total	100,00	kgf/m <sup>2</sup>	
<b>CARGA DE DISEÑO</b>			
CD	170,00	kgf/m <sup>2</sup>	

En la tabla anterior, misma que corresponde a los valores de entrada se encuentran los valores físico mecánicas del material estructural con el cual vamos a diseñar, también podemos encontrar los vanos de diseño es decir las distancias más desfavorables mismas que nos servirán para determinar las secciones requeridas para las cargas muertas y vivas que se suministrarán al piso de análisis. Las cargas muertas están asignadas de acuerdo con lo que normalmente pueden llegar a pesar sus distintos componentes y la carga viva es un valor que nos proporciona la NEC de acuerdo al tipo de uso que tendrá la construcción.

### 3.4.1 Vigas secundarias Planta Alta

Tabla 62: Cálculo vigas secundarias planta alta

VIGAS SECUNDARIAS			
Variable	Valor	Unidades	Definición
Nvs	7	u	número de vigas secundarias
Sentido	X		sentido de construcción de vigas secundarias
Lvs	5,03	m	longitud de viga secundaria
Sep	60	cm	separación entre vigas secundarias
b	11	cm	base de la sección
h	16	cm	altura de la sección
q	101,36	kgf/m	carga lineal
Mmax	320,57	kgf-m	momento maximo
Vmax	254,93	kgf	cortante maximo
Metabs	322,56	kgf-m	momento extraido de etabs
Vetabs	258,64	kgf	cortante extraido de etabs
Iy	3754,67	cm <sup>4</sup>	inerencia de la sección en y
Ix	1774,67	cm <sup>4</sup>	inerencia de la sección en x
A	176	cm <sup>2</sup>	área de la sección
ry	4,62	cm	radio de giro en y
rx	3,18	cm	radio de giro en x
Ycg	8	cm	centro de gravedad en y
Xcg	5,5	cm	centro de gravedad en x
Sy	469,33	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en y
Sx	322,67	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en x
Servicio	Techos industriales		
Delta	200		
δ	25	mm	deflexión admisible
Emin	96873,4	kgf/cm <sup>2</sup>	
Ireq	3467,73	cm <sup>4</sup>	inerencia requerida
D/C	92%		demanda capacidad
<b>FLEXIÓN</b>			
f <sub>m</sub>	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Z	469,33	cm <sup>3</sup>	modulo se la sección
σ <sub>m</sub>	68,73	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	32%		demanda capacidad
<b>CORTE</b>			
f <sub>v</sub>	15,2958	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte
τ	2,20	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte resistente
D/C	14%		demanda capacidad
<b>COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS</b>			
f <sub>c</sub> ⊥	40,7888	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular
b	11	cm	base de viga secundaria
d	15	cm	base de la viga principal
σ <sub>CL</sub>	1,57	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular resis.
D/C	4%		demanda capacidad

### 3.4.2 Vigas principales Planta Alta

Tabla 63: Cálculo vigas principales planta alta.

VIGAS PRINCIPALES			
Variable	Valor	Unidades	Definición
Lvp	4,77	m	longitud viga principal
b	15	cm	base de la sección
h	26	cm	altura de la sección
Metabs	2797,94	kgf-m	momento extraído de etabs
Vetabs	2434,75	kgf	cortante extraído de etabs
Iy	21970,00	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección en y
Ix	7312,50	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección en x
A	390	cm <sup>2</sup>	área de la sección
ry	7,51	cm	radio de giro en y
rx	4,33	cm	radio de giro en x
Ycg	13	cm	centro de gravedad en y
Xcg	7,5	cm	centro de gravedad en x
Sy	1690,00	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en y
Sx	975,00	cm <sup>3</sup>	modulo de sección en x
Servicio	Techos industriales		
Delta	200		
δ	24	mm	deflexión admisible
Emin	96873,4	kgf/cm <sup>2</sup>	
Def Etabs	1	mm	inercia requerida
D/C	4%		demanda capacidad
<b>FLEXIÓN</b>			
f <sub>m</sub>	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Z	1690,00	cm <sup>3</sup>	modulo se la sección
σ <sub>m</sub>	165,56	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión resistente
D/C	77%		demanda capacidad
<b>CORTE</b>			
f <sub>v</sub>	15,2958	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte
τ	9,36	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a corte resistente
D/C	61%		demanda capacidad
<b>COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS</b>			
f <sub>c</sub> ⊥	40,7888	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular
b	15	cm	base de viga secundaria
d	15	cm	
σ <sub>CL</sub>	10,82	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión perpendicular resis.
D/C	27%		demanda capacidad

### 3.4.3 Vigas principales Planta Alta

Tabla 64: Cálculo de columnas de la planta alta.

C O L U M N A S			
Variable	Valor	Unidades	Definición
At	21,249075	m <sup>2</sup>	area tributaria
b	27	cm	base de la columna
h	27	cm	atura de la columna
k	1,20		factor k
Lefec.	3,72		longitud efectiva
I	44286,75	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección
A	729,00	cm <sup>2</sup>	area de la seccion
r	7,79	cm	radio de giro
λ	47,73		esbeltez
fc	147,86	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión paralela
ck	17,98		
Clasificación	LARGA		tipo de columna C, I, L
COMPRESIÓN			
Axial etabs	4758,91	kgf	fuerza axial
Nadm	10199,72		
D/C	47%		demanda capacidad
FLEXO-COMPRESIÓN			
Ncr	3059794212,2	kgf	carga critica de Euler
km	1,00		
Metabs	3642,53	kgf-m	momento de etabs
Z	3280,50	cm <sup>3</sup>	modulo de seccion
fm	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
	99%		
FLEXO-TRACCIÓN			
Nt	22838,39	kgf	carga a tension
Tension Etabs	1683,98	kgf	carga a tension desde etabs
fm	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Z	3280,50	cm <sup>3</sup>	modulo de seccion
ft	147,86	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a tensión
	2%		

### 3.4.4 Elementos rigidizadores

Tabla 65: Calculo de los elementos rigidizadores

Variable	Valor	Unidades	Definición
b	18	cm	base de la columna
h	25	cm	atura de la columna
k	1,20		factor k
Lefec.	2,04		longitud efectiva
I	23437,50	cm <sup>4</sup>	inercia de la sección
A	450,00	cm <sup>2</sup>	area de la seccion
r	7,22	cm	radio de giro
λ	28,27		esbeltez
fc	147,86	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a compresión paralela
ck	17,98		
Clasificación	LARGA		tipo de columna C, I, L
COMPRESIÓN			
Axial etabs	7605,14	kgf	fuerza axial
Nadm	17949,46		
D/C	42%		demanda capacidad
FLEXO-COMPRESIÓN			
Ncr	5384622209,9	kgf	carga critica de Euler
km	1,00		
Vcol	501,49	kgf	
M	1705,08	kgf-m	
Metabs	1301,24	kgf-m	momento de etabs
Z	1875,00	cm <sup>3</sup>	modulo de seccion
fm	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
	75%		
FLEXO-TRACCIÓN			
Nt	14041,80	kgf	carga a tension
Tension Etabs	4341,77	kgf	carga a tension desde etabs
fm	214,14	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a flexión
Z	1875,00	cm <sup>3</sup>	modulo de seccion
ft	147,86	kgf/cm <sup>2</sup>	Esf. Admisible a tensión
	7%		

### 3.5 Modelo de la estructura de bambú en Etabs

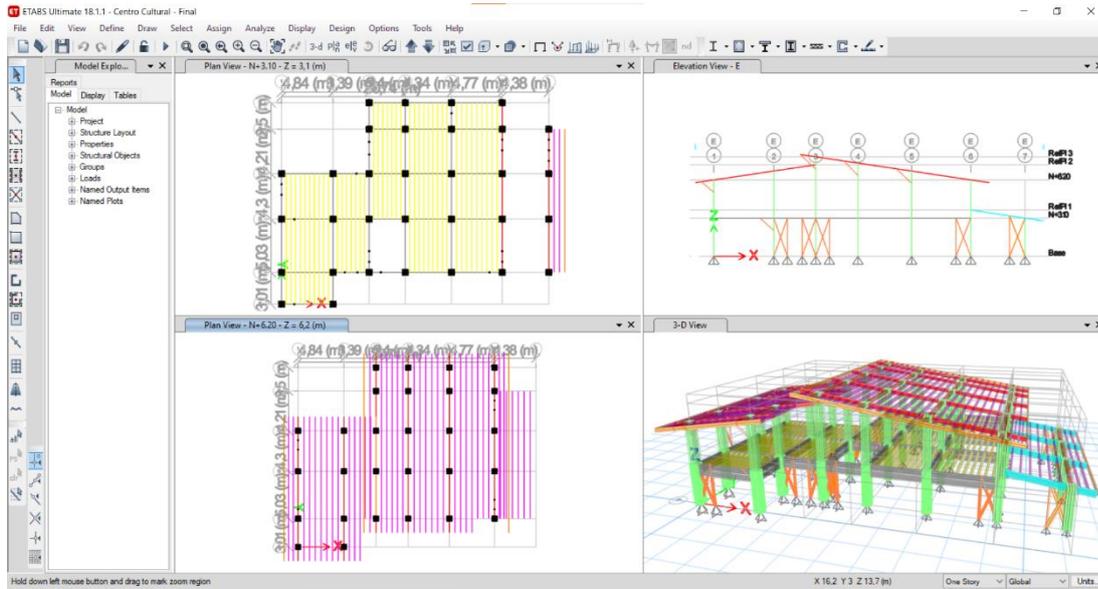


Figura 53: Modelo Estructural

#### 3.5.1 Materiales

Todos los elementos estructurales tales como: columnas, vigas y rigidizadores están compuestos de bambú cuyos esfuerzos admisibles se muestran en la tabla 9 los cuales se modificarán por coeficientes debido a factores como: tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, además el módulo de elasticidad utilizado será el  $E_{0.05}$  para columnas y  $E_{min}$  para vigas de acuerdo a lo especificado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción para Guadua, valores presentados en la tabla 10, estas propiedades fueron ingresadas en el programa Etabs, lo cual se evidencia en el numeral 3.5.1.

### 3.5.1.1 Módulo de Elasticidad $E_{min}$

The image shows two side-by-side dialog boxes from a software application. The left dialog, titled 'Material Property Data', has the 'Material Name' field set to 'Gak Emin'. The 'Material Type' is 'Other' and 'Directional Symmetry Type' is 'Orthotropic'. The 'Material Display Color' is a bright green. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected with a value of 0,000006 N/mm<sup>3</sup>. The 'Mechanical Property Data' section has a button labeled 'Modify/Show Mechanical Property Data...'. The right dialog, titled 'Material Mechanical Property Data', shows the 'Modulus of Elasticity' section with E1, E2, and E3 all set to 4000 MPa. The 'Shear Modulus' section has G12, G13, and G23 all set to 160 MPa. The 'Coefficient of Thermal Expansion' section has A1, A2, and A3 all set to 0,0000066 1/C. The 'Poisson's Ratio' section has U12, U13, and U23 all set to 0,4. Both dialogs have 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Figura 54: Ingreso del módulo de elasticidad  $E_{min}$  en Etabs

### 3.5.1.2 Módulo de Elasticidad $E_{0.05}$

The image shows two side-by-side dialog boxes from a software application. The left dialog, titled 'Material Property Data', has the 'Material Name' field set to 'Gak E0.05'. The 'Material Type' is 'Other' and 'Directional Symmetry Type' is 'Orthotropic'. The 'Material Display Color' is a bright green. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected with a value of 0,000009 N/mm<sup>3</sup>. The 'Mechanical Property Data' section has a button labeled 'Modify/Show Mechanical Property Data...'. The right dialog, titled 'Material Mechanical Property Data', shows the 'Modulus of Elasticity' section with E1, E2, and E3 all set to 7500 MPa. The 'Shear Modulus' section has G12, G13, and G23 all set to 300 MPa. The 'Coefficient of Thermal Expansion' section has A1, A2, and A3 all set to 0,0000066 1/C. The 'Poisson's Ratio' section has U12, U13, and U23 all set to 0,4. Both dialogs have 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Figura 55: Ingreso del módulo de elasticidad  $E_{0.05}$  en Etabs.

### 3.5.2 Secciones transversales de los elementos estructurales ingresados al modelo

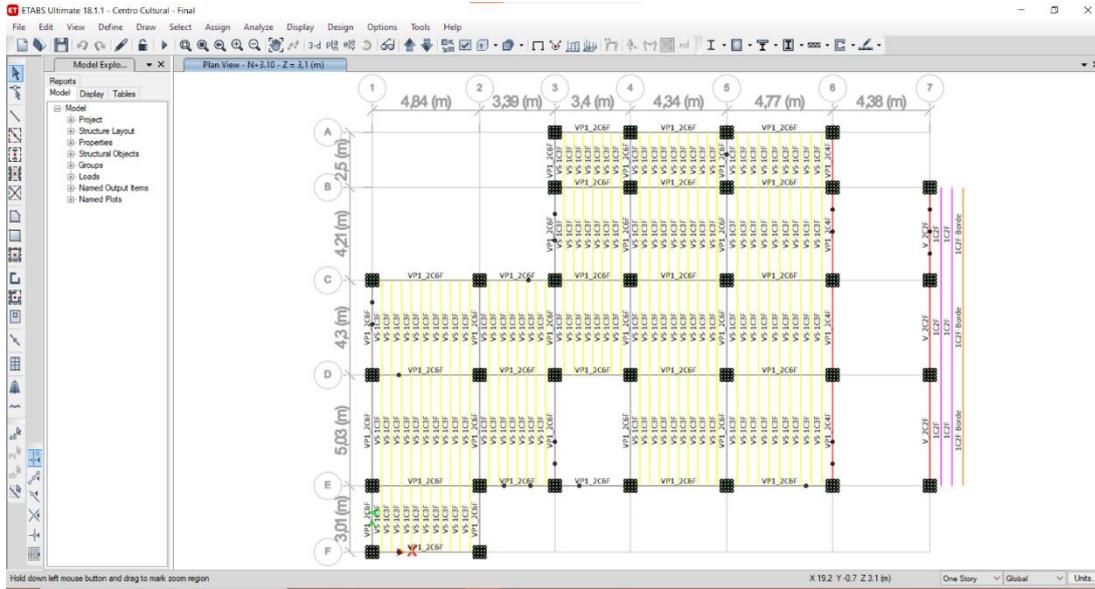


Figura 56: Secciones de vigas en N+3.10

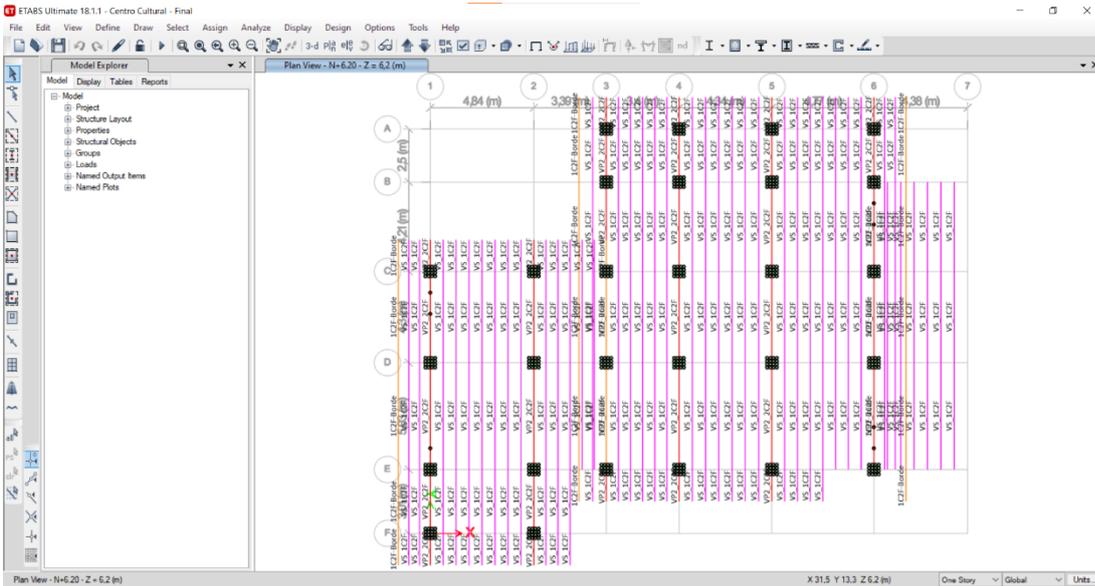


Figura 57: Secciones de vigas en N+6.20

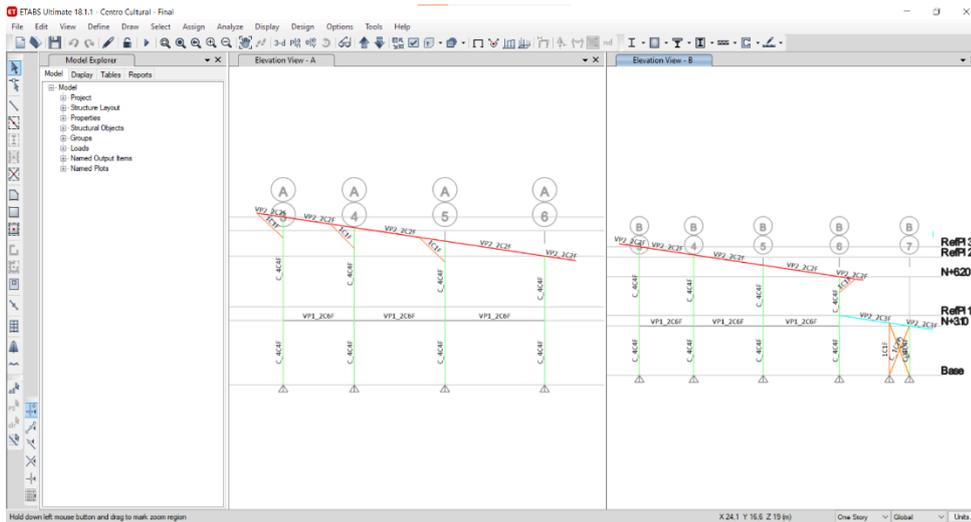


Figura 58: Elevación de los ejes A y B.

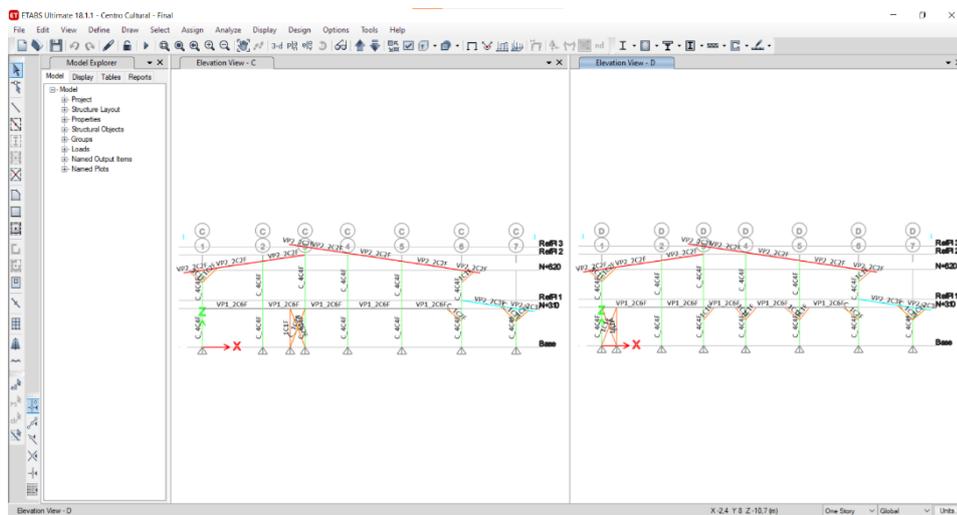


Figura 59: Elevación de los ejes C y D.

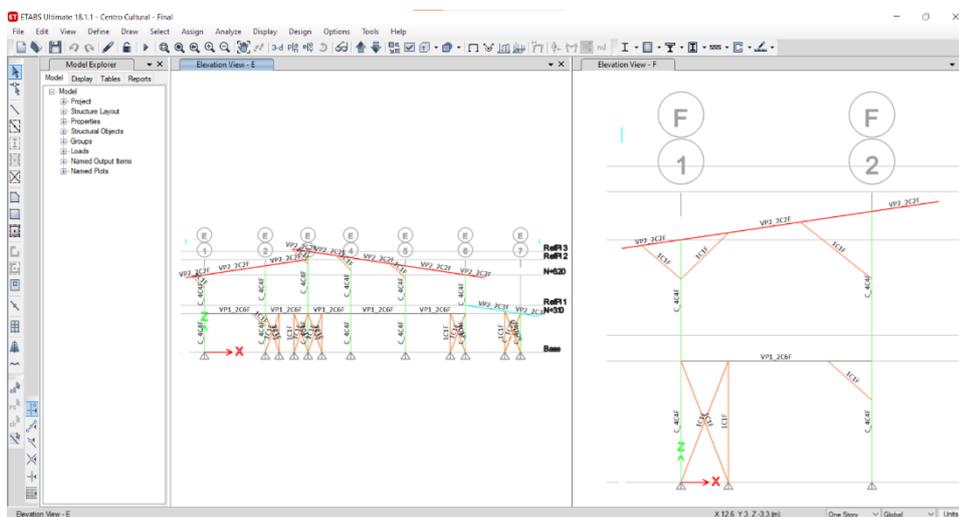


Figura 60: Columnas en pórtico del eje E y F.

