

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES

UCC – CAMPUS MATAGALPA



UCC

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Ingeniería Civil e Industrial

**Curso de Culminación en Proyectos de investigación para optar al título de
Ingeniero Civil**

Uso estructural del bambú en infraestructura de empresa Bambucen, Comarca San Francisco, municipio de Matagalpa, II semestre del 2022.

ELABORADO POR:

Br. Fernanda José Rayo Largaespada.

Br. Marianeth Blandón Cruz.

Br. Jensel José Zelaya Martínez

TUTOR TECNICO: MSc. Manuel Márquez

TUTOR METODOLOGICO: MSc. Darling Torres

MATAGALPA, DICIEMBRE 2022

CARTA AVAL

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedicamos primeramente a Dios por habernos brindado sabiduría y perseverancia para poder culminar nuestra formación profesional y a nuestros padres por apoyarnos con amor y trabajo a lo largo de la carrera, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios porque sin su ayuda no habríamos podido llegar hasta aquí hoy, a nuestros padres por ser un apoyo incondicional para nuestra preparación.

Agradecemos a nuestros tutores el MSc. Manuel Márquez y la MSc. Darling Torres, por ser guías en este difícil camino y ayudarnos a lo largo de la investigación poder culminar con éxito nuestra carrera y especialmente agradecemos al señor Edgar Castillo dueño de la empresa Bambucen por permitirnos trabajar de la mano con ellos.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Antecedentes y contexto del problema	2
1.1.1. Antecedentes internacionales.....	2
1.1.2. Antecedentes Nacionales	3
1.1.3. Antecedente Local	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Descripción del problema y pregunta de investigación	6
1.4. Justificación.....	7
1.5. Limitaciones	8
1.6. Hipótesis	9
1.7. Variables	10
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	11
2.1. Estado del arte	11
2.2. Teorías y conceptos asumidos.....	14
2.3. Marco contextual, institucional.	18
2.3.1. Marco conceptual	18
2.3.2. Marco histórico	24
2.3.3. Marco legal	26
2.3.4. Marco contextual	29
2.3.5. Marco institucional	32
CAPÍTULO III: DISEÑO METOLÓGICO.....	33
3.1. Tipo de investigación	33
3.1.1. Enfoque	33
3.1.2. Paradigma	33
3.1.3. Alcance.....	34
3.1.4. Por su profundidad	34
3.1.5. Orientación en el tiempo.....	35
3.1.6. Según el método empleado.....	35
3.1.7. En función de propósito.....	36

3.1.8. Por los medios de obtener datos	36
3.2. Área de estudio	36
3.3. Unidades de análisis:	37
3.3.1. Población	37
3.3.2. Muestra	37
3.3.3. Muestreo	37
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.4.1. Técnicas de Investigación	38
3.5. Confiabilidad y validez de los instrumentos	38
3.6. Procesamiento de datos y análisis de la información	38
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
4.1. Propiedades del bambú	48
4.1.1. Resistencia	48
4.1.2. Flexibilidad	49
4.2. Proceso de tratamiento del bambú	51
4.2.1. Proceso de corte del bambú para utilizarse en estructuras	51
4.2.2. Proceso de limpieza inicial	52
4.2.3. Proceso de lavado	52
4.2.4. Método de secado	53
4.2.5. Método de curado	54
4.2.6. Método de quemado del bambú	55
4.2.7. Almacenamiento del bambú	56
4.3. Estructura	56
4.4. Diseño estructura de techo	58
4.4.1. Ensamble o uniones de bambú	59
4.4.2. Cubierta de techo de bambú	60
4.4.3. Vigas longitudinales y transversales	61
4.4.4. Armado de cerchas	62
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	65
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFIA	68
ANEXOS O APENDICES	71

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: ESTADO DEL ARTE.....	11
TABLA 2: BASE DE DATOS DE ESTUDIOS RELACIONADOS CON EL TEMA.....	13
TABLA 3: NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS DEL BAMBÚ.....	27
TABLA 4: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	39

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MACRO-LOCALIZACIÓN BAMBUCEN	30
FIGURA 2: MICRO-LOCALIZACIÓN BAMBUCEN	31
FIGURA 3: ESTRUCTURA DE TECHO FINAL, ELABORADA EN CONJUNTO CON BAMBUCEN..	47
FIGURA 4: CERCHAS TIPO WARREN PARA REFORZAR ESTRUCTURA.....	49
FIGURA 5: PRUEBA DE RESISTENCIA AL AGUA	49
FIGURA 6: ESTRUCTURA DE TECHO SOMETIDA A 115 LB	50
FIGURA 7: MEDIDAS ANTES Y DESPUÉS DE SOMETER A CARGA LA ESTRUCTURA	50
FIGURA 8: LIMPIEZA INICIAL.....	52
FIGURA 9: SECADO DEL BAMBÚ	53
FIGURA 10: BAMBÚES EN PROCESO DE CURADO	54
FIGURA 11: BAMBÚ CON CURADO FINALIZADO	54
FIGURA 12: QUEMADO DEL BAMBÚ	55
FIGURA 13: ALMACENAMIENTO DEL BAMBÚ	56
FIGURA 14: PAREDES CON ESTERILLADO DE BAMBÚ.....	57
FIGURA 15: PAREDES ESTERILLADO + MORTERO	57
FIGURA 16: COLUMNA DE 4 ELEMENTOS	57
FIGURA 17: VIGAS EN BAMBUCEN	57
FIGURA 18: ESTRUCTURA DE TECHO	58
FIGURA 19: ESTRUCTURA DE TECHO EMPERNADA Y REFUERZO CON SOGA.....	59
FIGURA 20: CORTES PARA UNIONES CON BAMBÚ	60

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ENTREVISTA A DUEÑO DE BAMBUCEN	72
ANEXO 2: GUÍA DE OBSERVACIÓN BAMBUCEN	74
ANEXO 3: GUÍA DE OBSERVACIÓN.....	76
ANEXO 4: REALIZACIÓN DE DIBUJO EN PLANTA.....	77
ANEXO 5: FABRICACIÓN DE ESPICHES.....	77
ANEXO 6: CORTE DE ESPICHES A MEDIDA.....	78
ANEXO 7: ARMADO DE CERCHAS	78
ANEXO 8: FIJACIÓN DE LAS CERCHAS CON MEZCLA DE ASERRÍN Y PEGA DE MADERA	79
ANEXO 9: PEGA DE MADERA UTILIZADA EN LA MEZCLA	79
ANEXO 10: POSICIÓN DE LAS CERCHAS SEGÚN PLANO	80
ANEXO 11: FIJACIÓN DE LAS CERCHAS CON REGLA DE MADERA Y VIGAS PERMANENTES ..	80
ANEXO 12: UNIÓN DE CLAVADORES A LAS CERCHAS	81
ANEXO 13: LIJADO DE ESTRUCTURA DE TECHO.....	81
ANEXO 14: FLAMEADO DE MAQUETA.....	82
ANEXO 15: BARNIZADO FINAL DE LA MAQUETA.....	82
ANEXO 16: PRIMER DISEÑO DE ESTRUCTURA DE TECHO	83
ANEXO 17: VISTA FRONTAL PRIMER DISEÑO ESTRUCTURA DE TECHO	84
ANEXO 18: SEGUNDO DISEÑO ESTRUCTURA DE TECHO 2D (VISTA EN PLANTA)	85
ANEXO 19: DISEÑO DE CERCHA 2D	86
ANEXO 20: ESTRUCTURA DE TECHO 3D SEGUNDO DISEÑO (VISTA INFERIOR).....	87
ANEXO 21: ESTRUCTURA DE TECHO 3D SEGUNDO DISEÑO (VISTA SUPERIOR DERECHA). 88	
ANEXO 22: ESTRUCTURA DE TECHO 3D MODIFICADA (VISTA INFERIOR)	89
ANEXO 23: ESTRUCTURA TECHO 3D MODIFICADA (VISTA SUPERIOR DERECHA).....	90
ANEXO 24: COSTOS DE MATERIALES “ESTRUCTURA DE TECHO DE BAMBÚ”	91
ANEXO 25: PRESUPUESTO GENERAL “ESTRUCTURA DE TECHO DE BAMBÚ”	91
ANEXO 26: COSTO DE MATERIALES “ESTRUCTURA METÁLICA”	92
ANEXO 27: PRESUPUESTO GENERAL “ESTRUCTURA DE TECHO METÁLICA”	93
ANEXO 28: ESPECIES COMUNES DE BAMBÚ EN NICARAGUA	94

SIGLAS Y ABREVIATURAS

MEFCCA	Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa.
NTC	Normas Técnicas Colombianas del Bambú
GTC	Guías Técnicas Colombianas del Bambú
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
NTON	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
CC	Cartilla de la Construcción
AutoCAD	Software diseño Asistido por Computadoras
T	Rigidez
P	Pendiente
R	Resistencia
MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura
Sketchup	Software de diseño 3D

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el uso estructural del bambú en estructura de la empresa Bambucen, Comarca San Francisco, municipio de Matagalpa, en el II semestre del 2022, la investigación se realizó a través de visitas de campo, guía de observación, entrevista al dueño de la empresa en conjunto con uno de sus trabajadores con más experiencia. La variable estudiada fue el uso estructural del bambú. La empresa Bambucen utiliza el bambú en toda su estructura en elementos que van desde las columnas hasta presentaciones de cielo falso en diferentes tipos de bambú. La investigación determinó que el bambú es una buena opción para utilizar como material de construcción ya que es altamente flexible, lo que hace que sea un material antisísmico y por medio de tratamientos puede aumentar su capacidad de durabilidad para ser un material de construcción de calidad que puede ser usado para las columnas, vigas, estructuras de techo, etc. El dueño de Bambucen creó esta empresa para mostrar los diferentes usos que tiene el bambú, usos que van desde la elaboración de artesanías hasta construcciones verticales (por ejemplo, sus instalaciones), cuentan con su propia plantación de bambú y sus diferentes especies.

Palabras clave: bambú, infraestructura, elemento estructural, eco amigable.

ABSTRACT

In the present research was evaluated the structural use of bamboo in structure of the Bambucen company, San Francisco-Matagalpa, in the second semester of 2022, the research was carried out through field visits, observation guide, interview with the owner of the company in conjunction with one of the most experienced workers. The variable studied was the structural use of bamboo. The Bambucen company uses bamboo throughout its structure in elements ranging from columns to false sky presentations in different types of bamboo. The research determined that bamboo is a good option to use as a building material since it is highly flexible which makes bamboo an anti-seismic material and through treatments can increase its durability capacity to be a quality building material that can be used for columns, beams, roof structures. The owner of Bambucen founded this company to show the different uses that bamboo has, uses ranging from the elaboration of crafts to vertical constructions (for example, the company building), they have their own bamboo plantation and its different species.

Keywords: bamboo, structure, structural element, eco-friendly.

INTRODUCCIÓN

“El sector de la construcción es uno de los mayores explotadores de los recursos del planeta y algunos de estos recursos no son renovables” Dobrowolska, K. (2021) así mismo, tiene un efecto en la vida silvestre por ejemplo la contaminación del aire y el agua, estos son cambios que afectan de gran manera la vida de los animales haciendo que estos deban adaptarse a una nueva forma de vida.

Buscar alternativas de materiales de construcción puede ser una de las maneras que disminuir el impacto negativo que tiene el sector de la construcción para con el planeta, la construcción ecológica con materiales renovables es una opción óptima para poder reducir la huella de carbono provocada por la construcción.

El bambú también conocido como el acero vegetal y la planta de los mil usos según Rodríguez, J. (2006), es una alternativa para la construcción amigable con el medio ambiente, es una planta con un alto valor ecológico, su tiempo de crecimiento es de 4 a 6 años lo que es relativamente corto en comparación a otras plantas, su rápido crecimiento y su alta resistencia lo convierte en una opción para la construcción eco amigable que puede utilizarse en parte de una estructura como las columnas, vigas, cerchas, etc.

La siguiente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el uso estructural del bambú en estructura de empresa Bambucen, Comarca San Francisco, municipio de Matagalpa. A fin de conocer las propiedades del bambú y como este trabaja tras ser sometido a una serie de tratamiento para ser utilizado como un elemento estructural, al final de la investigación se modeló una estructura de techo a escala con bambú especie *Dendrocalamus asper*, esta estructura se sometió a pruebas de rigidez y resistencia demostrando que es un material apto para utilizar en construcciones de diferentes tipos de estructuras.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes y contexto del problema

Después de haber realizado un proceso de investigación se encontraron los siguientes estudios relacionados con el uso estructural del bambú.

1.1.1. Antecedentes internacionales

- Martínez, S. (2015) realizó un estudio sobre “Bambú como material estructural” en Valencia, con el objetivo de estudiar la aptitud del bambú como elemento estructural, se estudian y describen los aspectos generales de la construcción en bambú, así como las implicaciones medioambientales, su uso como material de construcción es una ventaja medioambiental ya que sustituye el acero, hormigón por un material renovable, este artículo es de tipo documental, ya que su basamento es la recopilación de información bibliográfica, se concluyó por medio de la información recopilada y los datos obtenidos mediante el cálculo de las estructuras que el bambú es un material con gran potencial para la construcción actual y futura, debido a sus características como especie, es un recurso forestal de gran valor que interesa para aliviar la carga que sufren parte de las especies arbóreas maderables y ayuda a frenar la deforestación masiva de árboles.
- Ramírez, D. (2019) realizó el trabajo de investigación “Criterios de diseño arquitectónico para el uso del bambú en la construcción de vivienda sostenible en la UPIS Villa Chulucanas en el distrito de Castilla-Piura, 2019” se desarrolló con el principal objetivo de determinar cuáles son los criterios de diseño arquitectónicos para el uso del bambú en la construcción de vivienda sostenible, el enfoque del trabajo de investigación es cuantitativo, además es no experimental y con un nivel de investigación tipo descriptivo, se concluyó que el bambú es un material sostenible pues cumple con muchos de los criterios que

se utiliza para definir el uso de estos en la construcción de vivienda sostenible, es un material duradero conocido como el acero vegetal.

- Dalal, A. (2021) realizó el proyecto integral de grado “Estrategia para el uso alternativo del bambú como material sustentable para la construcción de viviendas verdes en Colombia” con el objetivo de formular una propuesta del uso del bambú como alternativa de material de construcción para viviendas verdes en Colombia, el diseño metodológico parte de un estado del arte y una visualización de los proyectos exitosos desarrollados hasta ahora con este material, concluyendo que el bambú es un material con infinidad de usos y en la industria de la construcción es ampliamente utilizada gracias a la cantidad de especies con puntos fuertes específicos, su composición generalmente fibrosa que permite modificarla mediante cortes transversales, longitudinales y parciales, al ser huecos en el interior es un material muy ligero, pero igualmente resistente que logra desarrollar estructuras livianas y de fácil transporte permitiendo la construcción de viviendas en zonas apartadas.

1.1.2. Antecedentes Nacionales

- Bonilla, J. (2017) realizó un anteproyecto titulado “Modelo de vivienda social a partir del uso integral de la Guadua angustifolia kunth para las zonas urbanas y rurales de Nicaragua”, que tiene como objetivo desarrollar un modelo de vivienda social integral, que se adecue a las nuevas exigencias socio ambientales de Nicaragua, este anteproyecto se realizó basado en el conocimiento adquirido en la primera edición de la especialización en gestión ambiental local, concluyendo que el bambú es una solución con características que ofrecen al ser humano una herramienta de desarrollo más sustentable, ya que a nivel mundial los diferentes desequilibrios medioambientales requieren tomar responsabilidad socio ambiental y así poder diseñar nuevas medidas de desarrollo que brinden soluciones integrales que se adecuen a las necesidades socioambientales.

- Alemán, I. & Hernández, E. (2012) “Propuesta de Anteproyecto Arquitectónico de Vivienda de Interés Social con Sistema Constructivo de Bambú”, en el Barrio Camilo Chamorro, Departamento de Managua”, la realización de este trabajo consiste en una propuesta de vivienda de interés social a base de bambú, tiene como objetivo el diseño de espacios y ambientes arquitectónicos que consideren la habitabilidad y la funcionalidad en la vivienda de interés social del país, así mismo plantear un sistema alternativo de construcción a base de bambú, el tipo de estudio abordado es de carácter descriptivo, ya que se delimita en hechos que conforman el problema de investigación, la población de estudio en cuestión son las personas de bajos recursos económicos a quienes va dirigido dar una solución al problema de difícil acceso a una vivienda digna, concluyó con el diseño de una vivienda con los ambientes básicos requeridos para una correcta y cómoda realización de actividades diarias, este diseño es en base a medidas mínimas propuestas por los reglamentos de país.

1.1.3. Antecedente Local

- Castro, A. (2014) realizó un “Estudio de factibilidad para la construcción de viviendas de interés social con el sistema constructivo de bambú en el municipio El Tuma-La Dalia, departamento de Matagalpa” con el objetivo de proponer un diseño de vivienda de interés social a base de bambú, determinando su factibilidad para la construcción de proyectos habitacionales en dicho municipio. Se considera que la investigación es de tipo exploratorio por tratarse de un primer acercamiento a un estudio de factibilidad para la construcción con bambú, concluyendo que en base a la problemática habitacional que existe en Nicaragua y tomando en cuenta las características que posee el bambú en la construcción, se realizó una alternativa de solución que diera respuesta al déficit existente, para esto se indagó sobre las zonas potenciales para el bambú y se diseñó un modelo de vivienda que cumpliera con las necesidades habitacionales de la población, logrando incorporar el sistema constructivo de bambú para la zona del municipio El Tuma-La Dalia.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el uso estructural del bambú en estructura de empresa Bambucen, Comarca San Francisco, municipio de Matagalpa, II semestre del 2022.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades estructurales del bambú a través de estructura de la empresa Bambucen.
- Explicar proceso de tratamiento del bambú para uso estructural en estructura de la empresa Bambucen.
- Especificar el uso estructural del bambú en estructura de la empresa Bambucen.
- Diseñar planos de estructura de techo a base de bambú.
- Modelar estructura de techo a escala con bambú.

1.3. Descripción del problema y pregunta de investigación

Según Gálvez, F. (2017) el bambú “es un recurso natural sostenible debido a que el impacto ecológico es reducido comparado con otros materiales como la madera, el PVC, aluminio, acero y el cemento”. (p. 39)

El mismo antes mencionado dice que el bambú ayuda en la conservación de suelos, estabilización de laderas, evitando la erosión de estos. Solamente se planta una vez y se renueva así mismo. Gracias a sus propiedades físico-mecánicas es un material sismo-resistente adecuado para construcción; se puede combinar con otros materiales como madera, concreto, metal, etc. Sus tres características principales son: Flexible, liviano y duro.

La empresa Bambucen utiliza en toda su estructura el bambú como elemento estructural principal, es por ello que la presente investigación busca evaluar el buen funcionamiento del bambú como elemento estructural de alta resistencia para construcciones sostenibles y ecológicas. Por lo que se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es el uso estructural del bambú en estructura de empresa Bambucen, Comarca San Francisco, municipio de Matagalpa, II semestre 2022?

