



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

### **DISEÑO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MARACUYÁ, MEDIANTE EL USO Y APLICACIÓN DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO.**

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
Agrícola

**AUTOR:**

Edwin David Quezada Coronel

**DIRECTORA:**

Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 22 de septiembre de 2022

Mg.Sc. María del Cisne Veintimilla Ortega

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **DISEÑO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MARACUYÁ, MEDIANTE EL USO Y APLICACIÓN DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO.**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola de la autoría del estudiante Edwin David Quezada Coronel, con cédula de identidad Nro. 0706825429, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega. Mg.Sc.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Edwin David Quezada Coronel**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Titulación, en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual

**Firma.**



**Cedula de identidad:** 0706825429

**Fecha:** 11 de octubre del 2023

**Correo electrónico:** edwin.quezada@unl.edu.ec

**Teléfono celular:** 0999860137

## **Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del trabajo de titulación**

Yo, **Edwin David Quezada Coronel**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado **DISEÑO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MARACUYÁ, MEDIANTE EL USO Y APLICACIÓN DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO.** como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tengan convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los once días del mes de octubre. de dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autor:** Edwin David Quezada Coronel

**Cedula:** 0706825429

**Dirección:** Urdesa este

**Correo electrónico:** edwin99quezada@gmail.com

**Teléfono:** 0999860137

### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director del trabajo de titulación:** Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega Mg.Sc

## **Dedicatoria**

Con todo mi afecto y amor, este proyecto se lo dedico a todas las personas que confiaron en mí e hicieron todo para que mi persona pudiera lograr sus metas, por darme motivos y jamás negarme la ayuda cuando más lo necesitaba.

*Edwin David Quezada Coronel.*

## **Agradecimiento**

Agradezco en primer lugar a Dios, por las oportunidades brindadas y bendiciones que se ha recibido a lo largo estos años.

A mis padres que sin su apoyo no estaría donde estoy, por confiar en mí y en mis capacidades.

A mi esposa María José Maza Martínez y a mi hija Karin Isabel Quezada Maza que han sido pacientes, me han dado su apoyo, confianza para poder terminar y conseguir el tan esperado título de ingeniería.

Agradezco a los docentes de la Universidad Nacional De Loja por todos sus conocimientos impartidos, por el apoyo brindado, por la calidad como personas y su guía en este proyecto que hoy tengo el placer de defender con prioridad, entereza y firmeza

*Edwin David Quezada Coronel*

## Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenido.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiv
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico.....	7
4.1. Bambú “ <i>GUADÚA ANGUSTIFOLIA KUNTH</i> ”-GAK.....	7
4.1.1. Morfología del culmo de bambú.....	7
4.2. Bambú idóneo para construcciones.....	8
4.3. Bases para el diseño estructural.....	12
4.3.1. Requisitos de diseño en bambú.....	12
4.4. Propiedades físicas y mecánicas.....	13
4.4. Compresión.....	14
4.4.2. Tracción.....	14
4.4.3. Cortante.....	14
4.5. Método de diseño estructural.....	14
4.5.1. Análisis de Cargas.....	15
4.5.2. Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad.....	16
4.6. Diseño de elementos sometidos a flexión.....	17
4.6.1. Perforaciones.....	18

4.6.2. Deflexiones.....	18
4.6.3. Flexión.....	19
4.6.4. Cortante.....	19
4.6.5. Aplastamiento.....	19
4.7. Diseño de elementos solicitados por fuerza axial.....	19
4.7.1. Elementos solicitados a tensión axial.....	20
4.7.2. Tensión perpendicular a la fibra y compresión axial. ....	20
4.8. Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial (flexo-compresión) .....	21
4.8.1. Elementos solicitados a flexión tensión axial.....	21
4.8.2. Elementos solicitados a flexo-compresión.....	21
4.9. Diseño de Uniones.....	22
4.9.1. Requisitos generales para la realización de las uniones.....	22
4.10. Protección por diseño.....	22
4.11. Cimentaciones y sobrecimiento.....	24
4.12. Anclaje de los culmos a los sobrecimientos.....	25
4.13. Cortes para uniones entre culmos de bambú.....	28
4.13.1. Uniones longitudinales.....	29
4.13.2. Uniones perpendiculares.....	31
4.13.3. Uniones diagonales.....	32
4.14. Generalidades de la Maracuyá.....	33
4.14.1. Características biofísicas, crecimiento y desarrollo del maracuyá.....	34
4.14.2. Sistemas de Conducción.....	35
4.15. Agricultura protegida.....	36
4.15.1. Tipos de invernaderos.....	36
4.15.2. Diseños arquitectónicos y agronómicos.....	36
4.15.3. Ubicación del invernadero en el terreno.....	37
4.15.4. Condiciones climáticas a considerar.....	38
4.15.5. Dimensiones del invernadero.....	39
4.16. Presupuesto.....	39
<b>5. Metodología.....</b>	<b>40</b>
5.1. Zona de estudio.....	40



5.1.1. Factores climáticos.....	40
5.2. Materiales.....	41
5.2.1. Materiales de oficina.....	41
5.2.2. Materiales de campo.....	41
5.3. Metodología.....	42
5.3.1. Metodología para el primer objetivo.....	42
5.3.2. Metodología para el segundo objetivo.....	42
5.3.3. Metodología para el tercer objetivo.....	74
<b>6. Resultados.....</b>	<b>76</b>
<b>7. Discusión.....</b>	<b>91</b>
7.1. Discusión del objetivo 1. ....	91
7.2. Discusión del objetivo 2. ....	92
7.2.1. Discusión del Diseño Agronómico. ....	92
7.2.2. Discusión del Diseño Estructural. ....	93
7.2.3. Discusión del Diseño Arquitectónico.....	96
7.3. Discusión del objetivo 3. ....	98
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>99</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>100</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>101</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>107</b>