### 3.5.3 Propiedades geométricas de las secciones transversales utilizadas en cada elemento estructural

#### 3.5.3.1 Columna 4C4F

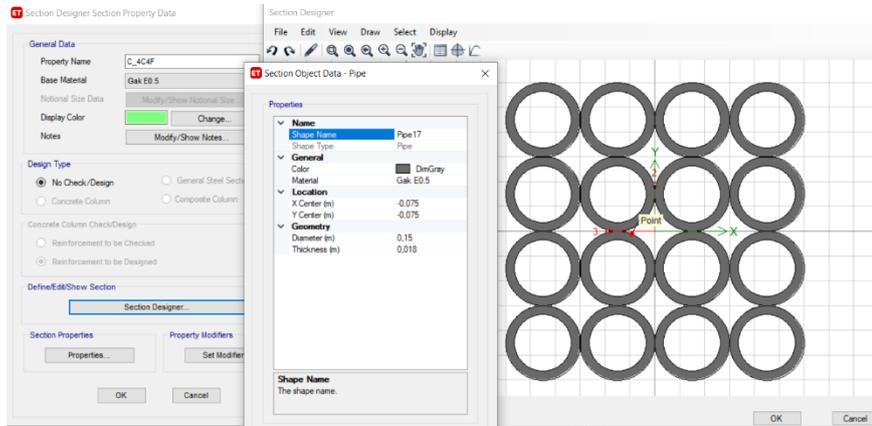


Figura 61: Columna 4C4F

#### 3.5.3.2 Viga 2C6F

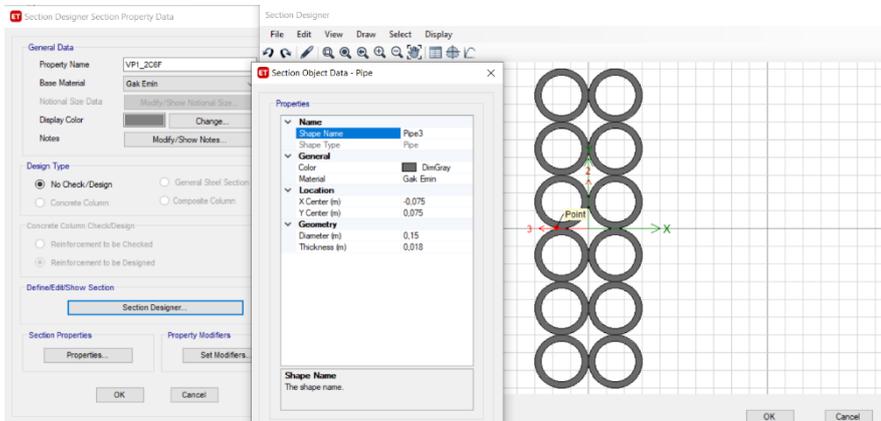


Figura 62: Viga 2C6F

#### 3.5.3.3 Viga 1C3F

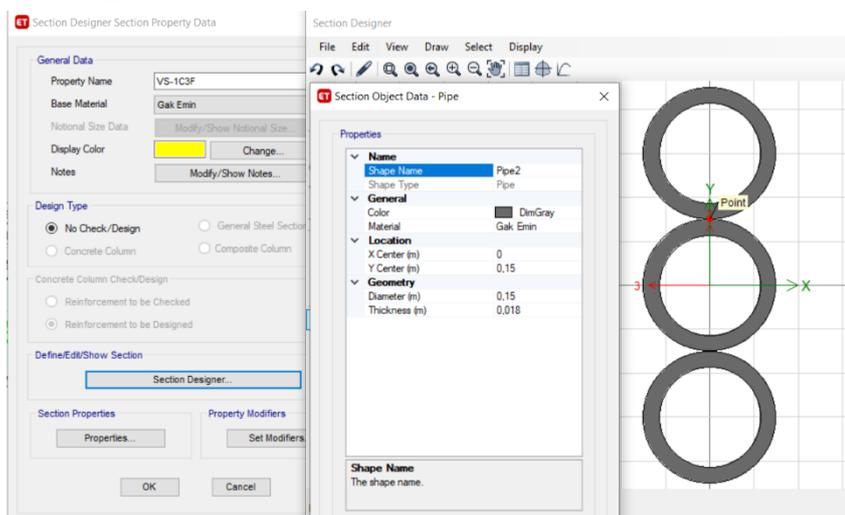


Figura 63: Viga 1C3F

### 3.5.3.4 Rigidizador 1C1F

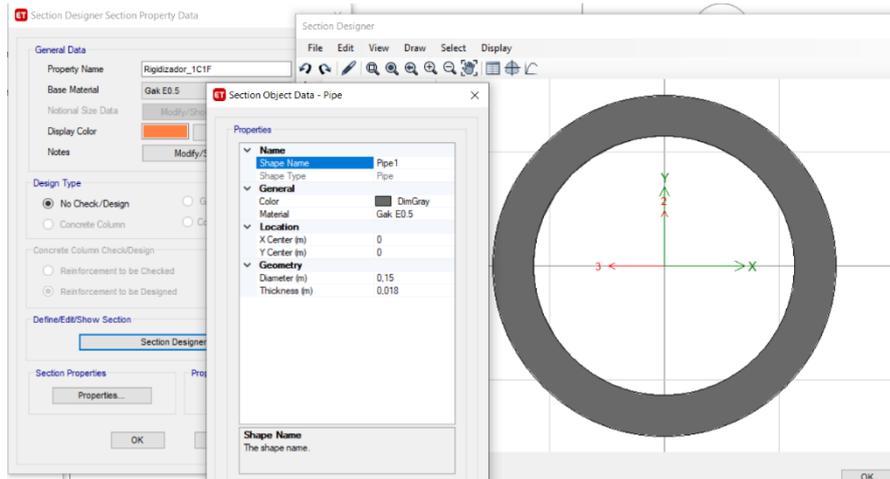


Figura 64: Rigidizador 1C1F

### 3.5.3.5 Viga 2C2F

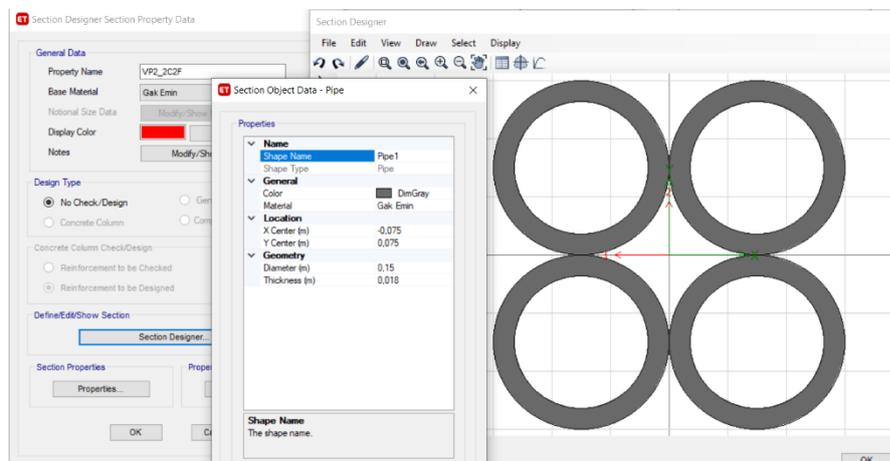


Figura 65: Viga 2C2F

### 3.5.3.6 Viga 1C2F

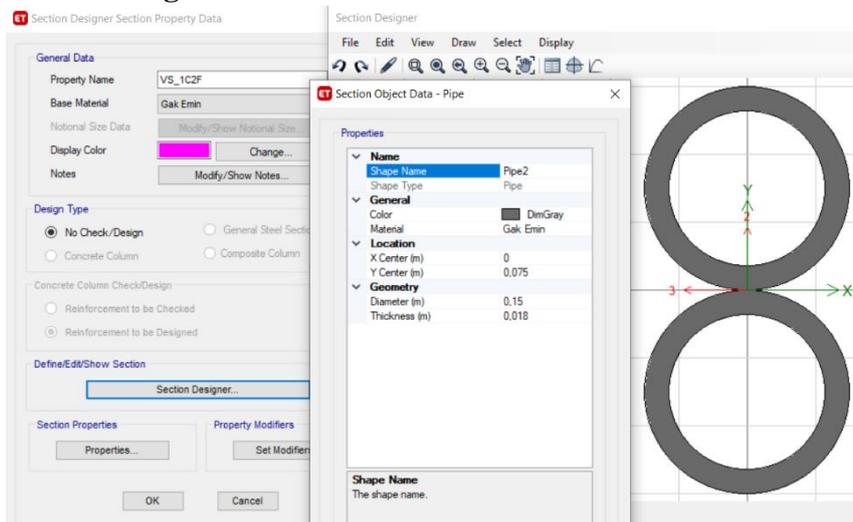


Figura 66: Viga 1C2F

### 3.5.4 Asignación de cargas

Tabla 66: Calculo de cargas para asignar en el nivel N+3.10.

<b>q-etabsD</b>	112,10	kgf/m	carga muerta para ingresar en Etabs
<b>q-etabsL</b>	228,96	kgf/m	carga viva para ingresar en Etabs

Estos valores se obtienen al multiplicar las cargas muertas y vivas según correspondan por el valor de separación que existe entre las vigas secundarias.

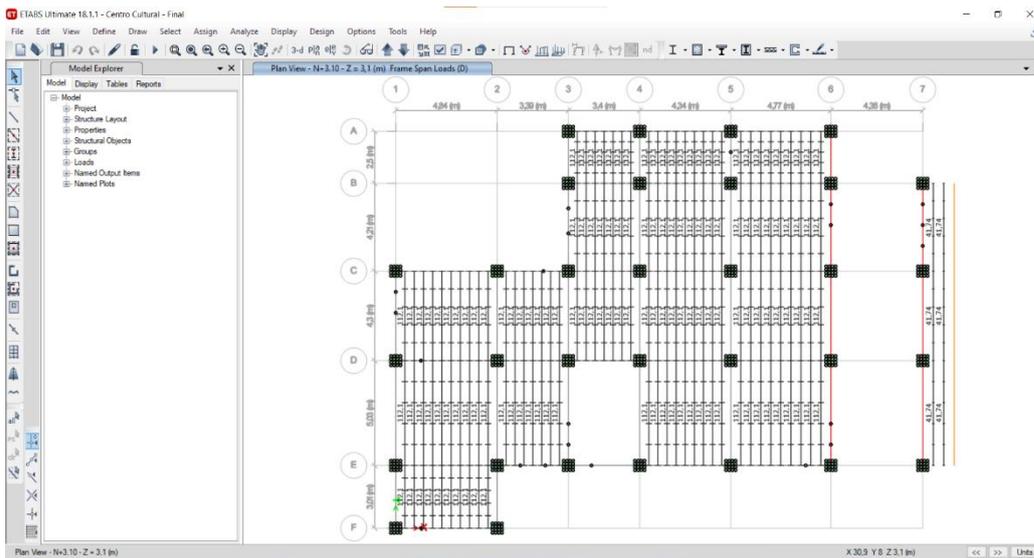


Figura 67: Carga muerta en vigas secundarias de N+3.10 en Kgf/m.

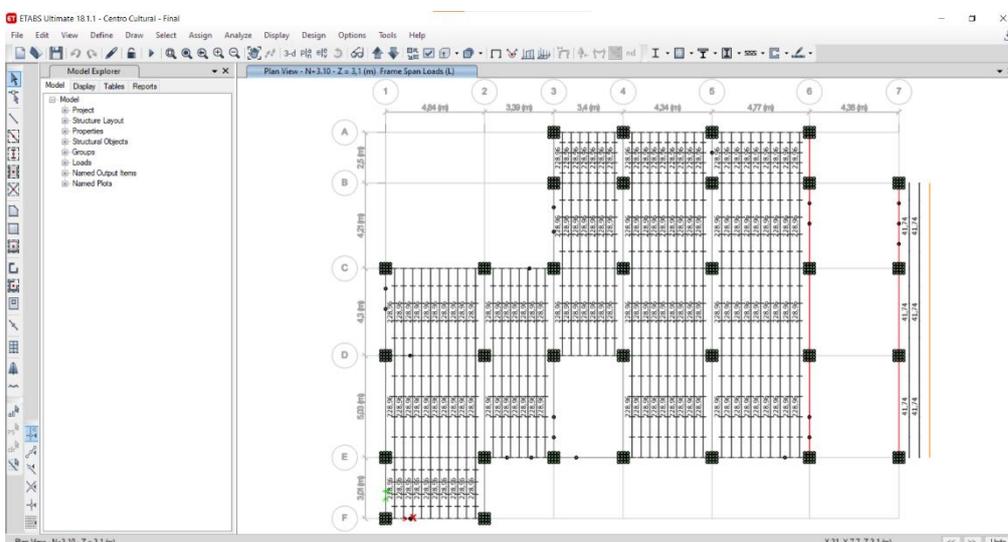


Figura 68: Carga viva en vigas secundarias de N+3.10 en kgf/m.

Tabla 67: Calculo de cargas para asignar en el nivel N+6.20

q-etabsD	41,74	kgf/m	carga muerta para ingresar en Etabs
q-etabsL	41,74	kgf/m	carga viva para ingresar en Etabs

Estos valores se obtienen al multiplicar las cargas muertas y vivas según correspondan por el valor de separación que existe entre las vigas secundarias.

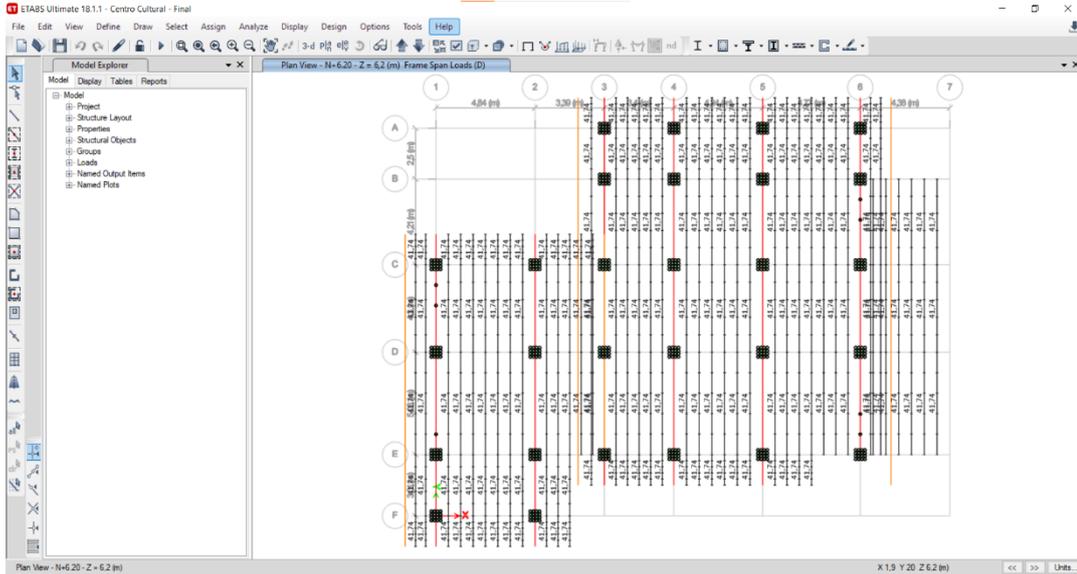


Figura 69: Carga muerta en vigas secundarias de N+6.20 en kgf/m.

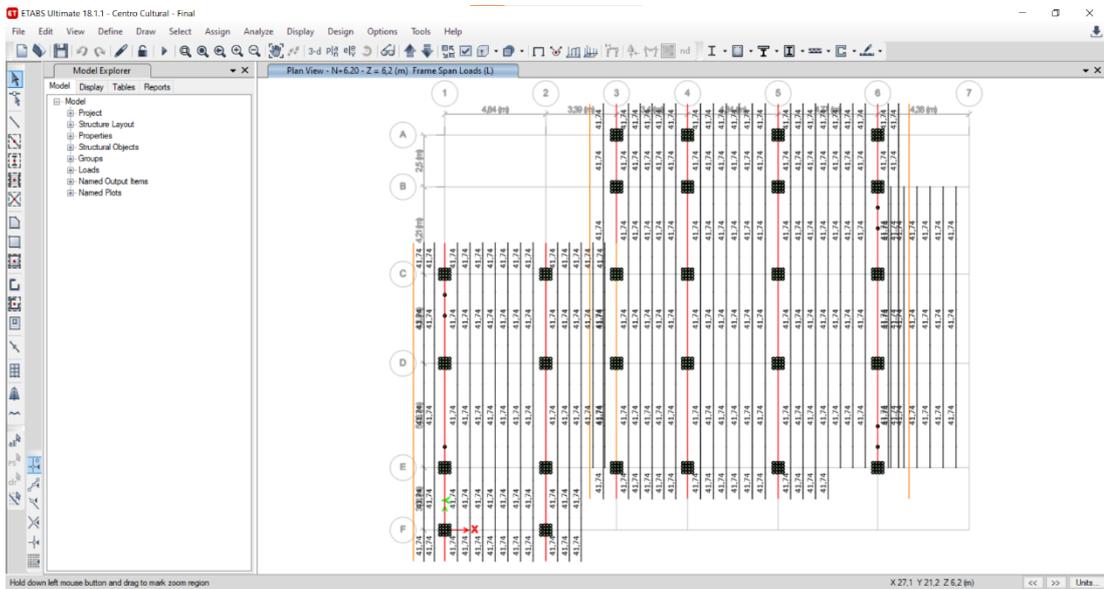


Figura 70: Carga viva en vigas secundarias de N+6.20 en kgf/m.

### 3.5.5 Carga sísmica

#### 3.5.5.1 Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Figura 71: Poblaciones ecuatorianas y valor Z

Para la zona de influencia donde se ubicara el proyecto se tiene una caracterización del peligro sísmico **Alta** un factor **Z= 0.40** y **zona sísmica V**

#### 3.5.5.2 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd, Fs y demás parámetros sísmicos

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.5.4</a>					

Figura 72: fa Coeficiente de ampliación de suelo en la zona de periodo corto

#### 3.5.5.3 Fd: Ampliación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca considerando los efectos de sitio

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Figura 73: Fd: Ampliación de las ordenadas del aspecto elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca considerada los efectos de sitio

### 3.5.5.4 Fs: Comportamiento no lineal de los suelos

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Figura 74: Comportamiento no lineal de los suelos

### 3.5.5.5 To: Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Calculo de To

$$T_0 = 0.10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO	ZONA SISMICA VALOR Z (ACELERACION ESPERADA EN ROCA,	To					
		I	II	III	IV	V	VI
		0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0.5
A		0.07500	0.07500	0.07500	0.07500	0.07500	0.07500
B		0.07500	0.07500	0.07500	0.07500	0.07500	0.07500
C		0.08257	0.09255	0.09710	0.09911	0.10268	0.11049
D		0.10328	0.10979	0.11612	0.12186	0.12693	0.13875
E		0.17500	0.20000	0.23120	0.27000	0.30400	0.35294
F		VER NOTA					

Figura 75: Periodo límite de vibración en el aspecto sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

### 3.5.5.6 Tc: Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Calculo de Tc

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO	ZONA SISMICA VALOR Z (ACELERACION ESPERADA EN ROCA,	Tc					
		I	II	III	IV	V	VI
		0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0.5
A		0.41250	0.41250	0.41250	0.41250	0.41250	0.41250
B		0.41250	0.41250	0.41250	0.41250	0.41250	0.41250
C		0.45414	0.50905	0.53407	0.54508	0.56471	0.60770
D		0.56801	0.60382	0.63868	0.67021	0.69813	0.76313
E		0.96250	1.10000	1.27160	1.48500	1.67200	1.94118
F		VER NOTA					

Figura 76: Periodo límite de vibración en el aspecto sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

### 3.5.5.7 n: Razón entre la aceleración espectral $S_a$ (T=0.10s) y la aceleración máxima en el terreno para el periodo de retorno seleccionado

- $\eta = 1.80$  : Provincias de la Costa ( excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$  : Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$  : Provincias del Oriente

Figura 77: Razón entre la aceleración espectral y la aceleración máxima en el terreno para el periodo de retorno seleccionado

### 3.5.6 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones ( $S_a$ )

$$S_a = n * Z * F_a$$
$$S_a = 2.48 * 0.40 * 1.20 = 1.1904$$
$$S_a = 1.1904$$

### 3.5.7 Resumen de factores para calculo sísmico

- ✓ Peligro sísmico = Alto
- ✓ Tipo de suelo= D
- ✓ Zona sísmica= V
- ✓ Factor Z= 0.40
- ✓  $F_a = 1.20$
- ✓  $F_d = 1.19$
- ✓  $F_s = 1.28$
- ✓  $T_o = 0.1269s$
- ✓  $T_c = 0.6981s$
- ✓  $n = 2.48$
- ✓  $R = 2$
- ✓  $S_a = 1.1904$
- ✓  $I = 1.30$
- ✓  $\emptyset E = 0.90$
- ✓  $\emptyset P = 0.90$

### 3.5.8 Cálculo del coeficiente sísmico

$$\text{Coeficiente sísmico} = \frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} = \frac{1.30 \cdot 1.1904}{2 \cdot 0.90 \cdot 0.90} = 0.9553 = 95.53\%$$

### 3.5.9 Cortante basal

$$V = 0.9553(W)$$

Por lo tanto, el cortante basal estático es el 95.53 % de la carga reactiva total.

Las reacciones totales por carga muerta de la estructura total son: 151821.71 kgf

La carga reactiva= CM= 151821.71 kgf

CORTANTE BASAL= coef. Sísmico\*carga reactiva

CORTANTE BASAL= 0.9553\*151821.71 = 145035.28 kgf

Tabla 68: Tabla "auto seismic data" del programa etabs

TABLE: Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient							
Name	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used	Base Shear
						kgf	kgf
EX	0,05	N+6.20	Base	0,9553	1	151821,71	145035,28
EY	0,05	N+6.20	Base	0,9553	1	151821,71	145035,28

### 3.5.10 Combinaciones de carga ingresadas en el programa Etabs

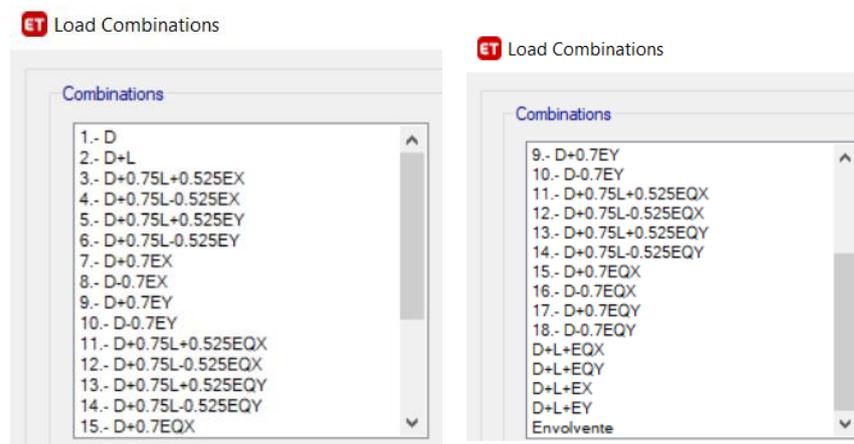


Figura 78: Combinaciones de carga proporcionadas por la NEC.

### 3.5.11 Carga sísmica por coeficiente C (Sismo X)

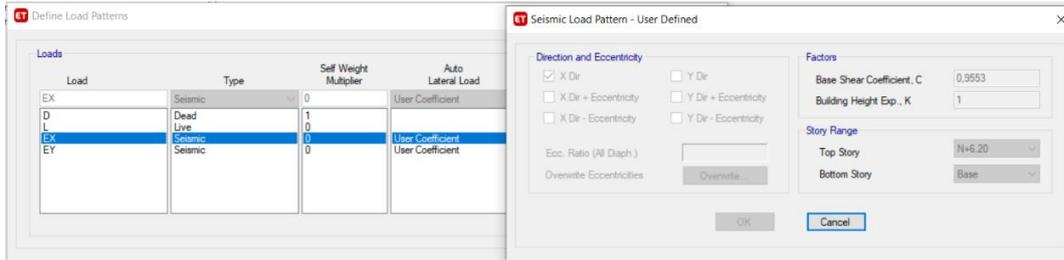


Figura 79: Sismo sentido X.

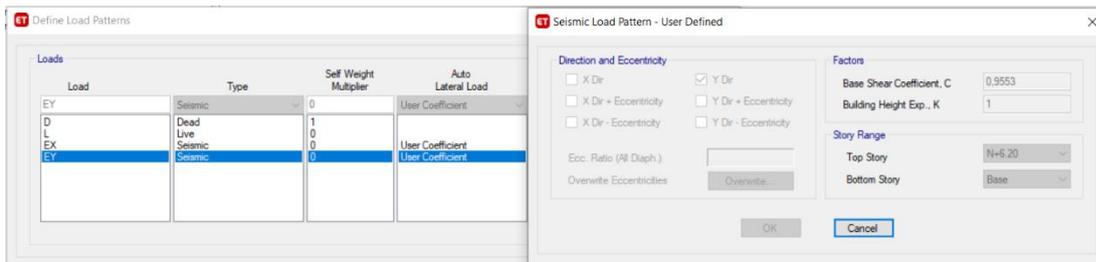


Figura 80: Sismo sentido Y.