1.4. Justificación

La construcción es uno de los principales contribuyentes al desarrollo de un país, y así mismo es uno de los emisores de gases de efecto invernadero, extractores de materia prima, y destructores del hábitat, que son efectos que resultan dañinos para el medio ambiente. En el sector de la construcción los materiales que se requieren para la realización de una obra como son el acero, el cemento; estos dependen de combustibles fósiles lo que hace que un proyecto incluso antes de iniciarlo sea alto en carbono lo que genera una huella de carbono bastante significativa.

El bambú es un material eco amigable que podría ser una de las soluciones más viables para la construcción con materiales alternativos, gracias a su capacidad de reproducción y alta resistencia.

Es por ello por lo que surge la idea de investigar el uso estructural del bambú en estructura de empresa Bambucen, Comarca San Francisco, municipio de Matagalpa, con el fin de evaluar el uso de este material como elemento estructural en la construcción.

Cabe señalar que este estudio será de gran relevancia para el desarrollo de construcciones sostenibles, pues dará a conocer que el bambú es un material altamente resistente y amigable con el medio ambiente.

Los resultados de esta investigación beneficiarán en primer lugar a la empresa, ya que no se han efectuado estudios similares y ellos son productores y distribuidores del bambú. Además, este será de utilidad para empresas constructoras para el uso del bambú en construcciones, así como a futuras investigaciones relacionadas a esta temática e iniciativas que promuevan el aprovechamiento sostenible del bambú. Por otra parte, a los estudiantes de Ingeniería civil les ayudará a ampliar los conocimientos y habilidades investigativas con relación a construcciones sostenibles con el bambú ya que el país debe apuntar a un desarrollo más sostenible.

1.5. Limitaciones

- En Nicaragua no se cuenta con código de diseño específico para el uso estructural del bambú. Debido a que no hay una base de datos ni documentación en cuanto a las especies existentes y en base a la resistencia del bambú, las construcciones de bambú existentes en Nicaragua se realizan de forma empírica o con parámetros de estudios realizados en otros países.
- En Nicaragua solo hay plantaciones de bambú en la zona del caribe norte, Rosita y Bonanza, la región autónoma de Atlántico Sur y el departamento de Masaya, por ser sectores húmedos y propicios para la producción del bambú.

1.6. Hipótesis

Gracias a que el bambú es un material altamente resistente, flexible y de rápido crecimiento, permite ser utilizado en todos los elementos de la estructura de empresa Bambucen; como en columnas, vigas, cielo falso, estructura de techo y paredes.

1.7. Variables

Uso estructural del bambú

- Propiedades del bambú
- Tratamiento del bambú
- Elementos de estructura
- Estructura de techo

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. Estado del arte

Tabla 1: Estado del arte

Autor(es) y año en orden cronológico	Principales teorías y aporte al tema de investigación
Rodríguez Juan, 2006	El bambú tiene algunas ventajas, su flexibilidad lo hace antisísmico, ya hay experiencias en Costa Rica durante el terremoto en Puerto Limón de 1991. Las únicas viviendas que resistieron fueron las construidas con bambú. Las viviendas de bambú aíslan el frío, el calor y el ruido por las cámaras de aire que forman los troncos del bambú.
López, L. F., & Correal, J. F. 2009.	Este artículo presenta los resultados de un estudio experimental, desarrollado en la Universidad de Los Andes en Bogotá Colombia, acerca del potencial de los laminados de guadua como material estructural. Los esfuerzos de diseño a compresión, tracción, corte y flexión de los laminados de guadua son comparados con los respectivos esfuerzos de las maderas estructurales Andinas. Se puede concluir que los laminados de guadua se proyectan como un material alternativo para la construcción de estructuras.
Gutiérrez, M, & Takeuchi, C. 2014.	El bambú guadua, se ve afectado por diferentes factores que pueden modificar su resistencia mecánica. Diferentes estudios han mostrado que la resistencia mecánica del material ante diferentes solicitaciones de carga disminuye a medida que el contenido de humedad aumenta. Se encontró que la resistencia a tensión no se ve afectada en el rango de contenido de humedad en el que material es usado como elemento estructural en construcciones.

<p>Ana Berena Castro Hernández, 2014</p>	<p>En base a la problemática habitacional que existe en Nicaragua y tomando en cuenta las características que posee el bambú en la construcción, se realizó una alternativa de solución que diera respuesta al déficit existente. Para esto se indagó sobre las zonas potenciales para el bambú y se diseñó un modelo de vivienda que cumpliera con las necesidades habitacionales de la población, logrando incorporar el sistema constructivo de bambú para la zona de El Tuma-La Dalia. A través del análisis de impacto ambiental se constató que el proyecto habitacional de bambú no representa riesgos que ponga en peligro el medio ambiente.</p>
<p>Paula Soler Soler, 2017</p>	<p>Las propiedades del bambú como especie (velocidad de crecimiento, fácil trabajabilidad, absorción de carbono, etc.) lo convierten en un gran recurso natural renovable para luchar contra el cambio climático, la erosión o la desertización del suelo que tienen lugar en millones de comunidades rurales de todo el mundo, ayudando además a su economía. El bambú es un material con gran potencial, que representa un gran número de ventajas y de posibilidades en su uso como material de construcción, destacan su ligereza, flexibilidad, bajo coste y sobre todo su resistencia ante la aplicación de esfuerzos, pero no debe olvidarse que al tratarse de un material orgánico su durabilidad se ve afectada por el ataque de organismos vivos y la exposición al sol y la lluvia, esto hace necesario aplicar tratamientos para alargar su vida útil.</p>
<p>Echezuria, H, 2018.</p>	<p>Países como Colombia han demostrado que los rendimientos y productividad de la construcción con bambú permiten generar buenas viviendas a bajo costo.</p>
<p>Torres, B, Segarra, M & Braganca, L, 2019</p>	<p>La rápida tasa crecimiento, la productividad y la capacidad de los bambúes para sobrevivir y desarrollarse en suelos de baja calidad en comparación con cualquier plantación o sistema forestal hacen que el bambú sea una posibilidad recurso para disminuir el CO₂ atmosférico. A escala global, el bambú mantiene su huella de carbono negativa; esto continuará mientras el mercado de productos de bambú siga creciendo y se lo pueda utilizar ampliamente como soluciones locales de construcción sostenible.</p>

Tabla 2: Base de datos de estudios relacionados con el tema

Bases de datos científicas utilizadas	No. De publicaciones relacionadas con la investigación de acuerdo con la base de datos	No. De publicaciones con mayor reconocimiento científico	Tipos de publicaciones científicas
Google académico	Aproximadamente 101 resultados	Citado por 25	Artículo científico
Google académico	Aproximadamente 100 resultados	Citado por 45	Artículo científico
Google académico	Aproximadamente 101 resultados	Citado por 24	Artículo científico
Google académico	Aproximadamente 14,400 resultados	Citado por 20	Monografía
Google académico	Aproximadamente 101 resultados	Citado por 9	Trabajo final de grado
Google académico	Aproximadamente 14,400 resultados	Citado por 16	Revista
Google académico	Aproximadamente 101 resultados	Citado por 10	Revista

2.2. Teorías y conceptos asumidos

2.2.1.1. El bambú como material de construcción

Según Rodríguez, J. (2006):

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

El autor señala que el bambú es una buena alternativa de construcción frente a los sistemas convencionales de construcción y que es un material renovable.

Es por lo dicho anteriormente que utilizan el bambú como material principal en la empresa Bambucen, ya que se trata de un material renovable y considerado el acero vegetal en la construcción debido a las propiedades que lo caracterizan (flexibilidad y resistencia)

Según Sencico (2012) “Partes del bambú con rajaduras encima o similar al 20 % del largo del tronco no serán aceptadas para uso estructural, las partes del bambú estructural no deben mostrar aberturas ocasionadas por ataque de insectos xilófagos, no se aceptan bambús que presenten algún grado de pudrición” (p. 10).

Sencico señala que el bambú que presente hendiduras no es apto para uso estructural y este no debe presentar algún grado de descomposición.

Es por ello por lo que el bambú debe ser bien seleccionado y tratado para uso estructural, lo que permitirá tener edificaciones con excelentes condiciones y alargará su vida útil.

2.2.1.2. Características técnicas para el bambú estructural

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

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

Ya que Nicaragua no cuenta con sus propias normas de construcción con bambú se deben tomar en cuenta estos criterios antes mencionados, para una buena estabilidad de las edificaciones.

2.2.1.3. Durabilidad

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

Lo que el autor Diaz señala que el bambú para alargar su vida útil necesita un proceso de tratamiento, que inicia desde su corte.

Todo el proceso que tratamiento que lleva el bambú permite la durabilidad de este, lo que lo hace un material que puede durar mucho tiempo.

2.2.1.4. Tiempo de Cosecha:

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

Diaz dice que el tiempo de madurez de las cañas de bambú para uso constructivo es de 4 a 6 años.

Para que el bambú pueda ser utilizado en construcciones y que las cañas cumplan con la calidad requerida, va a depender de su tiempo de cosecha.

2.2.1.5. Mantenimiento

Para el mantenimiento la norma técnica peruana señala lo siguiente:

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

Según normas peruanas el bambú debe ser sometido a mantenimiento durante su vida útil, el cual se puede hacer con barnices y lacas. En un dado caso que uno de los elementos presente ruptura, este debe ser remplazado e igualmente con las uniones.

De la revisión y mantenimiento frecuente de las estructuras de bambú dependerá alargar o acortar la vida útil de las mismas. Y se debe usar un buen material para el debido mantenimiento.

2.2.1.6. Valor Ecológico

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

Álvarez señala que el bambú crece en bosques húmedos y lluviosos, es muy común encontrar grandes cosechas en el continente asiático.

En la empresa Bambucen cuentan con cosechas de bambú de diferentes especies de bambúes.

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

Según el autor antes mencionado el bambú es de rápido crecimiento a diferencia de otras especies madereras.

La planta de bambú tiene un alto valor ecológico, su tiempo de crecimiento es relativamente corto en comparación a otras plantas y su rápida madures y su alta resistencia lo convierte en un material con características especiales frente a sismos y facilita para hacer construcciones sofisticadas.

2.3. Marco contextual, institucional.

2.3.1. Marco conceptual

2.3.1.1. Concepto de bambú

Según Torres, E. (2017) el bambú “es un tipo de gramínea, una planta perenne con tronco leñoso, comúnmente conocido como caña. Forma parte de la subfamilia de plantas Bambuseae, es habitual encontrarlo en casi todos los continentes África, Asia y América. Se localizan en regiones tropicales y templadas, aunque algunas especies son capaces de resistir a bajas temperaturas”.

El bambú es una planta con consiste en cañas leñosas y está se puede desarrollar en zonas tropicales y templadas. Está planta se puede encontrar en países del continente de americano.

En Nicaragua se puede encontrar el bambú en la Región Atlántico Sur y en el departamento de Masaya. En la empresa Bambucen cuentan con plantaciones de bambú.

2.3.1.2. Características del bambú

Según Torres, E. (2017) el bambú posee las siguientes características:

- Este material está constituido por dos partes fundamentales, un rizoma a modo de raíz y un tallo con sección casi redonda, hueca y dividido por tabiques rígidos en cada tramo de la caña. La gramínea se ancla al terreno mediante el rizoma, un elemento subterráneo, rugoso y grueso, que a través de él crece y se propaga de manera veloz.
- Contiene entre sus cualidades, una alta trabajabilidad, debido a la fácil manipulación, manejo, montaje y corte del material. Consiguiendo construcciones rápidas en ejecución, además de económicas en mano de obras y herramientas a emplear.

- Es un material liviano y gracias a su sección hueca (entrenudos), gran flexibilidad, y sus tabiques rígidos (nudos) insertados en su dirección transversal, impide la ruptura de la caña al doblarse. De esta manera, también se consigue una excelente resistencia.

Torres aclara que el bambú posee características que lo hacen un material único como su fácil manipulación y flexibilidad lo que lo convierte en un material de alta resistencia para edificaciones.

Gracias a sus características, el bambú puede ser utilizado en diversas estructuras en este caso en toda la estructura de Bambucen.

2.3.1.3. Tipos de bambú

Según Baladrón, J. (2018) existen entre 1200 y 1600 especies distintas de bambú, siendo las más utilizadas actualmente en la construcción “*Guadua angustifolia* Kunth”, “*Dondreocalamus strictus* (Calcutta)”, “*Bambusa Vulgaris*”, “*Phyllostachys edulis* (Moso)”, “*Dondreocalamus asper* (Petung)”, “*Bambusa blumeana* (Spiny/Thorny)” y “*Gigantochloa apus*”. Cada una de estas especies tiene características distintas, lo que ofrece a los técnicos y prescriptores una amplia variedad de aplicaciones y acabados diferentes en el campo de la edificación.

Baladrón nombra diferentes especies de bambúes que son utilizado en la construcción. Estas especies tienen características diferentes que se pueden ocupar en distintas partes de una edificación.

Bambucen en su estructura tiene diferentes especies de bambú como el *Guadua* y el *Gigantochloa apus*.

2.3.1.4. Propiedades estructurales

Según Arqhs (2012) las propiedades estructurales “se definen en forma rigurosa por medio de sus leyes constitutivas, o sea del conjunto de ecuaciones que

describen el estado de deformaciones que se presenta en el material ante cada posible estado de esfuerzos, así como los estados que corresponden a condiciones de falla”.

Las propiedades estructurales son las características de un material al comportarse de manera a determinada estímulos como la luz, el calor, las fuerza y el ambiente.

Las propiedades estructurales permiten diferenciar la aplicación de cada material para mejorar los estándares de calidad.

2.3.1.4.1. Resistencia

“Es la capacidad de oponerse a la rotura” (Salazar, 2007, p. 40).

La resistencia es cuando un elemento, material o estructura soporta cargas sin colapsar.

El bambú por sus características posee una alta resistencia a la tracción. Lo que hace al material apto para el ámbito construcción.

2.3.1.4.2. Flexibilidad

Según Zurita et. al (2008) flexibilidad “es la capacidad que algunas estructuras presentan de doblarse sin romperse” (p. 284).

La flexibilidad es la propiedad de un material u objeto, que consiste en doblarse sin correr el riesgo de romperse.

La flexibilidad hace acreedor al bambú de ser un material sismo-resistente y apto para la construcción de viviendas.

2.3.1.5. Tratamiento del bambú

El bambú para uso constructivo debe pasar por un proceso de tratamiento.

2.3.1.5.1. Corte

“Corte es la acción y el efecto de cortar” (Significados, s.f.)

Según el concepto anterior corte es la acción que se le realiza a un material con una herramienta de corte.

Para el corte del bambú se necesita que el bambú cumpla con el periodo de corte, utiliza herramientas como el machete y motosierra. Este proceso se realiza por encima del segundo nudo de la caña de bambú en estaciones de luna cuarto menguante.

2.3.1.5.2. Limpieza

“Es la acción y efecto de eliminar la suciedad de una superficie mediante métodos físicos o químicos” (Significados, s.f.)

La limpieza es el proceso de quitar la basura de un objeto a través de métodos físicos o químicos.

En el caso del bambú una vez cortado debe pasar por un proceso de limpieza, para quitar ramas laterales a la caña de bambú.

2.3.1.5.3. Secado

Según Córdoba, R. (2005) secado “es el proceso que consiste en secar la madera a un contenido de humedad tal que se encuentre en equilibrio con las condiciones ambientales promedio del lugar en que será expuesta” (p. 4).

El secado es el proceso de dejar cierto material con un contenido óptimo de humedad para que este pueda ser utilizado en el medio que sea expuesto.

El bambú durante el secado expulsa la humedad y savia retenida, esto con el objetivo de evitar el ataque de hongos e insectos.

2.3.1.5.4. Curado

Según Castro, A. (2014) curado “es el proceso por medio del cual se prolonga la vida útil de un material” (p. 58).

Con el proceso de curado se alarga la utilidad del bambú, permitiendo un material duradero y de buena calidad.

Para inmunizar el bambú por la baja resistencia a los insectos o termitas se le aplica diésel o mixto bórax.

2.3.1.5.5. Quemado

No se encuentra un significado de la palabra relacionado con bambú, pero se conoce que este proceso se hace con soplete con el fin de protegerlo del ataque de insectos y mejorar su acabado final.

2.3.1.5.6. Lavado

Según el MEFCCA el proceso de lavado del bambú se hace con agua, una vez lavadas las cañas se dejan al aire libre pero cubiertas y en la sombra.

2.3.1.5.7. Almacenamiento

Según Westreicher, G. (2020) almacenamiento “es el proceso o acción de guardar o archivar algo”.

El almacenamiento consiste conservar y asegurar un objeto mediante su almacenaje.

El bambú una vez pasado por los procesos antes mencionados se almacenan para posteriormente ser utilizadas.

2.3.1.6. Infraestructura

Según Cerón, M. (2018) la infraestructura es todo sistema, estructura física (obra), red u organización necesarias que dan soporte funcional, óptimo y eficiente para el buen funcionamiento de una sociedad y su economía. Esta puede pertenecer al sector público o privado según quien sea su dueño o administrador principal.

Cerón aclara que una infraestructura es una obra física, sistema u organización que ayuda al buen funcionamiento de la sociedad.

En la empresa Bambucen toda su estructura física es a base de bambú incluyendo el taller de carpintería.

2.3.2. Marco histórico

La historia del bambú como un material de construcción se registró hace aproximadamente 5000 años en la antigua China durante la dinastía Han de 206 a 221 AC, su referencia más remota está contenida en objetos de cerámica de 5000 a 8000 años de antigüedad, en los que hay grabados que simbolizan el bambú, muy usado para la construcción de casas, dos siglos antes de nuestra era se empezaron a usar para construir palacios, hoy en día es algo común construir viviendas con bambú en zonas rurales.

2.3.2.1. El bambú en América

En América existen alrededor de 290 especies de bambú, en Colombia y Ecuador se desarrollan en abundancia en regiones muy fértiles hasta los 2000 metros de altura. Sobre las especies y variedades de Iberoamérica la más conocida es la llamada científicamente *Guadua angustifolia*. Es entre las nativas de América, la que tiene mayor diámetro, espesor y resistencia, y por tanto la de mayor valor económico, por sus múltiples aplicaciones. Su uso más importante es como material de construcción

2.3.2.2. El bahareque (sistema constructivo) en Colombia

A principios del siglo XIX, Colombia estaba dividido en 4 grandes regiones aisladas entre sí: el Oriente, el Cauca, Antioquia y la región de la Costa Atlántica, cada una de estas zonas se comportaba como una ínsula, los pueblos estaban muy separados entre sí, por lo que, no había mercado nacional.

Hacia 1849 se platearon la necesidad de fundar un poblado, la primera fase del asentamiento es Manizales corresponde a la construcción de los primeros cobijos con materiales y técnicas conocidos por los colonos en particular con el uso del tapial o tierra encofrada, debido a la fuerte sismicidad de la región se buscaron alternativas constructivas, alrededor de 1875 se destruyeron casi todas las casas debido a los violentos temblores lo que provocó que algunos comenzaran a usar la *Guadua* (*Guadua angustifolia*) bambú de origen local, muy abundante en la zona,

luego de esto se desarrollaron técnicas nuevas de construcción que si resultaron muy adecuadas para la topografía y la sismicidad de la región.