## Índice de Tablas:

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía del bambú .....	7
<b>Tabla 2.</b> Preservación del bambú .....	8
<b>Tabla 3.</b> Métodos de secado .....	9
<b>Tabla 4.</b> Conicidad admisible del bambú .....	10
<b>Tabla 5.</b> Límites de fisuras en el bambú.....	11
<b>Tabla 6.</b> Combinaciones de cargas para el diseño.....	12
<b>Tabla 7.</b> Esfuerzos admisibles en $\text{kg/cm}^2$ .....	16
<b>Tabla 8.</b> Esfuerzos últimos en $\text{kg/cm}^2$ .....	17
<b>Tabla 9.</b> Módulos de elasticidad en $\text{kg/cm}^2$ .....	17
<b>Tabla 10.</b> Taxonomía de maracuyá .....	34
<b>Tabla 11.</b> Valores de la carga viva dependiendo de la ocupación.....	44
<b>Tabla 12.</b> Coeficiente de corrección del viento .....	45
<b>Tabla 13.</b> Coeficiente de exposición/ altura $C_e$ del viento. ....	46
<b>Tabla 14.</b> Determinación del factor de forma $C_f$ .....	47
<b>Tabla 15.</b> Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada .....	48
<b>Tabla 16.</b> Tipos de perfiles de suelo.....	49
<b>Tabla 17.</b> Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto ( $F_a$ ) .....	50
<b>Tabla 18.</b> Desplazamiento para diseño en roca ( $F_d$ ).....	50
<b>Tabla 19.</b> Comportamiento no lineal de los suelos ( $F_s$ ).....	51
<b>Tabla 20.</b> Valores de coeficiente $C_t$ y $a$ del periodo fundamental de la estructura .....	54
<b>Tabla 21.</b> Coeficiente de Importancia .....	55
<b>Tabla 22.</b> Condiciones de carga en deflexión.....	56
<b>Tabla 23.</b> Deflexiones admisibles del bambú.....	57
<b>Tabla 24.</b> Coeficiente de longitud efectiva de columna $K_e$ .....	60
<b>Tabla 25.</b> Clasificación de columnas por esbeltez .....	61
<b>Tabla 26.</b> Localización de la sección crítica para $\mu$ .....	67
<b>Tabla 27.</b> Factor de modificación $\lambda$ .....	68
<b>Tabla 28.</b> Factores de reducción de resistencia .....	69
<b>Tabla 29.</b> Cálculo de $V_c$ para cortante en dos direcciones.....	70
<b>Tabla 30.</b> Valores de $\beta_1$ para la distribución de esfuerzos en el concreto .....	72

<b>Tabla 31.</b> Acero mínimo a flexión.....	73
<b>Tabla 32.</b> Parámetros climáticos .....	76
<b>Tabla 33.</b> Consideración para el diseño agronómico y arquitectónico.....	77
<b>Tabla 34.</b> Esfuerzos actuantes en la viga.....	78
<b>Tabla 35.</b> Deflexión de vigas.....	79
<b>Tabla 36.</b> Diseño de columna de bambú .....	79
<b>Tabla 37.</b> Diseño de zapata más cargada.....	80
<b>Tabla 38.</b> Diseño arquitectónico.....	82
<b>Tabla 39.</b> Especificaciones de uniones.....	86
<b>Tabla 40.</b> Presupuesto para invernadero con estructura de bambú .....	90
<b>Tabla 41.</b> Valores de la carga viva dependiendo de la ocupación.....	118
<b>Tabla 42.</b> Coeficiente de corrección del viento .....	119
<b>Tabla 43.</b> Coeficiente de exposición/ altura $C_e$ del viento.....	120
<b>Tabla 44.</b> Determinación del factor de forma $C_f$ .....	120
<b>Tabla 45.</b> Valores del factor $Z$ en función de la zona sísmica adoptada .....	122
<b>Tabla 46.</b> Tipos de perfiles de suelo.....	122
<b>Tabla 47.</b> Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto $F_a$ .....	123
<b>Tabla 48.</b> Desplazamiento para diseño en roca $F_d$ .....	124
<b>Tabla 49.</b> Comportamiento no lineal de los suelos $F_s$ .....	124
<b>Tabla 50.</b> Valores de coeficiente $C_t$ y $\alpha$ del periodo fundamental de la estructura.....	126
<b>Tabla 51.</b> Coeficiente de Importancia .....	127
<b>Tabla 52.</b> Espectro inelástico en sentido $X$ .....	129
<b>Tabla 53.</b> Combinación de cargas .....	130
<b>Tabla 54.</b> Deflexión admisible en viga de bambú.....	134
<b>Tabla 55.</b> Deflexión de viga según la condición de carga.....	135

## Índice de Figuras:

<b>Figura 1.</b> Partes del culmo de bambú.....	8
<b>Figura 2.</b> Falla a la compresión.....	11
<b>Figura 3.</b> Detalle de apoyo de columnas de bambú en sobrecimiento.....	23
<b>Figura 4.</b> Detalle de cimiento y sobrecimiento (Plinto).....	24
<b>Figura 5.</b> Anclaje mediante varilla de acero, cubierta metálica.....	26
<b>Figura 6.</b> Anclaje de varilla de acero, cubierta de neopreno.....	26
<b>Figura 7.</b> Anclaje con pletinas.....	27
<b>Figura 8.</b> Cortes para uniones.....	28
<b>Figura 9.</b> Uniones longitudinales con pieza de madera.....	29
<b>Figura 10.</b> Uniones longitudinales con dos piezas metálicas.....	29
<b>Figura 11.</b> Uniones longitudinales con dos culmos.....	30
<b>Figura 12.</b> Unión perno tensor.....	31
<b>Figura 13.</b> Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica.....	32
<b>Figura 14.</b> Unión Diagonal Simple.....	33
<b>Figura 15.</b> Unión Diagonal con Bambú de Apoyo.....	33
<b>Figura 16.</b> Formas bases de invernaderos.....	36
<b>Figura 17.</b> Esquema de estructura de invernadero empleados en regiones tropicales.....	37
<b>Figura 18.</b> Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	40
<b>Figura 19.</b> Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Z.....	47
<b>Figura 20.</b> Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.....	51
<b>Figura 21.</b> Esfuerzo y deformaciones en zapatas.....	71
<b>Figura 22.</b> Diseño del diseño de Zapata.....	81
<b>Figura 23.</b> Estructura frontal del invernadero.....	82
<b>Figura 24.</b> Vista superior del invernadero.....	84
<b>Figura 25.</b> Ubicación de Cimientos.....	84
<b>Figura 26.</b> Ubicación de union.....	85
<b>Figura 27.</b> Área de mayor carga.....	117
<b>Figura 28.</b> Espectro sísmico de respuestas en aceleración.....	130
<b>Figura 29.</b> Diagrama de cortes.....	132
<b>Figura 30.</b> Diagramas de momentos.....	133

**Figura 31.** Diagrama de flexión ..... 134  
**Figura 32.** Esfuerzo y deformaciones en zapata..... 145

## **Índice de Anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Temperatura mensual .....	107
<b>Anexo 2.</b> Velocidad media del viento .....	108
<b>Anexo 3.</b> Humedad relativa .....	109
<b>Anexo 4.</b> Análisis granulométrico .....	110
<b>Anexo 5.</b> Análisis SPT .....	114
<b>Anexo 6.</b> Ficha técnica de plástico de invernadero.....	115
<b>Anexo 7.</b> Ficha técnica Maya Sarán.....	116
<b>Anexo 8.</b> Cálculo estructural.....	117
<b>Anexo 9.</b> Aplastamiento del bambú.....	147
<b>Anexo 10.</b> Topografía .....	148
<b>Anexo 11.</b> Plano arquitectónico, detalle de espaldera tipo T.....	149
<b>Anexo 12.</b> Planos arquitectónicos .....	150
<b>Anexo 13.</b> Plano de zapata.....	154
<b>Anexo 14.</b> Planos arquitectónicos de uniones.....	155
<b>Anexo 15.</b> Análisis de Precios Unitarios de un invernadero de bambú.....	157
<b>Anexo 16.</b> Certificación de traducción del Abstract.....	170