### 3.5.12 Distribución de fuerzas sísmicas en cada piso

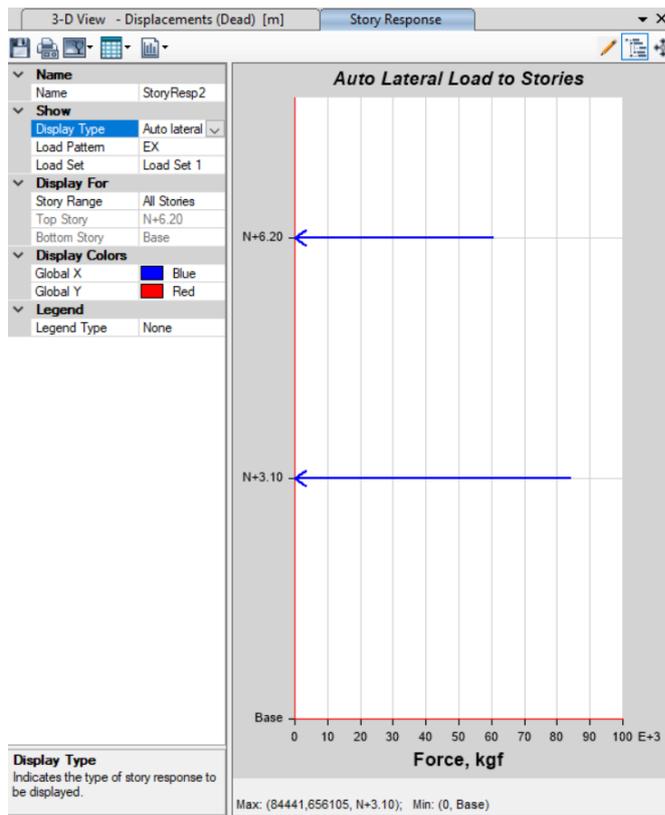


Figura 81: Distribución de cargas sísmicas en cada piso sentido X

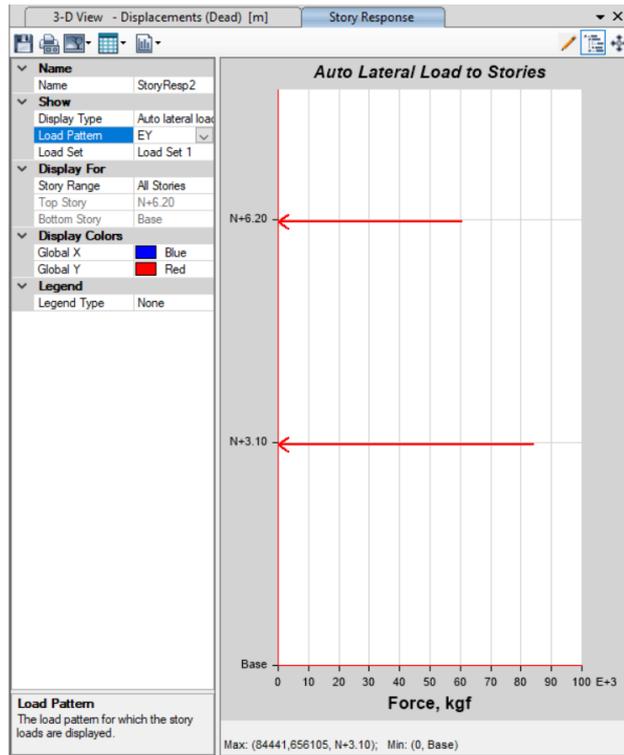


Figura 82: Distribución de cargas sísmicas en cada piso sentido Y

### 3.5.13 Modal participating Mass ratios (%)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios																	
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ	ΣRi	Torsión	
Modal 1	1	0,399	0,0003	0,6897	0	0,0003	0,6897	0	0,1626	0,0001	0,0034	0,1626	0,0001	0,0034	0,1661	2%	
Modal 2	2	0,382	0,549	0,0011	0	0,5493	0,6908	0	0,0002	0,1004	0,0015	0,1628	0,1005	0,0049	0,1021	1%	
Modal 3	3	0,382	0,0007	0,0128	0	0,55	0,7036	0	0,0031	0,00002531	0,3493	0,1659	0,1005	0,3543	0,35242531	99%	
Modal 4	4	0,338	0,1154	0,001	0	0,6654	0,7046	0	0,00002158	0,0386	0,1333	0,1659	0,1391	0,4875			
Modal 5	5	0,296	0,0018	0,0121	0	0,6672	0,7167	0	0,0024	0,0002	0,0021	0,1683	0,1393	0,4897			
Modal 6	6	0,288	0,0001	0,031	0	0,6673	0,7476	0	0,0087	0,0003	0,0667	0,177	0,1395	0,5564			
Modal 7	7	0,262	0,1081	0,00003903	0	0,7754	0,7477	0	0,0002	0,0834	0,1541	0,1772	0,223	0,7105			
Modal 8	8	0,249	0,0392	0,0001	0	0,8147	0,7478	0	0,0001	0,0348	0,0093	0,1773	0,2578	0,7198			
Modal 9	9	0,227	0,0035	0,0089	0	0,8182	0,7567	0	0,0096	0,0032	0,0433	0,1869	0,2609	0,7631			
Modal 10	10	0,216	0,0001	0,0716	0	0,8182	0,8283	0	0,0327	0,0002	0,0028	0,2196	0,2612	0,766			
Modal 11	11	0,204	0,0067	0,0011	0	0,8249	0,8293	0	0,0239	0,0043	0,0008	0,2435	0,2655	0,7668			
Modal 12	12	0,198	0,0003	0,0126	0	0,8252	0,842	0	0,1351	0,0001	0,0046	0,3785	0,2657	0,7714			
Modal 13	13	0,188	0,0013	0,0265	0	0,8266	0,8685	0	0,3425	0,0004	0,0168	0,7211	0,266	0,7882			
Modal 14	14	0,185	0,0033	0,0001	0	0,8298	0,8685	0	0,0497	0,001	0,0244	0,7707	0,267	0,8126			
Modal 15	15	0,177	0,0005	0,0164	0	0,8303	0,885	0	0,0001	0,0001	0,0003	0,7709	0,2671	0,8129			
Modal 16	16	0,152	0,001	0,0174	0	0,8313	0,9024	0	0,0062	0,0053	0,031	0,777	0,2723	0,844			
Modal 17	17	0,15	0,0038	0,0009	0	0,8351	0,9032	0	0,0025	0,0211	0,0155	0,7795	0,2935	0,8594			
Modal 18	18	0,142	0,0554	0,0069	0	0,8905	0,9101	0	0,0112	0,296	0,0001	0,7908	0,5894	0,8595			
Modal 19	19	0,142	0,0012	0,0244	0	0,8918	0,9345	0	0,0628	0,0118	0,0088	0,8536	0,6013	0,8683			
Modal 20	20	0,14	0	0,0098	0	0,8918	0,9444	0	0,0104	0,0001	0,0231	0,864	0,6014	0,8914			
Modal 21	21	0,132	0,001	0,0011	0	0,8928	0,9455	0	0,0067	0,0005	0,0088	0,8707	0,6019	0,9002			
Modal 22	22	0,13	0,0335	0,0048	0	0,9263	0,9503	0	0,0123	0,0555	0,0264	0,883	0,6574	0,9267			
Modal 23	23	0,125	0,00003298	0,0165	0	0,9263	0,9668	0	0,0171	0,007	0,0058	0,9001	0,6644	0,9324			
Modal 24	24	0,124	0,00004356	0,00001287	0	0,9264	0,9668	0	0,001	0,0051	0,0023	0,9011	0,6695	0,9347			
Modal 25	25	0,122	0,0352	0,0015	0	0,9615	0,9683	0	0,0031	0,1865	0,0086	0,9042	0,856	0,9432			

Figura 83: Modal participating mass ratios (%)

Como se puede observar los resultados de la tabla modal participating mass ratios en los dos primeros modos de vibración no se visualiza una torsión mayor al 20%, es decir son de traslación y el tercer modo de vibración es de torsión, con lo cual verificamos que la configuración estructural es correcta.

### 3.5.14 Control de derivas

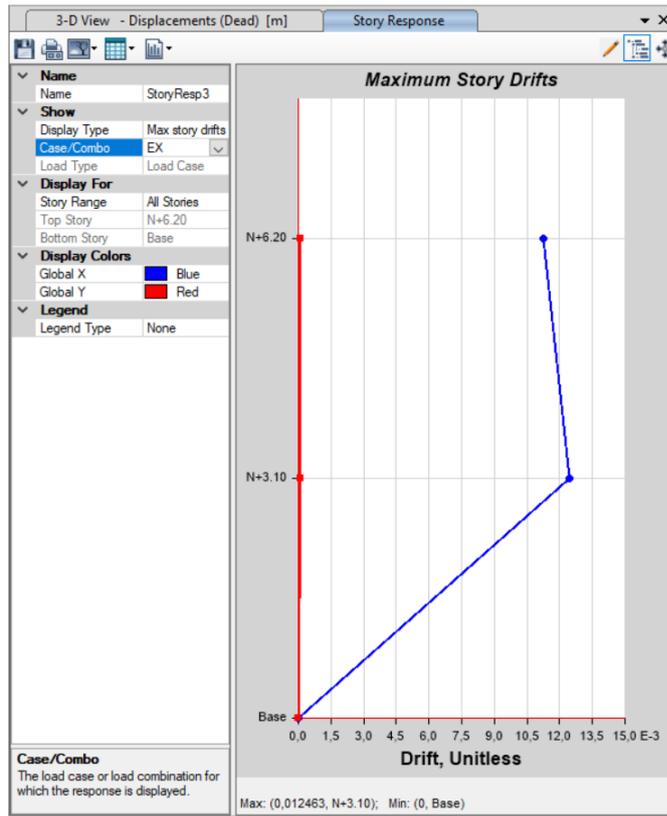


Figura 84: Curvas de derivas elásticas sentido X.

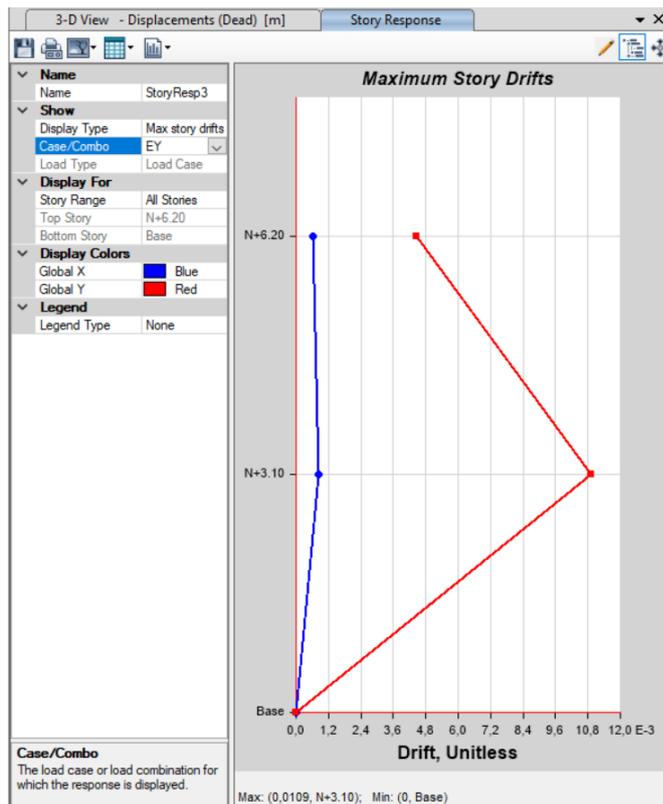


Figura 85: Curvas de derivas elásticas sentido Y.

Se puede observar como la deriva máxima esperada en el sentido x es:

$$0.012463 * 0.75 * 2 = 0.0187 \text{ (SENTIDO X)}$$

Y en el sentido Y es:  $0.0109 * 0.75 * 2 = 0.016350 \text{ (SENTIDO Y)}$

Los valores de las derivas máximas tanto en el sentido x como en el sentido y son menores al 2%, por lo que podemos decir que estamos dentro del límite tolerable de las derivas máximas que nos menciona la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

### 3.5.15 Control de cortantes

TABLE: Story Forces													
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX		VY		T	MX	MY
						kgf	kgf		kgf		kgf-m	kgf-m	kgf-m
N+3.10	EX	LinStatic			Bottom	-6591,09	-136835,88	-85%	4,03		1318261,54	-73737,09	-468458,07
N+3.10	EY	LinStatic			Bottom	-23,34	-17,14		-145147,36	-85%	-1706114,22	652638,73	514,87
N+3.10	EQX	LinRespSpec	Max		Bottom	4792,95	116478,74		3193,91		1219459	62275,32	430932,6
N+3.10	EQY	LinRespSpec	Max		Bottom	295,67	2655,65		123374,95		1320764,2	561084,85	7655,84

Figura 86: Control de cortantes de la estructura.

En la figura 86, se puede visualizar que se cumple con lo que estipula la NEC, cuando se trata de una estructura irregular el cortante dinámico debe ser por lo menos el 85% del cortante estático.

### 3.5.16 Efectos P-delta

PISO	Pi(D+CMA+CV)	DESPLAZAMIENTO	CORTANTE	ALTURA	Qi
2	81808,53	0,09043	-43548,97	3,1	-0,0547989
1	313182,26	0,050714	-136835,88	3,1	-0,0374424

Figura 87: Control sismo en X.

PISO	Pi(D+CMA+CV)	DERIVA CM	CORTANTE	ALTURA	Qi
2	81808,53	0,089311	-60316,52	3,1	-0,0390756
1	313182,26	0,042786	-145147,36	3,1	-0,0297802

Figura 88: Control sismo en Y.

Como el índice de estabilidad Qi es menor a 0.30 la estructura no es potencialmente inestable, además que no se deben tomar en cuenta el efecto p-delta.

### 3.6 Modelo de la estructura de madera en Etabs

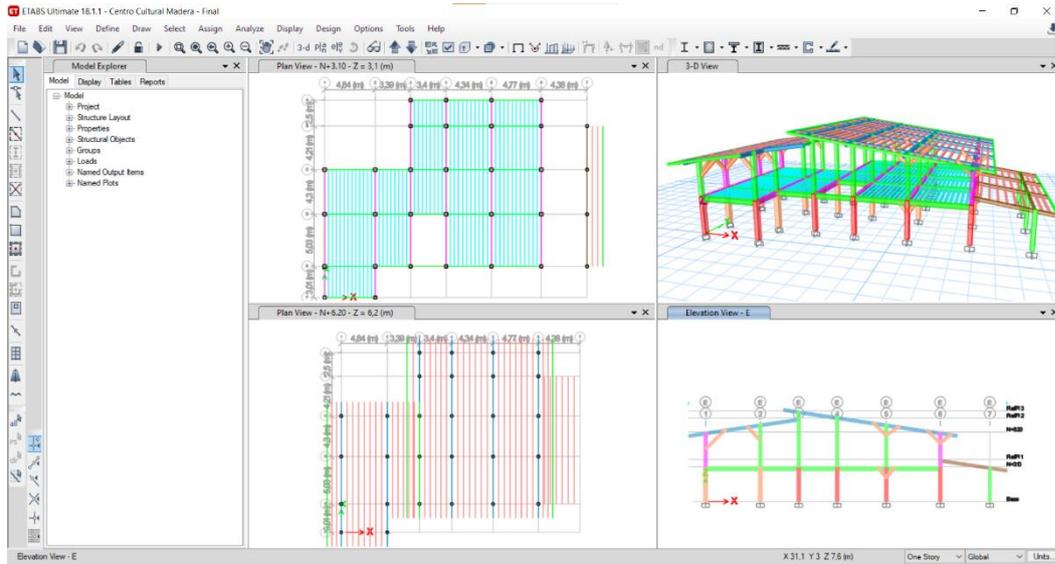


Figura 89: Modelo Estructural

#### 3.6.1 Materiales

Todos los elementos estructurales tales como: columnas, vigas y rigidizadores están compuestos de madera que pertenezcan al grupo A en la clasificación de maderas cuyos esfuerzos admisibles se muestran en la tabla 20, además el módulo de elasticidad utilizado será el  $E_{min}$  para vigas y columnas, valores presentados en la tabla 21, estas propiedades fueron ingresadas en el programa Etabs, lo cual se evidencia en el numeral 3.6.1.1.

##### 3.6.1.1 Módulo de Elasticidad $E_{min}$

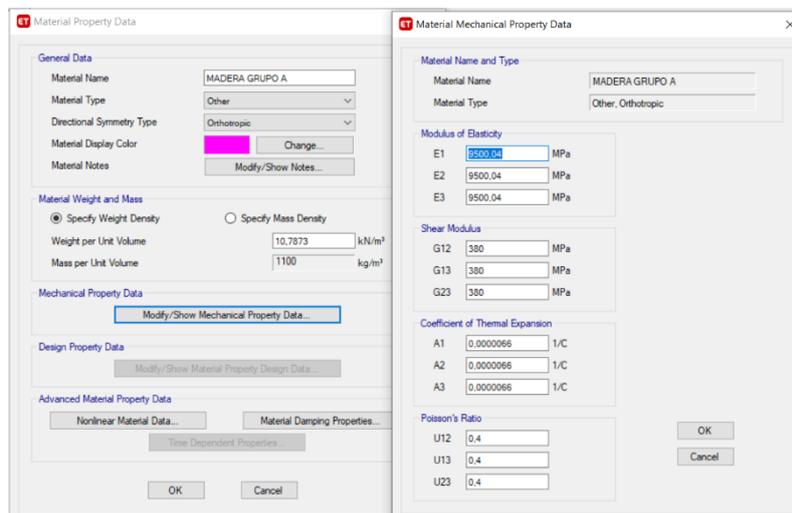


Figura 90: Ingreso en Etabs del módulo de elasticidad  $E_{min}$

### 3.6.2 Secciones transversales de los elementos estructurales ingresados al modelo

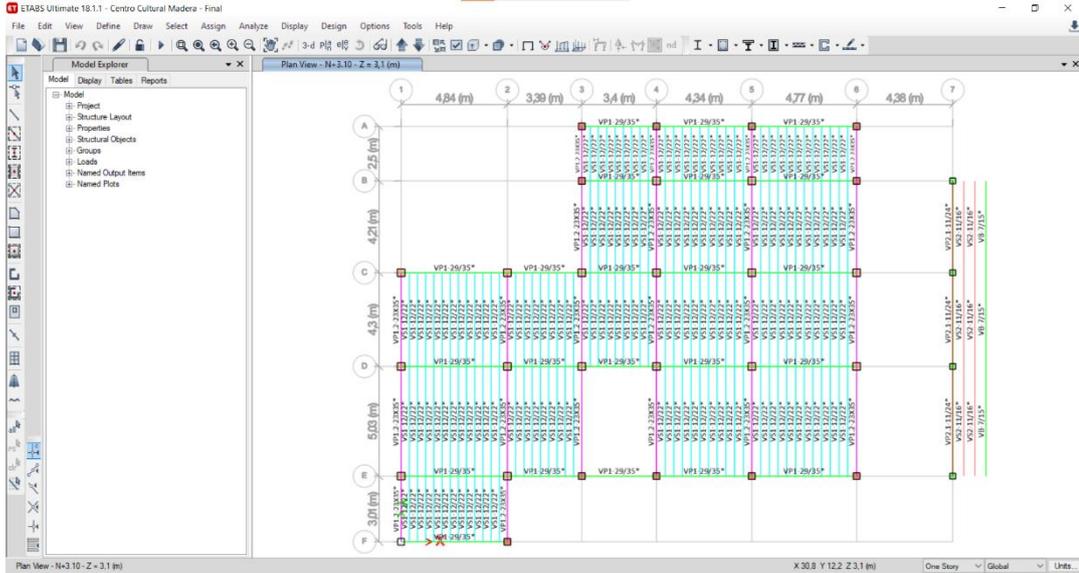


Figura 91: Secciones de vigas en N+3.10

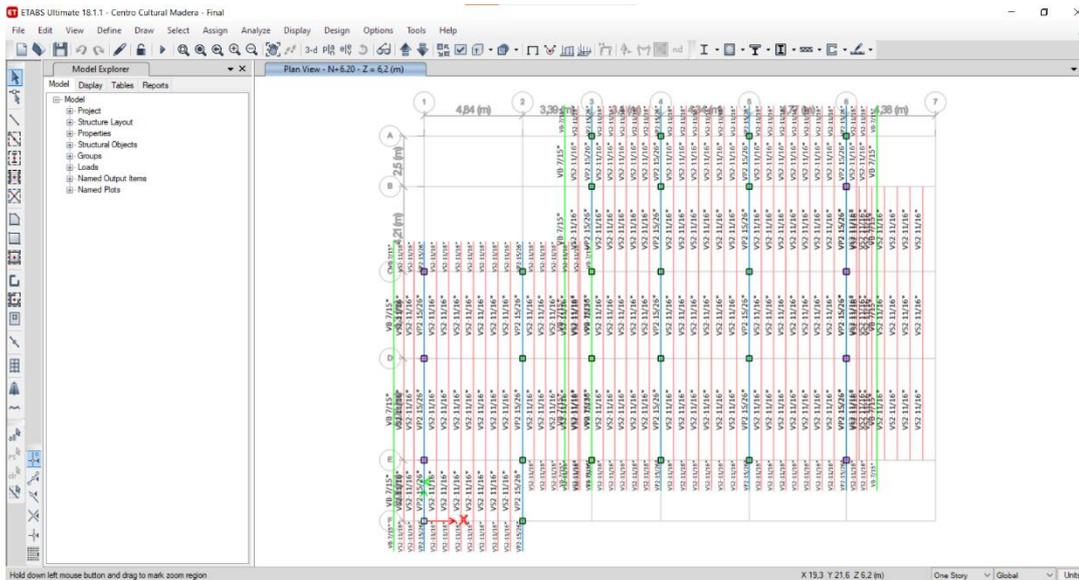


Figura 92: Secciones de vigas en N+6.20

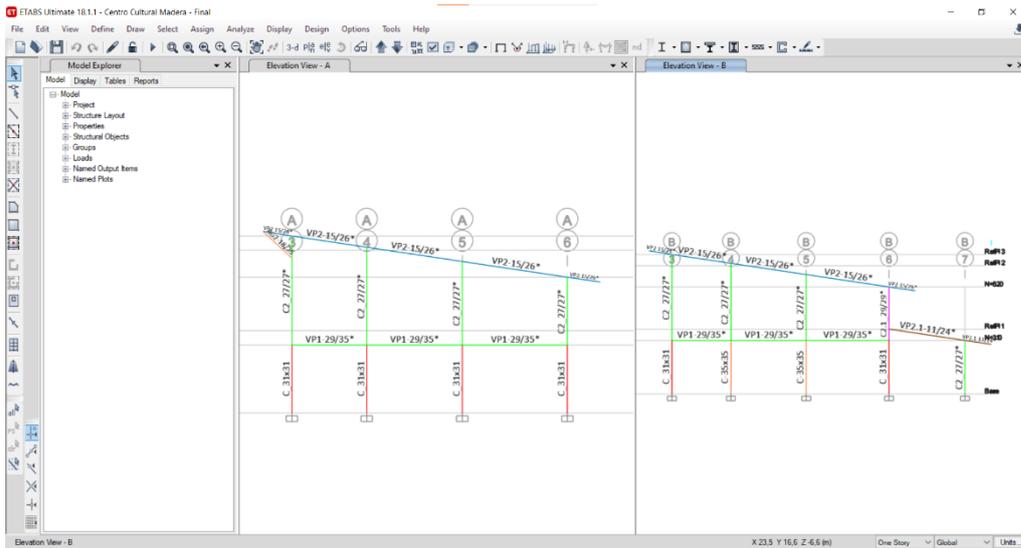


Figura 93: Columnas en pórtico del eje A y B.

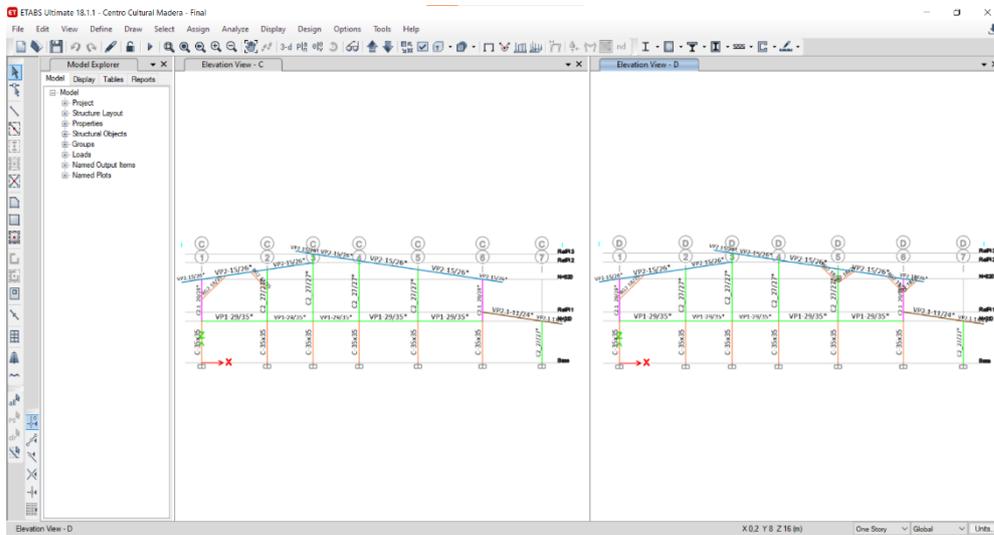


Figura 94: Columnas en pórtico del eje C y D.

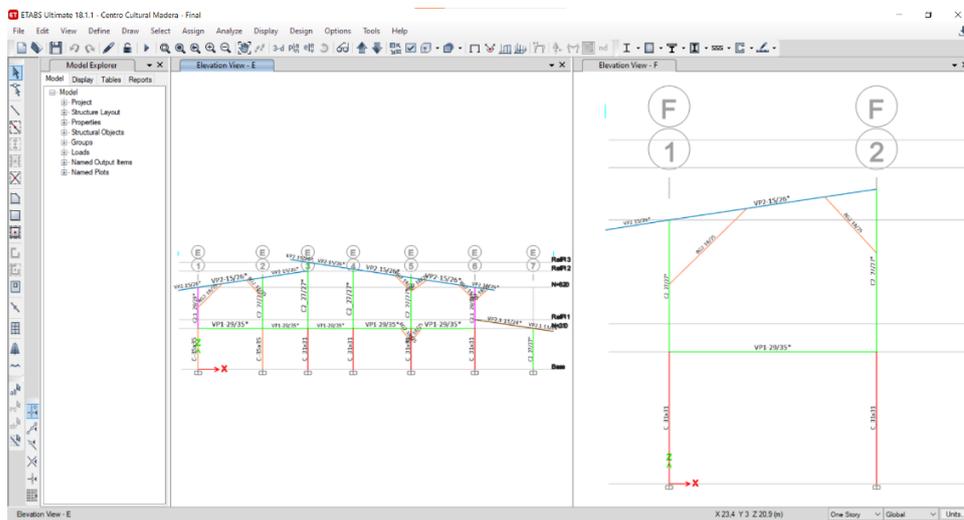


Figura 95: Columnas en pórtico del eje E y F.