El uso de la Guadua en sus distintas variedades se convirtió en parte integral en la construcción, aprovecharon sus gran resistencia, liviandad y dimensiones, desarrollando una nueva técnica constructiva que denominaron Bahareque que integra columnas y envigados de Guadua, con marcos de madera y trenzados o tramados también con Guadua, constituyendo una canasta estructural que comprende paredes, suelo y techo muy adaptables a la topografía del terreno, este sistema constructivo único en su género permitió el crecimiento de la ciudad y creó un estilo caracterizado por la homogeneidad del conjunto y trabajo creativo de los artesanos, constructores y carpinteros. Esta tradición arquitectónica continúa hoy en día y constituye uno de los ejemplos más vigorosos de la arquitectura popular de Colombia. Saleme, H. (s.f) “El uso del bambú para la construcción sustentable del Hábitat humano”.

2.3.3. Marco legal

En esta sección se mencionan las normativas aplicables al marco legal frente a las leyes y decretos relacionados de forma directa e indirecta con el bambú.

Según la nueva Cartilla de la construcción de Nicaragua (2011) regida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en el capítulo 2 el cual habla acerca de los sistemas constructivos que existen, menciona en la pag.134 al bambú como material de construcción para viviendas y dicho material se ha utilizado desde la antigüedad.

Existe una gran variedad de opciones para la fabricación de estos elementos de la construcción pudiendo ser del mismo material del bambú o de un entrelazado de tiras de Bambú dispuestas sobre una estructura de caña del mismo material o un panel de bambú colocado sobre un cuadro de madera.

A causa de su alta resistencia se usa bambú, en los elementos estructurales de la construcción de techo.

Las uniones en la construcción de viviendas con bambú es uno de los aspectos más importantes. Entre las más comunes hay:

- **Uniones Clavadas**

Se reservan para esfuerzos muy bajos entre elementos de madera aserrada y Guadua (bambú) como por ejemplo de solera o viga corona. No se recomienda para la unión de dos o más elementos rollizos de Guadua.

- **Uniones Empernadas**

Cuando sea necesario perforar la guadua para introducirle pernos debe utilizarse taladro de alta velocidad y evitar impactos. Todos los vacíos o celdas a través de las cuales se atraviesan pernos o barras deben rellenarse con mortero de cemento el mortero debe ser lo suficientemente fluido para penetrar completamente dentro de la celda.

- **Uniones estructurales**

Una vez que se fabrica la pared o cerramiento el material compuesto, no depende de la resistencia de las uniones de la guadua sino de la rigidez del conjunto. En los elementos portantes de la cubierta deben conformar un conjunto estable para cargas laterales, por lo cual tendrán los anclajes y amarres requeridos. El entrepiso debe soportar las cargas verticales establecidas en el Reglamento de la construcción 2007 de Nicaragua y debe poseer suficiente rigidez en su propio plano para garantizar su trabajo como diafragma

En Nicaragua no se cuenta con regulaciones y tampoco con normativas del bambú es por lo que se hace uso de las normativas colombianas para realizar estructuras con dicho Material.

Normas técnicas colombianas del bambú (NTC)

Dalal, A. (2021). Estrategia para el uso alternativo del bambú como material sustentable para la construcción de viviendas verdes en Colombia (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América). Refiere que el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) de la mano con la Sociedad Colombiana del Bambú, el Comité Colombiano del Bambú-Guadua e instituciones del gobierno, organizaciones académicas y privadas han preparado hasta entonces trece (13) Normas Técnicas Colombianas (ICONTEC), siendo las siguientes:

Tabla 3: Normas Técnicas Colombianas del bambú

Normas Técnicas Colombianas (NTC)	
Normas (Abreviatura)	Definición
NTC 6100:2014	Etiquetas y sellos ambientales colombianos. Criterios ambientales para productos de primer y segundo grado de transformación de Guadua Angustifolia Kunth.
NTC 5405:2016	Propagación vegetativa de Guadua Angustifolia Kunth.
NTC 6191:2016	Hojas caulinares de Guadua Angustifolia Kunth y productos artesanales elaborados a partir de ellas.

NTC 5727:2017	Terminología aplicada a la guadua, sus procesos y sus productos.
NTC 5301:2018	Preservación y secado del culmo de Guadua Angustifolia Kunth.
NTC 5407:2018	Uniones de estructuras con Guadua Angustifolia Kunth.
NTC 5458:2019	Elaboración de muebles con culmos maduros de Guadua Angustifolia Kunth.
NTC 6317:2019	Métodos de ensayo de carga lateral estática y cíclica para muros de corte.
NTC 6338:2019	Casetones con Guadua Angustifolia Kunth.
NTC 5300:2020	Cosecha y postcosecha de culmos de Guadua Angustifolia Kunth.
NTC 6389:2020	Identificación y calificación de servicios ecosistémicos de guaduales naturales y plantados (Guadua Angustifolia Kunth).
NTC 6413:2020	Estructuras de bambú. Principios básicos y procedimientos.
NTC 5829:2021	Obtención de latas y tablillas de Guadua Angustifolia Kunth.

Guías técnicas Colombianas del Bambú

Adicional, a las antes mencionadas anteriormente también gestionaron las siguientes cinco (5) Guías Técnicas Colombianas:

- GTC 269:2016 Guía para la producción de biomasa a partir de culmos de bambúes para la generación de energía.
- GTC 270:2016 Guía de criterios de selección para la comercialización de Guadua.
- GTC 303:2019 Guía para la elaboración de tableros de esterilla de Guadua.
- GTC 307:2019 Guía para la elaboración de artesanías de con bambúes.
- GTC 220:2021 Tablas a partir de esterilla (tablerilla) de Guadua.

Del Guadua, E. D. C. (2014). En este trabajo se explica que, en Colombia, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, es el organismo que se encarga de la normalización de la producción de cualquier producto nacional, según el Decreto 2269 de 1993. El ICONTEC tiene como misión brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector

administrativo del país y apoya al sector privado en ventajas competitivas hacia los mercados interno y externo.

2.3.4. Marco contextual

La empresa Bambucen se dedica a la elaboración de diferentes productos hechos a base de Bambú entre estos trabajos se encuentran proyectos de artesanía, muebles, construcciones con bambú especialmente estructuras de techo, losas de entepiso, etc.

Se encuentra ubicado en Matagalpa, Nicaragua en el Kilómetro 137 carretera La Dalia, La Praga Matagalpa en la cual se tiene las siguientes coordenadas:

Latitud: 12.9554

Longitud: -85.8721

Según Nicaragua emprende (2021) Menciona que muchas veces al bambú lo ven como un material insignificante, pero es importante saber que el bambú es un material con un potencial bastante grande. Muchos artesanos nicaragüenses elaboran variedades de artesanías manuales con este material.

Esta es la historia de Edgar Castillo, quien es el dueño y propietario de la empresa Bambucen el cual a través del MEFCCA, han emprendido, de manera que hacen uso del bambú realizan casas, pisos etc. Este proyecto fue impulsado por el MEFCCA en el año 2020.

Bambucen, se encarga de sembrar bambú, y en vez de talar madera; se reconstruyen fuentes de agua, ya que el bambú es una planta que amarra el suelo, y los riesgos de deslave son menos, algunas de las especies de bambús que son sembradas pueden llegar a medir hasta 32 metros de altura.

La empresa cuenta con 7 trabajadores, ha ido evolucionando hasta ahora contar con pilas de lavado las cuales contienen bórax con ácido bórico para acelerar su

tratamiento para aumentar su vida útil. La estructura de Bambucen fue construida en el año 2018 y su material construcción principal es el bambú.

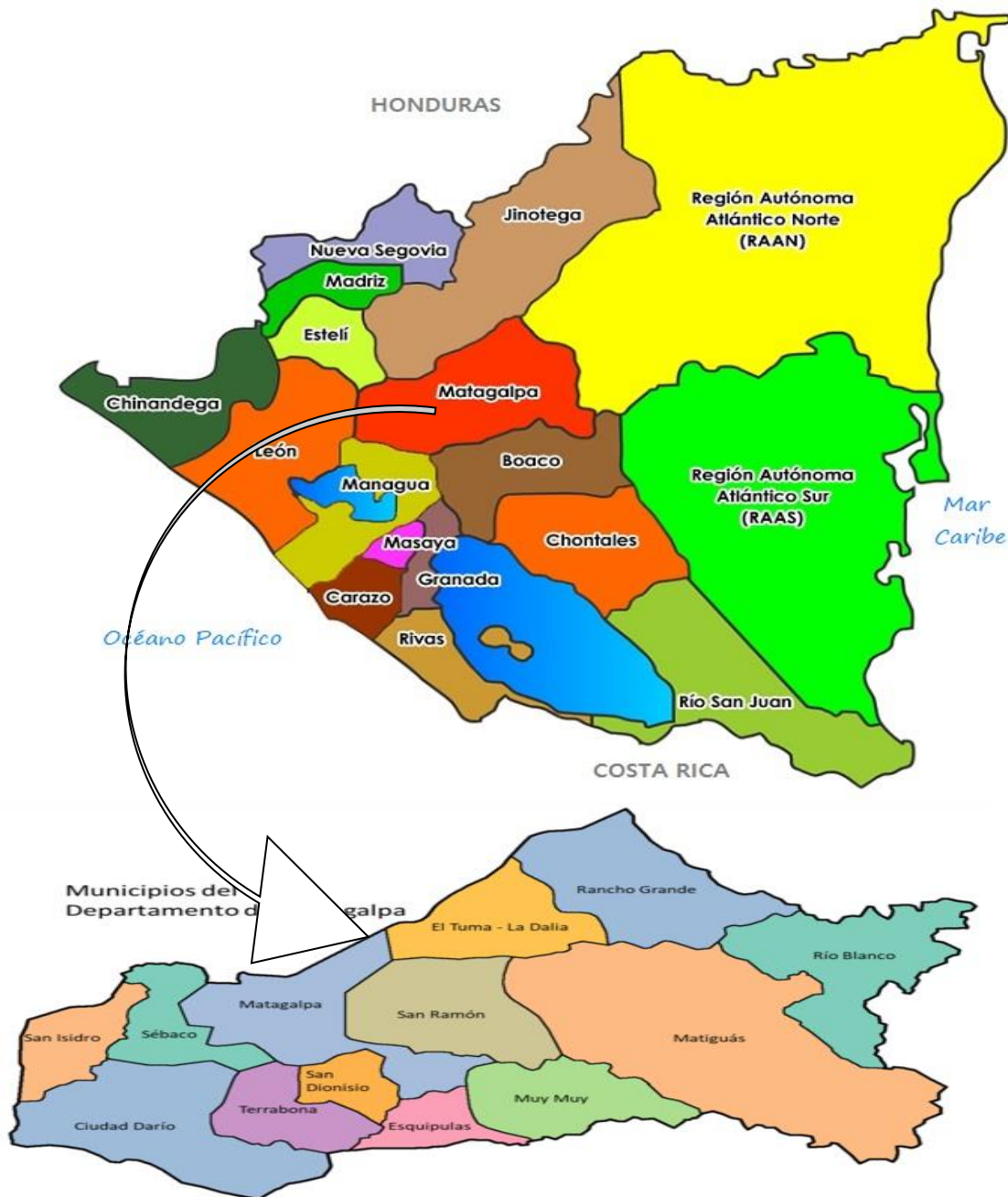


Figura 1: Macro-localización Bambucen
(Fuente: Google Maps)

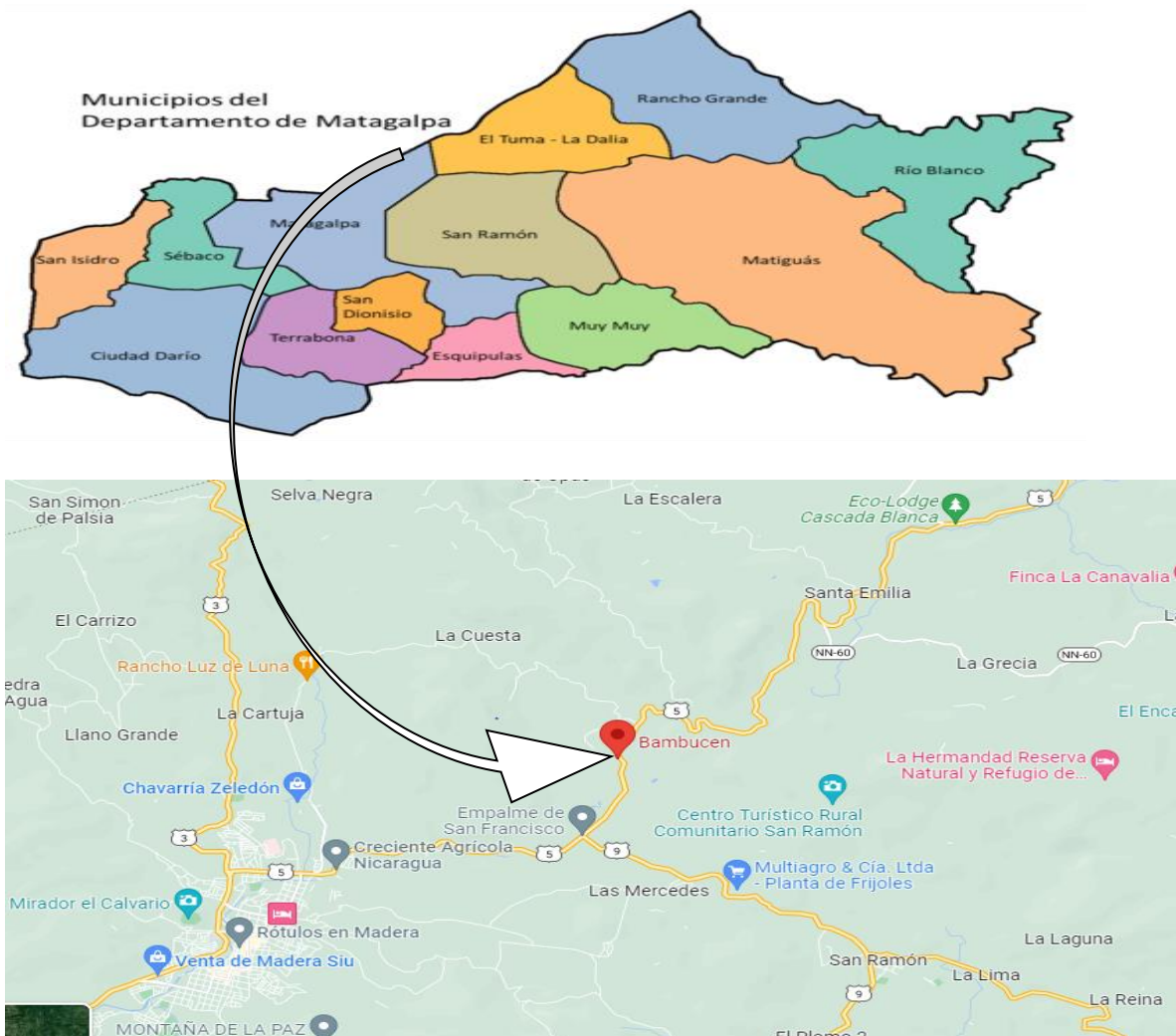


Figura 2: Micro-localización Bambucen
(Fuente: Google Maps)

2.3.5. Marco institucional

El bambú ha sido un material de gran trascendencia en la aplicación de diversos productos, con una gran explotación en varias zonas como Colombia, China, México, entre otros. En Nicaragua son pocas las empresas que laboran con este material, por ende, no existen medios que promuevan o brinden información acerca de este recurso. Castro, A. (2014)

La empresa Bambucen se encuentra en el municipio de Matagalpa, carretera La Dalia, es una empresa socio ambiental que se dedica a la elaboración de artesanías, muebles, construcción con bambú, toman como referencia algunas de las normas técnicas colombianas NTC – Icontec, son normas técnicas que se direccionan a producir unos lineamientos que certifican la calidad de las obras hechas con el bambú (con sus diferentes especies) se utilizan estas debido a que Nicaragua no cuenta con normas que regulen y dirijan las construcciones realizadas con bambú.

CAPÍTULO III: DISEÑO METOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Enfoque

El enfoque de la investigación es cualitativo con implicaciones cuantitativas.

Según Mesías, O. (2010). La investigación cualitativa “se caracteriza por ser descriptivo, inductivo, fenomenológico, estructural-sistémico y ante todo flexible, destaca más la validez que la replicabilidad, trata ante todo de identificar la naturaleza profunda de las realidades y su estructura dinámica; sin embargo, lo cualitativo como un todo integrado no se opone a lo cuantitativo, al que considera solo como un aspecto, que lo implica e integra donde sea necesario”.

Fernández, P. & Díaz, S. (2002). La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables la cual trata de determinar la fuerza de asociación o relación entre variables cuantificadas.

Dentro de esta investigación se aplican enfoques cualitativos debido a que el personal y estructura fue sometida a entrevista, guía de observación además la experimentación se realizó en base a la información documental, lo observado y también basándose en la entrevista realizada.

Además, presenta implicaciones cuantitativas puesto los investigadores seleccionaron el personal que fue objeto de estudio en la experimentación de la estructura de techo que se realizó en base a una escala para la cual se utilizaron medidas en la estructura como lo es la cercha, además se analizó las propiedades del bambú como lo son la flexibilidad, la rigidez entre otras, las cuales son cuantificables.

3.1.2. Paradigma

En esta investigación se presenta un paradigma positivista ya que se busca comprender el comportamiento del bambú cuando se emplea como un elemento

estructural sometido a cargas por medio de la experimentación con el material, para así poder demostrar la funcionalidad del bambú como un elemento estructural ya que Ricoy, C. (2006) dice que “en el paradigma positivista, los propósitos científicos están por encima de los valores que los sujetos expresen y de su contexto, centrándose en el mundo de forma neutral para garantizar explicaciones universales generalizables. La metodología adoptada sigue el modelo hipotético-deductivo de las ciencias naturales, categorizando los fenómenos sociales en variables «dependientes» e «independientes», entre las que se establecen las relaciones estadísticas reconoce el control o manipulación que se da sobre las variables, estímulos o condiciones ambientales, dirigiéndose el enfoque hacia las relaciones de causa-efecto”.

3.1.3. Alcance

Grajales, T. (2000) una investigación es experimental cuando “el investigador no solo identifica las características que se estudian, sino que las controla, las altera o manipula con el fin de observar los resultados al tiempo que procura evitar que otros factores intervengan en la observación”. (p. 3)

En el caso de presente investigación fue de carácter experimental, porque se manipulará el material a través de modelado de estructura de techo a base de bambú.

3.1.4. Por su profundidad

Según Grajales, T. (2000) los estudios explicativos “son los que pretenden conducir a un sentido de comprensión o entendimiento de un fenómeno. Apuntan a las causas de los eventos físicos o sociales. Pretenden responder a preguntas como: ¿por qué ocurre? ¿en qué condiciones ocurre? Son más estructurados y en la mayoría de los casos requieren del control y manipulación de las variables en un mayor o menor grado” (p. 3).