## **1. Título**

**DISEÑO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MARACUYÁ, MEDIANTE  
EL USO Y APLICACIÓN DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTÓN  
HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO.**

## 2. Resumen

El presente trabajo de investigación consiste en promover el bambú como material alternativo de construcción de invernaderos. Para lo cual, se utilizó el cultivo de maracuyá y sus necesidades climáticas admisibles, a partir de bibliografía secundaria y análisis climático del cantón Huaquillas. El diseño agronómico del invernadero se propuso a partir de aspectos como altura, forma y orientación, para satisfacer las necesidades del cultivo, así mismo, fundamentado en las Normas (NEC), se determinó las combinaciones de cargas actuantes, para realizar el cálculo estructural de elementos que componen el invernadero como: vigas, columnas de bambú de 15 cm de diámetro y zapatas cuadradas aisladas. Dentro del diseño arquitectónico se utilizó software de dibujo, para el modelado de planos, dimensiones del invernadero, detalle de la zapata y uniones. De acuerdo a las investigaciones realizadas se establece que el bambú es un material que posee características importantes en su comportamiento físico-mecánico en construcciones civiles y costos bajos. El presupuesto estimado para la realización de obra, mediante análisis de precios unitarios, fue establecido en 5.669,41 dólares, valor que cubre gastos de construcción y mantenimiento de la obra.

**Palabras Clave:** Agricultura protegida, NEC-SE-Gak, bambú, maracuyá.



## 2.1. Abstract

This research study consists of promoting bamboo as an alternative material for the construction of greenhouses. For this purpose, the maracuya crop and its admissible climatic needs were used, based on secondary bibliography and climatic analysis of the Huaquillas canton. The agronomic design of the greenhouse was proposed based on aspects such as height, shape and orientation, to meet the needs of the crop, also, based on the Norms (NEC), the combinations of acting loads were determined, to perform the structural calculation of elements that make up the greenhouse such as: beams, bamboo columns of 15 cm in diameter and isolated square footings. Within the architectural design, drawing software was used for the modeling of plans, greenhouse dimensions, footing details and joints. According to the studies carried out, it was established that bamboo is a material that has important characteristics in its physical-mechanical behavior in civil constructions and low costs. The estimated budget for the work, based on unit price analysis, was established at US\$5,669.41, which covers construction and maintenance costs.

**Key words:** Bamboo , structural, passion fruit, greenhouse.

### 3. Introducción

En la actualidad las infraestructuras agropecuarias, son conformadas, en su mayoría, mediante el uso de acero, hormigón o madera; sin embargo, las dos primeras tienen costos elevados que dificultan su implementación por parte del agricultor, mientras que, para la tercera opción, se debe hacer uso de tala de bosques, actividad perjudicial para la naturaleza. Con la finalidad de establecer una alternativa sostenible, amigable con el medio ambiente, se propone el uso del bambú como material de construcción, por su bajo costo y alta resistencia estructural. Así mismo, cada vez, es más severo el cuidado fitosanitario de los cultivos, siendo de suma importancia desarrollar y difundir tecnología de bajo costo que permita reducir el impacto negativo y mejorar la productividad, siendo una de estas alternativas, el cultivo bajo invernaderos. (Prado, 2021)

Según Rivero, (2018), los invernaderos están definidos como un lugar cerrado destinado a el cultivo agrícola, dotado por una cubierta traslúcida ya sea de vidrio o plástico, que permite el control de temperatura, humedad y otras variables que afectan el microclima y el cuidado dentro del mismo para un cultivo independientemente de la estación climática.

Esta investigación busca proyectar el uso adecuado del bambú, de la variedad *Guadua Angustifolia Kunth*, como material estructural, a través de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2017, en el diseño de un invernadero, siendo el objetivo principal, satisfacer la necesidad climática del cultivo de maracuyá y que provea las condiciones convenientes para el desarrollo vegetal, por lo cual, es necesario empezar por un adecuado modelo que conlleve una interacción apropiada entre los aspectos agronómicos y estructurales.

Flores & Ojeda, (2015) establece que el diseño agronómico se establece con las características que debe tener la estructura para optimizar el cultivo que se desarrollará en función del clima al interior de la misma, a fin de obtener mayor calidad de los frutos y dar mayor rentabilidad, a partir del diseño establecido; por otro lado Melchor et al, (2017) , afirman que el análisis estructural es el proceso de cálculo y determinación de los efectos de las cargas actuantes y las fuerzas internas en la estructura, con objeto de efectuar las comprobaciones de los estados límites últimos y de servicio

Las características físicas y mecánicas que tiene el bambú, entre las que se reconocen son: la resistencia a la compresión, tensión y flexión, estas garantizan un correcto comportamiento estructural como material alternativo de construcción para un invernadero, así mismo, presenta la

ventaja, que, el material tiene alta durabilidad, y se puede definir cualquier diseño arquitectónico, para que los cultivos estén más protegidos (Ubolsook & Thepa, 2011).

Una de las principales desventajas que presentan los invernaderos, es su alta inversión inicial, por lo que este proyecto analiza los parámetros que inciden en la construcción de un invernadero en bambú, siendo una opción viable y accesible para los agricultores. La valoración integral del material de construcción propuesto se realizó implementando procedimientos racionales de análisis estructural, diseño y análisis de precios unitarios, permitiendo obtener resultados confiables.

Ortiz (2018), menciona que la maracuyá es una fruta con sabores únicos, tantos amargos como dulces, dándole al que la prueba una experiencia privilegiada al paladar, siendo esta también conocida como fruta de la pasión, por sus semejanzas en ciertas características de su flor con detalle de la pasión de Cristo. Ecuador es uno de los productores más grande de esta fruta y exportador de jugo de esta,

Pereira (2015) plantea que, en Ecuador, en las regiones subtropicales, la producción de maracuyá se da en el verano; sin embargo, durante todo el año la producción se mantiene en bajo promedio, si bien se destaca la cosecha entre abril-septiembre y diciembre-enero, donde los niveles de producción son superiores a la media.

El cultivo de maracuyá en Ecuador está ampliamente distribuido en el territorio nacional, especialmente en la zona costera del país, que implican a las provincias de: Esmeralda, Manabí, Guayas, Santa Elena, El Oro y Santo Domingo de los Tsáchilas (Alcívar, 2014). Esta fruta es cultivada principalmente por pequeños productores, pues el 80% de los casi 6.800 agricultores que se dedican a esta actividad está en ese rango. Su importancia económica y social se refleja en el gran uso de mano de obra en el manejo de los diferentes estados fenológicos del cultivo establecido predominantemente en pequeñas plantaciones, como todo cultivo, enfrenta problemas tecnológicos como susceptibilidad a enfermedades, deficiencia en el manejo de las plantaciones, lo que ha ocasionado una reducción en el margen de utilidad de los productores.

Con los antecedentes antes mencionados se hace necesario buscar alternativas para que los pequeños productores obtengan mejores ingresos de manera que la producción de maracuyá en el cantón Huaquillas, provincia de El Oro, sea rentable, mediante la aplicación de tecnologías como el uso de invernaderos.