### 3.6.3 Propiedades geométricas de las secciones transversales utilizadas en cada elemento estructural

#### 3.6.3.1 Columna 35x35

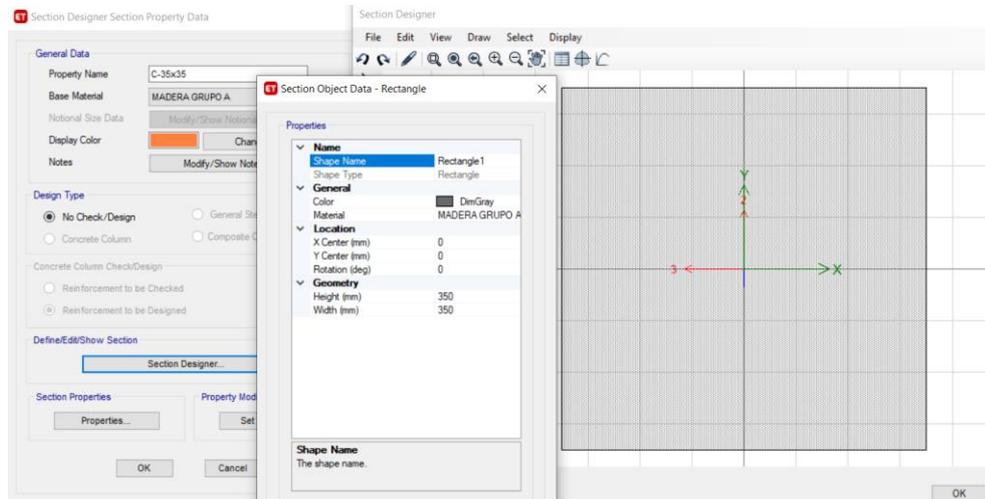


Figura 96: Columna 35x35

#### 3.6.3.2 Columna 31x31

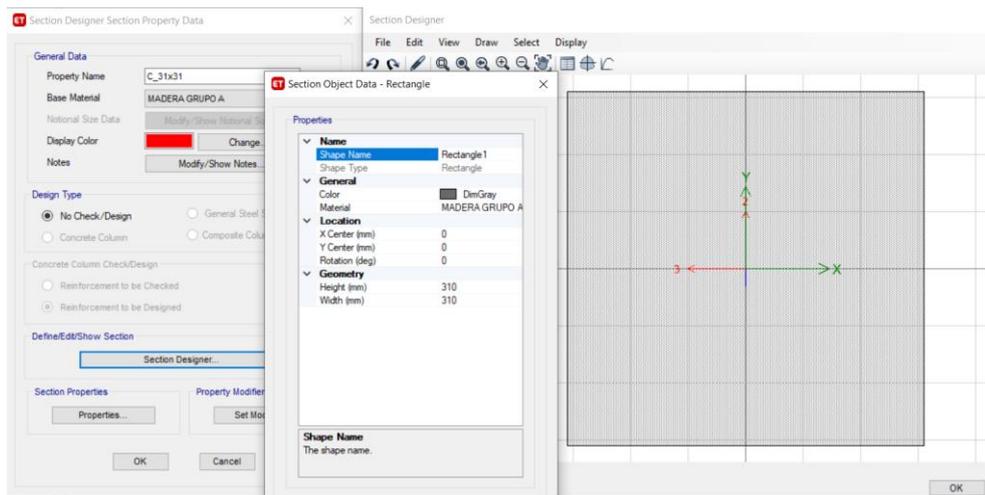


Figura 97: Columna 31x31

### 3.6.3.3 Columna 27x27

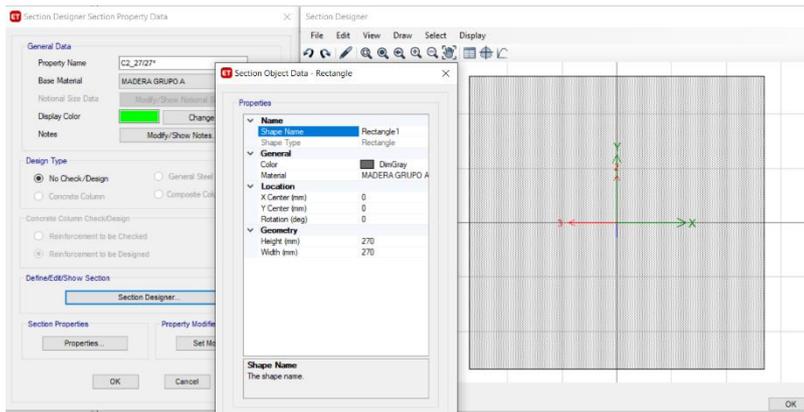


Figura 98: Columna 27x27

### 3.6.3.4 Columna 29x29

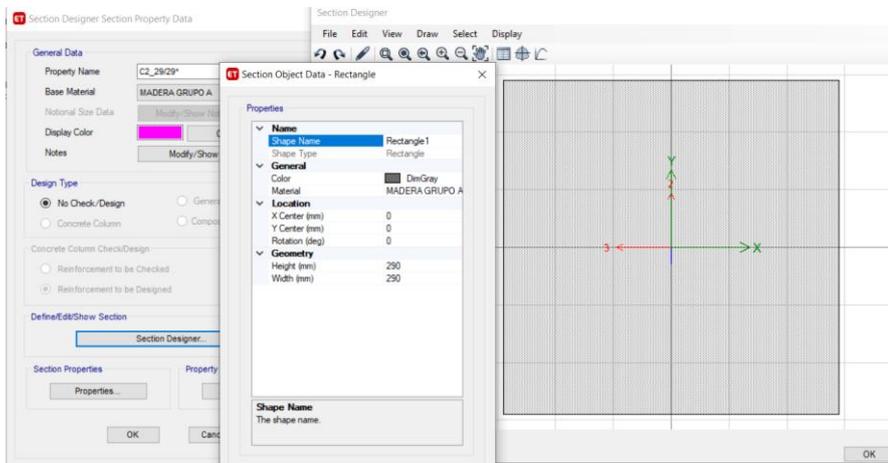


Figura 99: Columna 29x29

### 3.6.3.5 Viga 29x35

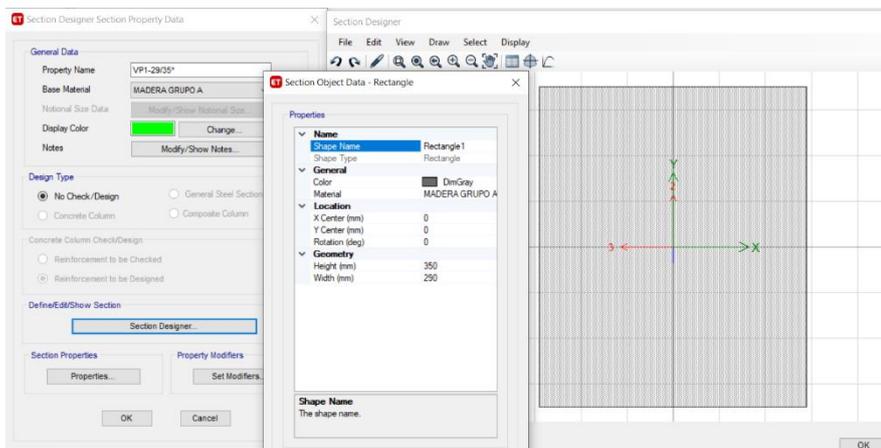


Figura 100: Viga 29x35

### 3.6.3.6 Viga 23x35

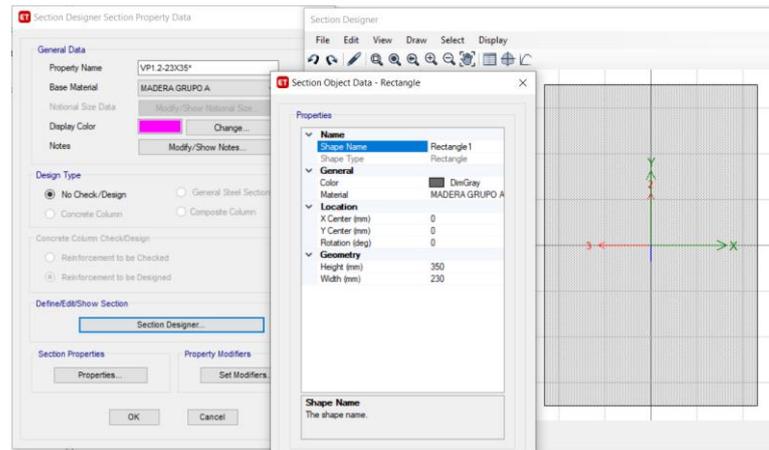


Figura 101: Viga 23x35

### 3.6.3.7 Viga 12x22

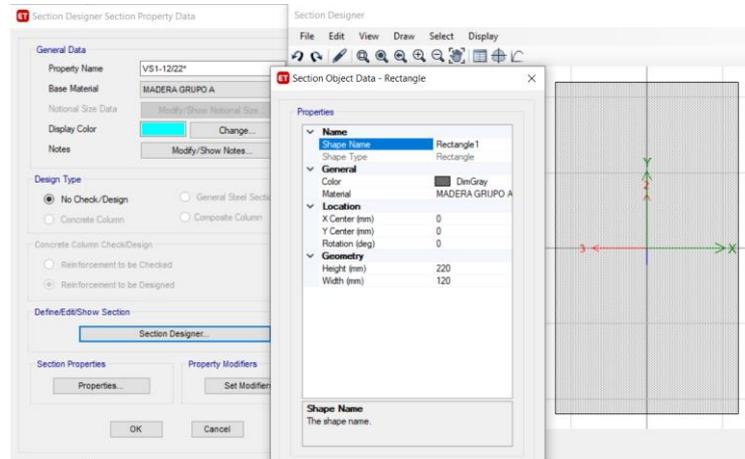


Figura 102: Viga 12x22

### 3.6.3.8 Viga 15x26

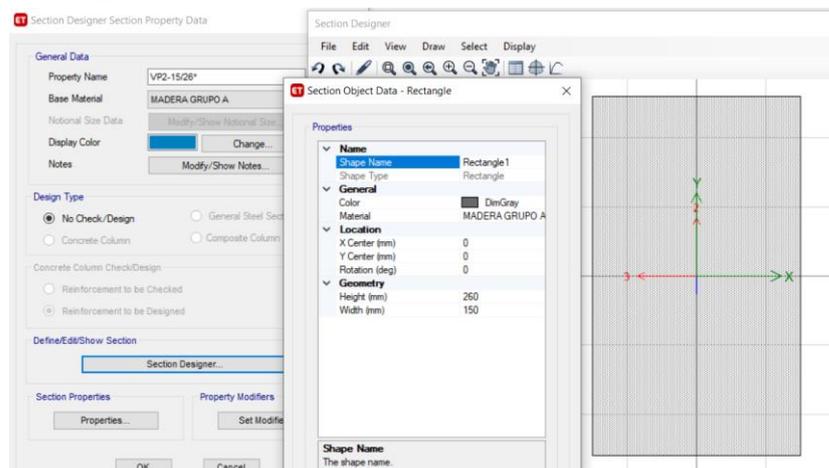


Figura 103: Viga 15x26

### 3.6.3.9 Viga 11x16

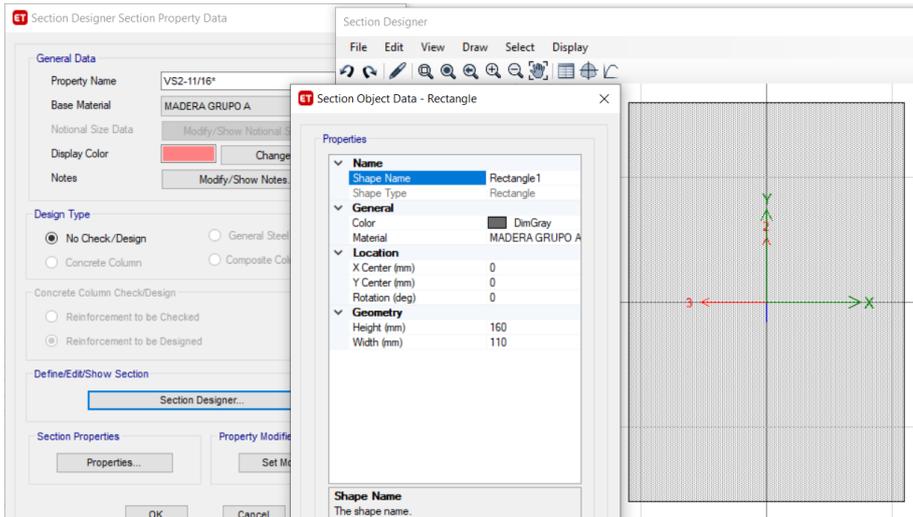


Figura 104: Viga 11x16

### 3.6.3.10 Rigidizador 18x25

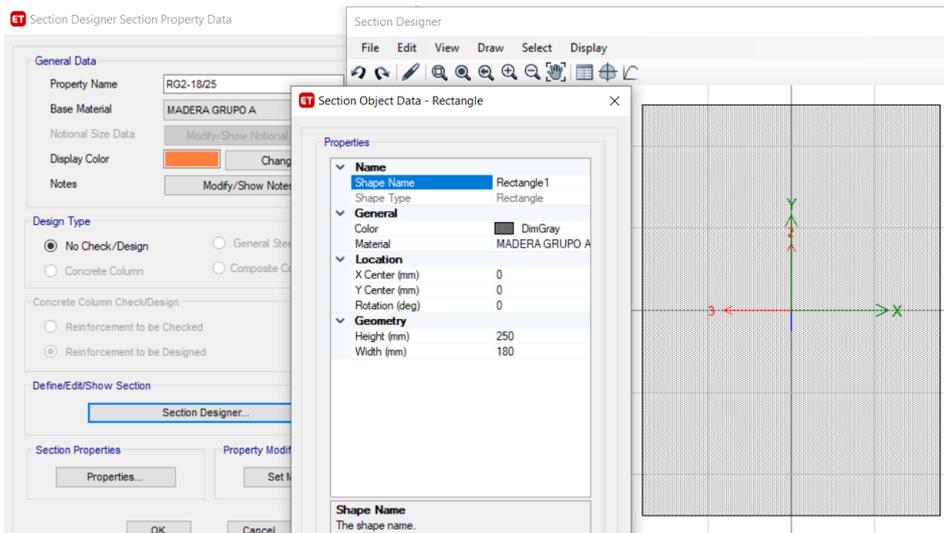


Figura 105: Rigidizador 18x25

### 3.6.4 Asignación de cargas

Tabla 69: Calculo de cargas para asignar en el nivel N+3.10.

q <sub>l</sub>	190,80	kgf/m	carga lineal viva
q <sub>D</sub>	104,94	kgf/m	carga lineal muerta

Estos valores se obtienen al multiplicar las cargas muertas y vivas según correspondan por el valor de separación que existe entre las vigas secundarias.

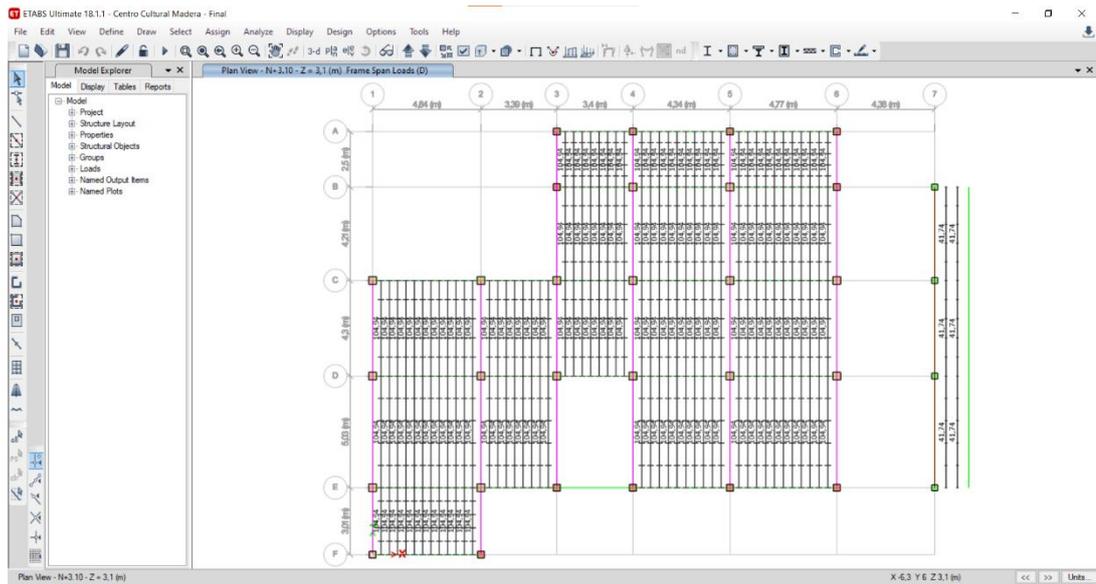


Figura 106: Carga muerta en vigas secundarias de N+3.10 en Kgf/m.

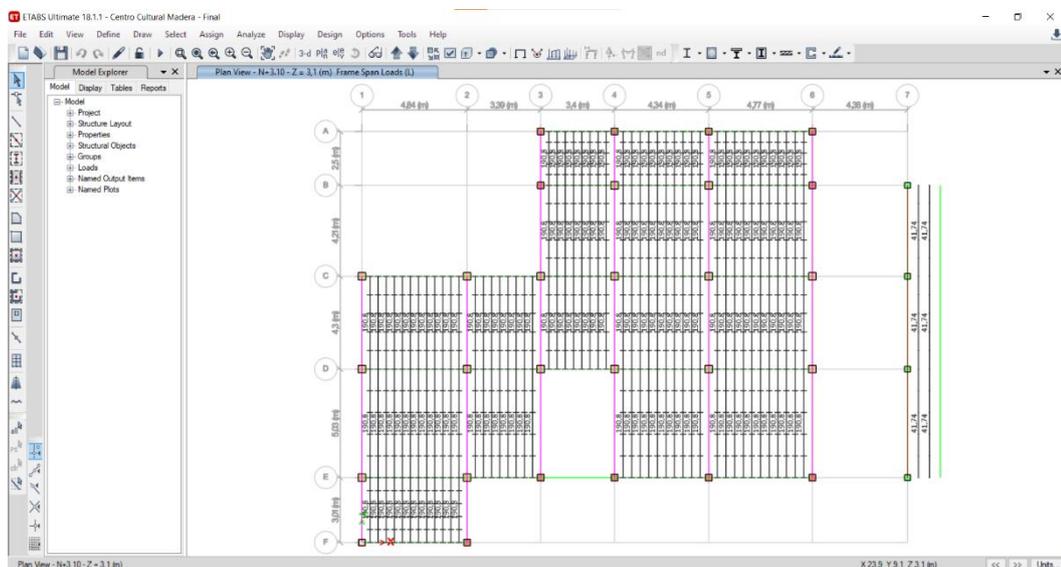


Figura 107: Carga viva en vigas secundarias de N+3.10 en kgf/m.

Tabla 70: Calculo de cargas para asignar en el nivel N+3.10.

ql	41,74	kgf/m	carga lineal viva
qD	41,74	kgf/m	carga lineal muerta

Estos valores se obtienen al multiplicar las cargas muertas y vivas según correspondan por el valor de separación que existe entre las vigas secundarias.

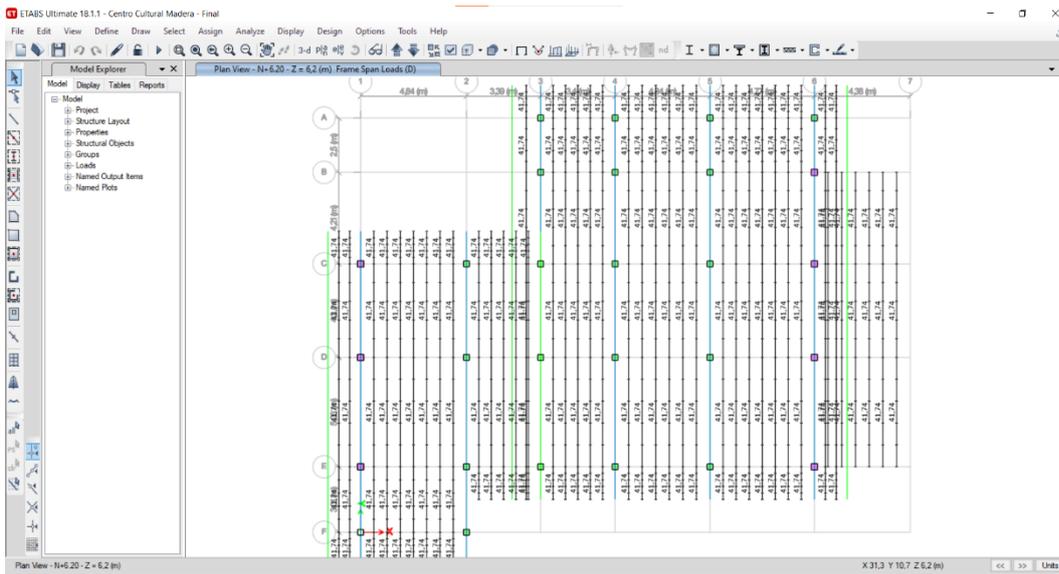


Figura 108: Carga muerta en vigas secundarias de N+6.20 en kgf/m.

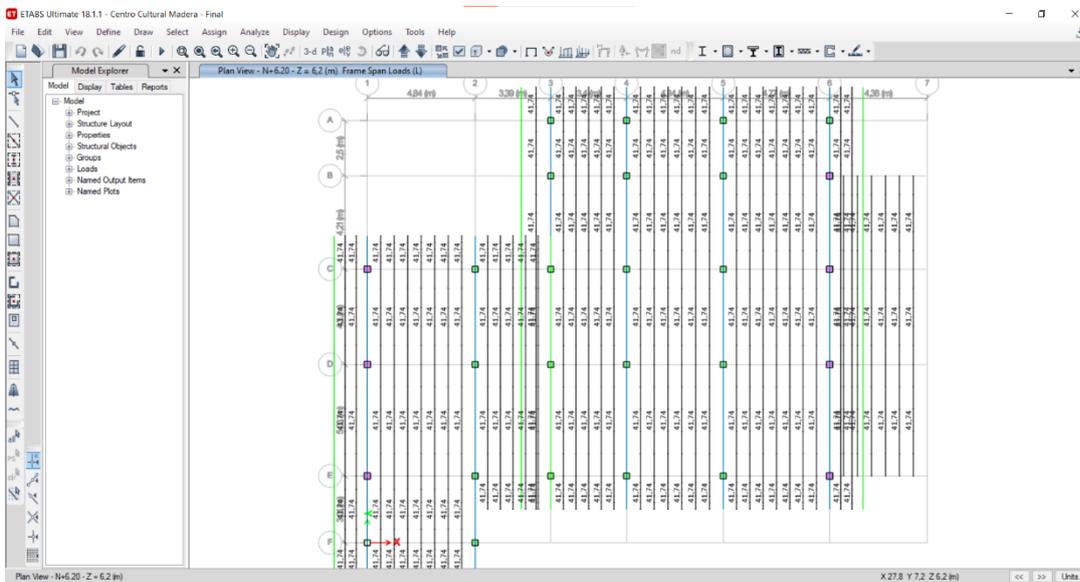


Figura 109: Carga viva en vigas secundarias de N+6.20 en kgf/m.

### 3.6.5 Resumen de factores para calculo sísmico

- ✓ Peligro sísmico = Alto
- ✓ Tipo de suelo= D
- ✓ Zona sísmica= V
- ✓ Factor Z= 0.40
- ✓ Fa= 1.20
- ✓ Fd= 1.19
- ✓ Fs= 1.28
- ✓ To= 0.1269s
- ✓ Tc= 0.6981s
- ✓ n= 2.48
- ✓ R= 2
- ✓ Sa=1.1904
- ✓ I= 1.30
- ✓ ØE=0.90
- ✓ ØP=0.90

### 3.6.6 Cálculo del coeficiente sísmico

$$\text{Coeficiente sísmico} = \frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} = \frac{1.30 * 1.1904}{2 * 0.90 * 0.90} = 0.9553 = 95.53\%$$

### 3.6.7 Cortante basal

$$V = 0.9553(W)$$

Por lo tanto, el cortante basal estático es el 95.53 % de la carga reactiva total.

Las reacciones totales por carga muerta de la estructura total son: 176905.61 kgf

La carga reactiva= CM= 176905.61 kgf

CORTANTE BASAL= coef. Sísmico\*carga reactiva

CORTANTE BASAL= 0.9553\*176905.61= 168997.93 kgf

Tabla 71: Tabla "auto seismic data" del programa etabs

TABLE: Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient							
Name	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used	Base Shear
						kgf	kgf
EX	0,05	N+6.20	Base	0,9553	1	176905,61	168997,93
EY	0,05	N+6.20	Base	0,9553	1	176905,61	168997,93

### 3.6.8 Combinaciones de carga ingresadas en el programa Etabs

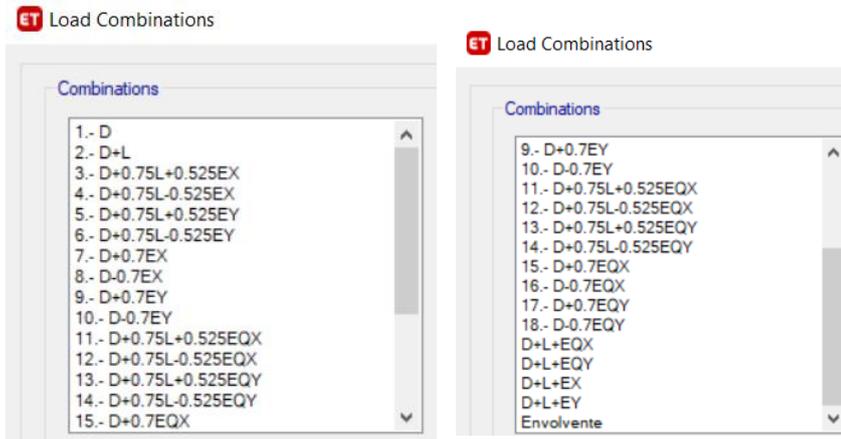


Figura 110: Combinaciones de carga proporcionadas por la NEC.