Por su nivel de profundidad es de carácter explicativo ya que a través de dicha investigación se centró en explicar el uso del bambú como elemento estructural en

estructuras. Cabe mencionar que también lleva un alcance exploratorio porque se indagó sobre la viabilidad del uso del bambú como elemento estructural en estructuras, a través de la realización de una maqueta en la cual se explorará la funcionabilidad del bambú como elemento estructural.

Grajales también dice “La investigación descriptiva, trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Esta puede incluir los siguientes tipos de estudios: encuestas, casos, exploratorios, causales, de desarrollo, predictivos, de conjuntos, de correlación”

La investigación es descriptiva ya que sé que van a describir las propiedades del bambú y como este funcionó al estar bajo cargas estructurales mediante la experimentación por medio de una maqueta a escala.

3.1.5. Orientación en el tiempo

Según Sanca, M. (2011) Una investigación transversal “es un estudio en un momento y lugar determinado, pudiendo evaluar subgrupos de estudio de donde se puede recoger información sin necesidad de repetir las observaciones” (p. 622).

La presente investigación será de corte transversal ya que se realizará durante un periodo corto en el II semestre del 2022.

3.1.6. Según el método empleado

Según Rodríguez, J.; Pérez, J. & Alipio, O. (2017) el método hipotético-deductivo “es el que parte de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por los datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se arriba a predicciones que se someten a verificación empírica”. (p. 12)

Con base al concepto anterior la investigación presente usó el método hipotético-deductivo ya que se planteó una hipótesis inicial de forma empírica para ser verificada.

3.1.7. En función de propósito

(Murillo, 2008, como se citó en Vargas, 2009) una investigación aplicada “es la que busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación”. (p. 159)

En función del propósito, según el objeto estudio, la investigación es aplicada debido a que buscó y consolidó el conocimiento para la aplicación del bambú para uso estructural.

3.1.8. Por los medios de obtener datos

También Grajales dice que la investigación documental “es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos y la de campo o investigación directa es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio”

Por los medios para obtener los datos es de campo debido a que se apoyó en información y datos que provienen de entrevistas y guía de observación. También se dice que es documental porque dicho documento se realizó apoyándose en fuentes documentales obtenidas a través de fuentes secundarias.

3.2. Área de estudio

El área de estudio de la presente investigación se llevará a cabo en la empresa socio ambiental Bambucen, está ubicada en la Comarca San Francisco en el municipio de Matagalpa, carretera al municipio El Tuma-La Dalia (12°57'19.3"N 85°52'19.7"W), se seleccionó esta zona porque ahí es donde se encuentra ubicada la estructura de la empresa, así como la cercanía del sitio con la ciudad.

3.3. Unidades de análisis:

3.3.1. Población

La población “es un conjunto de elementos que presentan una característica o condición común que es objeto de estudio” Carrillo, A. (2015).

La población que se consideró en este estudio es la estructura de la empresa Bambucen en la Comarca San Francisco, municipio de Matagalpa que comprende un área aproximada de 200 m² donde se usa el bambú como material estructural principal.

3.3.2. Muestra

“La muestra es una porción representativa de una población” Picado, L. (2017).

La muestra en el presente estudio viene a ser un terreno de aproximadamente 200m², de estructura de bambú de la empresa Bambucen.

3.3.3. Muestreo

Según Otzen, T. & Manterola C. (2017) el muestreo no probabilístico intencional “es el que permite seleccionar casos característicos de una población limitando la muestra sólo a estos casos. Se utiliza en escenarios en las que la población es muy variable y consiguientemente la muestra es muy pequeña”.

En esta investigación se ha utilizado el muestreo no probabilístico intencional ya que esta técnica la población se selecciona únicamente basándose en el conocimiento y juicio del investigador. Ya que se efectuó en la estructura de Bambucen la cual equivale al 100% de nuestra población debido a que es el lugar más cercano en la zona de estudio donde ocupan el bambú como material estructural principal.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la técnica de la entrevista con aplicación como instrumento para establecer propiedades estructurales, tratamiento y en qué elementos constructivos

se utiliza el bambú. La guía de observación para observar el uso del bambú en la estructura de la empresa Bambucen y la guía de experimentación para evaluar la rigidez y deflexión de modelo estructura de techo a escala.

3.4.1. Técnicas de Investigación

Debido al enfoque de la investigación se hizo uso de las siguientes técnicas:

- Entrevista a Edgar Castillo (Anexo No.1)
- Guía de Observación: Empresa Bambucen (Anexo No. 2)
- Recopilación Documental
- Guía de experimentación (Anexo No. 3)

3.5. Confiabilidad y validez de los instrumentos

De acuerdo a la entrevista y guía de Observación, utilizados en el presente estudio (no reúnen criterios de validez y fiabilidad, por lo que no se determina el cálculo de la misma. Markert, R y Shores, J (1981) afirman que los estudios de confiabilidad de dichos instrumentos no han permitido establecer de manera conclusiva la aportación de la información y su valor. La información de dichos instrumentos generalmente, no se valida y los niveles de confiabilidad de la información se encuentran por debajo de los obtenidos en pruebas estandarizadas que miden atributos equivalentes.

3.6. Procesamiento de datos y análisis de la información

Se utilizaron programas como AutoCAD y SketchUp, donde se realizó diseño de estructura de techo de bambú en 2D Y 3D. Se utilizó Microsoft Word para el análisis y procesamiento de datos de la guía de observación y entrevista sobre las propiedades estructurales del bambú, tratamiento del bambú y su uso en los sistemas constructivos.

3.7. Operacionalización de las variables

Tabla 4: Operacionalización de variables

Objetivos	Variable	Tipo de variable	Definición Conceptual	Dimensión operacional	Preguntas	Escala	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	Dirigida
OE1: Determinar las propiedades estructurales del bambú en estructura de la empresa Bambucen.	Uso estructural del bambú	Dependiente	Según Soler (2017) el uso del bambú es apto para casi la totalidad de las partes de una estructura. Podemos realizar con esta planta pilares, vigas, pórticos, cerchas, arcos, etc. Podemos	Propiedades del bambú Resistencia Flexibilidad	1. Con base a su experiencia ¿Considera que el bambú tiene la resistencia para ser usado en estructuras?	Si No	-Entrevista	-Edgar Castillo (Dueño de Bambucen)
					<ul style="list-style-type: none"> • Las estructuras de Bambucen son resistentes al peso y condiciones del clima. ○ La estructura de techo es rígida. 		<ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación. ○ Guía de experimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura Bambucen ○ Modelo de estructura de techo
					2. Una de las principales propiedades del bambú es la		-Entrevista	

			<p>realizar gran variedad de estructuras , desde las más simples (creación de una cubierta) a las más complejas (andamios,</p>		<p>flexibilidad. ¿Por qué?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿La estructura de Bambucen presenta deflexión perceptible? ○ ¿Cuántos cm se defleca la estructura de techo al ser sometido a una carga distribuida de 115 lb? 	<p>Si No</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación ○ Guía de experimento 	
--	--	--	--	--	---	------------------	--	--

<p>OE2: Explicar proceso de tratamiento del bambú para uso estructural en estructura de la empresa Bambucen .</p>			<p>puentes). (p. 39)</p>	<p>Tratamiento del bambú Corte Limpieza Secado Curado Quemado Lavado Almacenamiento</p>	<p>3. ¿Cómo es el proceso de corte del bambú para utilizarse en estructuras?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de corte del Bambú <p>4. ¿Qué proceso de limpieza inicial se le hace al bambú?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza inicial del bambú <p>5. ¿Cuál es el método de secado para el bambú?</p>	<p>-Entrevista</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación <p>-Entrevista</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía de Observación <p>-Entrevista</p>	<p>-Edgar Castillo (Dueño de Bambucen)</p>
---	--	--	------------------------------	--	--	--	--

				<ul style="list-style-type: none"> • Método de secado del bambú <p>6. ¿Cómo se cura al bambú?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Curado del bambú <p>7. ¿Cuál es el método de quemado del bambú para uso estructural?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Método de quemado del bambú <p>8. ¿Por qué pasa por el proceso de lavado el bambú?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lavado del bambú <p>9. ¿Cómo deber ser almacenado el bambú?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento del bambú 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación -Entrevista <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación -Entrevista <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación -Entrevista <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación -Entrevista 	<ul style="list-style-type: none"> • Bambucen
--	--	--	--	---	---	--

<p>OE3: Especificar el uso estructural del bambú en estructura de empresa Bambucen</p>				<p>Estructuras 10. Paredes 11. Columnas 12. Vigas 13. Cielo falso 14. Estructura de techo</p>	<p>10. Según su experiencia ¿En qué elementos de una estructura se puede utilizar el bambú? 11. ¿Cómo se usa el bambú en paredes, columnas y vigas? 12. Se usa Bambú en paredes 13. Las columnas son de bambú 14. Se usa Bambú en vigas 15. El cielo falso es de bambú. 16. ¿La estructura de techo de Bambucen es de bambú?</p>	<p>Si No </p>	<p>-Entrevista -Entrevista • Guía de Observación</p>	<p>-Edgar Castillo (Dueño de Bambucen) • Bambucen</p>
<p>OE4: Diseñar planos de estructura de techo a base de bambú.</p>				<p>Estructura de techo 17. Cubierta 18. Uniones 19. Vigas longitu</p>	<p>1. ¿Cómo se ensamblan las cañas de bambú en estructuras de techo?</p>		<p>-Entrevista • Guía de observación</p>	<p>-Edgar Castillo (Dueño de Bambucen) • Estructura Bambucen</p>

				<p>dinales y transversales</p> <p>20. Cerchas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de uniones en estructura de techo Bambucen. <p>2. ¿Qué material recomienda para la cubierta de techo de bambú?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material de la cubierta de techo de Bambucen. <p>3. ¿Cuál es la distancia de separación entre vigas de bambú según Bambucen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distancia entre vigas en estructura de techo Bambucen. <p>4. ¿Cómo realizan el armado de cerchas en Bambucen?</p>	<p>-Entrevista</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación <p>-Entrevista</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación <p>-Entrevista</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación 	
--	--	--	--	---	---	--	--

					<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cerchas en Estructura de Bambucen. 			
OE5: Modelar estructura de techo a escala con bambú.				Estructura de techo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Prueba de rigidez ○ Prueba de resistencia al agua ○ Prueba de deflexión 		<ul style="list-style-type: none"> ○ Experimentación 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Modelo de estructura de techo

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

A través del trabajo de campo realizado en la empresa Bambucen que tiene aproximadamente 20 años experiencia con bambú; con la técnica de la guía de observación realizada el día 03 de noviembre del 2022, a la estructura y aplicación de entrevista realizada el mismo día a Edgar Castillo propietario de dicha empresa. Con los datos obtenidos de los instrumentos, se modeló estructura de techo a escala los días 09 y 10 noviembre, que a través de la experimentación se evaluó el uso estructural del bambú. A continuación, los resultados se presentan conforme al planteamiento de los objetivos específicos.

La estructura de techo se realizó a escala 1:20, utilizando la especie de bambú *Dendrocalamus asper* en forma de espiches para representar un bambú escalado de 6 plg. de diámetro. Para el ensamblaje de los elementos se utilizó clavadora de alta presión.

Con ayuda de los trabajadores de Bambucen y las herramientas brindadas por la empresa, la maqueta se elaboró de la siguiente manera:

- Primero se realizó dibujo con vista en planta de la estructura de la cercha a escala 1: 20. Ver anexo No. 4.
- Después se sacaron las varas del *Dendrocalamus asper* en forma de espiches con la ayuda de un machete. Ver anexo No. 5.
- Se cortaron cada espiche con las medidas correspondientes según el plano en planta. Ver anexo No. 6.
- Se armaron las cerchas, uniéndolo con la clavadora de alta presión. Ver anexo No. 7.
- Con la mezcla de pega para madera y aserrín residuo del bambú, para mejorar fijación de cada unión de las cerchas. Ver Anexo No. 8 y 9.
- Se colocaron las tres cerchas para ensamblarla, colocando una regla temporal y para el descanso de la estructura de techo se agregaron vigas en los extremos y en el centro de la estructura. Ver Anexo No.10 y 11.

- Una vez fijadas las tres cerchas, se procedió al clavado de los clavadores dobles, con clavadora de alta presión. Ver Anexo No. 12.
- Ya finalizada la estructura, para su acabado final se le hizo un lijado a toda la estructura de techo. Ver Anexo No. 13.
- Después de lijada la maqueta, se le hizo un proceso de flameado para sellar las fibras del bambú (deshidratar los espiches), mejorar su apariencia y evitar el ataque de insectos y por último se le realizó, un barnizado con barniz natural, este tipo de barniz conserva el bambú sin ocultar su aspecto natural. Estos son productos que no cubren el poro del bambú, es decir, penetran profundamente la caña sin formar una película superficial. El tipo de barniz utilizado es Laro max 917 de la marca SUR, en especial este barniz es un producto a base de agua que cuenta con filtros que absorben los rayos ultravioletas, para brindar mayor protección al bambú y evita que las primeras fibras de bambú se desprendan. Ver anexo No. 14 y 15.



Figura 3: Estructura de techo final, elaborada en conjunto con Bambucen
(Fuente propia)

4.1. Propiedades del bambú

Durante la entrevista realizada se mencionó que las propiedades estructurales principales del bambú se tienen la resistencia y la flexibilidad.

4.1.1. Resistencia

En la entrevista realizada a Edgar Castillo Rivas en base a su experiencia, considera que el bambú tiene la resistencia para ser usado en puentes, paredes, columnas, etc.

En las visitas de campo se constató de forma visual, la buena resistencia del bambú en los aproximadamente 200 m² de estructura de Bambucen, la estructura es resistente al peso de todas las cargas viva y muertas actuantes sobre ella, la estructura presenta buena resistencia a las condiciones de humedad y las diferentes variaciones del clima, esta no presenta daños por filtración de agua.

Según la cartilla de la construcción del MTI, el bambú es un material estructuralmente eficiente con una excelente proporción de peso-resistencia, para uso en estructuras lo que le permite presentar una muy buena resistencia sísmica.

En el 2004 la ISO (Organización Internacional de Normalización) elaboró su propia norma para determinar las propiedades mecánicas del bambú. En la norma ISO 22157, cita la resistencia como una propiedad importante del bambú y que el contenido de humedad es un parámetro relevante para su determinar resistencia.

En la escala Janka; escala que clasifica las maderas según su dureza y resistencia a golpes, considera que el bambú tiene una resistencia superior al roble y al pino, maderas que son muy comunes tanto en la fabricación de mobiliario como en la construcción.

El bambú a través de la estructura de Bambucen, entrevista a Edgar Castillo y fuentes secundaria, demuestra que es un material útil en la construcción, por su característica principal de resistencia, que gracias a los diferentes especies y

diámetros de los culmos o cañas permite que sea empleado en la construcción tanto de viviendas como en edificaciones.

Para demostrar la resistencia del bambú se sometió a pruebas la estructura de techo realizada, está presentó problemas de rigidez, por tanto, se le agregó dos cerchas estilo Warren, para lograr mayor rigidez y fijación en sus tres cerchas principales, de lo contrario la estructura final presentaría inestabilidad. Ver Figura 4.



Figura 4: Cerchas tipo Warren para reforzar estructura (Fuente propia)

Para probar la resistencia al agua del bambú, se sumergió en agua durante 9 días una vara de bambú, en esos 9 días la vara se tornó más oscura de su color natural, lo que significa que al bambú es de baja resistencia a la humedad. Ver Figura 5.



Figura 5: Prueba de resistencia al agua (Fuente propia)

4.1.2. Flexibilidad

Edgar Castillo Rivas en la entrevista realizada el día 03 de noviembre menciona que una de las propiedades principales del bambú es la flexibilidad, porque permite hacer diseños más curvos, mantenerse firme ante vientos y recuperar su posición inicial por exceso de carga.

En la guía de observación realizada no se percibió que la estructura de Bambucen presente deflexión, su estructura se encuentra con buena estabilidad a pesar de las cargas vivas y muertas a la que es sometida.

El MTI en la cartilla de la construcción, dice que el bambú entre sus propiedades especiales está el ser ligero y flexible, su versatilidad lo hace altamente resistente a los sismos y caso de un colapso, por su bajo peso causa menos daño y la reconstrucción es más fácil y rápida.

En base a los datos de la guía de observación, entrevista realizada y fuentes secundarias entre las propiedades estructurales del bambú está el ser flexible, lo



Figura 6: Estructura de techo sometida a 115 lb (Fuente propia)

lb, a una carga de 115 lb.

que lo hace un material capaz de construir diseños curvos y sofisticados, esta propiedad se debe a la estructura física de la caña, su redonda o casi redonda sección transversal, evita su ruptura al curvarse.

Doblarse, pero no romperse es la capacidad que tiene el bambú. El ser flexible, pero manteniéndose firme, lo puede conseguir gracias a su estructura de cavidades. Es por ello que en la empresa Bambucen impulsan este material tanto en el ámbito constructivo como en el artesanal. Para demostrar la capacidad que tiene el bambú de ser flexible, se sometió la estructura de techo a escala que tiene un peso propio de 4.2

La estructura no colapsó y tampoco quedaron fisuras en los espiches de bambú debido a la carga. Lo que presentó fue una deflexión mínima de 4 mm, pero esta al quitar la carga volvía a su posición inicial. Lo que la hace una estructura rígida, resistente y bien estructurada a pesar de que el material no es la caña completa de bambú, demuestra y hace al bambú, un excelente material flexible y viable para la construcción. Ver Figura 6 y 7



Figura 7: Medidas antes y después de someter a carga la estructura (Fuente propia)

4.2. Proceso de tratamiento del bambú

Para que el bambú sea utilizado en el ámbito constructivo debe pasar por una serie de tratamientos que va desde su corte, hasta su acabado final, esto con el objetivo de mejorar la calidad del culmo o caña de bambú.

4.2.1. Proceso de corte del bambú para utilizarse en estructuras

En la entrevista con Edgar Castillo comentó que en el proceso de corte se preparan las herramientas previas muy afiladas, debido a que el bambú es abrasivo, se llevan los equipos de protección necesarios como botas, guantes, lentes, luego se seleccionan los culmos (caña de bambú) maduros, que tengan mínimo 4 años de maduración y no más de 7 años, una vez cortados los culmos se limpia el área de trabajo, se quitan las espinas a los culmos (los que presenten) con motosierras, cuando los culmos tiene un diámetro de 4 plg en adelante y con serrucho curvo o cola de zorro cuando el diámetro de la caña de bambú es de 3 plg o menos, una vez cortado se limpian las ramas y se seleccionan hijos para cultivación, el corte del culmo se hace a la comodidad del operador y luego se hace otro corte más exacto para que quede cerrado y no le entre agua a la caña de bambú.