### **Objetivo general**

Incentivar el uso del bambú como material alternativo para la construcción de invernaderos para cultivos de maracuyá, en el barrio Ecuador, cantón Huaquillas.

**Objetivos específicos**

- Caracterizar las necesidades climáticas propicias para el adecuado cultivo del maracuyá.
- Proponer el diseño agronómico y arquitectónico de invernadero con estructura de bambú de acuerdo a la caracterización definida en el objetivo 1.
- Establecer el costo que conlleva a invertir para la realización de un invernadero con bambú.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Bambú “*GUADÚA ANGUSTIFOLIA KUNTH*”-GAK

A pesar de que muchas de las características del bambú son similares a las de la madera, está clasificada como una planta mucho más densa y, por lo tanto, más resistente, además crece mucho más rápido, por lo cual es un recurso fácilmente renovable. El bambú es de la familia gramínea, y sus fibras tienen cualidades superiores al hierro; puede ser tan resistente como el, pero mucho más flexible y su costo es menor (Benavides, et al 2011).

**Tabla 1**

*Taxonomía del bambú*

Nombre científico	<i>Guadúa Angustifolia Kunth.</i>
Nombre vulgar	Caña GUADÚA.
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Graminea
Subfamilia	Bambúsoideae
Supertribu	Bambúsodae
Tribu	Bambúseae
Subtribu	Guaduinae
Género	Guadúa Kunth

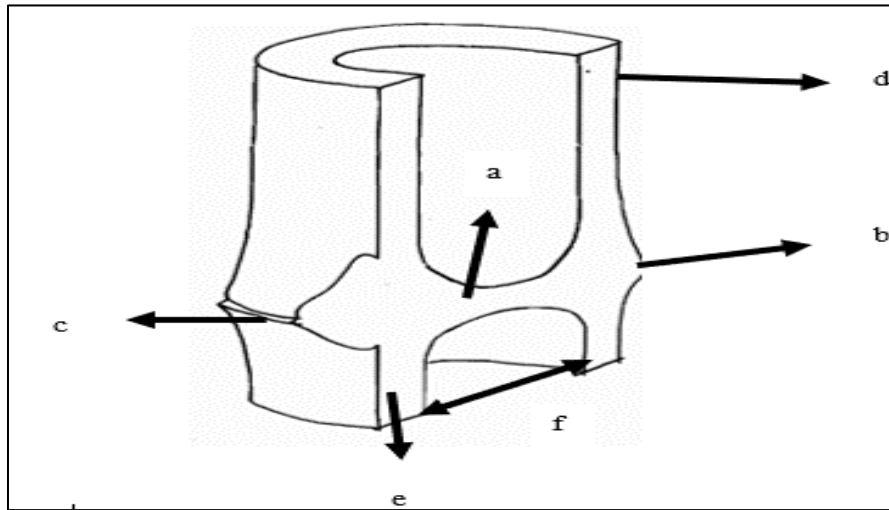
Fuente: Mar, (2013)

#### 4.1.1. *Morfología del culmo de bambú*

Coto, (2016), establecen que el bambú está constituido por un sistema de ejes vegetativos segmentados, que conforman nudos y entrenudos, que varían en su morfología según correspondan al rizoma, al culmo o las ramas. El culmo del bambú está presentado en forma cilíndrica; los entrenudos pueden ser huecos o macizos y los nudos son prominentes, alcanzan su resistencia máxima entre los 3 a 6 años de edad aproximadamente. Los culmos son vástagos que surgen de los rizomas, brotan a la superficie teniendo el diámetro máximo.

## Figura 1

### Partes del culmo de bambú



diafragma (a)- anillo (b)- nudo (c)- entre nudo (d)- pared(e)-cavidad (f)

Fuente: Romero & Rojas, (2015)

## 4.2. Bambú idóneo para construcciones

Según lo establecido por la norma NEC-SE-GUADÚA, (2017), para utilizar el bambú como elemento estructural en forma de columna, viga, vigueta, entrepisos etc. tiene que cumplir los siguientes requisitos de calidad:

- a) El bambú debe estar seca, lo que significa que su contenido de humedad debe ser igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar. Para garantizar esto, los culmos deben estar en el sitio de la obra al menos 15 días antes de usarse.
- b) Los culmos de bambú deben cumplir con los procesos de preservación y secado.

**Preservación del bambú:** Se somete a un proceso que garantice su protección y conservación, para evitar con ello, daños por acción de factores bióticos (xilófagos o similares), que afecten las características físico-mecánicas de los elementos constructivos del bambú.

### Tabla 2

#### Preservación del bambú

Métodos de preservación	
<b>Preservación por Avinagrado</b>	Es un método natural, que, sin usar ningún tipo de aditivos, se puede realizar en la plantación después del corte, manteniendo el culmo con sus respectivas ramas y hojas apoyado al resto

<b>Preservación por Inmersión</b>	<p>de culmos de forma vertical, por el lapso de tres semanas antes del apeo o tumbado.</p> <p>Se introducen los culmos en el tanque de preservación, donde previamente se ha colocado el líquido preservante en la dosis formulada (por cada 96 litros de agua se recomienda 2 Kg de cada uno de los químicos: bórax y ácido bórico).</p>
<b>Preservación por Presión (Boucherie)</b>	<p>Este método demanda el empleo de un equipo de compresión o tanque de presión que inyectará el líquido preservante en cada culmo.</p>
<b>Preservación por Difusión Vertical</b>	<p>Para este método los culmos no deben presentar fisuras ni agujeros que puedan propiciar la pérdida de preservante. Los culmos deben colocarse en posición vertical con la parte basal hacia arriba y con el diafragma que no fue perforado en la parte inferior. Se llena cada culmo por su parte superior con el líquido preservante y se mantiene los culmos en la misma posición por tres semanas, siempre cuidando que el nivel del líquido se mantenga.</p>

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

**Secado:** El bambú es un material higroscópico y poroso que absorbe la humedad presente en el ambiente ya sea en forma de vapor o de líquido. El secado correcto del material impedirá que los culmos sufran deformaciones, fisuras y daños irreversibles, ante las pérdidas de humedad posteriores a su aplicación en la estructura.

**Tabla 3**

*Métodos de secado*

<b>Métodos de secado</b>	
<b>Secado al ambiente</b>	<p>Los culmos pueden ser secados de forma vertical en sitios ventilados.</p> <p>Durante el proceso se debe evitar el deterioro del material por la acción del clima, agentes biológicos u otras causas.</p>

---

**Secado artificial**

Durante este proceso se debe garantizar la integridad de los culmos, previniendo rajaduras excesivas o aplastamientos. Antes de utilizar este método, es necesario partir de un proceso de pre secado durante 8 días. Los sistemas empleados pueden ser: horno de secado, inyección de aire caliente, secado solar.