### 3.6.9 Carga sísmica por coeficiente C (Sismo X)

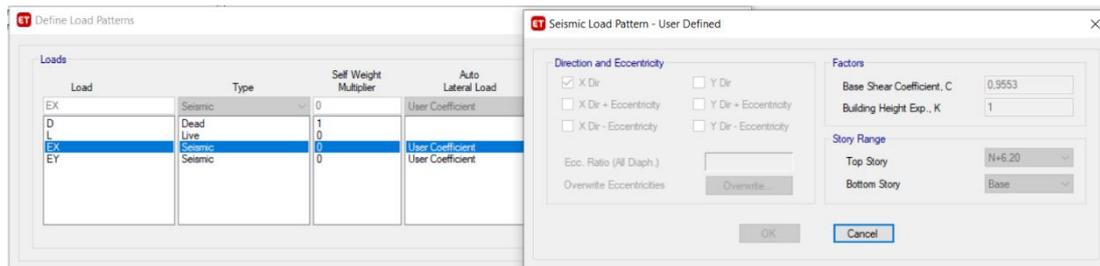


Figura 111: Sismo sentido X.

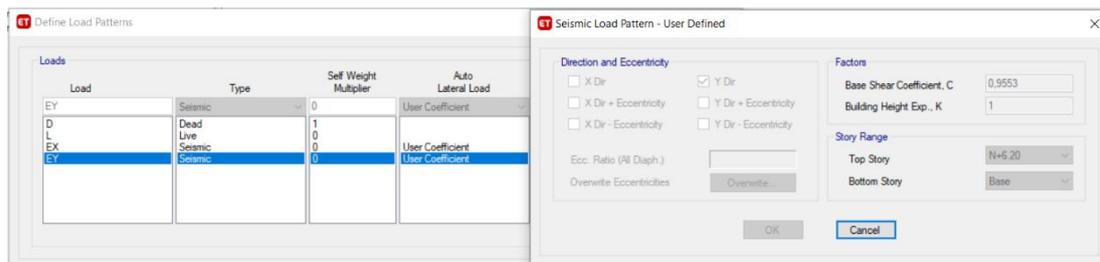


Figura 112: Sismo sentido Y.

### 3.6.10 Distribución de fuerzas sísmicas en cada piso

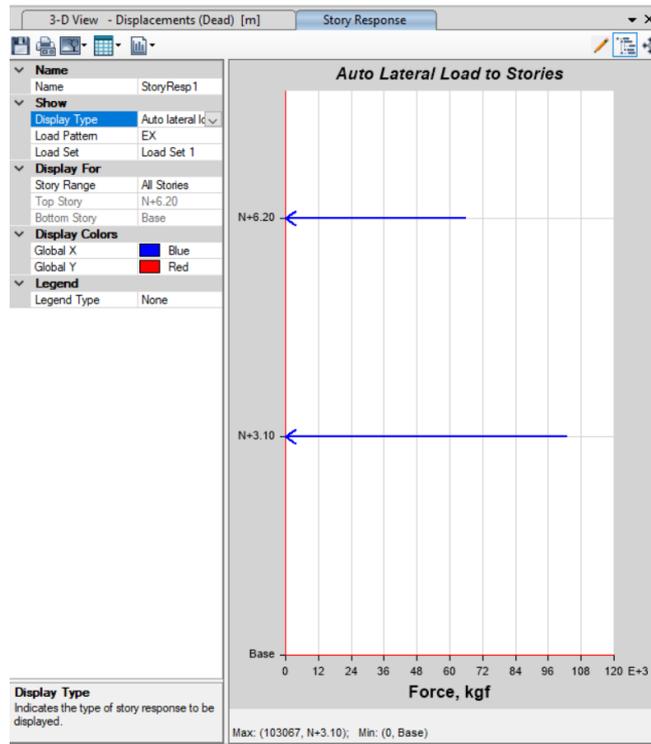


Figura 113: Distribución de cargas sísmicas en cada piso sentido X

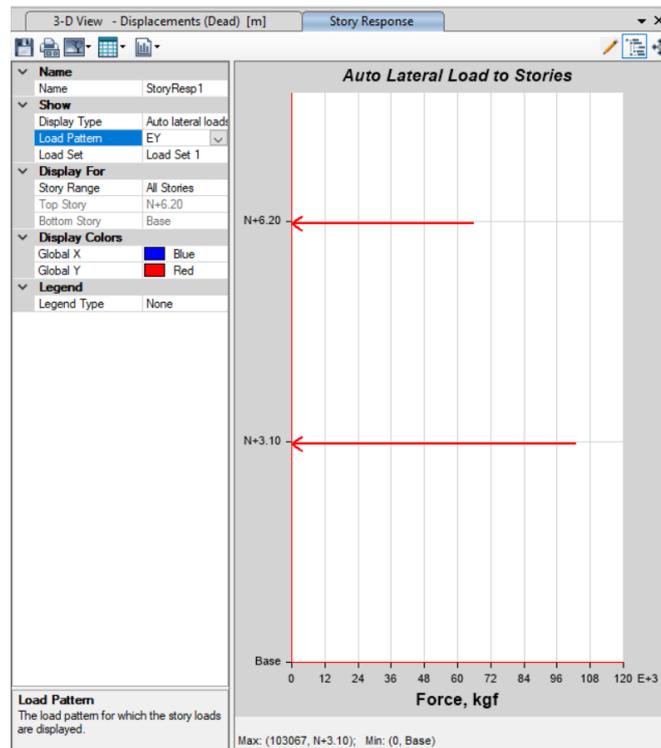


Figura 114: Distribución de cargas sísmicas en cada piso sentido Y

### 3.6.11 Modal participating Mass ratios (%)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios																
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ	$\Sigma r_i$	Torsión
		sec														
Modal	1	0,419	0,0005	0,4948	0	0,0005	0,4948	0	0,337	0,00004329	0,0011	0,337	0,00004329	0,0011	0,33814329	0%
Modal	2	0,37	0,7653	0,0023	0	0,7658	0,4971	0	0,0002	0,2178	0,017	0,3372	0,2178	0,0181	0,235	7%
Modal	3	0,363	0,0201	0,0112	0	0,7859	0,5082	0	0,0023	0,0127	0,5798	0,3395	0,2305	0,598	0,5948	97%
Modal	4	0,342	0,001	0,0001	0	0,787	0,5083	0	0,0091	0,00004124	0,0006	0,3486	0,2306	0,5986		
Modal	5	0,321	0,0116	0,0373	0	0,7985	0,5456	0	0,0057	0,0293	0,0502	0,3543	0,2599	0,6488		
Modal	6	0,31	0,0008	0,1955	0	0,7993	0,7411	0	0,0002	0,0042	0,0009	0,3545	0,2641	0,6497		
Modal	7	0,286	0,0002	0,001	0	0,7996	0,7421	0	0,0034	0,0005	0,1199	0,3578	0,2646	0,7696		
Modal	8	0,276	0,0031	0,0008	0	0,8027	0,7429	0	0,0011	0,0008	0,0001	0,3589	0,2654	0,7697		
Modal	9	0,261	0,0006	0,00006616	0	0,8033	0,7429	0	0,001	0,0001	0,0207	0,3599	0,2654	0,7904		
Modal	10	0,239	0,0009	0,0005	0	0,8042	0,7434	0	0,0455	0,0001	0,0101	0,4054	0,2656	0,8005		
Modal	11	0,228	0,0005	0,0715	0	0,8047	0,8149	0	0,0893	0,0003	0,0231	0,4948	0,2659	0,8236		
Modal	12	0,224	0,0001	0,0861	0	0,8048	0,9011	0	0,2943	0,0001	0,0043	0,789	0,266	0,8279		
Modal	13	0,212	0,0025	0,0761	0	0,8073	0,9772	0	0,0469	0,0028	0,0739	0,8359	0,2688	0,9018		
Modal	14	0,21	0,0069	0,0025	0	0,8142	0,9797	0	0,0017	0,0125	0,0003	0,8377	0,2814	0,9021		
Modal	15	0,202	0,0124	0,0023	0	0,8266	0,9819	0	0,0277	0,0298	0,0002	0,8653	0,3112	0,9023		
Modal	16	0,193	0,0929	0,0002	0	0,9195	0,9821	0	0,0075	0,3165	0,0098	0,8729	0,6277	0,9121		

Figura 115: Modal participating mass ratios (%)

Como se puede observar los resultados de la tabla modal participating mass ratios en los dos primeros modos de vibración no se visualiza una torsión mayor al 20%, es decir son de traslación y el tercer modo de vibración es de torsión, con lo cual verificamos que la configuración estructural es correcta.

### 3.6.12 Control de derivas

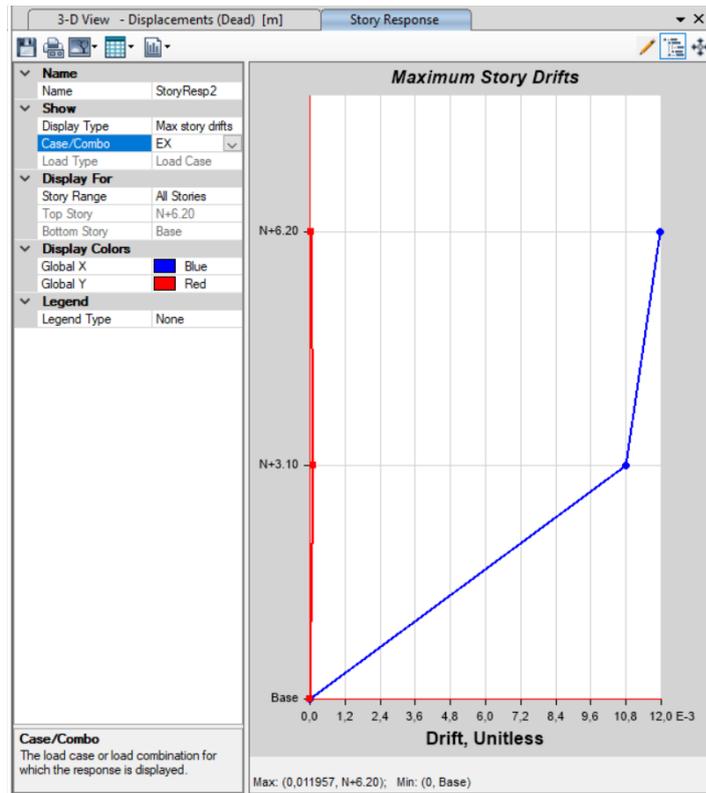


Figura 116: Curvas de derivas elásticas sentido X.

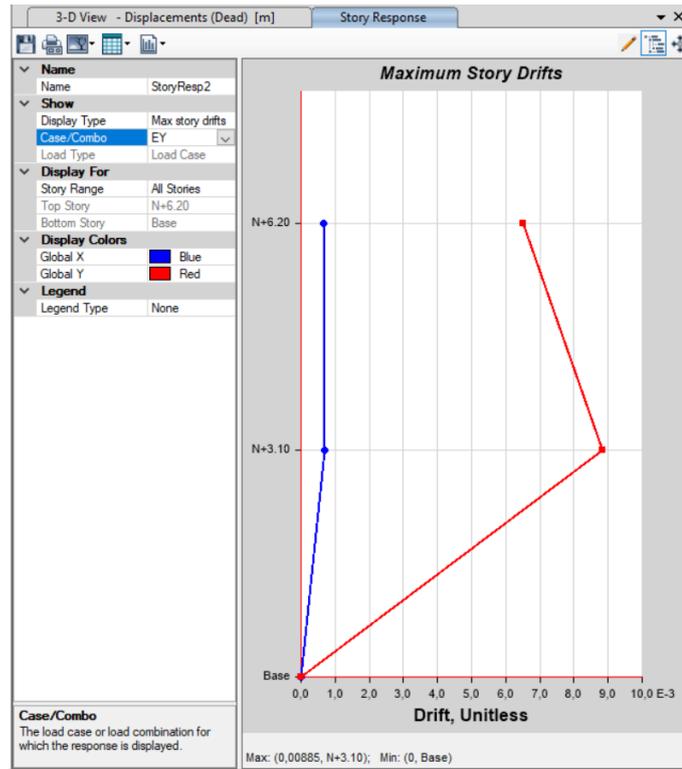


Figura 117: Curvas de derives elásticas sentido Y.

Se puede observar como la deriva máxima esperada en el sentido x es:

$$0.011957 * 0.75 * 2 = 0.01794 \text{ (SENTIDO X)}$$

Y en el sentido Y es:  $0.00885 * 0.75 * 2 = 0.013275 \text{ (SENTIDO Y)}$

Los valores de las derivas máximas tanto en el sentido x como en el sentido y son menores al 2%, por lo que podemos decir que estamos dentro del límite tolerable de las derivas máximas que nos menciona la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

### 3.6.13 Control de cortantes

TABLE: Story Forces												
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	
						kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m	
N+3.10	EX	LinStatic			Bottom	0	-168997,93	-85%	0	1633818,78	0	-743849,2
N+3.10	EY	LinStatic			Bottom	0	0	-168997,93	-89%	-1968563,59	743849,2	0
N+3.10	EQX	LinRespSpec	Max		Bottom	0	143194,45		4729,07	1351888,83	23649,23	655637,17
N+3.10	EQY	LinRespSpec	Max		Bottom	0	6322,84		149674,59	1736672,17	673673,96	27537,32

Figura 118: Control de cortantes de la estructura.

En la figura 118, se puede visualizar que se cumple con lo que estipula la NEC, cuando se trata de una estructura irregular el cortante dinámico debe ser por lo menos el 85% del cortante estático.

### 3.6.14 Efectos P-delta

PISO	Pi(D+CMA+CV)	DERIVA CM	CORTANTE	ALTURA	Qi
2	92923,16	0,065184	-65930,74	3,1	-0,0296357
1	335982,54	0,032784	-168997,93	3,1	-0,0210250

Figura 119: Control sismo en X.

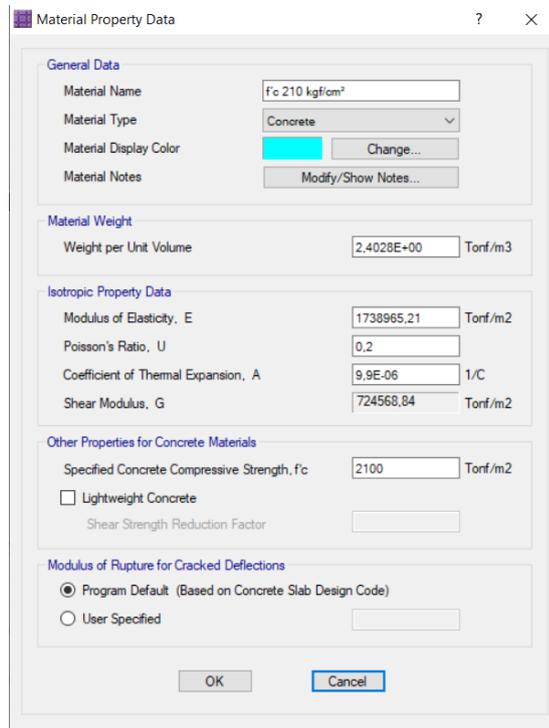
PISO	Pi(D+CMA+CV)	DERIVA CM	CORTANTE	ALTURA	Qi
2	92923,16	0,132007	-65930,74	3,1	-0,0600166
1	335982,54	0,031504	-168997,93	3,1	-0,0202041

Figura 120: Control sismo en Y.

Como el índice de estabilidad  $Q_i$  es menor a 0.30 la estructura no es potencialmente inestable, además que no se deben tomar en cuenta el efecto p-delta.

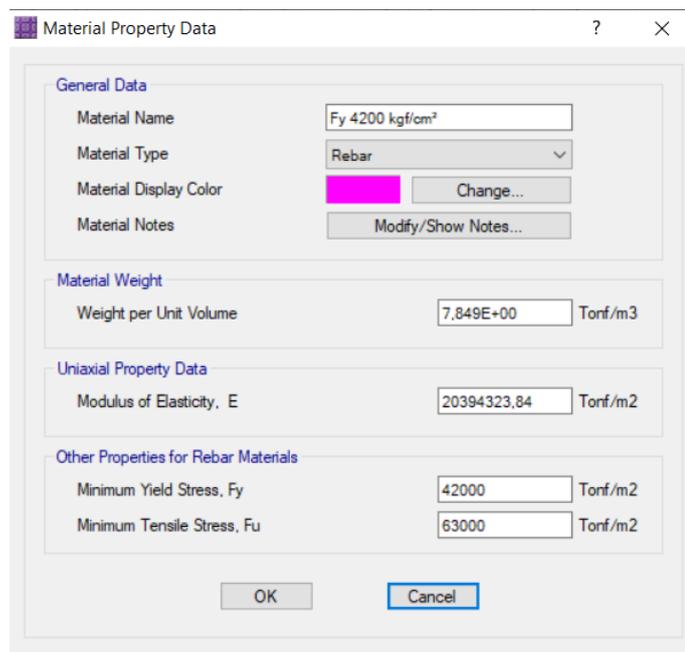
## 3.7 Cimentación de la estructura de bambú

### 3.7.1 Materiales



The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for concrete. The 'General Data' section includes 'Material Name' (Fc 210 kgf/cm<sup>2</sup>), 'Material Type' (Concrete), 'Material Display Color' (cyan), and 'Material Notes'. The 'Material Weight' section shows 'Weight per Unit Volume' as 2.4028E+00 Tonf/m<sup>3</sup>. The 'Isotropic Property Data' section includes 'Modulus of Elasticity, E' (1738965.21 Tonf/m<sup>2</sup>), 'Poisson's Ratio, U' (0.2), 'Coefficient of Thermal Expansion, A' (9.9E-06 1/C), and 'Shear Modulus, G' (724568.84 Tonf/m<sup>2</sup>). The 'Other Properties for Concrete Materials' section includes 'Specified Concrete Compressive Strength, f<sub>c</sub>' (2100 Tonf/m<sup>2</sup>) and a checkbox for 'Lightweight Concrete'. The 'Modulus of Rupture for Cracked Deflections' section has radio buttons for 'Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)' and 'User Specified'. The dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Figura 121: Propiedades del hormigón.



The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for rebar. The 'General Data' section includes 'Material Name' (Fy 4200 kgf/cm<sup>2</sup>), 'Material Type' (Rebar), 'Material Display Color' (magenta), and 'Material Notes'. The 'Material Weight' section shows 'Weight per Unit Volume' as 7.849E+00 Tonf/m<sup>3</sup>. The 'Uniaxial Property Data' section includes 'Modulus of Elasticity, E' (20394323.84 Tonf/m<sup>2</sup>). The 'Other Properties for Rebar Materials' section includes 'Minimum Yield Stress, F<sub>y</sub>' (42000 Tonf/m<sup>2</sup>) and 'Minimum Tensile Stress, F<sub>u</sub>' (63000 Tonf/m<sup>2</sup>). The dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Figura 122: Ingreso de las propiedades del acero.

### 3.7.2 Propiedades del suelo

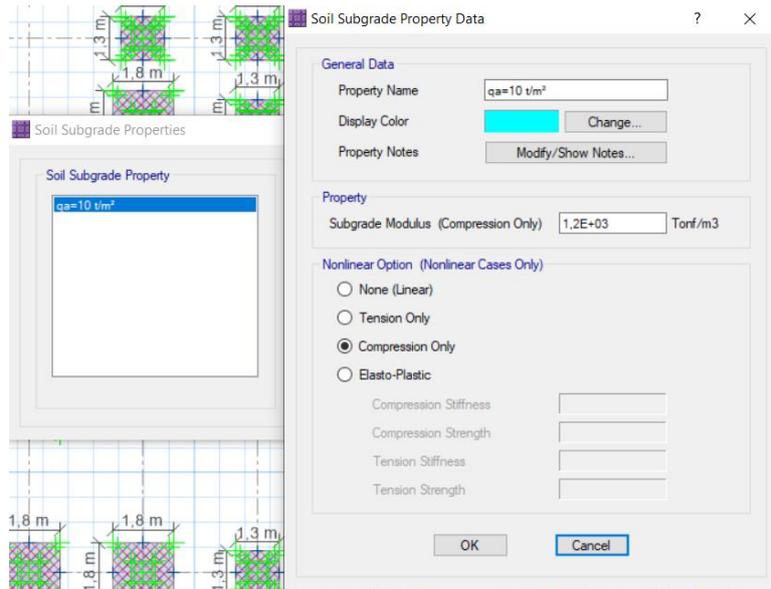


Figura 123: Ingreso de la resistencia del suelo (10 tn/m<sup>2</sup>).

### 3.7.3 Dimensiones de los plintos

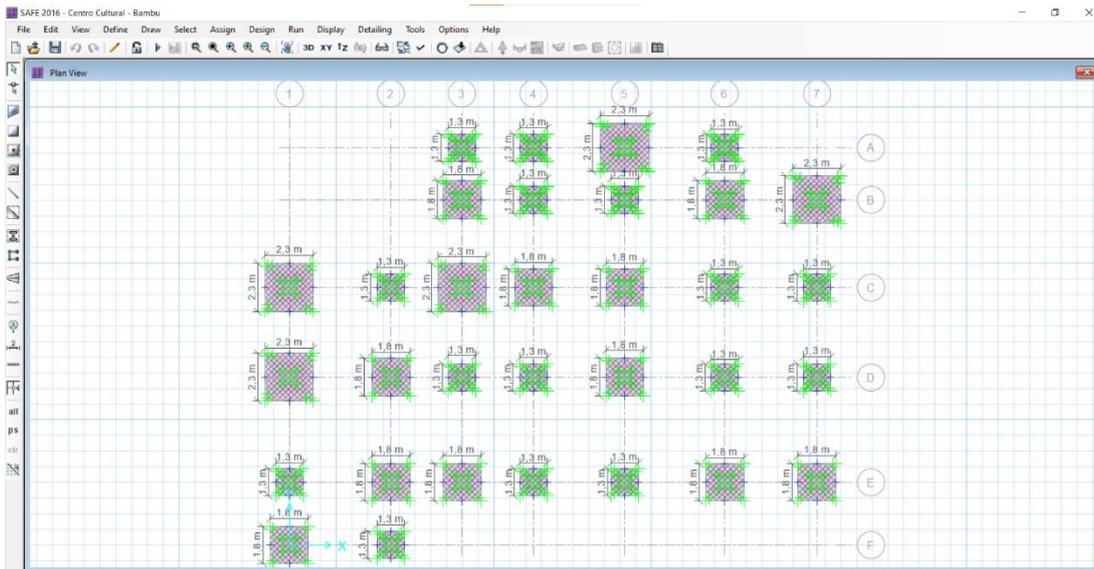


Figura 124: Dimensiones seleccionadas de los plintos.

## 3.7.4 Revisión de las cimentaciones

### 3.7.4.1 Presiones

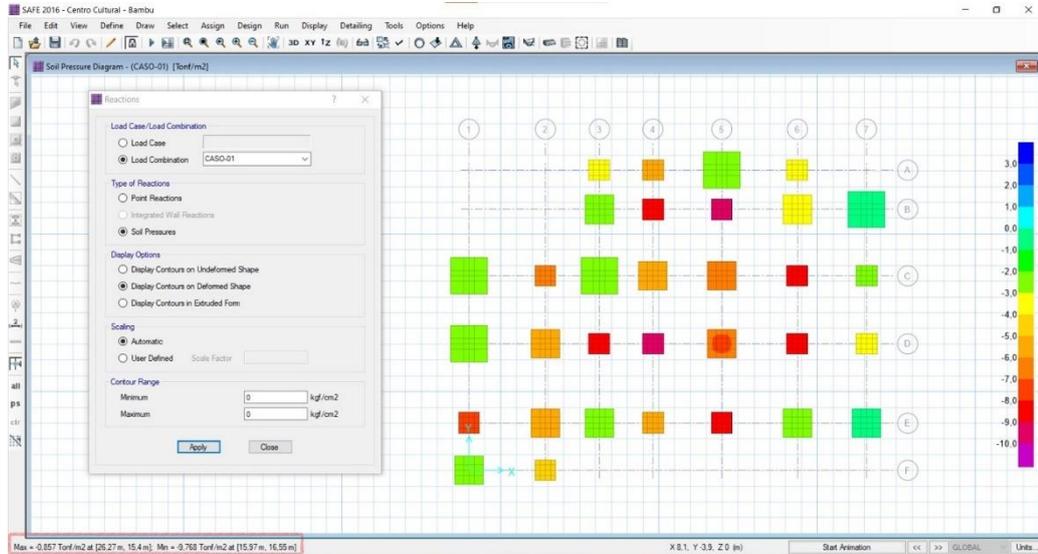


Figura 125: Revisión de presiones mediante cargas de servicio.