El MEFCCA en su guía de bambú dice que el corte se hace con apoyo de un machete o motosierra se realiza un corte por encima del nudo, no general, sino biselado, que permita suavizar los bordes de la mata de bambú. El primer corte se hace al centro del tallo, después se procede a realizar un segundo corte para botar la caña. La medida y corte de la caña de bambú va a depender del tipo de producto a ser elaborado.

En la guía de observación no se observó el corte del bambú, ya que en la empresa no realizó corte durante las visitas de campo.

Con los datos de la guía de observación, entrevista y datos del MEFCCA, la distancia y tiempo de corte del bambú va a depender de la especie y de la madurez del bambú, las herramientas deben ser las adecuadas y debe llevar todo el proceso

que realizan en la empresa Bambucen, para asegurar la rentabilidad de la caña a cortar y a tratar.

4.2.2. Proceso de limpieza inicial

El dueño de Bambucen en la entrevista realizada dice que, en el proceso de limpieza inicial en dicha empresa primero, se hace recorte de brote con cuidado para que no se pele y pierda presentación, los nudos se recortan en ambos lados, se lava con



Figura 8: Limpieza inicial
(Fuente propia)

paste de saco y agua con detergente y una pistola de agua a presión para que salga toda la suciedad, esta es una parte importante para el uso del bambú.

A través de la guía de observación realizada se observó el proceso de limpieza inicial que hace Bambucen con detergente, agua y paste. Observar figura 8.

En la guía de bambú del MEFCCA la limpieza inicial se hace con agua limpia se procede a lavar las varas de bambú, se deja al aire libre pero cubierto y en la sombra.

Un buen proceso de limpieza inicial es el que realiza como lo recomienda Bambucen, la guía del MEFCCA y lo observado en la visita de campo, con el propósito de con este procedimiento quite las primeras impurezas de las cañas de bambú y así preparar al bambú para los siguientes tratamientos y después no se complique la presentación final de la caña.

4.2.3. Proceso de lavado

Según Edgar Castillo en Bambucen hacen el lavado del bambú porque en el campo el culmo de bambú se llena de moho, lama (musgo), tierra, polvo, grasa natural, etc. y toda esa materia afecta el tratamiento en la pila de curado, los acabados finales y por eficiencia. En base a la guía de observación se observó el lavado de las cañas con paste rojo y agua.

El MEFCCA en su guía de bambú dice que el proceso de lavado de varas de bambú consiste en limpiar con cepillo metálico y agua para eliminar manchas impuras como: lodo, polvo, vellosidades, hongos, musgo y aceite, esto permite una mejor calidad del producto a procesar y puede realizarse a varas completas, así como piezas pre cortadas.

Los culmos posterior a su corte y limpieza inicial, según Edgar Castillo y el MEFCCA, se lavan por las impurezas que obtuvieron durante el traslado al siguiente tratamiento, todo esto con el objetivo de mejorar la eficiencia y calidad del bambú.

4.2.4. Método de secado

En la empresa Bambucen según el señor Edgar Castillo los métodos de secado son: el método natural (al aire y bajo sombra), al sol, al horno y con fuego (con soplete).



Figura 9: Secado del bambú
(Fuente propia)

En la guía de observación se observaron cañas de bambú que estaban siendo secadas de manera natural, bajo sombra y protegidos de la lluvia y de los rayos del sol. Ver figura 9.

Según la guía observación y entrevista, los métodos de secado natural se deben realizar de manera en que la caña de bambú no se exponga a los rayos del sol y evitar daños por humedad. El secado con soplete es para acelerar este proceso y tardar menos tiempo.

El MEFCCA en su guía, el secado se realiza clasificando la caña según su calidad, para después realizar cepillado que ayudará a despegar filamentos y liberar el polvo y adherencia naturales que quedaron. Esto hará que la fibra de bambú adquiera suavidad y quede más limpia.

4.2.5. Método de curado

En Bambucen según Edgar castillo el método de curado se hace por inmersión, se mete en una pila con solución mixto de bórax, que es ácido bórico al 2.5% + bórax al 2.5% durante 5-6 días dependiendo la temperatura, también está el método por inyección, a cada nudo se perfora un hoyo y se inyecta con solución de Diesel y termiterol al 25% , algunos usan mixto de bórax por inyección de 5-10 CC. en cada nudo (depende el tipo de bambú); método avinagrado en mata que es cortar el culmo y dejar secar sobre una piedra esperar de 10-15 días a que se fermenten los azucares y la vara se deshidrate por la pérdida de la hoja, también está el método boucherie que es meter el mixto de bórax a presión con una bomba hidráulica a presión y la solución desplaza el agua que tiene el culmo adentro. (se recomienda usar dos métodos de curado).



Figura 10: Bambúes en proceso de curado (Fuente propia)

A través de la guía de observación realizada a Bambucen, se percibió el curado de bambú a través de pila de inmersión, se observaron bambúes que estaban pasando por proceso de curado con un mixto de bórax y otros que ya había pasado su tiempo de curación. Ver figura 10 y 11.

En base a los datos obtenidos en la entrevista y guía de observación. Estos tratamientos químicos evitan que las plagas consuman cualquier cantidad de almidón que contenga el bambú. La mezcla de bórax y ácido bórico es una opción común ya que no es tóxica y es de bajo costo. Hay otras soluciones químicas (ácido crómico) que son plaguicidas muy fuertes, que ponen en riesgo tanto a quien lo aplica, como para el medio ambiente los convierten en opciones menos viables para el proceso de curado. Es por ello por lo que Bambucen ocupa y recomienda este método de inmersión en pilas, por el rápido curado y su eficaz beneficio al bambú.



Figura 11: Bambú con curado finalizado (Fuente propia)

El MEFCCA en su guía de bambú dice que, para proteger las varas de bambú, debe curarse con una aplicación de diésel, con una brocha untándole en la parte de los cortes de la vara, ya que es el lugar donde penetra la polilla. También se puede curar con ácido Bórico o Bórax en dosis 1 kg/50 litros de agua. Sumerge la pieza por un periodo de 24 horas esto es aplicado en muebles y construcciones.

4.2.6. Método de quemado del bambú

Edgar Castillo en la entrevista dice que el quemado se hace con un soplete grande para piezas de 6 plg., también en horno con una caldera para quemarlos, este se usa cuando son muchos culmos que se van a quemar. En la guía de observación no se observó este proceso, pero se percibieron que la herramienta que utilizan en Bambucen para el quemado es un soplete de gas propano.



Figura 12: Quemado del bambú
(Fuente: Bambucen)

El proceso de quemado según la entrevista, se aplica cuando los culmos han sido cortados de la mata y lavados. Hacerle este proceso hace que el bambú sea menos propenso a ataques de insectos, su nivel de resistencia física mejora e impermeabiliza su superficie. Puede aplicarse por medio de hornos industriales o métodos artesanales. En Bambucen no cuentan con horno, entonces optan por la aplicación de llama directa con un soplete (ver imagen 12), el cual se alimenta de un cilindro de gas propano. La superficie del culmo de bambú se torna más oscura obteniendo un acabado estético interesante después de cierto tiempo. En el caso de la maqueta elaborada, los espiches de bambú pasaron por un proceso similar, para sellar las fibras y poros que al hacer las uniones con la clavadora a presión quedaron expuestos y así esta tuviera una mejor resistencia y lograr un mejor acabado final.

4.2.7. Almacenamiento del bambú

Edgar Castillo en la entrevista compartía que los culmos deben ser almacenados bajo techo, con mucho aire, ya sea en posición horizontal con separadores entre fila y fila para la circulación de aire o de manera vertical, técnicamente es mejor de



Figura 13: Almacenamiento del bambú
(Fuente propia)

manera vertical por la manera en la que está colocada la fibra, siempre con separadores protegido del sol, del viento, de la humedad.

En la visita de campo realizada se observó que en Bambucen tienen el bambú almacenado de manera horizontal y separado por especie. Estos cubiertos con techo de lona y con espacios libres que permiten el paso del aire. Ver Figura 13.

Según la guía técnica del MEFCCA es importante almacenar las varas/cañas de bambú en un lugar seco, con sombra y ventilación.

Según los datos de la guía de observación y la entrevista, Bambucen aún no implementa la manera técnica de almacenar el bambú, esta sería mejor de forma vertical por la dirección de sus fibras y porque requiere menos espacio.

4.3. Estructura

Según el dueño de Bambucen Edgar Castillo en la construcción los elementos de una estructura que se puede utilizar el bambú son las columnas, paredes, vigas, techo (clavadores, alfajilla) y cielo falso y algunos mezclan fibra de bambú (35%) en el cemento del embaldosado y algunos sustituyen los elementos de hierro y acero por bambú en las vigas sísmicas (no es recomendable).



Figura 14: Paredes con esterillado de bambú (Fuente propia)

El bambú en paredes se usa como elemento estructural para soporte de la pared misma y después la pared se usa esterillado (tejido) (ver figura 14) y existe una técnica que se llama bahareque en cementado, es una esterilla de bambú con una malla y 1 cm de mortero repellado y se usa a un forro o doble forro (ver figura 15), también se usa como estructura para paredes de adobe o paredes de tierra.

En vigas se usa dependiendo del diseño de la estructura como un solo elemento o vigas de varios elementos y en forma de cerchas, el bambú siempre va a tener una resistencia a la

compresión muy buena. En el caso de las columnas se puede usar el bambú como un solo elemento o columna de varios elementos, para estas se deben usar especies de bambú como la guadua aculeata.



Figura 15: Paredes esterillado + mortero (Fuente propia)

En base a la guía de observación en la estructura de Bambucen las paredes son elaboradas con esterilla de bambú, las columnas son de diferentes grosores de bambú y con diferente cantidad de elementos (Ver figura 16). En el caso de las vigas son de un grosor más pequeño que las de las columnas, la cantidad de elementos en las vigas dependen del uso en el caso de vigas que soportan el



Figura 16: Columna de 4 elementos (Fuente propia)

entrepiso, están son vigas que van intercaladas entre uno y dos elementos (Ver figura 17). En Bambucen no tiene cielo falso en toda su estructura, solo cuentan con presentaciones de 50 cm x 50 cm con diferentes esterillas y una con bambú rollizo. La estructura de techo en Bambucen (Ver figura 18) en la parte de la entrada los clavadores son de bambú y con zinc ondulada transparente, en la segunda planta el techo tiene una



Figura 17: Vigas en Bambucen (Fuente propia)

estructura de techo más sofisticada, con cuatro caigas y con zinc ondulado como cubierta.

Según el MTI en la cartilla de la construcción dice lo siguiente sobre el uso del bambú en los elementos de una edificación:

- El bambú no es conveniente usarlo para cimientos, es mejor usar otro material como el hormigón, debido al contacto que tendría el bambú con la tierra humedad.
- En las paredes se puede utilizar total o parcialmente el bambú
- El bambú se puede usar tanto en puertas y ventanas en formas tiras sobre un cuadro de madera dura.
- Para columnas y cubiertas recomiendan usar Guadua (especie de bambú para uso estructural).
- En el caso del entrepiso debe poseer la suficiente rigidez para garantizar su buen funcionamiento.



Figura 18: Estructura de techo (Fuente propia)

En base a la guía de observación, entrevista y la cartilla de la construcción, el bambú se puede utilizar en la mayoría de los elementos de una edificación, ya que posee características que lo hacen un material constructivo adecuado y viable, capaz de resistir las cargas que actúan sobre él, también su uso en los elementos va depender de su especie, por ejemplo, la guadua que es la especie más apta nivel estructural por su tamaño, diámetro y su resistencia a la compresión, este puede llegar a tener una altura de 30 m y diámetros hasta de 6 plg. También hay la opción de mezclar el bambú con mortero, para hacer paredes muchos más firmes, en el caso de Bambucen mezclan esterillado de bambú con mortero, adhiriendo el mortero con la ayuda de una malla. Esto demuestra que el bambú es material que puede llegar a usarse desde una edificación con diseño rústico a una más sofisticada.

4.4. Diseño estructura de techo

En el diseño de una estructura de techo se deben considerar las cargas vivas, muertas y también un buen sistema de apoyo entre la cubierta y los muro, para que

el peso del techo se transmita hasta la cimentación, asegurando que la cubierta quede bien anclada a los sistemas intermedios (muros y columnas), para resistir las fuerzas del viento o sismo.

4.4.1. Ensamble o uniones de bambú



Figura 19: Estructura de techo empernada y refuerzo con sogas
(Fuente propia)

Edgar Catillo dice que el bambú en estructuras de techo se ensambla con herrajes hechos por los mismos constructores, los herrajes son de varilla roscada con varilla corrugada (las varillas son de 3/8" y si es una estructura más grande se usan de 1/2") que tiene la rosca en una punta y un gancho en la otra, se usa el gancho y un pasador, también se usan golosos de punta broca o punta fina (se pueden usar los dos). Ver Figura 19.

Se observó en la estructura de techo de Bambucen uniones empernadas y reforzadas con sogas, con cortes tipo boca de pescado y a bisel.

El tipo unión o ensamble debe asegurar la resistencia y estabilidad de todo el sistema estructural. En las construcciones con bambú, las uniones son más difíciles de resolver, debido a su forma redonda y hueca. Esto se debe considerar al diseñar las estructuras con este material ya que no existe información técnica para realizarlas de forma profesional y repetible. Con este material hay que diseñar métodos para resolver problemas con los ensambles, para que el bambú pueda ser utilizado en edificaciones.

Según el MTI dice que las uniones en construcciones con bambú son uno de los aspectos más importante en su desarrollo y existe una gran variedad de uniones, pero las más comunes son:

- Uniones clavadas: Son muy frecuentes para soleras o vigas coronas, estas suelen usarse solo para ajuste temporal del sistema durante el armado y no deben de tomarse en cuenta como conexiones resistentes entre los elementos estructurales.

- Uniones empernadas: Son utilizadas para uniones articuladas, son utilizadas para resistir la tensión y la compresión.

Según el manual mexicano de la construcción sustentable con bambú recomienda los siguientes cortes para hacer las uniones con bambú. Ver Figura 20.



Figura 20: Cortes para uniones con bambú
(Fuente Manual Mexicano de bambú)

Según la entrevista, guía de observación, cartilla de la construcción y el manual de construcción sustentable con bambú mexicano, la elección de una buena unión y corte del bambú implica en la buena resistencia y rigidez de la estructura. Aunque no existen datos técnicos para el análisis de su diseño, hay soluciones para las uniones, incluso se pueden sustituir en caso de que a la hora de su ejecución presente inestabilidad en sus uniones a través de refuerzo con soga o ya sea con placas metálicas. Para la elaboración de la maqueta a escala se utilizó una clavadora de alta presión, para poder unir y armar la estructura de techo.

4.4.2. Cubierta de techo de bambú

En la entrevista a Edgar Castillo recomienda cualquier tipo de material para la cubierta para el techo, aunque sea pesada incluso se puede usar tejas solo se refuerza la estructura del techo, ya sea ubicando cerchas a menor distancia, reforzando las uniones con: sogas o placas metálicas, para tener mejor resistencia.

En la guía de observación a la estructura de Bambucen se observó el techo de cuatro caídas, la estructura de techo soporta un techo de zinc troquelado y ondulado.

Según el MTI en la cartilla de la construcción dice que al diseñarse el techo debe tenerse en cuenta la naturaleza del peso de la cubierta que va a ser empleada, ya sea de paja o de zinc galvanizado.

La cubierta de un techo debe brindar protección contra las condiciones ambientales y cumplir con su función de seguridad estructural. Por ello en base a la guía de observación y entrevista, el tipo de material de la cubierta de techo va a depender del diseño y de la presentación que se le quiere dar a la estructura. Solo que al usar cubierta con pesos elevados (por ejemplo: tejas) se requiere hacer un refuerzo en toda la estructura.

4.4.3. Vigas longitudinales y transversales

En la entrevista realizada al dueño de Bambucen dice que la distancia de separación entre vigas de bambú va depender del diseño, porque se pueden hacer claros enormes con bambú, pero depende de cómo se haga la viga, si son vigas sencillas de una pieza son 40 centímetros (pero necesitará ser reforzada porque si se llegara a quebrar una al ser un material natural hay un riesgo de colapso), aunque por diseño y comodidad las vigas casi siempre son dobles, la distancia que hay entre las vigas es de 60-80 centímetros.

Según la guía de observación realizada la distancia de vigas en la estructura de techo es de 40 cm en la losa entrepiso van intercaladas unas dobles y otra solas, en el techo de segundo piso las vigas o clavadores van de 60 cm.

Según el MTI en la cartilla de la construcción las dimensiones, orientación y esparcimiento de las cañas estructurales individuales que soportan la cubierta de techo (vigas transversales y longitudinales), varían de acuerdo con las necesidades del diseño.

En base a los datos de la entrevista, la guía de observación y la cartilla de construcción las vigas trasversales, longitudinales y diagonales, refuerzan toda la estructura de techo, transmitiendo las cargas recibidas por la cubierta, hacia los

cimientos. La cantidad y la distancia de separación de las vigas o clavadores va a depender del diseño, tomado en cuenta siempre las cargas vivas, muertas o accidentales.

4.4.4. Armado de cerchas

Edgar Castillo en la entrevista realizada el 03 de noviembre comenta que el armado de cerchas en Bambucen se hace en el piso sobre bancos, buscando apoyo horizontales y verticales para tener un ángulo de 90 grados, se busca que las uniones estén cerca del nudo, se usan varillas corrugadas de 3/8" como espiches de madera, pernos, golosos.

Según la guía de observación el tipo de cerchas en la estructura de Bambucen es de forma sencilla estilo Warren.

Según el manual de construcción de bambú peruano, durante la construcción de los techos con armaduras, es necesario contar con un sistema de arriostramiento provisional, que mantenga las armaduras en la posición correcta. Estas pueden ser quitadas una vez que se coloque una cubierta que actúe como diafragma. Si la techumbre no constituye un diafragma como en los techos de lámina, debe preverse un arriostramiento permanente de manera que las armaduras puedan soportar las cargas verticales y los movimientos del viento y los sismos.

En base a la guía de observación y entrevista las cerchas con bambú pueden ser sencillas y compuestas según el diseño que se desea, pero para su resistencia y buen funcionamiento dependerá de su buena fijación, tomando en cuenta el peso a soportar y el ensamble de cada uno de los elementos de la cercha que se emplee.

Se realizó un primer diseño antes de la aplicación de entrevista, visitas de campo y modelado de maqueta, que contenía 2 cerchas sencillas y con clavadores de un solo elemento. (Ver anexo 16 y 17)

Actualmente, existe muy poca documentación publicada sobre el bambú en Nicaragua; aunque se trabaja con el bambú de forma artesanal y en pequeñas edificaciones esto se hace de manera empírica, por lo tanto, no se sigue ningún tipo de reglamento; tampoco se cuenta con registros de parámetros de diseño.

Con base a lo recopilado en guía de observación, entrevista a la empresa Bambucen e información secundaria, se realizó diseños de estructura de techo en 2D (Ver anexo No. 18 y 19) y 3D (Ver anexo 20 y 21), este diseño con dimensiones de 12 m x 10 m, tres cerchas tipo Howe ubicadas una en el centro y una en cada extremo de la estructura, empernadas como anclaje para sus elementos con cortes a bisel, boca de pescado y flauta.