---

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

- c) Los culmos de bambú no deben presentar una deformación del eje longitudinal mayor al 0,33%. Se logra detectar esta deformación al colocar la pieza sobre una superficie plana y observar si existe separación entre la superficie de apoyo y el culmo.
- d) El bambú es un material natural y su diámetro va disminuyendo constantemente a lo largo del tallo, se entiende que la conicidad hace parte de su anatomía, no obstante, se deben poner algunos límites a esta diferencia entre diámetros, como lo muestra la Tabla 4.

$$\%Con = \frac{D_+ - D_-}{L} * 100$$

Dónde:

- $\%Con$ = Porcentaje de conicidad de la pieza
- $D_+$ = Diámetro mayor en mm
- $D_-$ = Diámetro menor en mm
- $L$ = Longitud de la pieza de GaK en mm

**Tabla 4**

*Conicidad admisible del bambú*

<b>Parte del bambú</b>	<b>Conicidad </b>
Cepa	0.17%
Basa	0.33%
Sobrebasa	0.50 %

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

- e) El bambú es un material que puede agrietarse de manera natural debido a la diferencia en la densidad de sus paredes, sin embargo, se deben establecer algunos límites para el tamaño y la localización de las grietas, así como lo indica la Tabla 5.



**Tabla 5**

*Límites de fisuras en el bambú*

<b>Tipo</b>	<b>Se permite</b>	<b>Límite</b>	<b>Recomendaciones</b>
Grieta longitudinal	SI	La grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta pasa al canuto siguiente no debe tener una longitud superior al 20 %	Si los culmos presentan fisuras después de instalados, estos pueden ser tratados por medio de abrazaderas o zunchos metálicos.

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

- f) Los culmos estructurales no pueden presentar arrugas perimetrales que demuestren alguna falla debida a compresión durante la vida del bambú si se presenta este tipo de falla se deberá cortar la parte defectuosa del culmo, pero el resto podrá ser usado si cumple con los demás requisitos, deformaciones o falla como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**

*Falla a la compresión*



Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

- g) Los culmos de bambú no deben presentar perforaciones causadas por ataque de insectos xilófagos o aves antes de ser utilizadas.
- h) No son aptos para la construcción los culmos que presenten algún grado de pudrición causada por hongos.

### 4.3. Bases para el diseño estructural

#### 4.3.1. Requisitos de diseño en bambú

De acuerdo a la Normativa Ecuatoriana en GUADÚA, (2017) debe tener en cuenta las características de los materiales que complementarán la obra como: pernos, conectores, adhesivos, soportes y tableros, según se necesite. Toda estructura debe ser diseñada para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de cargas de servicio consignada en los capítulos de la NEC y establecidos en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Combinaciones de cargas para el diseño*

Tipo	Combinaciones de carga
1	D+L
2	$D + 0.75 L + 0.525 E_x$
3	$D + 0.75 L - 0.525 E_x$
4	$D + 0.75 L + 0.525 E_y$
5	$D + 0.75 L - 0.525 E_y$
6	$D + 0.7 E_x$
7	$D - 0.7 E_x$
8	$D + 0.7 E_y$
9	$D - 0.7 E_y$
10	$D + 0.75 L + 0.525 EQ_x$
11	$D + 0.75 L - 0.525 EQ_x$
12	$D + 0.75 L + 0.525 EQ_y$
13	$D + 0.75 L - 0.525 EQ_y$
14	$D + 0.7 EQ_x$
15	$D - 0.7 EQ_x$
16	$D + 0.7 EQ_y$
17	$D - 0.7 EQ_y$

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

Dónde:

D = Carga muerta.

L = Carga viva.

- Ex = Carga estática de sismo en sentido X.  
Ey = Carga estática de sismo en sentido Y.  
EQx = Carga del espectro de aceleraciones en sentido X.  
EQy = Carga del espectro de aceleraciones en sentido Y.

De acuerdo a la NEC-SE-GUADÚA, (2017), una construcción con este material debe cumplir con :

- Un sistema estructural que cumpla los requisitos de resistencia sísmica.
- Un diseño estructural que refleje todas las posibles cargas actuantes sobre la estructura, durante las etapas de construcción y servicio; además de las condiciones ambientales que puedan generar cambios en las suposiciones de diseño o que pueden afectar la integridad de otros componentes estructurales.
- Un análisis y diseño de estructuras de bambú que se base en los principios de la mecánica estructural y que su estructura cumpla con los requisitos establecidos en el capítulo NEC-SE-DS (Diseño Sísmico) correspondiente a la determinación de cargas laterales de diseño sismorresistente.
- El coeficiente de capacidad de disipación de energía básico para estructuras de bambú cuyo sistema de resistencia sísmica sea el de pórticos con diagonales, será de  $R_0 = 2.0$ . En caso de que el sistema de resistencia sísmica sea proporcionado por muros de madera laminada o muros de bahareque encementado, se debe tomar el valor correspondiente de  $R_0 = 1.5$ .

#### **4.4. Propiedades físicas y mecánicas**

La gran versatilidad del bambú se debe en gran parte a su estructura anatómica y morfológica, la sección circular ahuecada presenta algunas ventajas estructurales en comparación con secciones macizas o rectangulares de otros materiales. “El bambú requiere solo el 57% de su masa cuando es usado como viga y solo un 40% cuando es usado como columna. Con el aumento de altura sobre el suelo, la porción de las fibras externas densas en relación con la sección transversal es más alta y por eso los culmos delgados se encuentran mejor que los culmos gruesos en relación con la sección transversal (Martínez, 2015).

**Propiedades especiales** Ligeros, flexibles; gran variedad de construcciones

**Aspectos económicos** Bajo costo

**Resistencia sísmica** Buena

**Resistencia a huracanes** Baja

**Resistencia a la lluvia** Baja

**Resistencia a los insectos** Baja

**Idoneidad climática** Climas cálidos y húmedos

#### **4.4.1. *Compresión***

Martínez, (2015) , afirma que el bambú o guadua empleado mayormente en la construcción es sometido a compresión paralela a la fibra, como en columnas, vigas, soportes y otros, los cuales están sujetos a cargas que tienden al aplastamiento y cortes de manera longitudinal. La resistencia del material a la compresión es significativamente alta, pero carece de significado si no se especifica el grado de sazonomiento y la relación entre la longitud y el diámetro de la pieza.

#### **4.4.2. *Tracción***

Martínez, (2015), indica, que, la tracción es una el esfuerzo más complicado de todos a los que se enfrentan las estructuras de bambú. Los métodos mediante los cuales se unen las diversas piezas hacen que, al aparecer esfuerzos de tracción, estas se rajen debido a los herrajes. Es por esto que no es fácil encontrar valores de la resistencia del material frente a este tipo de cargas.

#### **4.4.3. *Cortante***

Este esfuerzo se debe de tener muy en cuenta especialmente en el diseño de las uniones o juntas. La mayoría de estos componentes constructivos están sujetos a corte paralelo a la fibra. En culmos con paredes de 10 mm de espesor, el esfuerzo cortante es aproximadamente un 11 % más bajo que para culmos con paredes de 6 mm de espesor debido a la distribución y mayor porcentaje de fibras fuertes en la sección transversal (Martínez, 2015).