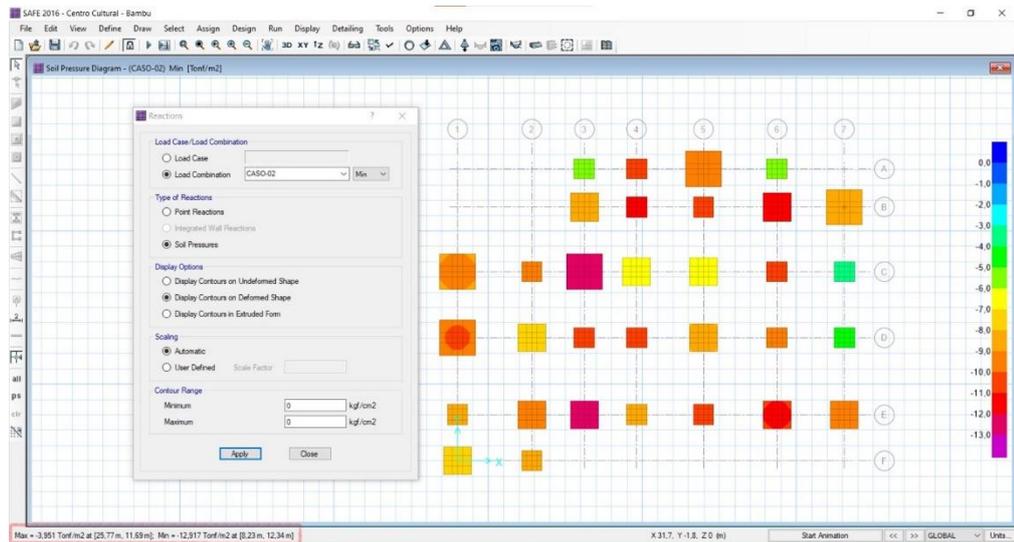


Figura 126: Revisión de presiones mediante cargas de servicio y sísmicas.

La presión más alta que se obtuvo en el caso 1 es de 9.768 Tn/m<sup>2</sup>, siendo menor a las 10 Tn/m<sup>2</sup> que puede soportar el suelo donde se ubicara la estructura, por lo que las dimensiones de los plintos son los adecuados, lo mismo sucede con el caso 2 en el cual se obtuvo una presión máxima de 12.917 Tn/m<sup>2</sup>, valor menor a las  $10 \cdot 1.33 = 13.33$  Tn/m<sup>2</sup>.

### 3.7.4.2 Punzonamiento

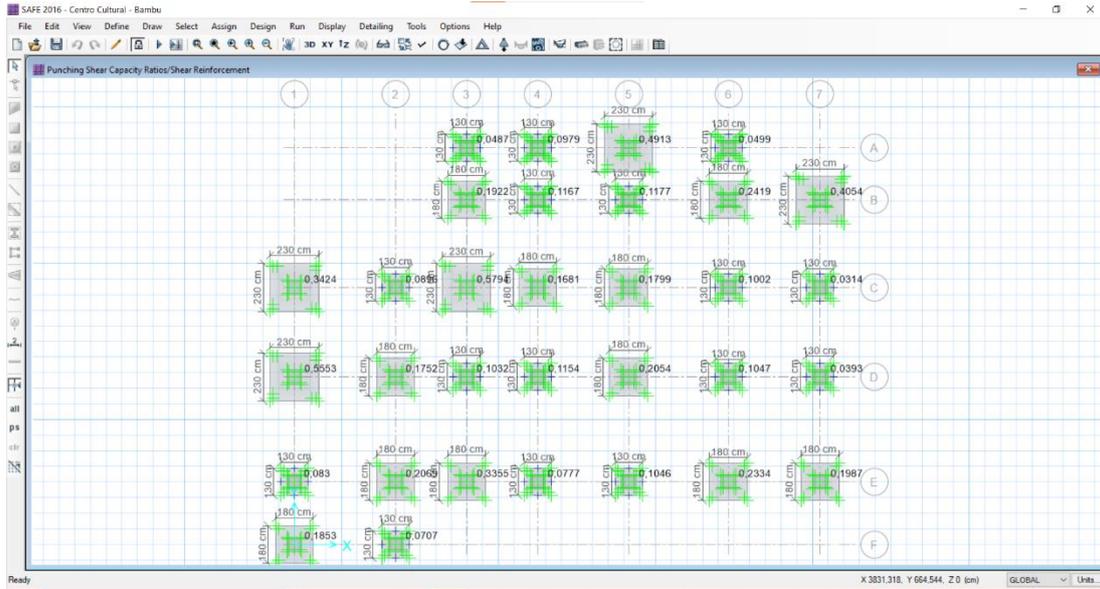


Figura 127: Chequeo a punzonamiento.

Los valores obtenidos de la relación demanda-capacidad de punzonamiento, son menores a 1, es decir tenemos un espesor adecuado.

### 3.7.4.3 Flexión

Plintos de 2.30x2.30 (m), deben armarse con 1Ø12@21cm

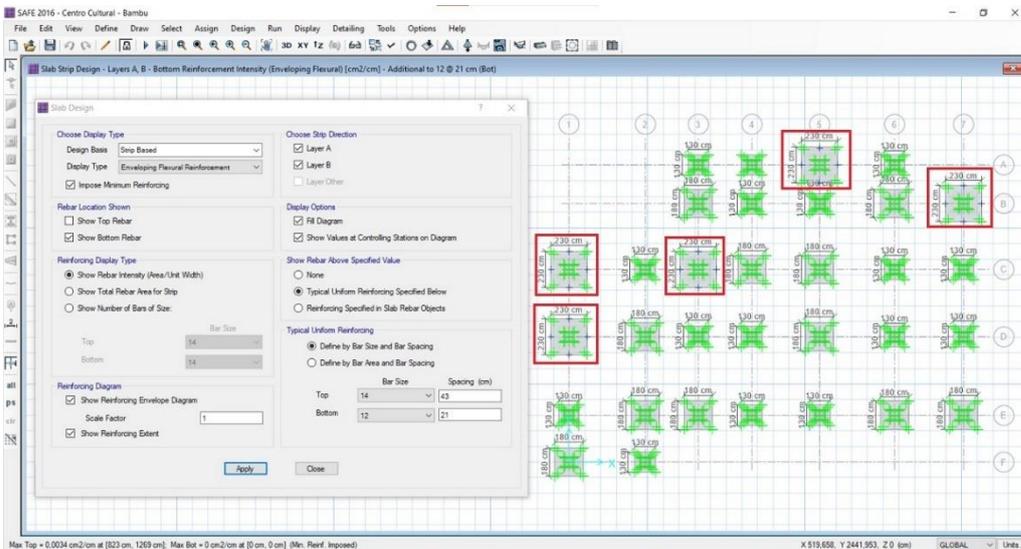


Figura 128: Armado de plintos de 2.30x2.30 (m)

Plintos de 1.80x1.80 (m), deben armarse con 1Ø12@25cm

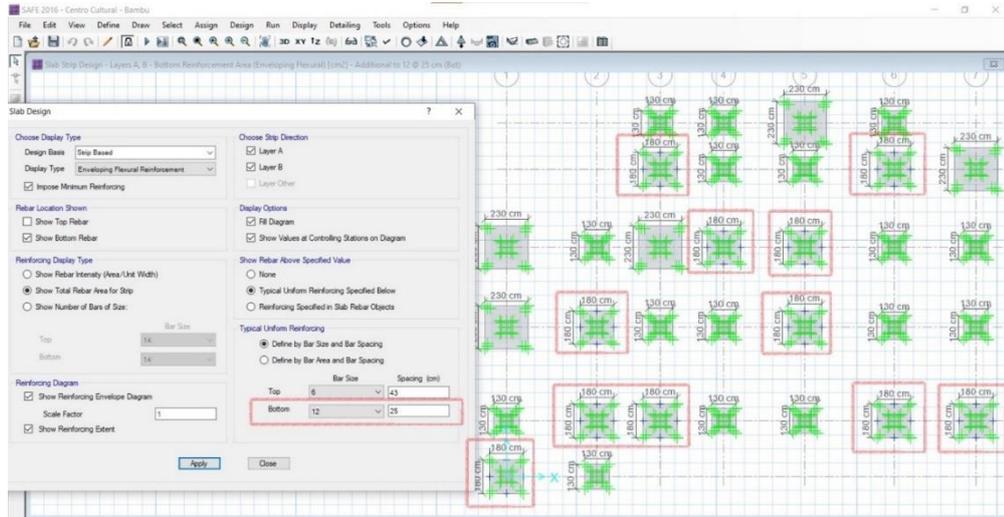


Figura 129: Armado de plintos de 1.80x1.80 (m).

Plintos de 1.30x1.30 (m), deben armarse con 1Ø12@25cm.

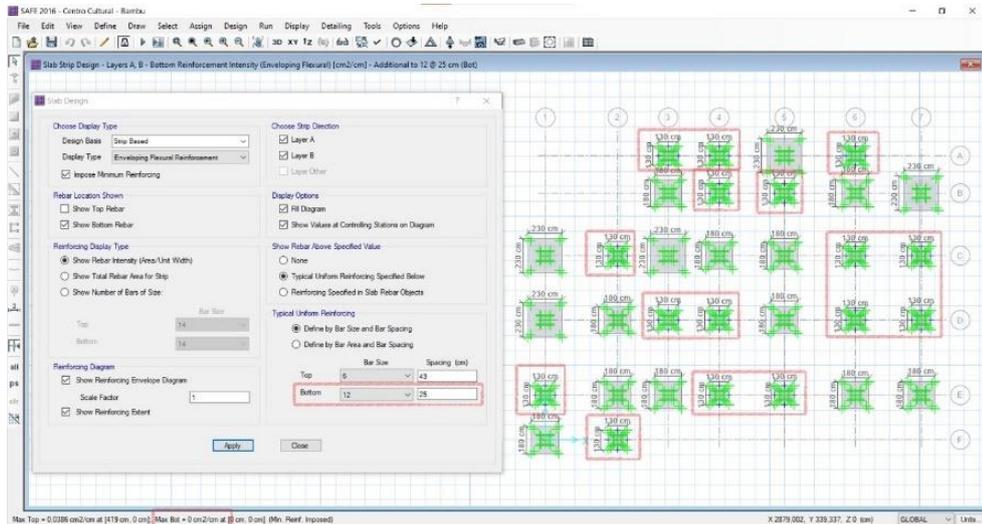


Figura 130: Armado de plintos de 1.30x1.30 (m)

### 3.7.4.4 Corte

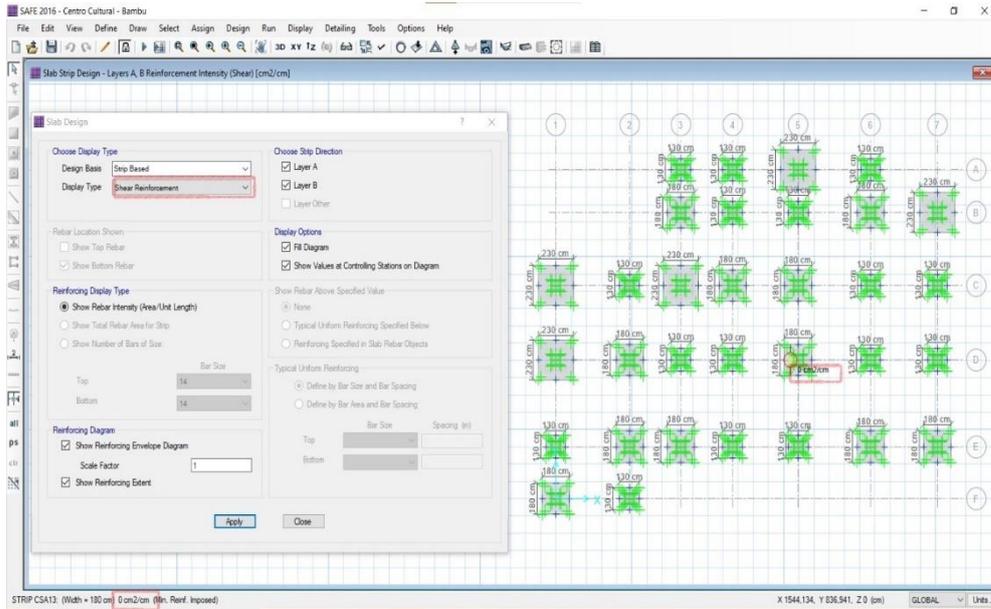


Figura 131: Chequeo a corte de los plintos.

## 3.8 Cimentación de la estructura de madera

### 3.8.1 Materiales

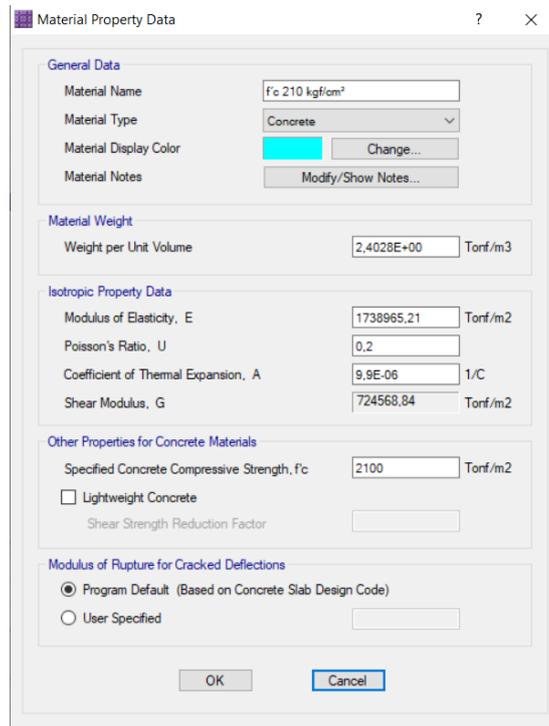


Figura 132: Ingreso de las propiedades del hormigón.

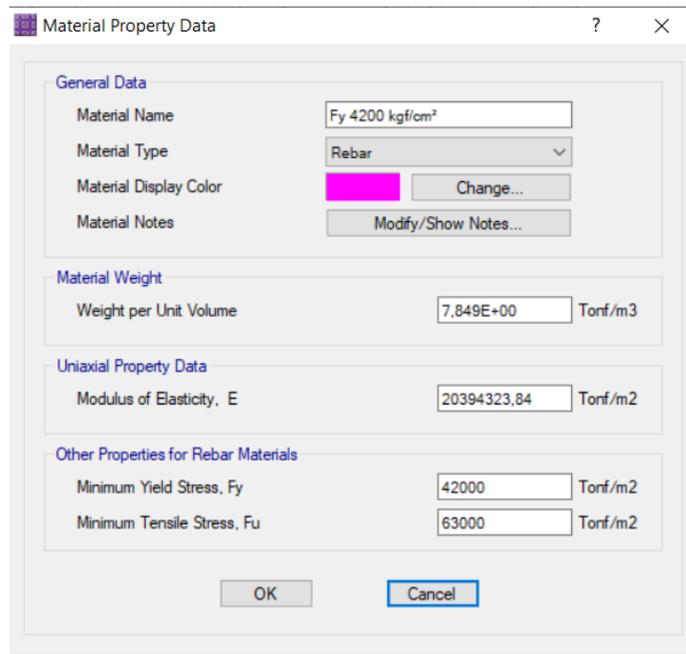


Figura 133: Ingreso de las propiedades del acero.

### 3.8.2 Propiedades del suelo

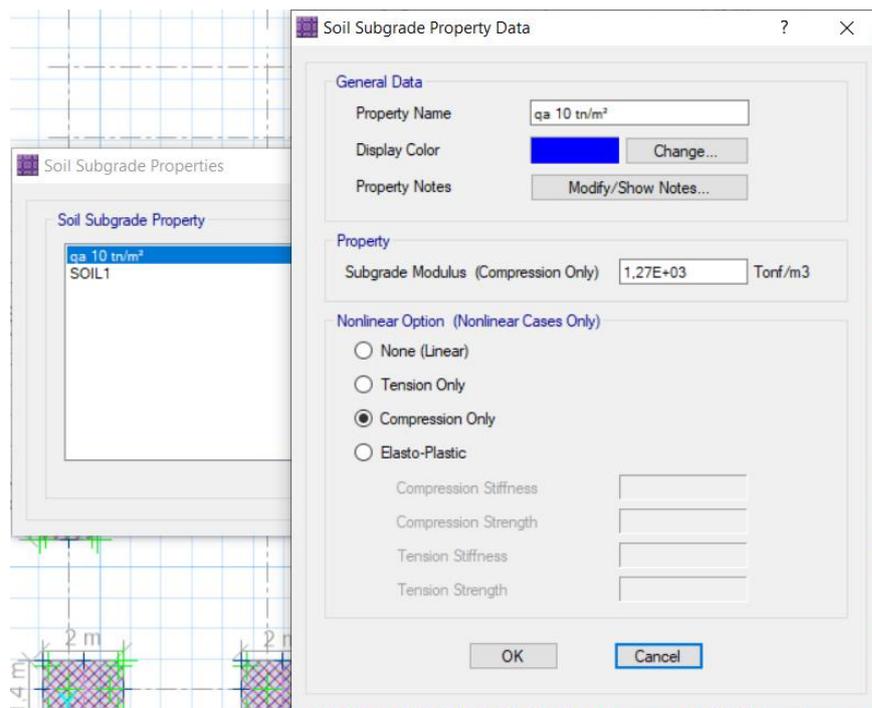


Figura 134: Ingreso de la resistencia del suelo (10 tn/m²).

### 3.8.3 Dimensiones de los plintos

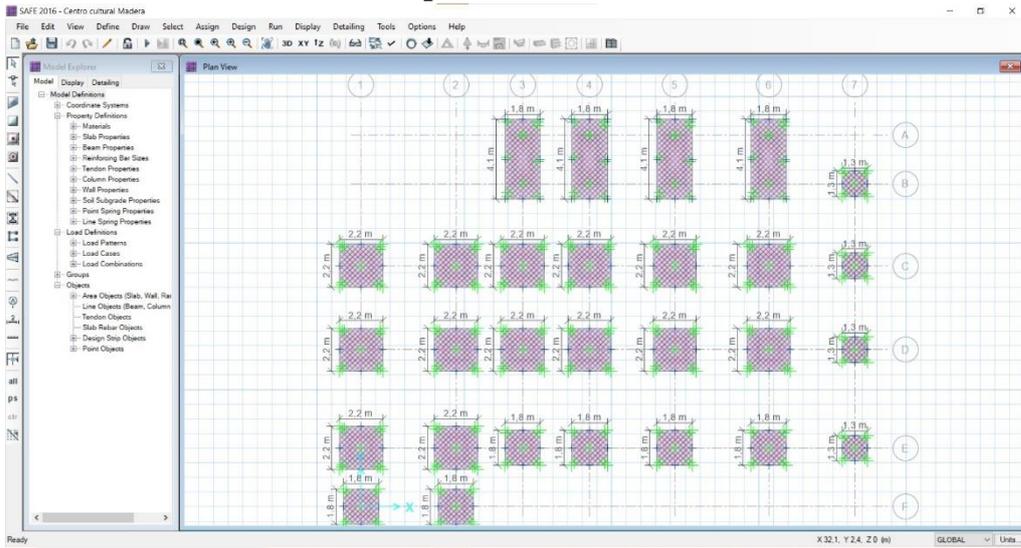


Figura 135: Dimensiones seleccionadas de los plintos.

### 3.8.4 Revisión de las cimentaciones

#### 3.8.4.1 Presiones

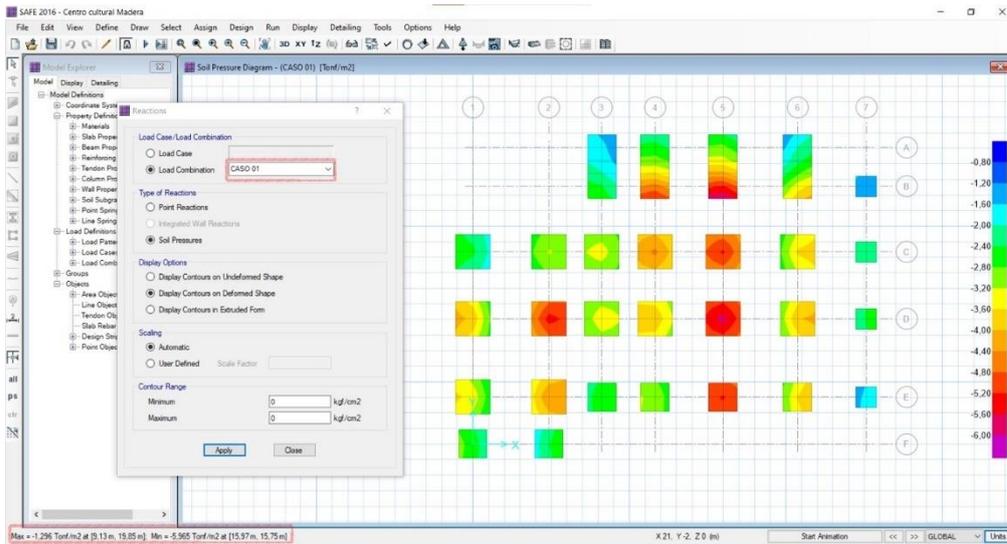


Figura 136: Revisión de presiones mediante cargas de servicio.

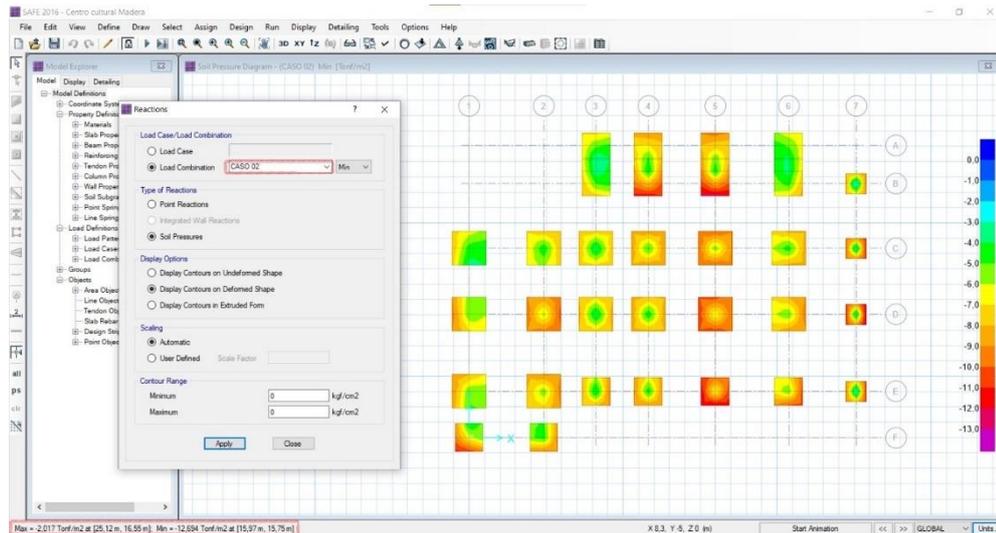


Figura 137: Revisión de presiones mediante cargas de servicio y sísmicas.

La presión más alta que se obtuvo en el caso 1 es de  $5.965 \text{ Tn/m}^2$ , siendo menor a las  $10 \text{ Tn/m}^2$  que puede soportar el suelo donde se ubicara la estructura, por lo que las dimensiones de los plintos son los adecuados, lo mismo sucede con el caso 2 en el cual se obtuvo una presión máxima de  $12.694 \text{ Tn/m}^2$ , valor menor a las  $10 \cdot 1.33 = 13.33 \text{ Tn/m}^2$ .