Durante el modelado de la maqueta a esquila se decidió incorporar una cercha tipo Warren, como modificación para mejorar la estabilidad y rigidez de la estructura de techo. (Ver anexo 22 y 23)

Para el diseño en la escala real, el material predominante de la estructura de techo es el bambú Guadua, cuya calidad depende cuando este alcance una edad de madurez mayor de cuatro años. El bambú debe ser inmunizado antes de ser utilizado en la estructura para evitar el ataque de los insectos y polillas. Se utilizará la especie de bambú guadua de 6 plg. de diámetro, con cerchas tipo Howe y Warren. La cubierta se sugiere de zinc ondulado calibre 26, con una pendiente de aproximadamente el 25% para aguas pluviales, cumbrera zinc liso, las cuales comprenden un peso aproximado de 800 lb. Los aleros para proteger el bambú de las variaciones climáticas serán de 1 m. Los clavadores o vigas dobles empernadas para mejor resistencia de la estructura. Para las uniones se utilizarán pernos, golosos y varillas corrugadas de 3/8". A la estructura se le debe realizar inspección cada año para ver si necesita mantenimiento. La estructura de techo de bambú tendrá una vida útil de 15 a 20 años aproximadamente. La vida útil va depender de haber utilizado la caña de bambú con el tratamiento adecuado.

Se realizaron 2 presupuestos del diseño de la estructura de techo uno a base de bambú (Ver anexo 24 y 25) y otro metálico (Ver anexo 26 y 27), para comparar costos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Al finalizar el presente estudio se concluye que:

- A través de los datos obtenidos se determinó que las principales propiedades estructurales que tiene el bambú son la resistencia a la compresión y la flexibilidad, lo que permite ser un material antisísmico, capaz de soportar las variaciones del clima y la fuerza del viento. Gracias a la resistencia y flexibilidad del bambú pueden diseñarse estructuras sencillas y sofisticadas. Este material es de baja resistencia al agua, el cual se soluciona con el tratamiento adecuado.
- El proceso de tratamiento del bambú para uso estructural va desde su corte, hasta su almacenamiento. El corte se hace según el tiempo de maduración de la caña de bambú y con herramientas como machete, sierra y cola zorro. A cada caña de bambú se le hace una limpieza inicial y lavado, para limpiar las impurezas que trae de su corte, con agua y detergente. Luego son secadas bajo techo y una vez secas son curadas en pilas con mixto de borax de 5 a 6 días en dependencia de la especie a sumergir. Se somete a un tratamiento de quemado (flameado) ya sea en horno o con llama directa de gas propano, una vez finalizado el proceso, el bambú se almacena bajo techo de manera horizontal o vertical y listo para ser utilizado en construcciones.
- El uso estructural del bambú en estructuras va desde paredes, columnas, vigas, estructuras de techo, cielo falso e incluso puertas y ventanas. Para la construcción de estos elementos se ocupan bambúes de diferentes especies, diámetros e incluso de forma (esterilla, rollizo, etc.).
- Se diseño estructura de techo de bambú en 2D Y 3D de 12m x 10m, con dos caídas y 3 cerchas, utilizando de referencia los datos obtenidos con la empresa Bambucen y fuentes secundarias, sobre el ensamble y cortes de bambú, como guía para las construcciones con bambú.

- Se modeló estructura de techo a escala 1:20 con bambú de especie *Dendrocalamus asper* en forma espiches, con diseño de estructura modelado en 2D y 3D, esta misma fue sometida a una carga de 115 lb, demostrando la resistencia y flexibilidad que posee el bambú.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- No se recomienda usar el bambú en cimentaciones, por su baja resistencia a la humedad, ya que este al entrar en contacto con el suelo queda expuesto y podría afectar al resto de la estructura.
- En el caso de estructuras de varias plantas el número de elementos en las columnas, se recomienda usar más de una para asegurar resistencia de la estructura.
- No se recomienda usar el bambú en la construcción, sin haber llegado a su etapa de madurez correcta y sin su proceso de tratamiento previo.
- No se recomienda usar diámetros pequeños de bambú en vigas, columnas ya que estos no podrían soportar el peso y llegaría a colapsar toda la estructura.
- Ya que Nicaragua no cuenta con un código o normas de construcción con bambú, se recomienda a la empresa Bambucen apearse a las normas colombianas o peruanas, que son las más completas en Latinoamérica.
- Se recomienda a la empresa Bambucen, al gobierno nacional, gobiernos locales, ingenieros civiles y arquitectos, promover el uso del bambú en el ámbito constructivo, como un material estructuralmente resistente y amigable con el medio ambiente, ya que es un recurso sostenible y renovable, con iniciativas que generen nuevas oportunidades para que este material sea aprovechado para la construcción de viviendas, entre otras edificaciones.
- Para las personas en general, se les recomienda arriesgarse a explorar el bambú como un material que va más allá de su uso artesanal, sino que es apto para la construcción de viviendas, entre otros.
- Se recomienda visitar las instalaciones de Bambucen para que se conozca el amplio uso del bambú tanto en lo artesanal como en el mundo de la construcción.

BIBLIOGRAFIA

- Alemán Iris; Hernández Ever. (Julio de 2012). *core.ac.uk*. Retrieved 10 de agosto de 2022, from *core.ac.uk*: <https://core.ac.uk/download/pdf/53103046.pdf>
- Alvarez. (2012). *UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20063/Paredes_AVH.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arqhys. (Diciembre de 2012). *Arqhys*. Retrieved 9 de septiembre de 2022, from *Arqhys*: <https://www.arqhys.com/construccion/estructurales-propiedades.html>
- Baladrón, J. (2 de Octubre de 2018). Retrieved 2022 de Octubre de 2022, from <https://arquitectura-sostenible.es/bambu-el-acero-vegetal/#:~:text=De%20entre%20los%2091%20g%C3%A9neros,especialmente%20por%20su%20r%C3%A1pido%20crecimiento>.
- Bonilla Tijerino, J. A. (Septiembre de 2017). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Retrieved 10 de agosto de 2022, from *Universidad Tecnológica de Pereira*: <https://repositorio.utp.edu.co/items/896bf541-ff7f-4ad4-b879-111f3c0b91d6>
- Candelaria, V. (2002).
- Carrillo, A. (septiembre de 2015). *core.ac.uk*. Retrieved 13 de septiembre de 2022, from <https://core.ac.uk/download/pdf/55528082.pdf>
- Castro Hernández, A. B. (2014). *SIIDCA*. Retrieved 10 de Agosto de 2022, from *SIIDCA*: <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNI.15027/Description>
- Castro, A. (26 de septiembre de 2014). *World Documents*. Retrieved septiembre de 12 de 2022, from <https://vdocuments.net/universidad-nacional-de-ingenieria-facultad-de-2017-02-10-universidad-nacional.html?page=1>
- Cerón, M. (2018). *ptolomeo.unam*. Retrieved 20 de Octubre de 2022, from <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/15802/1/tesis.pdf.pdf>
- Cerrón, T. (septiembre de 2014). *ISSUU*. Retrieved 18 de noviembre de 2022, from https://issuu.com/sencico_documentosdigitales/docs/manual_de_construccion_oacute_n_de_es
- Córdoba, R. (2005). *Dialnet*. (I. T. Rica, Ed.) Retrieved 11 de septiembre de 2022, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123396>
- Dalal, A. (19 de agosto de 2021). *Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América*. Retrieved 03 de octubre de 2022, from <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8735>
- Dobrowolska, K. (04 de marzo de 2021). *ARCHDESK*. Retrieved 11 de Noviembre de 2022, from <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/#:~:text=El%20sector%20de%20la%20construccion%20es%20responsable%20de%2039%25%20de,fabricacion%20de%20materiales%20de%20construccion>
- Fernández, Pita & Díaz, Pértegas. (2002). *epositoryinst.uniguajira.edu*. Retrieved 20 de noviembre de 2022, from

- http://www.ecominga.uqam.ca/ECOMINGA_2011/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_2/4/2.Pita_Fernandez_y_Pertegas_Diaz.pdf
- Gálvez, F. (marzo de 2017). *core.ac.uk*. Retrieved 2 de septiembre de 2022, from *core.ac.uk*: <https://core.ac.uk/download/pdf/129372767.pdf>
- Grajales, T. (27 de marzo de 2000). Retrieved 9 de septiembre de 2022, from <https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Gutiérrez, Mateo; Takeuchi, Caori. (2014). *Dialnet*. Retrieved 27 de Septiembre de 2022, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4847445>
- Infraestructura, M. d. (2011). *Nueva Cartilla de la Construcción*. Managua, Nicaragua: PAVSA. Retrieved 18 de Noviembre de 2022.
- López, Luis; Correal, Juan. (2009). *Scielo*. Retrieved 27 de Septiembre de 2022, from https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2009000300001
- Martínez, S. (09 de Septiembre de 2015). *RiuNet*. Retrieved 9 de Agosto de 2022, from RiuNet: <http://hdl.handle.net/10251/55983>
- MEFCCA. (s.f.). *Guía técnica Bambú Nicaragua*. Retrieved 10 de septimbre de 2022, from https://www.academia.edu/37347415/Guia_bambu
- Mesias, O. (2010). *nodo.ugto.mx*. Retrieved 20 de noviembre de 2022, from <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2017/03/La-Investigaci%C3%B3n-Cualitativa.pdf>
- Nombela, C. (Enero de 2020). *Archivo Digital UP*. Retrieved <https://oa.upm.es/66282/10> de agosto de 2022.
- Ordóñez, Victor; Mejía, María; Bárcenas, Guadalupe & Instituto de Ecología (INECOL). (s.f.). *Manual para la construcción sustentable con bambú*. México. Retrieved 18 de noviembre de 2022, from [file:///C:/Users/DELL/Downloads/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU%20\(3\).PDF](file:///C:/Users/DELL/Downloads/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU%20(3).PDF)
- Picado, L. (13 de enero de 2017). *Biblioteca, Investigación y Tecnología*. Retrieved 18 de noviembre de 2022, from <https://biblioinfo.unan.edu.ni/?p=2888>
- Ramírez, D. (2019). Retrieved 03 de octubre de 2022, from Repositorio de la Universidad César vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49712>
- Ricoy, C. (2006). *Redalyc*. Retrieved 14 de septiembre de 2022.
- Rodríguez, J. (Junio de 2006). *Redalyc*. Retrieved septiembre de 2022, from <https://www.redalyc.org/pdf/944/94403115.pdf>
- Rodríguez, J. (2006). *Redalyc*. Retrieved 27 de Septiembre de 2022, from <https://www.redalyc.org/pdf/944/94403115.pdf>
- Rodríguez, J. C. (2006). *Redalyc*. Retrieved 28 de noviembre de 2022, from <https://www.redalyc.org/pdf/944/94403115.pdf>
- Rodriguez, Jiménez; Pérez, Jacinto; Omar, Alipio. (1 de Julio de 2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 12. Retrieved 12 de septiembre de 2022, from <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Salazar, J. (2007). *Resistencia de Materiales* (Primera ed.). Manizales, Colombia. Retrieved 10 de Septiembre de 2022, from

- https://www.academia.edu/41984211/Resistencia_de_Materiales_B%C3%A1sica_para_Estudiantes_de_Ingenier%C3%ADa_Jorge_Eduardo_Salazar_Trujillo
- Saleme. (s.f.). Retrieved 23 de agosto de 2022.
- Sanca, M. (2011). TIPOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. *Revista de Actualización Clínica*, 9, 622. Retrieved 9 de septiembre de 2022, from http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/raci/v12/v12_a11.pdf
- Sanchez Medrano, María Teresa ; Espuna Mujica, José Adán, Roux Gutiérrez, Rubén Salvador. (2016). *SCIELO*. Retrieved 10 de Agosto de 2022, from SCIELO: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052016000200657&script=sci_abstract&tlng=en
- Sencico. (2012). https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20063/Paredes_AVH.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Significados. (s.f.). *Significados*. Retrieved 10 de septiembre de 2022, from Significados: <https://www.significados.com/corte/>
- Soler, P. (s.f.). *Riunet*. Retrieved 27 de Septiembre de 2022, from <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106203/SOLER%20-%20CSA-F0111%20Uso%20del%20bamb%C3%BA%20en%20la%20arquitectura%20contempor%C3%A1nea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, Bismark; Segarra, Mercé; Braganca, Luis. (2019). *Revista unne*. Retrieved 27 de Septiembre de 2022, from <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/view/3787/3414>
- Torres, E. (Junio de 2017). *Archivo Digital UPM*. Retrieved 31 de Octubre de 2022, from <https://oa.upm.es/47077/>
- Westreicher, G. (2020). *Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/almacenamiento.html>
- Zoila, V. (18 de Noviembre de 2008). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA. *Revista Educación*, 33(1), 155-165. Retrieved 12 de septiembre de 2022, from <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- Zurita Ortega, F., Romero Cerezo, C., Ruiz Rodríguez, L., Martínez Martínez, A., Fernández García, R. y Fernández Sánchez, M. (2008). *Redalyc*. <https://www.redalyc.org/pdf/542/54222981003.pdf>

ANEXOS O APENDICES

Anexo 1: Entrevista a dueño de Bambucen

Universidad de Ciencias Comerciales

SEDE-MATAGALPA



Entrevista Semi-estructurada

Dirigida a: Edgar Castillo (Dueño de Bambucen)

Objetivos:

- **Conocer las propiedades y proceso de tratamiento del bambú**
- **Analizar el uso estructural del bambú en estructura de la empresa.**

Entrevistador _____ Fecha de Aplicación _____

Guía de Preguntas:

1. Propiedades del bambú

- 1.1. Con base a su experiencia ¿Considera que el bambú tiene la resistencia para ser usado en estructuras?
- 1.2. Una de las principales propiedades del bambú es la flexibilidad. ¿Por qué?

2. Proceso de tratamiento del bambú

- 2.1. ¿Cómo es el proceso de corte del bambú para utilizarse en estructuras?
- 2.2. ¿Qué proceso de limpieza inicial se le hace al bambú?
- 2.3. ¿Cuál es el método de secado para el bambú?
- 2.4. ¿Cómo se cura al bambú?
- 2.5. ¿Cuál es el método de quemado del bambú para uso estructural?
- 2.6. ¿Por qué pasa por el proceso de lavado el bambú?
- 2.7. ¿Cómo deber ser almacenado el bambú?

3. Estructura

- 3.1. Según su experiencia ¿En qué elementos de una estructura se puede utilizar el bambú?
- 3.2. ¿Cómo se usa el bambú en paredes, columnas y vigas?

4. Diseño estructura de techo

- 4.1. ¿Cómo se ensamblan las cañas de bambú en estructuras de techo?
- 4.2. ¿Qué material recomienda para la cubierta de techo de bambú?
- 4.3. ¿Cuál es la distancia de separación entre vigas de bambú según Bambucen?
- 4.4. ¿Cómo realizan el armado de cerchas en Bambucen?

Anexo 2: Guía de observación Bambucen

Universidad de Ciencias Comerciales

SEDE-MATAGALPA



Guía de Observación estructura de empresa Bambucen

Objetivo:

- **Observar el uso estructural del bambú en estructura de empresa Bambucen.**

Aplicada por. _____ Fecha de Aplicación. _____

No	Ítems a evaluar	Registro de cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
Propiedades del Bambú				
1	Las estructuras de Bambucen son resistentes al peso y condiciones del clima.			
2	La estructura de Bambucen presenta deflexión			
Proceso de tratamiento del bambú				
1	Proceso de corte del bambú			
2	Limpieza inicial del bambú			
3	Método de secado del bambú			
4	Curado del bambú			
5	Método de quemado del bambú			
6	Lavado del bambú			
7	Almacenamiento del bambú			
Estructura				
8	Se usa Bambú en muros			
9	Las columnas son de bambú			
10	Se usa Bambú en vigas			
11	El cielo falso es de bambú.			

12	La estructura de techo es completamente de bambú.			
Estructura de techo				
13	Tipos de uniones en estructura de techo Bambucen.			
14	Material de la cubierta de techo de Bambucen.			
15	Distancia entre vigas en estructura de techo Bambucen.			
16	Tipo de cerchas en Estructura de Bambucen.			