### **4.5. Método de diseño estructural**

Todos los elementos deben ser diseñados por el método de esfuerzos admisibles empleando las cargas especificadas en el capítulo de la Norma Ecuatoriana de Carga no sísmica (NEC-SE-CG, 2014), de igual manera las cargas sísmicas, especificadas en el capítulo de la Norma Ecuatoriana de Diseño sísmico (NEC-SE-DS, 2014).

Todas las uniones de la estructura se consideran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los diferentes elementos que conformen una unión, salvo si uno de los elementos es continuo, en este caso habrá transmisión solo en el continuo.

## **4.5.1. Análisis de Cargas**

### **4.5.1.1. Cargas muertas**

Las cargas muertas o permanentes según la normativa ecuatoriana están constituidas por todos los pesos de la estructura, ya sea muros, paredes, recubrimientos y todo artefacto integrado permanente en la estructura. (NEC-SE-CG, 2014),

### **4.5.1.2. Cargas vivas**

Las cargas vivas que sean utilizadas para el cálculo dependerán de la ocupación a la que está destinada la edificación, está conformada por fuerzas que cambiarán constantemente, ya sea el peso de personas, muebles y equipos.

La norma NEC-SE-CG, (2014), aclara que la construcción de cubiertas sobre una estructura ligera tendrá una carga uniforme de  $0.24 \text{ kN/m}^2$  (no reducido) mismo que se presenta en el apartado 4.2. de la norma: Carga viva, sobrecargas mínimas cubiertas/ toldos y carpas/ construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera.

### **4.5.1.3. Cargas por viento**

La norma NEC-SE-CG, (2014), indica que la carga de viento es un factor determinante en la construcción de una edificación y que está sujeta a ciertos factores como la estructura o revestimiento.

La presión del viento es un valor mínimo que resulta de la velocidad crítica del viento y que se calcula según los coeficientes de altura y entorno del edificio, las ráfagas, la geometría y la orientación de la estructura.

En este sentido, el viento ejercerá una presión positiva en sentido normal y horizontal sobre las superficies de los techos con inclinación mayor de  $30^\circ$ , y también puede ejercer una presión negativa en las superficies de sotavento y barlovento con una inclinación menor de  $30^\circ$ .

Para evaluar las cargas de viento, se debe de considerar:

- La velocidad básica del viento.
- La presión de velocidad.
- Presión de viento.

#### 4.5.1.4. Cargas sísmicas

La Norma Ecuatoriana de Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente, (2014), la define como la fuerza que ejerce un terremoto sobre una estructura, provocado por un movimiento terrestre; el diseño de los componentes horizontales es vital, ya que son los que menos resisten estos tipos de movimientos.

#### 4.5.1.5. Combinación de cargas

De acuerdo al apartado 3.4 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción de Cargas no sísmicas NEC-SE-CG, (2014), establece que las combinaciones de carga son, la suma de los múltiples casos que corresponden a las fuerzas que soportará la estructura, de las cuales las mismas serán usadas según su función para diseñar estructuras en conjunto con los códigos de construcción, estos con el fin de asegurar una respuesta favorable de la estructura.

#### 4.5.2. Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad

Todo elemento de bambú que cumple con los requisitos de calidad, para la construcción y diseño estructural, se debe utilizar para efectos de cálculos los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad establecidos por la NEC-SE-GUADÚA, (2017), que visualizan en las Tablas 7, 8 y 9.

**Tabla 7**

*Esfuerzos admisibles en  $kg/cm^2$*

<b>Flexión Fb</b>	<b>Tracción Ft</b>	<b>Compresión Fc</b> 	<b>Compresión Fp</b> ⊥	<b>Corte Fv</b>
152.95	193.74	142.76	14.27	12.236

Fuente: NEC-SE-GUADÚA 2017

Dónde:

|| = Compresión paralela al eje longitudinal.

⊥ = Compresión perpendicular al eje longitudinal.

En la Tabla 8 se encuentran los esfuerzos últimos de resistencia a la falla del bambú, ante las diferentes solitudes de carga.

**Tabla 8***Esfuerzos últimos en kg/cm<sup>2</sup>*

<b>Fb Flexión</b>	<b>Ft Tracción</b>	<b>Fc Compresión   </b>	<b>Fv Corte</b>
458.87	1193.07	377.295	71.38

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

**Tabla 9***Módulos de elasticidad en kg/cm<sup>2</sup>*

Módulo percentil 5 E0.5	Módulo percentil 5 E0.05	Módulo mínimo Emin
<b>122365.9</b>	<b>76478.72</b>	<b>40788.65</b>

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

En los análisis estructurales se debe usar el módulo mínimo de elasticidad del material, para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas y columnas. (NEC-SE-GUADÚA, 2017).

#### **4.6. Diseño de elementos sometidos a flexión**

NEC-SE-GUADÚA, (2017), aclara que, el diseño de elementos a flexión del bambú se desarrolla con los mismos procesos básicos usados en el diseño de vigas de otros materiales estructurales, sin embargo, deben tener en cuenta las siguientes consideraciones planteadas por la normativa:

- El bambú presenta una relación MOR/MOE (módulo de ruptura/módulo de elasticidad en flexión) muy alta, lo que la convierte en un material muy flexible, el análisis a flexión estará regido por el control de deflexión admisible, salvo en algunas excepciones; no obstante, siempre se debe comprobar la resistencia a la flexión, corte y aplastamiento.
- En el diseño de elementos del bambú sometidos a flexión se deben verificar los efectos descritos a continuación, mismos que en ningún caso pueden sobrepasar los esfuerzos admisibles modificados para cada sollicitación.
  - Deflexiones.
  - Flexión, incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas.
  - Cortante paralelo a la fibra.
  - Aplastamiento (compresión perpendicular a la fibra).

- Se debe garantizar que los apoyos de un elemento del bambú sometido a flexión no fallen por aplastamiento (compresión perpendicular), en la medida de lo posible estos deben terminar en nudos, si esto no ocurre o los nudos no proveen la suficiente resistencia, se deben rellenar los entrenudos o canutos de los apoyos con mortero de cemento.
- Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, esta debe estar aplicada sobre un nudo; en todo caso se deben tomar las medidas necesarias para evitar una falla por corte paralelo a la fibra y/o aplastamiento en el punto de aplicación. En estos casos se recomienda rellenar los entrenudos o canutos adyacentes a la carga con mortero de cemento.
- Cuando en la construcción de vigas se utiliza más de un culmo (vigas de sección compuesta), estos deben estar unidos entre sí con pernos o varilla roscada y cintas metálicas (zunchos), que garanticen el trabajo en conjunto. Estos conectores deben diseñarse para resistir las fuerzas que se generan en la unión.