### 3.8.4.2 Punzonamiento

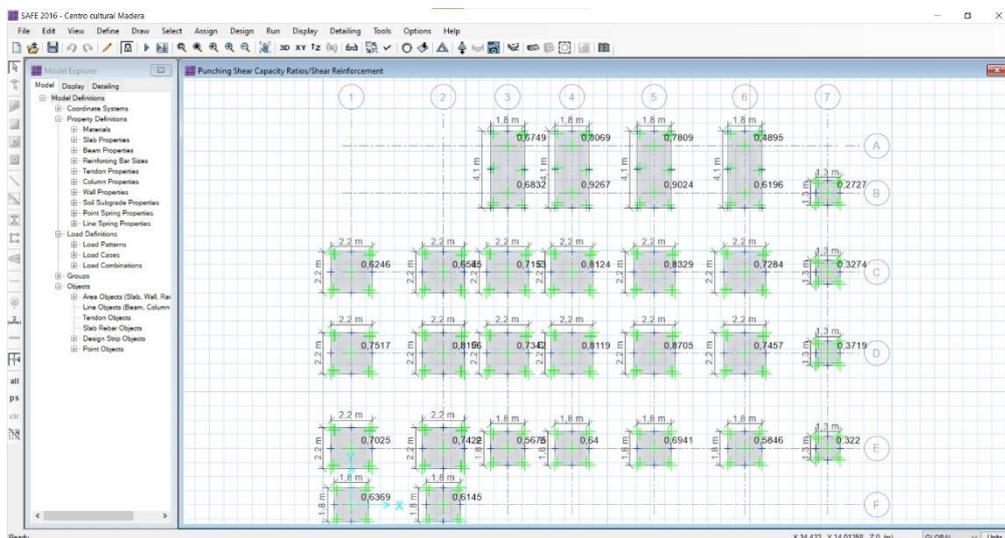


Figura 138: Chequeo a punzonamiento.

Los valores obtenidos de la relación demanda-capacidad en punzonamiento, son menores a 1, es decir tenemos un espesor adecuado.

### 3.8.4.3 Flexión

Plintos de 1.80x1.80 (m), deben armarse con 1Ø14@21cm

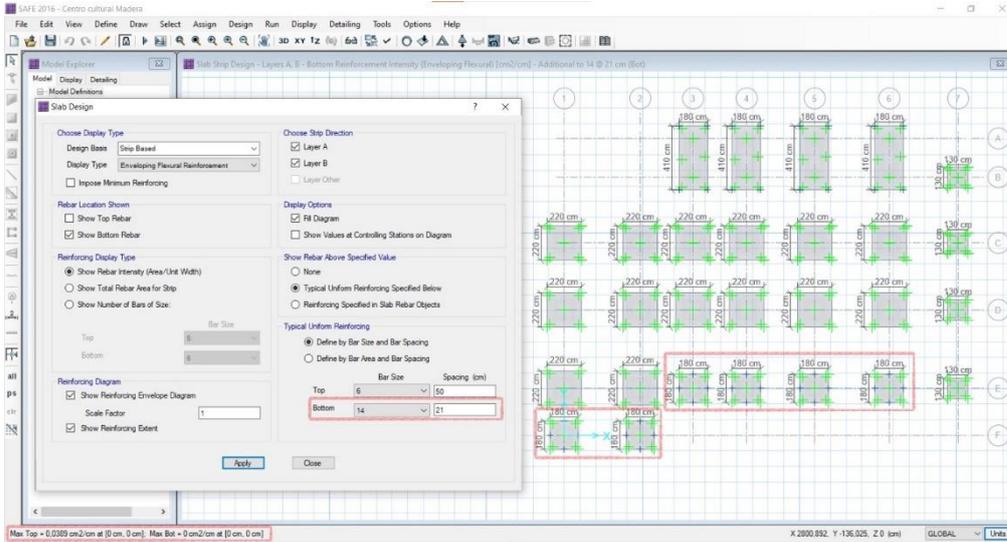


Figura 139: Armado de plintos de 1.80x1.80 (m)

Plintos de 1.30x1.30 (m), deben armarse con 1Ø12@27cm

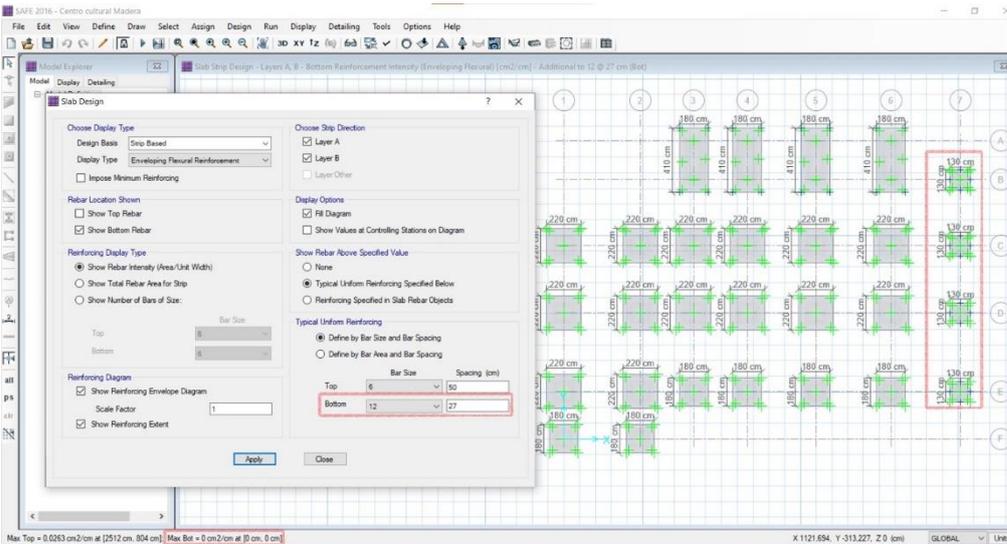


Figura 140: Armado de plintos de 1.30x1.30 (m)

Plintos de 2.20x2.20 (m), deben armarse con 1Ø14@16cm

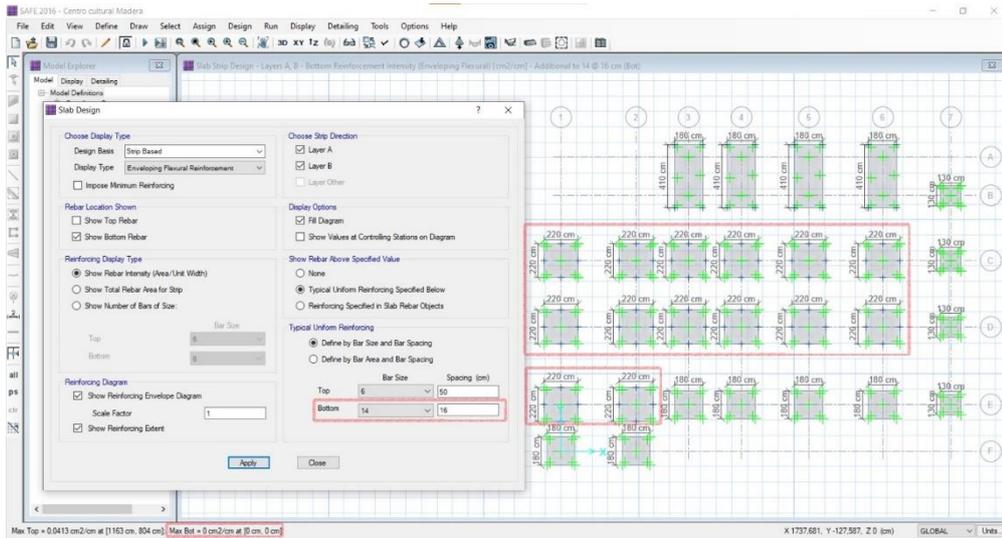


Figura 141: Armado de plintos de 2.20x2.20 (m)

Plintos de 1.80x4.10 (m), deben armarse en el sentido X con 1Ø14@31cm

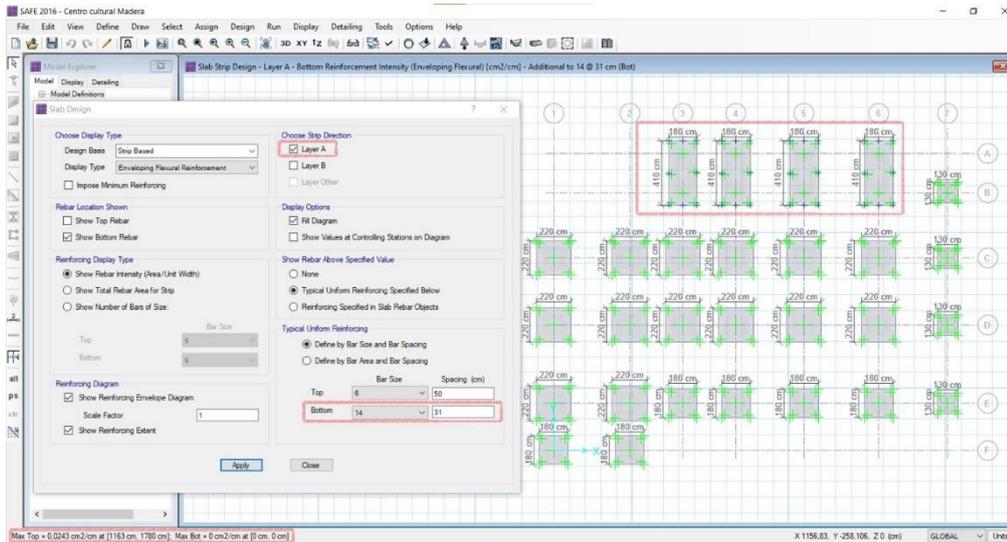


Figura 142: Armado de plintos de 1.80x4.10 (m), en el sentido X.

Plintos de 1.80x4.10 (m), deben armarse en el sentido Y con 1Ø14@13cm

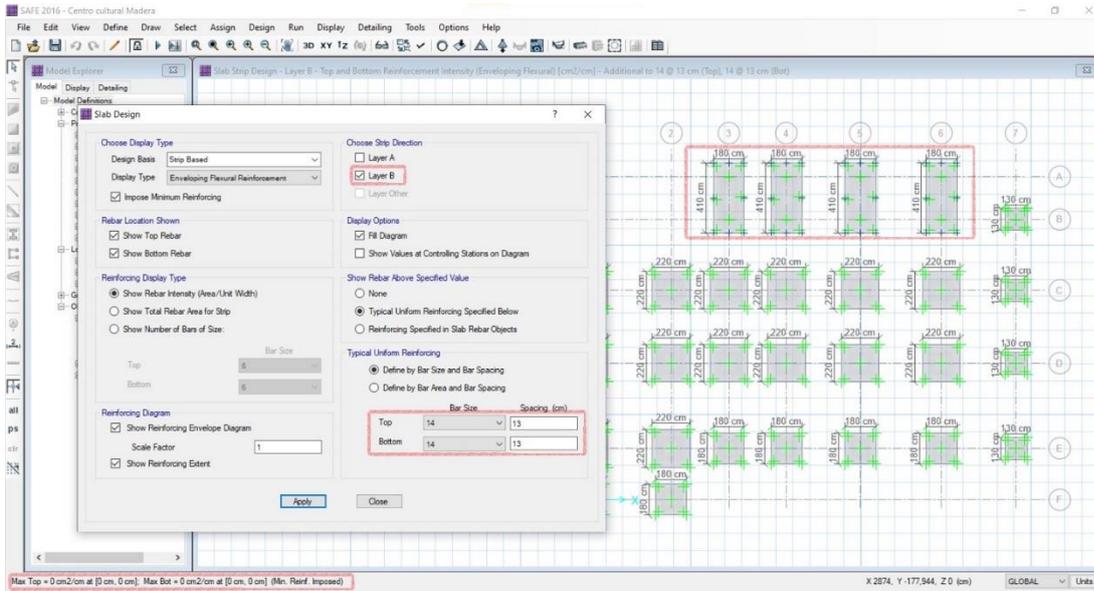


Figura 143: Armado de plintos de 1.80x4.10 (m), en el sentido Y.

### 3.8.4.1 Corte

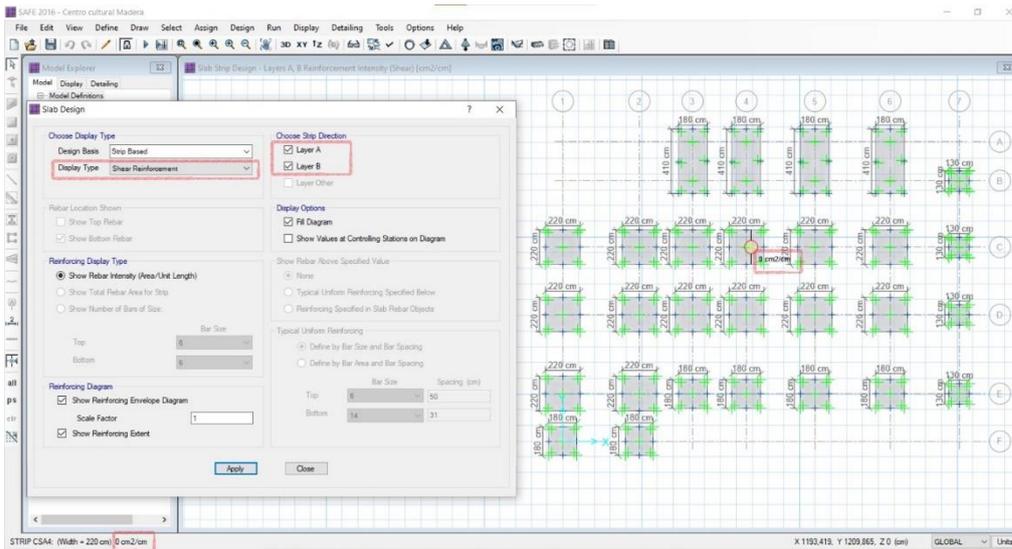


Figura 144: Chequeo a corte de los plintos.



### 3.9.2 Estructura en madera

Tabla 73: Presupuesto referencial para la estructura de madera

#### PRESUPUESTO REFERENCIAL

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO CON MADERA

UBICACION: Mocha - Tungurahua

RUBROS	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	Precio referencial UNITARIO	P. TOTAL
1	RUBRO: REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m <sup>2</sup>	514,53	5,20	2.674,49
2	RUBRO: EXCAVACIÓN MANUAL Y DESALOJO	m <sup>3</sup>	31,22	16,83	525,51
3	RUBRO: REPLANTILLO DE H. SIMPLE 140 kgf/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	6,17	184,81	1.141,04
4	RUBRO: H. SIMPLE EN PLINTOS 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	30,87	218,11	6.732,94
5	RUBRO: RELLENO COMPACTADO MISMO SUELO	m <sup>3</sup>	40,00	19,64	785,69
6	RUBRO: ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/cm <sup>2</sup>	KG	2189,82	2,55	5.583,11
7	RUBRO: CONTRAPISO + MASILLADO 180 kg/cm <sup>2</sup> E=10 cm	m <sup>2</sup>	458,83	34,96	16.042,07
8	RUBRO: COLUMNA DE MADERA ASERRADA 0,35x0,35 (m)	m	68,80	86,46	5.948,41
9	RUBRO: COLUMNA DE MADERA ASERRADA 0,31x0,31 (m)	m	51,60	69,18	3.569,72
10	RUBRO: COLUMNA DE MADERA ASERRADA 0,29x0,29 (m)	m	20,90	61,33	1.281,73
11	RUBRO: COLUMNA DE MADERA ASERRADA 0,27x0,27 (m)	m	101,10	54,00	5.459,02
12	RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,29x0,35 (m)	m	94,43	69,72	6.583,30
13	RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,23x0,35 (m)	m	88,84	55,97	4.972,52
14	RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,15x0,26 (m)	m	219,64	28,81	6.327,81
15	RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,11x0,24 (m)	m	35,36	20,56	727,11
16	RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,07x0,15 (m)	m	65,76	10,16	667,90
17	RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,18x0,25 (m)	m	57,67	32,74	1.887,94
18	RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,12x0,22 (m)	m	647,64	20,56	13.317,55
19	RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,11x0,16 (m)	m	788,08	14,80	11.666,42
<b>SUBTOTAL OBRA CIVIL</b>					<b>95.894,28</b>
<b>IVA 12%</b>					<b>11.507,31</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>					<b>107.401,6</b>

Ambato, Enero /2022  
LUGAR Y FECHA

Kevin Alexis Copo Ramos  
CALCULO

Para analizar el costo de una estructura se la debe dividir entre el esqueleto y los acabados la misma, donde el esqueleto de la estructura o también llamada obra gris representa entre el 40 y 50% del costo total. También en base a referencias de profesionales el costo de la obra gris de una construcción en bambú se encuentra entre los \$105 por cada metro cuadrado, mientras que la madera sube un poco de valor llegando a estar en un costo aproximado de \$120 por cada metro cuadrado, valores que son menores al costo estimado de la obra gris realizada con hormigón armado que se encuentra en un precio que bordea los \$160 por metro cuadrado.

## CAPITULO IV

### 4.1 Conclusiones

- El bambú entre sus características más sobresalientes es el de tener un peso relativamente bajo, lo que facilita su manipulación y transporte, además de ser un material económico para construir debido a que se produce dentro del país y en otros países de América del Sur, este material debe pasar por procesos adecuados para su preservación y correcto funcionamiento estructural, al igual que la madera provienen de un origen vegetal y estos pueden verse afectados por diferentes agentes perjudiciales como por ejemplo insectos, la madera gracias a su diversidad de especies en el Ecuador permite al profesional tener una variedad de posibilidades estéticas y económicas con maderas de diferentes propiedades mecánicas.
- En los dos modelos, después de realizar un cálculo de esfuerzos aproximados que actuaran en los elementos estructurales, se efectuó el predimensionado de los mismos y fueron ingresados en el programa de cálculo el cual nos devolvió otros esfuerzos semejantes y algunos aumentando en pequeña cantidad su valor debido a que el programa si toma en cuenta el peso de los elementos y las fuerzas sísmicas aplicadas, el cual al hacer un nuevo cálculo determinamos las secciones definitivas a utilizarse en las estructuras, cumpliendo con los requerimientos que demanda la Norma Ecuatoriana de la Construcción de bambú y madera.
- Al revisar los requerimientos para obtener un diseño sismo resistente se observa que algunas no se cumplen, por lo que se podrían aumentar secciones como usualmente se realizaría en un diseño de hormigón armado, en nuestro caso se optó por colocar rigidizadores en lugares estratégicos para contrarrestar las derivas de piso y la torsión, también se puede utilizar tensores, pero este método podría encarecer la estructura, y este es un aspecto que se desea bajar. También se puede incluir que el bambú provoca un costo computacional alto

en comparación con la madera debido a que los elementos estructurales son conformados por varios culmos.

- El método de diseño utilizado para el bambú y la madera es el de esfuerzos admisibles (ASD), en el cual nos indica que los esfuerzos solicitantes deben ser menores a los esfuerzos admisibles que en este caso nos indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción, valores que en el caso del bambú deben ser modificados por diferentes factores, mientras que en la madera ya tenemos valores de esfuerzos admisibles exactos, criterio que se cumple en los elementos estructurales elegidos para los dos modelos.
- Al realizar un análisis de precios de los dos modelos observamos que obtenemos un costo de la obra gris menor al que se podría obtener en una construcción de hormigón armado y en el caso del bambú con un costo menor al de la madera, además que estamos bastante cercanos a las estimaciones por metro cuadrado que se recogieron de profesionales que han aplicado estos materiales en construcciones dentro del país.

## **4.2 Recomendaciones**

- Cuando se empieza un diseño estructural, se debe tener una hoja de cálculo para poder introducir las secciones e ir comprobando que las mismos cumplan con los criterios del diseño por esfuerzos admisibles ya sean los efectos por flexión, cortante o aplastamiento y luego introducir los datos en el programa de cálculo y comprobar los requisitos de sismo resistencia.
- Para controlar los efectos de torsión y derivas, se debe ir revisando el movimiento que tienen los modelos en los tres primeros modos de vibración, mediante esta acción se puede determinar donde necesita rigidizar la estructura

para poder contrarrestar los efectos antes mencionados y obtener un diseño sísmico resistente.

- Al momento de comprar las cañas GaK, es recomendable adquirir un 25% más de lo que se cuantifica por temas de cortes en las uniones, recomendación realizada por un profesional constructor con este tipo de material, teniendo en cuenta que los cortes deben realizarse a no más de 5 cm el nudo y esto conlleva a tener un gran desperdicio del material, los nudos cumplen la función de los estribos en las estructuras de hormigón armado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] P. Ammann, “Wooden Public Buildings and Their Fire Safety Regulations Title Wooden Public Buildings and Their Fire Safety Regulations,” 2019.
- [2] F. Galvez, “Teoría , diseño y práctica con bambú , riesgo y sostenibilidad en San Antonio Suchitepéquez,” Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017.
- [3] C. Corduban, N. Taranu, and D. Isopescu, “Modern wooden structures between archetype and inovation,” *Bull. Polytech. Inst. Jassy, Constr. Archit. Sect.*, vol. 7, no. Lxi, pp. 106–111, 2011, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/228776124%0AModern>.
- [4] A. F. Koko, “Bamboo as a Sustainable Material for Building Construction in Nigeria,” *Civ. Environ. Res.*, no. March, 2019, doi: 10.7176/ce/11-8-03.
- [5] R. Karim and S. K. Shill, “Utilization of Bamboo as a Construction Material for Low Cost Housing and Resorts in Bangladesh,” no. April, p. 6, 2015, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/286722198>.
- [6] O. Hidalgo López, *Nuevas tecnicas de construcción con bambú*. Bogota: Estudios técnicos colombianos LTDA., 1978.
- [7] L. F. Calva Chuquimarca, “Diseño De Un Modelo De Vivienda Ecológica Con Bambú Para La Zona Rural De Yantzaza Zamora Chinchipe, Ecuador,” Universidad Nacional de Loja, 2015.
- [8] D. S. Peñaranda, “Análisis estructural de una vivienda prototipo prefabricada de Guadua Angustifolia Kunth,” Universidad la Gran Colombia, 2015.
- [9] J. J. Herrera and L. A. Viteri, “Estudio del comportamiento sismo-resistente en una estructura espacial de caña guadua sometida a carga lateral con inversión, utilizando una modificación de la conexión simón vélez,” Escuela Politécnica Nacional, 2018.
- [10] F. E. Díaz, *Pequeño manual de la guadua*. Taller del Fénix, 2006.
- [11] C. M. Herrera Mesén, “Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú,” INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA

- RICA, 2008.
- [12] J. Morán Ubidia, *Construir con bambú “caña de Guayaquil,”* vol. 53, no. 9. Lima: INBAR-Red Internacional de Bambú y Ratán, 2015.
- [13] MIDUVI, “Estructuras de guadúa (GaK),” *Norma Ecuatoriana la construcción*, p. 94, 2016, [Online]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>.
- [14] X. Londoño, *Bambúes exóticos en Colombia*. 2004.
- [15] INBAR, *El manejo de guaduales naturales*. 2010.
- [16] V. R. Ordoñez, T. Mejía, and Instituto de Ecología A.C. (INECOL), *Manual para la construcción sustentable con bambú*. CONAFOR.
- [17] K. M. Wong, “Bamboo, the amazing grass: a guide to the diversity and study of bamboos in Southeast Asia,” *Int. Plant Genet. Resour. Inst. Univ. Malaya*, p. 98, 2004.
- [18] J. Janssen and INBAR, *Designing and Building with Bamboo*. Technical University of Eindhoven, 2010.
- [19] BAMBUSA, “Bambú Guadua.” <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>.
- [20] D. Witte, “Contemporary Bamboo Housing in South America,” pp. 1–120, 2018, [Online]. Available: <https://digital.lib.washington.edu/researchworks/handle/1773/42216>.
- [21] J. E. Tandazo and G. D. Flores, “Proceso de industrialización de la caña guadua como material alternativo para la construcción y diseño de vivienda tipo de una y dos plantas , empleando caña guadua en sus elementos estructurales,” p. 321, 2012.
- [22] A. La Tegola, L. O. Yépez Roca, W. V. Mera Ortiz, and L. P. Córdova Alcívar, “Guadua Angustifolia Del Ecuador Cuando Está Sometida a Fuerzas Axiales Determination of the Mechanical Properties of Guadua Angustifolia Cane When Subjected To Axial Forces,” vol. 17, p. 7, 2015.

- [23] D. Bonilla and J. Merino, “Estudio de las propiedades físicas de la caña guadúa y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe,” p. 189, 2017, [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17267>.
- [24] L. P. Córdova and W. V. Mera, “Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña Guadúa Angustifolia,” 2014.
- [25] D. T. Sebastian Kaminski, Andrew Lawrence, *Guia de Diseño para la Vivienda de Bahareque Encementado*, vol. 53, no. 9. 2015.
- [26] R. C. De, “NSR-10,” pp. 530–827, 2010.
- [27] E. Norma, “Norma e.100,” pp. 1–55, 2009.
- [28] U. P. E. Oxford, “La madera y sus derivados,” 2013, [Online]. Available: [http://www.oupe.es/es/Secundaria/Tecnologias/proyadarvemotriztecnologiasnacional/Galería documentos/TECNO\\_1\\_interiores.pdf](http://www.oupe.es/es/Secundaria/Tecnologias/proyadarvemotriztecnologiasnacional/Galería documentos/TECNO_1_interiores.pdf).
- [29] A. Takano, *Wood in sustainable construction - a material perspective*, no. September. 2015.
- [30] V. Salazar, “Vivienda con estructura de madera en la ciudad de guayaquil,” p. 196, 2014.
- [31] V. Hervás, “Materiales de uso técnico. La Madera,” *Tecnol. Ind. I*, pp. 1–7, 2012, [Online]. Available: [https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2013/02/materiales\\_madera.pdf](https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2013/02/materiales_madera.pdf).
- [32] Luis J. O. Garcia, “Vigas Para Proyectos Habitacionales , En Arquitectura,” p. 125, 2008.
- [33] A. Espinosa and A. Salazar, “Propiedades físico-mecánicas de uniones clavadas y empernadas, sometidas a comprensión, con madera tipo A, tipo B y tipo C: guayacán, eucalipto y fernansánchez; para el diseño estructural de la cubierta del Proyecto Casa Montúfar 623 (Fonsal). Tesis de In,” vol. 623, p. 470, 2011.
- [34] M. Añasco and S. Rojas, “Estudio de la cadena desde la producción al

consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia*,” *Inbar*, vol. 2, no. Consumo de Bambú, p. 193, 2015, [Online]. Available: <https://bit.ly/3t1EDjO>.