Anexo 3: Guía de observación

Universidad de Ciencias Comerciales
SEDE-MATAGALPA



Guía de experimentación

Objetivo:

- **Observar el comportamiento del bambú a través de maqueta de estructura de techo con y sin proceso de tratamiento que será expuesta a cargas y humedad.**

Aplicada por. _____ Fecha de Aplicación. _____

Item	Actividad	Observaciones
1	La estructura de techo resiste un peso de 115 libras. <ul style="list-style-type: none">• Prueba de rigidez	
2	¿Cuántos cm se defleca la estructura de techo al ser sometido a una carga distribuida de 115 lb? <ul style="list-style-type: none">• Prueba de deflexión	
3	Prueba de resistencia al agua	

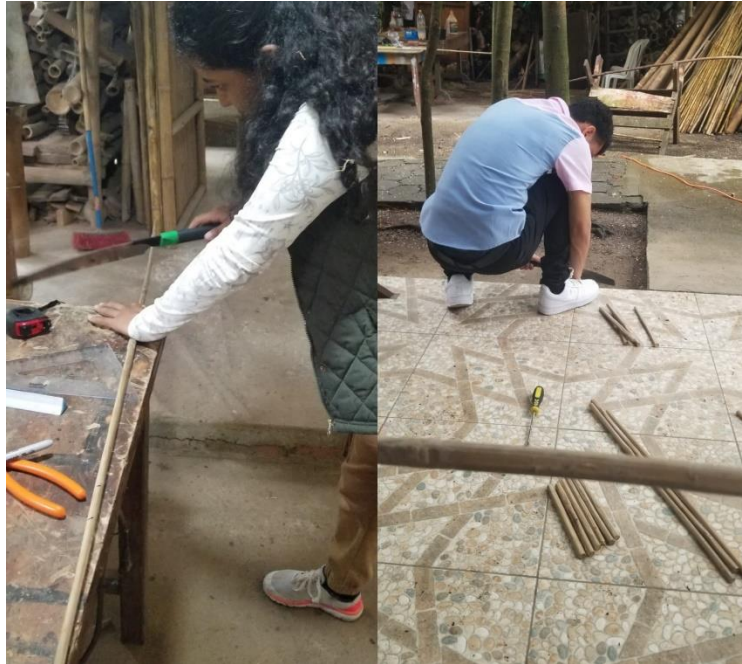
Anexo 4: Realización de dibujo en planta



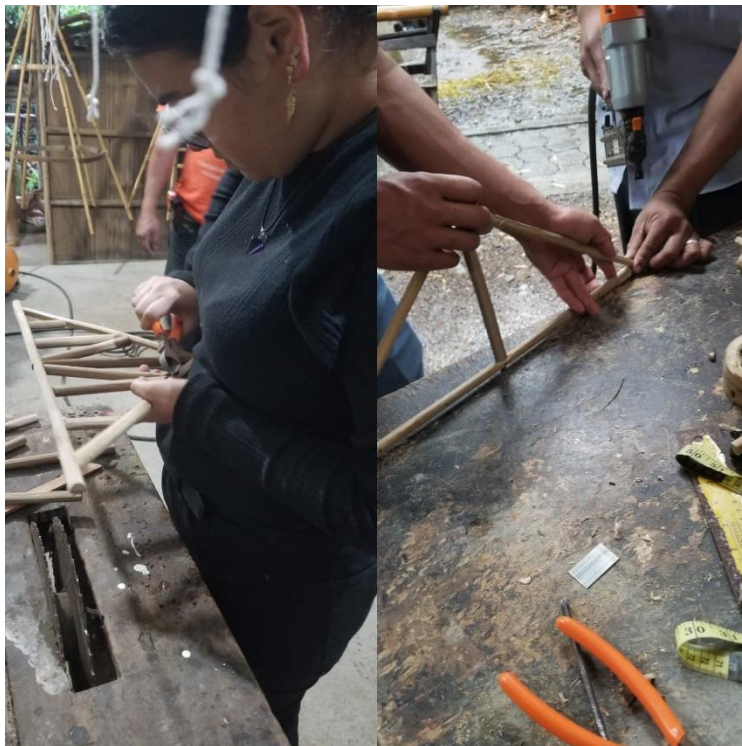
Anexo 5: Fabricación de espiches



Anexo 6: Corte de espiches a medida



Anexo 7: Armado de cerchas



Anexo 8: Fijación de las cerchas con mezcla de aserrín y pega de madera



Anexo 9: Pega de madera utilizada en la mezcla



Anexo 10: Posición de las cerchas según plano



Anexo 11: Fijación de las cerchas con regla de madera y vigas permanentes



Anexo 12: Unión de clavadores a las cerchas



Anexo 13: Lijado de estructura de techo



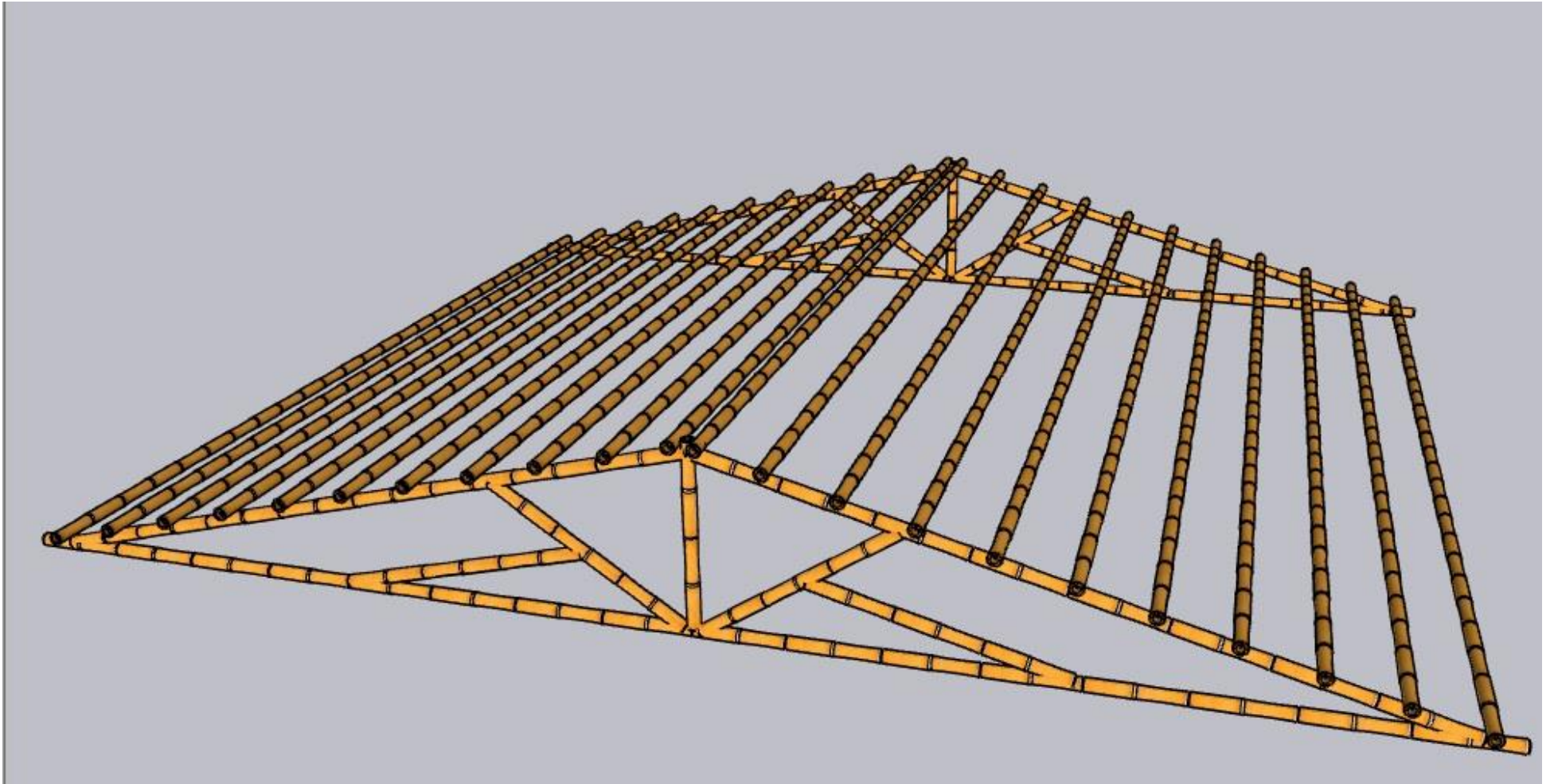
Anexo 14: Flameado de maqueta



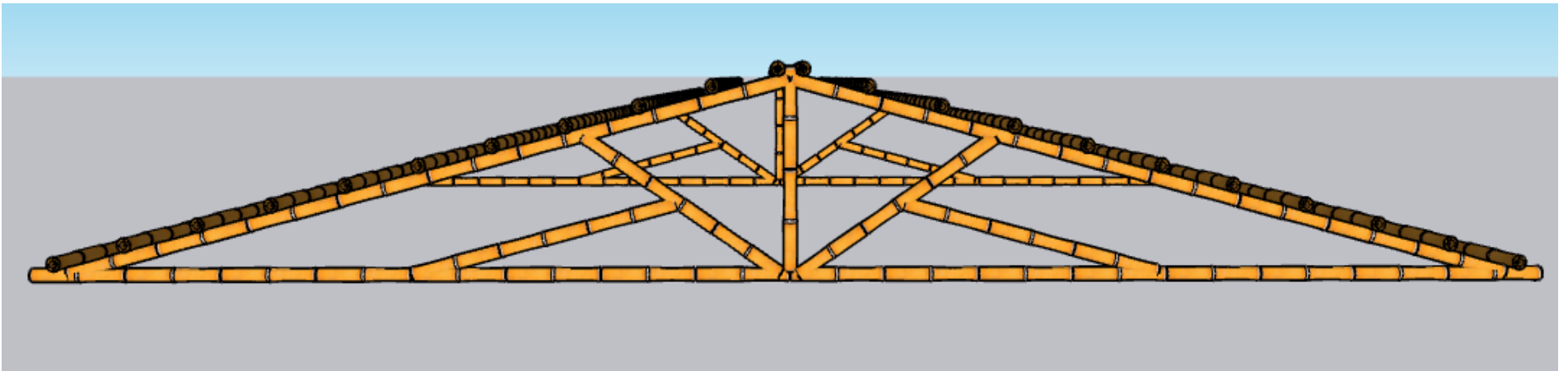
Anexo 15: Barnizado final de la maqueta



Anexo 16: Primer diseño de estructura de techo

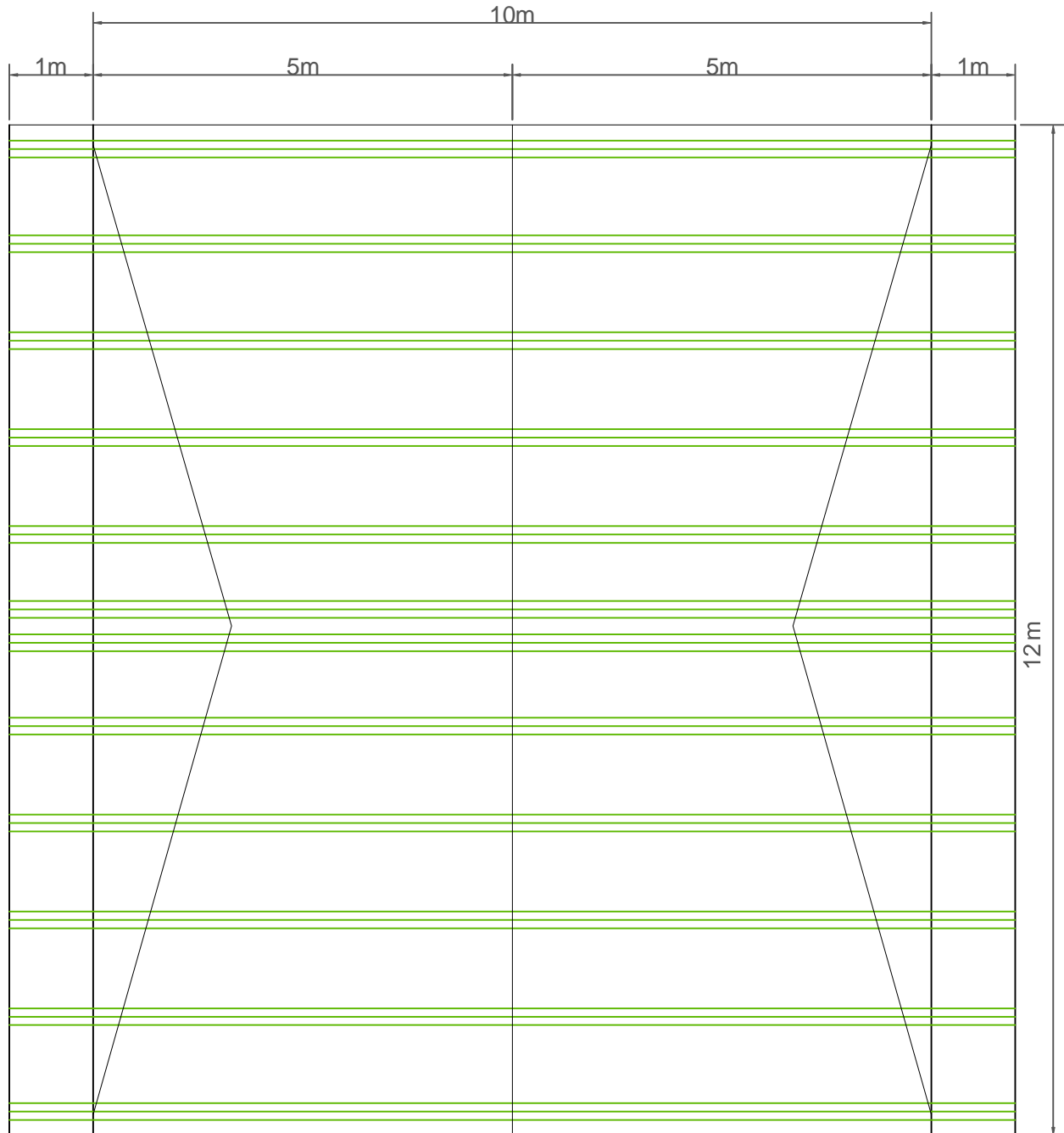


Anexo 17: Vista frontal primer diseño Estructura de techo



Anexo 18: Segundo diseño Estructura de
techo 2D (vista en planta)

ESTRUCTURA DE TECHO
ESC.....1:75

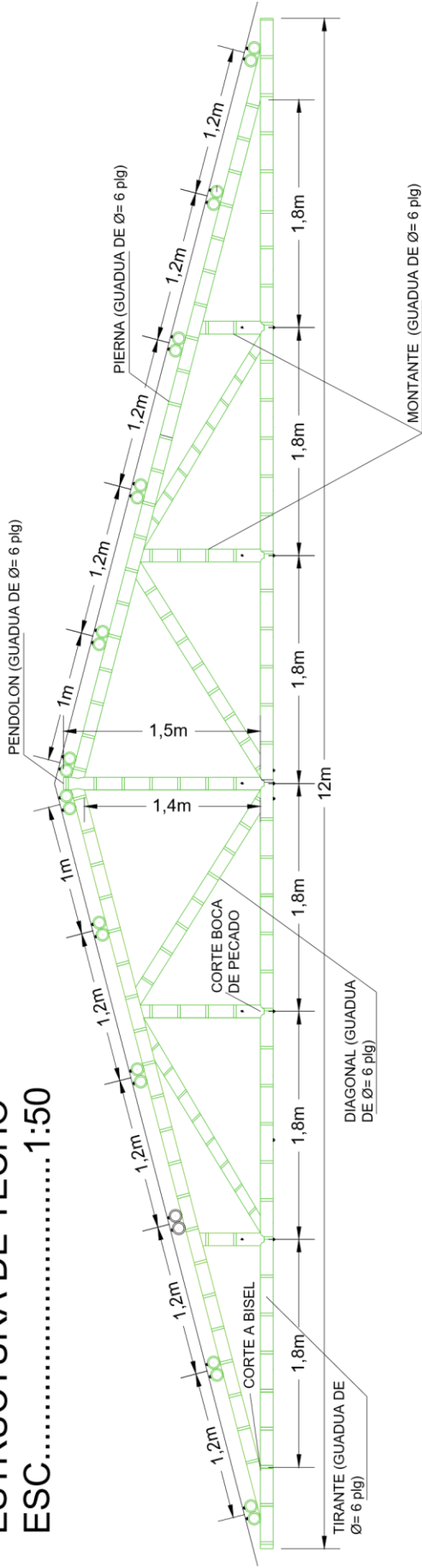


PROYECTO:	USO ESTRUCTURAL DEL BAMBU
DISEÑO:	Br. RAYO LARGAESPADA FERNANDA Br. BLANDON CRUZ MARIANETH Br. ZELAYA MARTINEZ JENSEL
DESCRIPCION:	ESTRUCTURA DE TECHO DE BAMBU
PLANO:	VISTA EN PLANTA

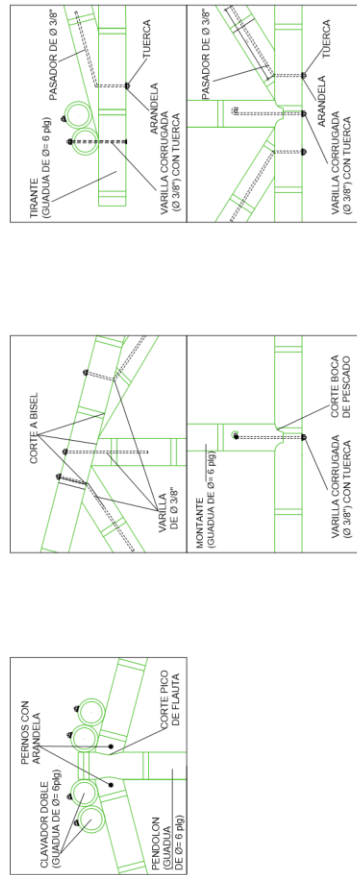


NOTA: La estructura de
techo estará hecha de
cañas de bambú
Guadua de 6 plg y
clavadores dobles.

ESTRUCTURA DE TECHO
ESC.....1:50



DETALLES

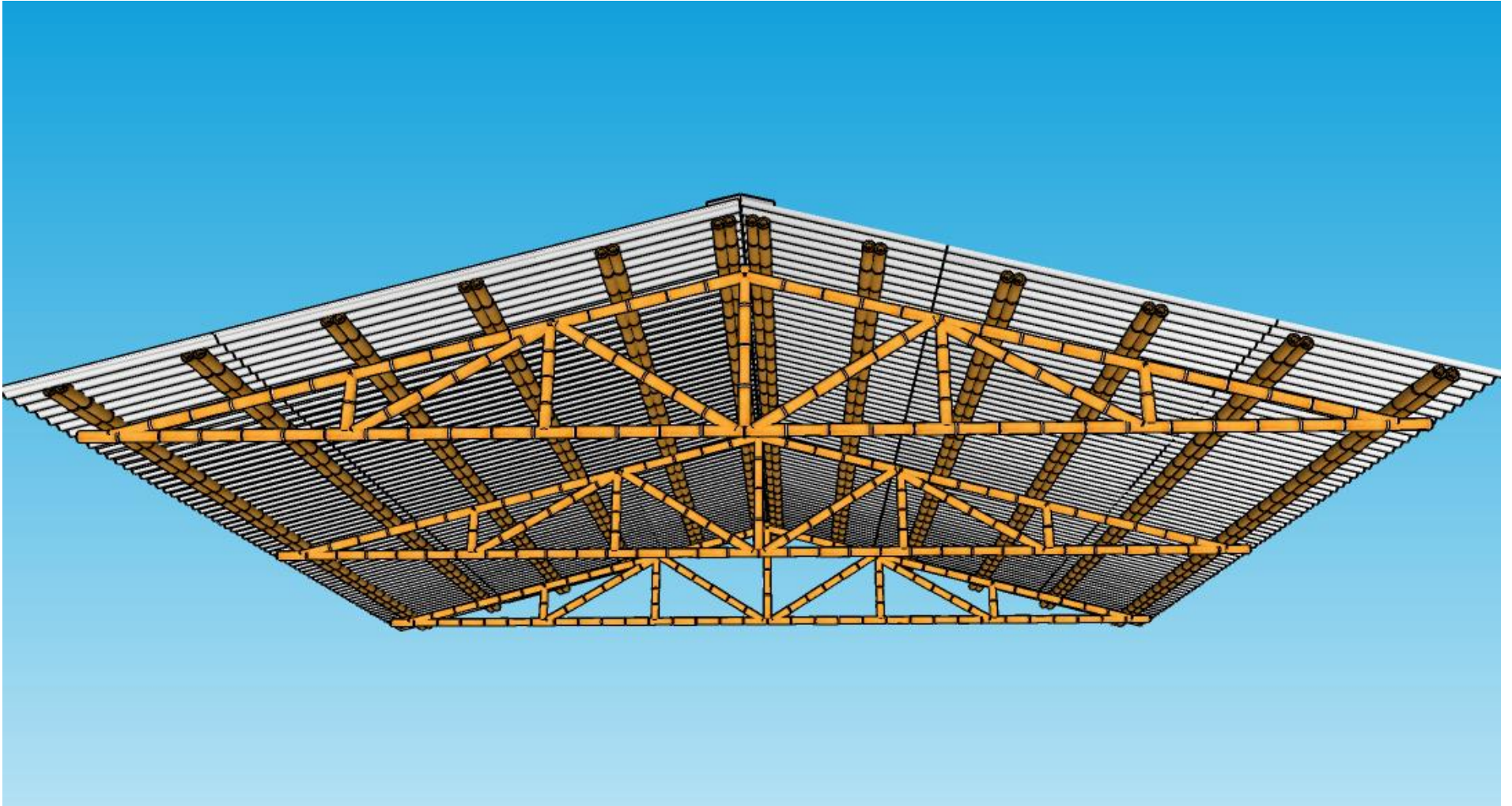


NOTA: LA ESTRUCTURA DE TECHO ESTARA FORMADA POR 3 CERCHAS ESTILO HOWE COMPUESTA CON BAMBÚ GUADUA DE 6PLG.