#### **4.6.1. Perforaciones**

De acuerdo a la norma NEC-SE-GUADÚA, (2017), al momento de las construcciones, también puede darse el caso en que se necesite realizar perforaciones para diseñar vigas, de requerirse, estas deben encontrarse consignadas en los planos y cumplir con las siguientes limitaciones:

- No son permitidas perforaciones a la altura del eje neutro en secciones donde se tengan cargas puntuales o cerca de los apoyos.
- En casos diferentes al anterior, las perforaciones deben localizarse a la altura del eje neutro y no se permitirán en la zona de tensión de los elementos.
- El tamaño máximo de la perforación será de 32mm.
- En los apoyos y los puntos de aplicación de cargas puntuales serán permitidas las perforaciones, siempre y cuando estas sean realizadas para rellenar los entrenudos con mortero de cemento.

#### **4.6.2. Deflexiones**

La Norma Ecuatoriana de Construcción en Guadua, (2017), establece, que, el bambú presenta una relación MOR/MOE muy alta, lo que obliga a que el diseño de elementos a flexión



este regido por las deflexiones admisibles. Se establecen los requisitos y limitaciones de las deflexiones admisibles, obtención de la sección requerida y deflexiones inmediatas y diferidas.

Las deflexiones en elementos del bambú se deben calcular de acuerdo a las fórmulas de la teoría elástica tradicional, se debe considerar la deflexión producida por la flexión; y, si el caso de análisis lo amerita, se debe realizar una corrección del módulo de elasticidad de  $E_{0.05}$  por cortante.

#### **4.6.3. Flexión**

La NEC-SE-GUADUA, (2017), indica que los esfuerzos máximos de tensión y compresión producidos por flexión son calculados para la sección de máximo momento. El esfuerzo a flexión actuante no debe exceder al máximo esfuerzo admisible por flexión, establecido para los culmos de bambú.

#### **4.6.4. Cortante**

La NEC-SE-GUADUA, (2017), los esfuerzos de cortante máximo son calculados a una distancia del apoyo igual a la altura del elemento, considerando lo siguiente:

- a) Para vigas conformadas por un solo culmo de bambú; dicha altura será igual al diámetro exterior de la misma, a excepción de los voladizos, donde el esfuerzo máximo de corte será calculado en la cara del apoyo.
- b) Para vigas conformadas por dos culmos de bambú, la altura (h) corresponde a la altura real del elemento.
- c) El máximo esfuerzo cortante debe ser determinado teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los esfuerzos en la sección, y debe ser inferior al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, establecido para los culmos de bambú.

#### **4.6.5. Aplastamiento**

Según la NEC-SE-GUADUA, (2017), los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras, deben comprobarse especialmente en los apoyos y lugares en los que haya cargas concentradas en áreas pequeñas. El esfuerzo de compresión no debe exceder el esfuerzo admisible de compresión perpendicular.

### **4.7. Diseño de elementos solicitados por fuerza axial**

Según la NEC-SE-GUADUA, (2017), los elementos que son diseñados para soportar la fuerza axial son aquellos solicitados en la misma dirección que el eje longitudinal, que pasa por el

centroide de su sección transversal. El esfuerzo de tensión axial actuante, para cualquier sección de bambú, no debe exceder el valor del esfuerzo admisible a tensión axial.

#### **4.7.1. Elementos solicitados a tensión axial**

El esfuerzo de tensión axial actuante ( $f_t$ ) para cualquier sección del bambú, no debe exceder el valor del esfuerzo admisible a tensión axial ( $F_t$ ).

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

Dónde:

$f_t$  = Esfuerzo a tensión actuante, en MPa

$T$  = Fuerza de tensión axial aplicada, en N

$F_t$  = Esfuerzo de tensión admisible, en MPa

$A_n$  = Área neta del elemento, en  $\text{mm}^2$

#### **4.7.2. Tensión perpendicular a la fibra y compresión axial.**

La norma NEC-SE-GUADUA, (2017), aclara que, se deben evitar los diseños que estén sometidos a esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra, debido a su baja resistencia en esta sollicitación, sin embargo, si se requiere, se debe garantizar la resistencia del elemento, proporcionando el esfuerzo que sea necesario en la zona comprometida, a través de zunchos metálicos o platinas.

Para el diseño de los elementos solicitados a compresión axial, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Longitud efectiva: Es la longitud teórica de una columna con articulaciones en sus extremos, multiplicada por un coeficiente, según las restricciones en los apoyos.
- Esbeltez: Es la relación que existe entre el ancho y el alto de una columna.
- Clasificación de columnas: Se clasifican según la esbeltez del elemento, como columna corta, intermedia y larga.
- Esfuerzos máximos: Los esfuerzos máximos se calcularán según la clasificación de columnas, el esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante, sobre cualquier sección del bambú, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles.

#### 4.8. Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial (flexo-compresión)

La norma NEC-SE-GUADUA, (2017), indica que, todos los elementos solicitados por flexión y carga axial, deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

##### 4.8.1. Elementos solicitados a flexión tensión axial

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

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1.0$$

Dónde:

$f_t$ = Esfuerzo a tensión actuante, en MPa

$F'_t$ = Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa

$f_b$ = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

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

##### 4.8.2. Elementos solicitados a flexo-compresión

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

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

Donde:

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

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

$f_b$ = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

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

$k_m$ = Coeficiente de magnificación de momentos

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5\left(\frac{Na}{N_{er}}\right)}$$

Dónde:

$Na$ = Carga de compresión actuante, en N

$N_{er}$  = Carga crítica de Euler

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

Dónde:

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

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

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

$l_e$  = Longitud efectiva del elemento, en mm

#### 4.9. Diseño de Uniones

La resistencia de las uniones dependerá del tipo de unión y de los elementos utilizados.

##### 4.9.1. *Requisitos generales para la realización de las uniones*

La norma NEC-SE-GUADÚA, (2017), aclara que, las uniones que se realizan en las construcciones de bambú, tienen que cumplir lo siguiente:

- Los culmos al ser usados para la elaboración de uniones deben cumplir todas las condiciones especificadas, referentes a calidad, maduración, preservación, secado y conicidad.
- Las uniones a realizar deben ser capaces de resistir las cargas externas a las que estarán sometidas.
- Se tendrá en cuenta los distintos esfuerzos a los que estarán expuestas, de manera especial, aquellas uniones que sean sometidas a tensión perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra.
- No se admiten uniones clavadas que provoquen grietas longitudinales en las fibras del culmo.