- [35] El Universo, “Real Alto va a los 30 años en Santa Elena y los hallazgos continúan,” 2018. <https://n9.cl/3ml9nj>.
- [36] MIDUVI, *Estructuras de madera*, no. 84. 2013.
- [37] S. Secretaría de Gestión de Riesgos, “Guía Práctica para el diseño de estructuras en madera,” *Arq*, no. 84, p. 10, 2016, [Online]. Available: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-69962013000200001&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962013000200001&lng=en&nrm=iso&tlng=en).
- [38] “Derechos del Buen Vivir.” <https://sites.google.com/site/misitiowebkra/5-derechos-del-buen-vivir/> (accessed Dec. 08, 2021).
- [39] M. del Ambiente, “Procedimientos para autorizar el aprovechamiento y corta de madera,” no. 037, p. 33, 2010.
- [40] J. A. M. Fernández, “Contrucción de tableros y péndulas en puentes colgantes peatonales con bambú como material local,” 2015.
- [41] ABC ARCHITECTURAL SOLUTIONS, “Costo de la Construcción en 2021 ,” Jan. 29, 2021. <https://arquitectomanta.wordpress.com/tag/costo-de-la-construccion-en-2021/> (accessed Dec. 09, 2021).

## ANEXOS

### Anexo 1: Carta compromiso



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



### CARTA DE COMPROMISO

Mocha, 10/05/21

Ingeniero  
Segundo Espín  
Presidente de la Unidad de Titulación  
Carrera de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica  
Presente

Yo, **Danilo Patricio Ortiz Ortiz** en calidad de **Alcalde del GAD de Mocha**, me permito poner en su conocimiento la aceptación y respaldo para el desarrollo del Trabajo de Titulación bajo el Tema: **"Diseño estructural en bambú y madera de un centro cultural y recreativo, que incluye una comparativa de presupuestos de estos biomateriales, realizado con herramientas tecnológicas en la cabecera cantonal del cantón Mocha, provincia de Tungurahua"** propuesto por el estudiante **Kevin Alexis Copo Ramos**, portador de la Cédula de Ciudadanía **180529037-4**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Civil** en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

A nombre de la Institución a la cual represento, me comprometo a apoyar en el desarrollo del Trabajo de Titulación.

Particular que comunico a quien corresponda para los fines pertinentes.

Atentamente.



Ing. Danilo Patricio Ortiz Ortiz

Cédula de Ciudadanía: 1803236031  
No teléfono convencional: 032779216  
No teléfono celular: 0999466478  
Correo electrónico: daniloportiz@hotmail.com

## Anexo 2: Anteproyecto arquitectónico



**GAD MUNICIPAL DE MOCHA**

Mocha, 16 de noviembre 2021.

Oficio No.453-JP-2021.

Arquitecto.  
Orlando Alarcón  
Presente.

De mi consideración:

Por medio de la presente le hago llegar un cordial saludo la misma poner en su conocimiento que revisado el Anteproyecto del centro Cultural y cumple con los parámetros Arquitectónico el mismo que está **APROBADO siempre y cuando se realice las modificaciones que se ha realizado en los planos arquitectónicos** por lo que puede proceder con el trámite para proyecto definitivo.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente.

Arq. Susana Yanzapanta

**JEFA DE PLANIFICACION**



032 779 207  
032 779 217



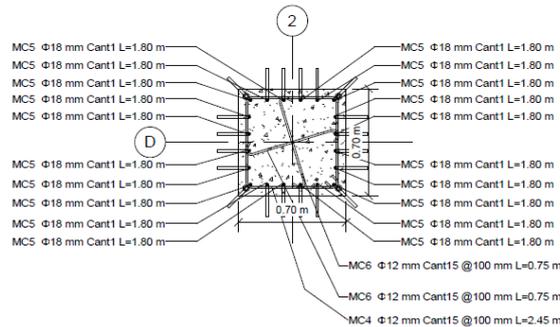
municipio\_mocha@andinanet.net



@gadmocha

### Anexo 3: Armado del fuste de hormigón para la estructura de Bambú.

Datos columna			Calculos		
ancho	70	cm	Num	20	u
prof	70	cm	bc	63,80	cm
var a	6	u	pc	63,80	cm
var p	6	u	<b>Ag</b>	<b>4900,00</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>
Φ log	18	mm	As	50,87	cm <sup>2</sup>
Φ esq	18	mm	cuantia	1,04%	OK
Φ estribos	12	mm	Sep a	10,36	OK
rec	2,50	cm	Sep p	10,36	OK
			Zona Protegida		
			Lo	70,00	cm
			s	10	cm
			Ash	2,87	cm <sup>2</sup>
			ramas	2,5	u



7 Corte fuste 80x80cm  
1 : 25

### Anexo 4: Calculo del perno para conexiones en bambú

#### CALCULO DE PERNO PARA UNIONES EN ELEMENTOS DE BAMBU

NOMBRE KEVIN ALEXIS COPO RAMOS  
 FECHA  
 TELEFONO 997478112  
 e-mail [kcopo0374@utia.edu.ec](mailto:kcopo0374@utia.edu.ec)  
 Norma NEC-SE-GUADUA  
 Metodo Diseño por capacidad

VALORES DE ENTRADA				VALORES DE SALIDA			
Variable	Valor	Unidades	Definicion	Variable	Valor	Unidades	Definicion
D	15	cm	Diametro mayor	d	13,20	cm	Diametro menor
t	1,8	cm	Espesor	A	39,87	cm <sup>2</sup>	Area del culmo Gak
f <sub>v</sub>	70	kgf/cm <sup>2</sup>	esfuerzo a corte ultimo	P <sub>v</sub>	2791	kgf	Fuerza que soporta el bambu
F <sub>y</sub>	36	ksi	esfuerzo de fluencia del perno	A <sub>p</sub>	2,21	cm <sup>2</sup>	Area del perno
h	90	cm	altura viga	Ø <sub>perno</sub>	1,68	cm	diametro del perno
L	5,03	m	Longitud de viga	Ø <sub>perno</sub>	5/8	in	Diametro del perno
				sep-01	270,0	cm	3 <sup>o</sup> h
				sep-02	125,8	cm	L/4
				sep in situ	125,0	cm	separacion adoptada

Anexo 5: Análisis de precios unitarios

Rubro N°1

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: REPLANTEO Y NIVELACIÓN**

UNIDAD: m<sup>2</sup>  
 RENDIMIENTO 0,1778

EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
DESCRIPCION	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,144
TEODOLITO	1,00	12,00	12,00	0,1000	1,200
		-	-	-	-
		-	-	-	-
PARCIAL M					1,344
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
DESCRIPCION (CATEG.)	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
PEON	2,00	3,83	7,66	0,1778	1,360
TOPOGRAFO 2	1,00	4,29	4,29	0,1778	0,760
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,1778	0,760
			-	-	-
PARCIAL N					2,880
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
DESCRIPCION			(A)	(B)	C=A*B
tablas encofrado 3m		U	0,10	1,20	0,120
clavo hierro 2 1/2"		lb	0,02	1,20	0,02
					-
PARCIAL O					0,144
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
DESCRIPCION			(A)	(B)	C=A*B
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					4,368
COSTOS INDIRECTOS 19%					0,830
VALOR PROPUESTO					5,198

Rubro N°2

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: EXCAVACIÓN MANUAL Y DESALOJO**

UNIDAD: m<sup>3</sup>  
 RENDIMIENTO 0,7000

EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
DESCRIPCION	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,645
PARCIAL M					0,645
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
DESCRIPCION (CATEG.)	(A)	(B)	C=A*B	R	D=C*R
PEON	2,00	3,83	7,66	0,7000	5,360
AYUDANTE ALBAÑIL	1,00	3,83	3,83	0,7000	2,680
ALBAÑIL	1,00	3,87	3,87	0,7000	2,710
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,5000	2,150
PARCIAL N					12,900
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
DESCRIPCION		(A)	(B)	C=A*B	
PARCIAL O					-
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
DESCRIPCION		(A)	(B)	C=A*B	
Volquete 8 m <sup>3</sup>	U	0,07	4,29	0,300	
Retroexcavadora	U	0,07	4,29	0,300	
PARCIAL P					0,600
COSTOS DIRECTOS					14,145
COSTOS INDIRECTOS 19%					2,688
VALOR PROPUESTO					16,833

Rubro N°3

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: REPLANTILLO DE H. SIMPLE 140 kgf/cm<sup>2</sup>** UNIDAD: m<sup>3</sup>  
 RENDIMIENTO 3,0000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	2,9475
CONCRETERA 1 SACO	1,00	4,29	4,29	3,0000	12,870
		-	-	-	-
		-	-	-	-
PARCIAL M					15,818
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	2,00	3,83	7,66	3,0000	22,980
AYUDANTE ALBAÑIL	1,00	3,83	3,83	3,0000	11,490
ALBAÑIL	1,00	3,87	3,87	3,0000	11,610
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	3,0000	12,870
			-	-	-
PARCIAL N					58,950
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
CEMENTO	kg	250	0,2664	66,600	
ARENA	m <sup>3</sup>	0,65	9,6	6,240	
RIPIO	m <sup>3</sup>	0,95	7,8	7,410	
AGUA	m <sup>3</sup>	0,24	1,20	0,288	
PARCIAL O					80,538
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					155,306
COSTOS INDIRECTOS 19%					29,508
VALOR PROPUESTO					184,814

Rubro N°4

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: H. SIMPLE EN PLINTOS 210 kg/cm<sup>2</sup>**

UNIDAD: m<sup>3</sup>  
 RENDIMIENTO 1,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	3,0225
CONCRETERA 1 SACO	1,00	4,29	4,29	1,2000	5,150
VIBRADOR	1,00	3,50	3,50	1,2000	4,200
		-	-	-	-
		-	-	-	-
PARCIAL M					12,373
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	8,00	3,83	30,64	1,2000	36,770
AYUDANTE ALBAÑIL	1,00	3,83	3,83	1,2000	4,600
ALBAÑIL	3,00	3,87	11,61	1,2000	13,930
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	1,2000	5,150
			-	-	-
PARCIAL N					60,450
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
CEMENTO	kg	330	0,2664	87,912	
ARENA	m <sup>3</sup>	0,65	7,8	5,070	
RIPIO	m <sup>3</sup>	0,95	7,8	7,410	
AGUA	m <sup>3</sup>	0,24	1,2	0,288	
TABLA ENCOFRADO 3m	UNIDAD	8	1,2	9,600	
CLAVOS 2 1/2"	lb	0,15	1,2	0,180	
PARCIAL O					110,460
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					183,283
COSTOS INDIRECTOS 19%					34,824
VALOR PROPUESTO					218,106

Rubro N°5

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: RELLENO COMPACTADO MISMO SUELO** UNIDAD: m<sup>3</sup>  
 RENDIMIENTO 0,8000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,786
		-	-	-	-
		-	-	-	-
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,786
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	3,00	3,83	11,49	0,8000	9,190
ALBAÑIL	1,00	3,87	3,87	0,8000	3,100
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,8000	3,430
			-	-	-
PARCIAL N					15,720
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
					-
PARCIAL O					-
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
					-
					-
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					16,506
COSTOS INDIRECTOS 19%					3,136
VALOR PROPUESTO					19,642

Rubro N°6

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: ACERO DE REFUERZO FY=4200 kg/cm²**

UNIDAD: KG  
 RENDIMIENTO 0,0300

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,0195
		-	-	-	-
		-	-	-	-
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,020
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	2,00	3,83	7,66	0,0300	0,230
FIERRERO	1,00	3,87	3,87	0,0300	0,120
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,0100	0,040
			-	-	-
PARCIAL N					0,390
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
ACERO DE REFUERZO	KG	1,05	1,56	1,638	
ALAMBRE GALVANIZADO #18	KG	0,05	1,9	0,095	
PARCIAL O					1,733
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					2,143
COSTOS INDIRECTOS 19%					0,407
VALOR PROPUESTO					2,550

Rubro N°7

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: H. SIMPLE EN FUSTES 210 kg/cm<sup>2</sup>**

UNIDAD: m<sup>3</sup>  
 RENDIMIENTO 3,0000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	4,1085
CONCRETERA 1 SACO	1,00	4,29	4,29	3,0000	12,870
VIBRADOR	1,00	3,50	3,50	3,0000	10,500
		-	-	-	-
		-	-	-	-
PARCIAL M					27,479
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	2,00	3,83	7,66	3,0000	22,980
AYUDANTE ALBAÑIL	1,00	3,83	3,83	3,0000	11,490
ALBAÑIL	2,00	3,87	7,74	3,0000	23,220
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	3,0000	12,870
ENCOFRADOR	1,00	3,87	3,87	3,0000	11,610
			-	-	-
PARCIAL N					82,170
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
CEMENTO	kg	350	0,2664	93,240	
ARENA	m <sup>3</sup>	0,65	7,8	5,070	
RIPIO	m <sup>3</sup>	0,95	7,8	7,410	
AGUA	m <sup>3</sup>	0,22	1,2	0,264	
TABLA ENCOFRADO 3m	UNIDAD	10	1,2	12,000	
CLAVOS 2 1/2"	lb	1	1,2	1,200	
PARCIAL O					119,184
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					228,833
COSTOS INDIRECTOS 19%					43,478
VALOR PROPUESTO					272,311

Rubro N°8

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO:** CONTRAPISO + MASILLADO 180 kg/cm<sup>2</sup> E=10 cm UNIDAD: m<sup>2</sup>  
**ESPECIFICACIONES:** LOSETA H.S. e=8cm MASILLADO MORTERO 1:3 e=2cm RENDIMIENTO 1,3000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,7795
CONCRETERA 1 SACO	1,00	4,29	4,29	0,7000	3,000
		-	-	-	-
PARCIAL M					3,780
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	1,3000	4,980
ALBAÑIL	1,00	3,87	3,87	1,3000	5,030
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	1,3000	5,580
		-	-	-	-
PARCIAL N					15,590
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
CEMENTO	kg	33,15	0,2664	8,831	
ARENA	m <sup>3</sup>	0,07	7,8	0,546	
RIPIO	m <sup>3</sup>	0,08	7,8	0,624	
AGUA	m <sup>3</sup>	0,02	0,5	0,010	
		-	-	-	
		-	-	-	
PARCIAL O					10,011
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					29,381
COSTOS INDIRECTOS 19%					5,582
VALOR PROPUESTO					34,963

Rubro N°9

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: COLUMNA DE MADERA ASERRADA 0,35x0,35 (m)** UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,4000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,24
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,240
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,4000	1,530
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,4000	1,550
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,4000	1,720
			-	-	-
PARCIAL N					4,800
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA COLUMINAS, DE TIRISTA 2,2m, DE 0,35m x 0,35m DE SECCION	m <sup>3</sup>	0,1225	550	67,375	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O					67,615
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					72,655
COSTOS INDIRECTOS 19%					13,804
VALOR PROPUESTO					86,459

Rubro N°10

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: COLUMNA DE MADERA ASERRADA 0,31x0,31 (m)**

UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,4000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,24
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,240
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,4000	1,530
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,4000	1,550
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,4000	1,720
			-	-	-
PARCIAL N					4,800
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA COLUMNAS, DE NASTA 2,2m,	m <sup>3</sup>	0,0961	550	52,855	
DE 0,31m x 0,31m DE SECCION CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O					53,095
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					58,135
COSTOS INDIRECTOS 19%					11,046
VALOR PROPUESTO					69,181

Rubro N°11

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: COLUMNA DE MADERA ASERRADA 0,29x0,29 (m)** UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,4000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,24
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,240
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,4000	1,530
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,4000	1,550
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,4000	1,720
			-	-	-
PARCIAL N					4,800
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA COLUMNAS, DE TIESTA 2,2m, DE 0,29m x 0,29m DE SECCION	m <sup>3</sup>	0,0841	550	46,255	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O					46,495
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					51,535
COSTOS INDIRECTOS 19%					9,792
VALOR PROPUESTO					61,327

Rubro N°12

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: COLUMNA DE MADERA ASERRADA 0,27x0,27 (m)**

UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,4000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,24
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,240
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,4000	1,530
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,4000	1,550
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,4000	1,720
			-	-	-
PARCIAL N					4,800
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA COLUMNAS, DE HASTA 2,2m,	m³	0,0729	550	40,095	
DE 0,27m x 0,27m DE SECCION	lb	0,2	1,2	0,240	
CLAVOS					
PARCIAL O				40,335	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P				-	
COSTOS DIRECTOS				45,375	
COSTOS INDIRECTOS 19%				8,621	
VALOR PROPUESTO				53,996	

Rubro N°13

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,29x0,35 (m)** UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,12
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,120
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,2000	0,770
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,2000	0,770
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,2000	0,860
			-	-	-
PARCIAL N					2,400
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA VIGAS, DE HASTA 2,2m, DE 0,29m x 0,35m DE SECCION	m <sup>3</sup>	0,1015	550	55,825	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O				56,065	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
PARCIAL P				-	
COSTOS DIRECTOS				58,585	
COSTOS INDIRECTOS 19%				11,131	
VALOR PROPUESTO				69,716	

Rubro N°14

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,23x0,35 (m)**

UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,12
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,120
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,2000	0,770
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,2000	0,770
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,2000	0,860
			-	-	-
PARCIAL N					2,400
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA VIGAS, DE HASTA 2,2m, DE 0,23m x 0,35m DE SECCION	m³	0,0805	550	44,275	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O				44,515	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P				-	
COSTOS DIRECTOS				47,035	
COSTOS INDIRECTOS 19%				8,937	
VALOR PROPUESTO				55,972	

Rubro N°15

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,15x0,26 (m)**

UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,12
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,120
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,2000	0,770
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,2000	0,770
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,2000	0,860
			-	-	-
PARCIAL N					2,400
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA VIGAS, DE HASTA 2,2m, DE 0,15mx0,26m DE SECCION	m³	0,039	550	21,450	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O				21,690	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P				-	
COSTOS DIRECTOS				24,210	
COSTOS INDIRECTOS 19%				4,600	
VALOR PROPUESTO				28,810	

Rubro N°16

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,11x0,24 (m)**

UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,12
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,120
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,2000	0,770
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,2000	0,770
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,2000	0,860
			-	-	-
PARCIAL N					2,400
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA VIGAS, DE HASTA 2,2m, DE 0,11mx0,24m DE SECCION	m <sup>3</sup>	0,0264	550	14,520	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O					14,760
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					17,280
COSTOS INDIRECTOS 19%					3,283
VALOR PROPUESTO					20,563

Rubro N°17

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,07x0,15 (m)**

UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,12
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,120
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,2000	0,770
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,2000	0,770
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,2000	0,860
			-	-	-
PARCIAL N					2,400
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA VIGAS, DE HASTA 2,2m, DE 0,07mx0,15m DE SECCION	m³	0,0105	550	5,775	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O				6,015	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P				-	
COSTOS DIRECTOS				8,535	
COSTOS INDIRECTOS 19%				1,622	
VALOR PROPUESTO				10,157	

Rubro N°18

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,18x0,25 (m)**

UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,12
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,120
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,2000	0,770
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,2000	0,770
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,2000	0,860
			-	-	-
PARCIAL N					2,400
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA VIGAS, DE HASTA 2,2m, DE 0,18mx0,25m DE SECCION	m <sup>3</sup>	0,045	550	24,750	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O				24,990	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P				-	
COSTOS DIRECTOS				27,510	
COSTOS INDIRECTOS 19%				5,227	
VALOR PROPUESTO				32,737	

Rubro N°19

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,12x0,22 (m)** UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,12
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,120
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,2000	0,770
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,2000	0,770
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,2000	0,860
			-	-	-
PARCIAL N					2,400
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA VIGAS, DE HASTA 2,2m, DE 0,12mx0,22m DE SECCION	m³	0,0264	550	14,520	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O					14,760
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					17,280
COSTOS INDIRECTOS 19%					3,283
VALOR PROPUESTO					20,563

Rubro N°20

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: VIGA DE MADERA ASERRADA 0,11x0,16 (m)** UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,2000

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,12
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,120
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,2000	0,770
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,2000	0,770
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	1,00	4,29	4,29	0,2000	0,860
			-	-	-
PARCIAL N					2,400
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
MADERA ASERRADA PARA VIGAS, DE HASTA 2,2m, DE 0,11mx0,16m DE SECCION	m³	0,0176	550	9,680	
CLAVOS	lb	0,2	1,2	0,240	
PARCIAL O					9,920
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					12,440
COSTOS INDIRECTOS 19%					2,364
VALOR PROPUESTO					14,804

Rubro N°21

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: PREPARACION Y UBICACIÓN DEL BAMBU EN COLUMNAS** UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,1333

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,0685
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,069
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,1333	0,510
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,1333	0,520
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	0,60	4,29	2,57	0,1333	0,340
			-	-	-
PARCIAL N					1,370
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
BAMBU (GUADUA ANGUSTIFOLIA)	m	1	1,67	1,670	
				-	
				-	
PARCIAL O				1,670	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P				-	
COSTOS DIRECTOS					3,109
COSTOS INDIRECTOS 19%					0,591
VALOR PROPUESTO					3,699

Rubro N°22

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: CONFECCION DE RELLENO Y ANCLAJE DE APOYOS DE COLUMNA** UNIDAD: UNIDAD  
 RENDIMIENTO 1,3333

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,685
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,685
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	1,3333	5,110
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	1,3333	5,160
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	0,60	4,29	2,57	1,3333	3,430
			-	-	-
PARCIAL N					13,700
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
PASADOR 5/8" CON TUERCA Y ARANDELA	UNIDAD	1	1,8	1,800	
VARILLA ROSCADA 3/16" o 12 mm CON GANCHO	UNIDAD	1	3,7	3,700	
ARENA	m <sup>3</sup>	0,003	7,8	0,023	
AGUA	m <sup>3</sup>	0,002	1,2	0,002	
CEMENTO	KG	0,5	0,2664	0,133	
PARCIAL O					5,659
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					20,044
COSTOS INDIRECTOS 19%					3,808
VALOR PROPUESTO					23,852

Rubro N°23

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: PREPARACION Y UBICACION DEL BAMBU EN VIGAS** UNIDAD: m  
 RENDIMIENTO 0,1333

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,0685
		-	-	-	-
PARCIAL M					0,069
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,1333	0,510
CARPINTERO	1,00	3,87	3,87	0,1333	0,520
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	0,60	4,29	2,57	0,1333	0,340
			-	-	-
PARCIAL N					1,370
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
BAMBU (GUADUA ANGUSTIFOLIA)	m	1	1,67	1,670	
				-	
				-	
PARCIAL O				1,670	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					3,109
COSTOS INDIRECTOS 19%					0,591
VALOR PROPUESTO					3,699

Rubro N°24

**NOMBRE DEL OFERENTE:** KEVIN COPO  
**PROYECTO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL Y RECREATIVO  
 CANTÓN MOCHA  
 PROVINCIA TUNGURAHUA

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: CONFECCION DE UNIONES PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

UNIDAD: UNIDAD  
 RENDIMIENTO: 0,1333

EQUIPOS DESCRIPCION	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)	1,00	-	-	-	0,063
PARCIAL M					0,063
MANO DE OBRA DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD (A)	JORNAL/HR (B)	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
PEON	1,00	3,83	3,83	0,1333	0,510
CARPINTERO	0,80	3,87	3,10	0,1333	0,410
MAESTRO MAYOR DE OBRAS CIVILES	0,60	4,29	2,57	0,1333	0,340
PARCIAL N					1,260
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	UNITARIO (B)	COSTO C=A*B	
VARILLA 5/8" CON TUERCA Y ARANDELA	UNIDAD	1	1,4	1,400	
ARENA	m <sup>3</sup>	0,003	7,8	0,023	
AGUA	m <sup>3</sup>	0,002	1,2	0,002	
CEMENTO	KG	0,5	0,2664	0,133	
PARCIAL O					1,559
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO C=A*B	
				-	
PARCIAL P					-
COSTOS DIRECTOS					2,882
COSTOS INDIRECTOS 19%					0,548
VALOR PROPUESTO					3,430

Anexo 6: Planos estructurales de los dos modelos propuestos