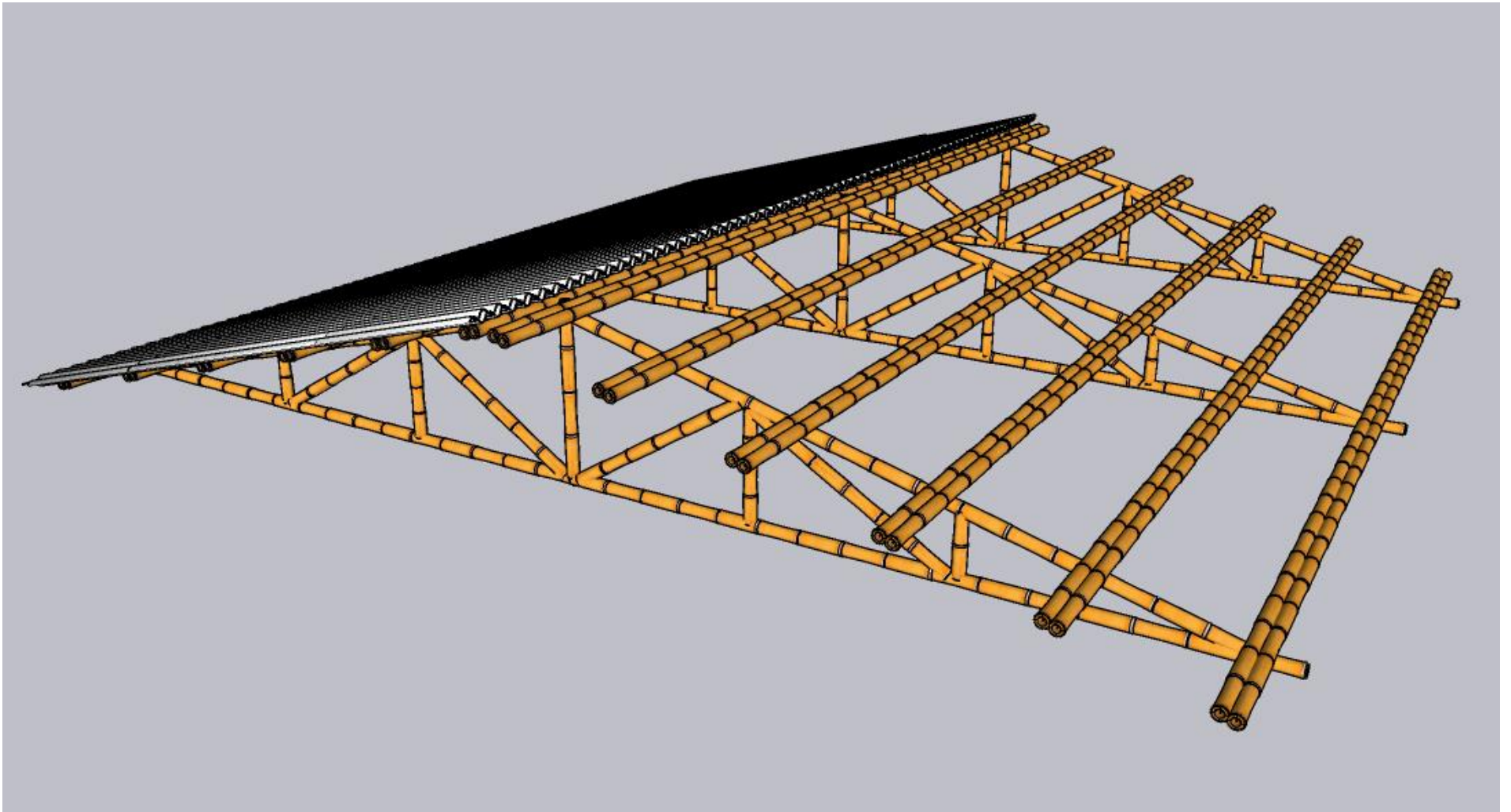
LA UNION DE CADA ELEMENTO DE LAS CERCHAS SERA VARIAS Y PERNOS 3^{er}. COMO ACABADO FINAL SE PUEDE COLOCAR UNA CUBIERTA DE ZINC ONDULADO CALIBRE 26. PARA LA UNION DEL BAMBÚ UTILIZAR VARILLAS 30 CM DE LARGO CON TUERCAS Y ARANDELAS.

PROYECTO:	USO ESTRUCTURAL DEL BAMBÚ
DISEÑO:	Br. RAYO LARGAESPADA FERNANDA Br. BLANDON CRUZ MARIANETH Br. ZELAYA MARTINEZ JENSEL
DESCRIPCION:	ESTRUCTURA DE TECHO DE BAMBÚ
PLANO:	DISEÑO DE CERCHA DE BAMBÚ

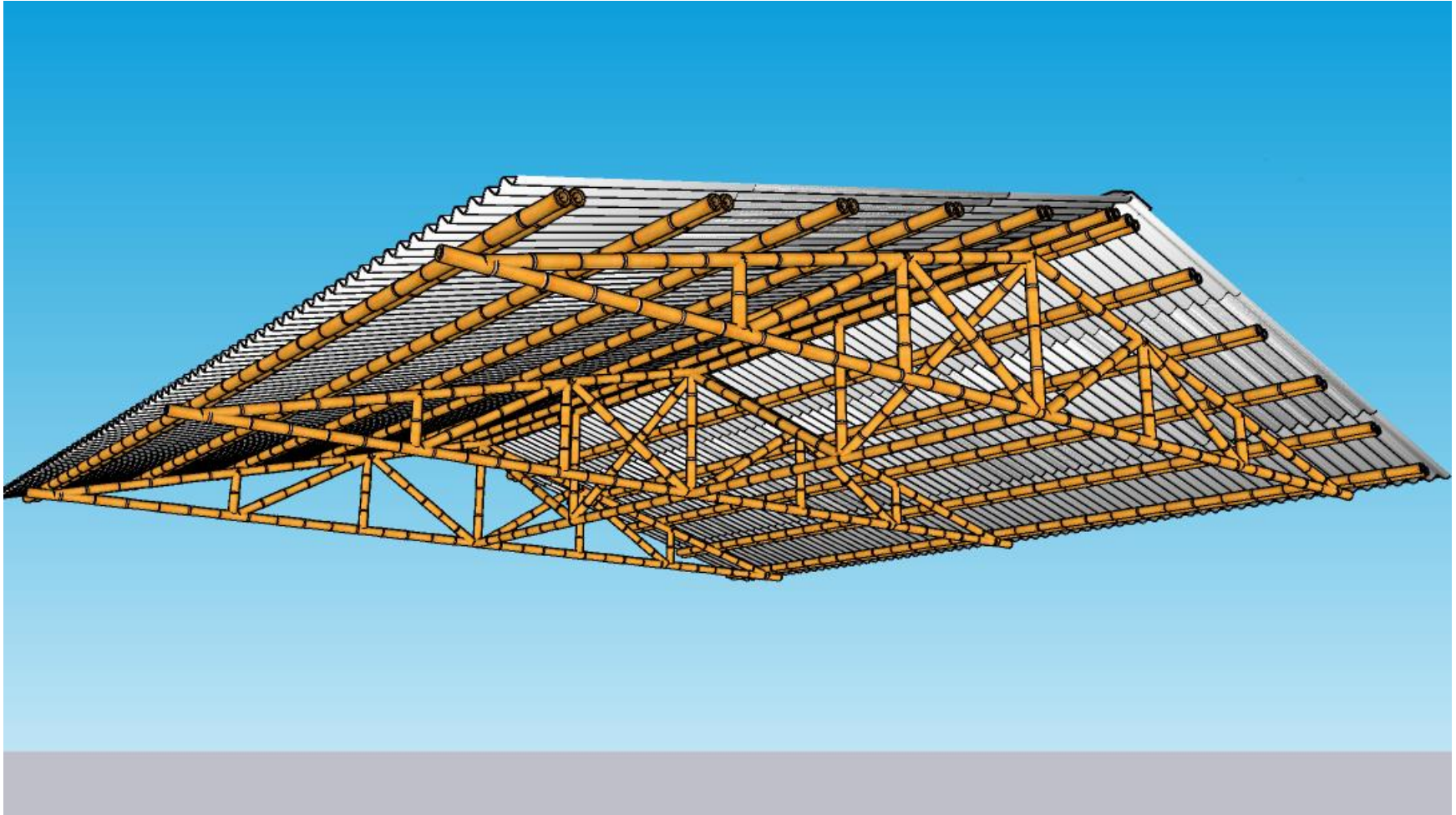
Anexo 20: Estructura de techo 3D segundo diseño (Vista inferior)



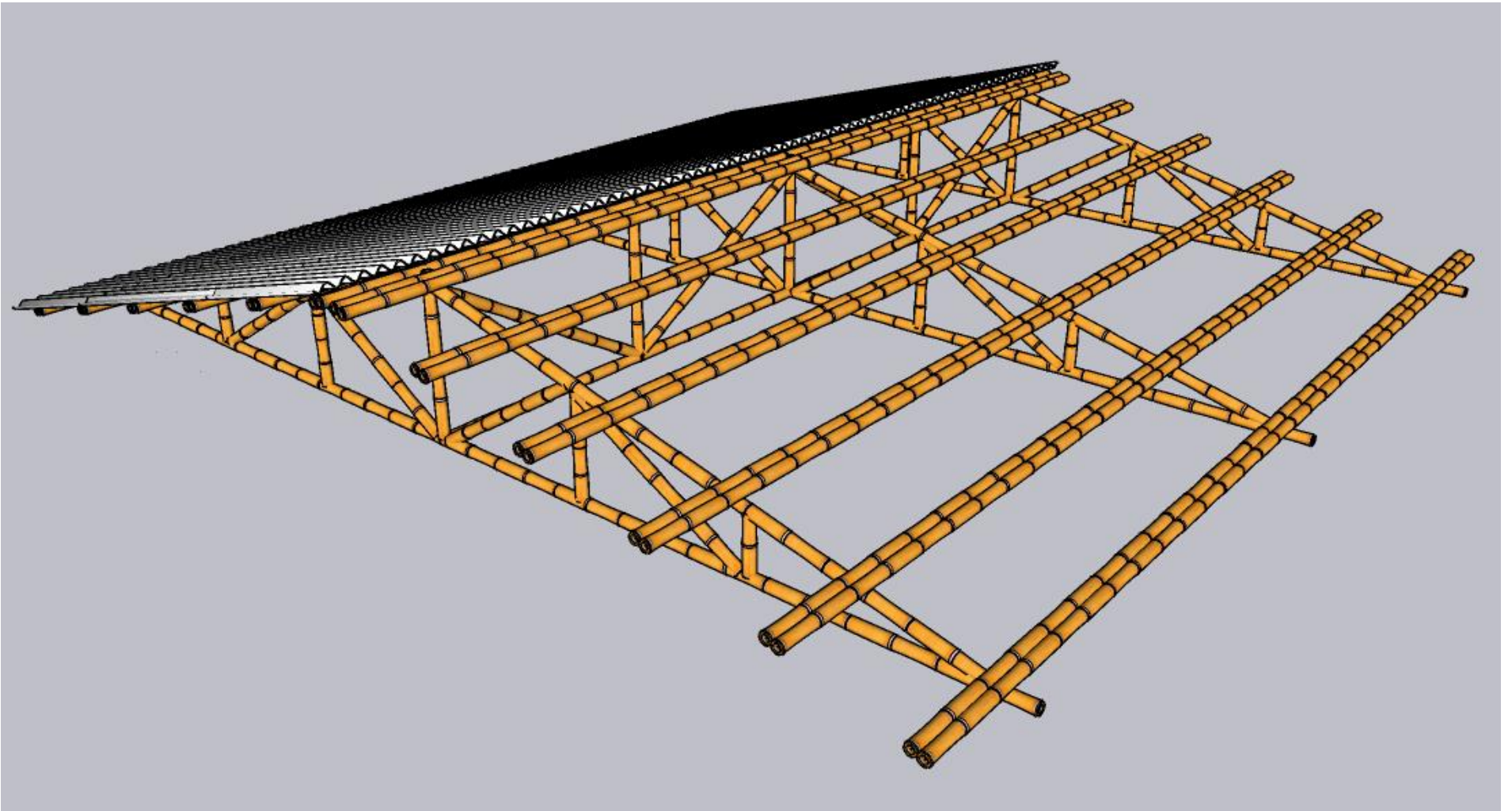
Anexo 21: Estructura de techo 3D segundo diseño (vista superior derecha)



Anexo 22: Estructura de techo 3D modificada (Vista inferior)



Anexo 23: Estructura techo 3D modificada (Vista superior derecha)



Anexo 24: Costos de materiales "Estructura de techo de bambú"

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
BAMBU GUADUA 6 PLG.	M	396	C\$56.00	C\$22,176.00
ZINC CALIBRE 26 ESTÁNDAR 12FT	LAMINA	22	C\$550.00	C\$12,100.00
ZINC CALIBRE 26 ESTÁNDAR 10 FT	LAMINA	22	C\$520.00	C\$11,440.00
ZINC LISO CALIBRE 26 ESTÁNDAR 12FT	LAMINA	1	C\$650.00	C\$650.00
ZINC LISO CALIBRE 26 ESTÁNDAR 6FT	LAMINA	1	C\$325.00	C\$325.00
VARILLA CORRUGDA 3/8"	QQ	0.5	C\$2,000.00	C\$1,000.00
BARNIZ LARO MAX 917	GLN	2	C\$2,960.00	C\$5,920.00
PERNOS 3/8 ", tuerca y arandela	UND	138	C\$30.00	C\$4,140.00
GOLOSOS 1 1/2"	UND	1400	C\$2.00	C\$2,800.00
TOTAL				C\$60,551.00

Anexo 25: Presupuesto general "Estructura de techo de bambú"

ETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	MANO DE OBRA	
				C. Unit.	C. Total
1	CONSTRUCCION DE TECHO	M2	144.00		C\$ 38,075.00
	HACER E INSTALAR CERCHAS DE BAMBU GUADUA 6 PLG. SEGÚN DISEÑO	ML	107.40	C\$ 75.00	C\$ 8,055.00
	HACER E INSTALAR CLAVADORES DOBLES DE BAMBU GUADUA PLG	ML	288.00	C\$ 70.00	C\$ 20,160.00
	INSTALACION DE CUBIERTA DE ZINC ONDULADO CALIBRE 26 STD EN ESTRUCTURA METALICA	M2	144.00	C\$ 65.00	C\$ 9,360.00
	HACER E INSTALAR CUMBRERA DE ZINC LISO STD CALIBRE 26 DE 0,4 M DE ANCHO	ML	10.00	C\$ 50.00	C\$ 500.00
	Costos de mano de obra				C\$ 38,075.00
	Costos materiales				C\$ 60,551.00
	Costo Total				C\$98,626.00



Anexo 26: Costo de materiales "Estructura metálica"



DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
PERLIN ESTÁNDAR NEGRO	UND	54	C\$850.00	C\$45,900.00
SOLDARURA 60-11 LINCOLN	LB	9	C\$130.00	C\$1,170.00
ZINC ONDULADO CALIBRE 26 ESTÁNDAR 12FT	LAMINA	22	C\$550.00	C\$12,100.00
ZINC ONDULADO CALIBRE 26 ESTÁNDAR 10 FT	LAMINA	22	C\$520.00	C\$11,440.00
ZINC LISO CALIBRE 26 ESTÁNDAR 12FT	LAMINA	1	C\$650.00	C\$650.00
ZINC LISO CALIBRE 26 ESTÁNDAR 6FT	LAMINA	1	C\$325.00	C\$325.00
DISCOS DE 7" FINO	UND	4	C\$85.00	C\$340.00
PINTURA ANTICORROSIVA	GLN	2	C\$650.00	C\$1,300.00
CENER THINNER	GLN	2	C\$380.00	C\$760.00
GOLOSOS 1 1/2"	UND	700	C\$1.00	C\$700.00
TOTAL				C\$74,685.00

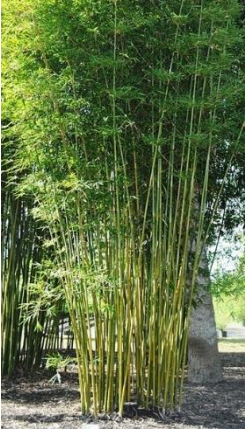
Anexo 27: Presupuesto general "Estructura de techo metálica"

ETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	MANO DE OBRA	
				C. Unit.	C. Total
1	CONSTRUCCION DE TECHO	M2	144.00		C\$ 32,840.00
	HACER E INSTALAR CAJAS METALICAS DE 4"X4"X 1/16" EN CERCHA SEGÚN DISEÑO	ML	107.40	C\$ 100.00	C\$ 10,740.00
	HACER E INSTALAR PERLINES DE 2"X6"X1/16" PARA CLAVADORES	ML	144.00	C\$ 85.00	C\$ 12,240.00
	INSTALACION DE CUBIERTA DE ZINC ONDULADO CALIBRE 26 STD	M2	144.00	C\$ 65.00	C\$ 9,360.00
	HACER E INSTALAR CUMBRERA DE ZINC LISO STD CALIBRE 26 DE 0,4 M DE ANCHO	ML	10.00	C\$ 50.00	C\$ 500.00
	Costos de mano de obra				C\$ 32,840.00
	Costos materiales				C\$ 74,685.00
	Costo Total				C\$107,525.00

Anexo 28: Especies comunes de bambú en Nicaragua

Especies	Descripción	
<p>Guadua Amplexifolia</p>	<p>Se produce en mayor abundancia en el este de Nicaragua, en una banda estrecha, pero más o menos continua a lo largo de los ríos que desembocan en el Caribe, entre Puerto Cabezas y Bluefields y se emplea en la construcción local. Especie Nativa de Nicaragua.</p>	
<p>Guadua Aculeata</p>	<p>El más grande de los bosques de Guadua se encuentra a lo largo de los ríos Prinzapolca, Wawa, Coco y Río Grande. La zona más protegida de bambú se encuentra en la parte nor-oriental del país.</p>	

<p>Dendrocalamus Asper</p>	<p>Nativa de India y Tailandia. Alcanza alturas de 20 a 39 m y diámetro de 8 a 12 plg. Apto para construcción de viviendas, puentes y mobiliario artesanal.</p>	
<p>Gigantochloa Apos</p>	<p>Nativa de Indonesia. Puede utilizarse para construcción de viviendas, puentes y artesanías. Alcanza alturas de 10 a 20 m y diámetro de 2 a 4 plg.</p>	

Bambusa Textilis	Nativa del sur de China. Principalmente para uso de tejido artesanal. Alcanza alturas de 12 m y diámetro de 4 plg.	
------------------	--	---