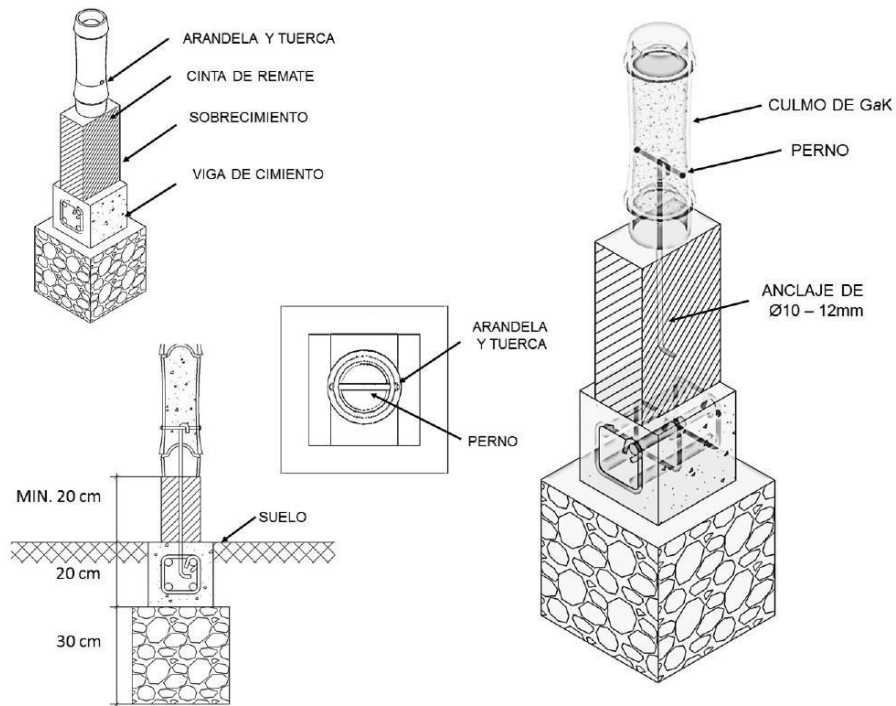
#### 4.10. Protección por diseño

De acuerdo a la norma NEC-SE-GUADÚA, (2017), el bambú es un elemento constructivo poroso e higroscópico, muy similar a la madera, esto indica que, si hay presencia de humedad en su interior, afectará sus propiedades físico-mecánicas y será expuesta a la aparición de hongos; y, a su vez, de pudrición del material; se debe proteger como se indica en lo siguiente:

- Las columnas de bambú no deben estar en contacto con el suelo, por lo que se debe hacer uso de un sobrecimiento debidamente impermeabilizado en la superficie de contacto con los culmos como se muestra en la Figura 3.
- Los culmos no deben estar enterrados o inmersos en la cimentación o en cualquier otro componente de hormigón.
- Se debe evitar la exposición directa de los elementos de bambú a condiciones climáticas del entorno o en lo posible usar recubrimiento de cada elemento estructural con sustancias hidrófugas o superficies impermeables.
- Los espacios interiores deben tener buena ventilación para evitar condensación, en ambientes cuyo uso implique que estén expuestos al vapor.
- Si existe la posibilidad de presencia de termitas, se recomienda que, sobre la capa anti capilar, se coloque una plancha metálica de 2 mm de espesor, que cubra la cabeza del sobrecimiento y sobresalga 2 mm de sus bordes.

### Figura 3

*Detalle de apoyo de columnas de bambú en sobrecimiento*



Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

#### **4.11. Cimentaciones y sobrecimiento**

La cimentación, es un elemento de construcción cuya función principal es la transferencia adecuada de las cargas de las edificaciones al subsuelo, clasificadas como superficiales o profundas, NEC-SE-GC-Geotecnia y Cimentaciones (2014).

Para definir el tipo de cimentación a usar en cualquier obra, se requiere caracterizar física y mecánicamente, el suelo de fundación, a través de los ensayos de mecánica de suelos, donde se establecerá la variabilidad de los estratos y la capacidad portante del mismo.

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno, tal, que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo (Amorín, 2014).

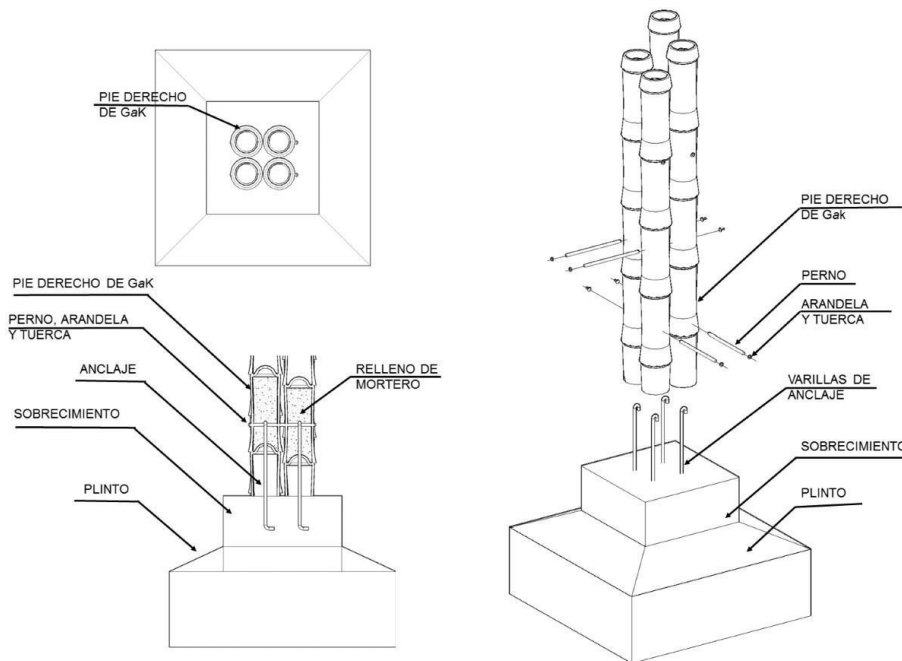
Uno de los tipos de sondeos más usado y conocido para la caracterización de suelos, es el ensayo de penetración estándar SPT (Standard Penetration Test) que consiste en la realización de perforaciones del suelo, permitiendo determinar la resistencia al esfuerzo de corte del suelo mediante el número de golpes necesarios para hincar el penetrómetro estándar y obtener muestras inalteradas para identificar el suelo en estudio (Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación NEC, 2015).

Las obras de cimentación se diseñan de acuerdo a los capítulos correspondientes de la Norma Ecuatoriana de la Construcción del sistema constructivo a utilizar, basado en los planos estructurales y detalles constructivos, NEC-SE-GUADUA (2017), donde un factor definitivo para su diseño, es el valor de la capacidad portante del suelo, expresada en  $\text{Kg/cm}^2$ .

En la Figura 4 se muestra que en el caso concreto del bambú, por ser un material poroso e higroscópico, se debe tener especial cuidado de que no existan acumulaciones de humedad, ya que esta altera las propiedades físico mecánicas del culmo, lo hace propenso al ataque de hongos y la putrefacción, por lo tanto, es indispensable proteger a los elementos estructurales de la humedad y que estos no estén en contacto directo con el suelo natural, considerando que en una edificación, la humedad llega principalmente por capilaridad, lluvias o condensación, se hace indispensable el diseño de sobrecimientos (zócalos, pedestales, pilaretes u otros), que se construye sobre la cimentación, sobre los cuales puede apoyarse directamente los elementos estructurales de bambú. Los sobrecimientos se deben realizar con una altura mínima de 20 cm sobre el nivel del terreno natural, para poder recibir los culmos de bambú.

## Figura 4

### Detalle de cimiento y sobrecimiento (Plinto)



Fuente: NEC-SE-GADUA, (2017).

#### 4.12. Anclaje de los culmos a los sobrecimientos

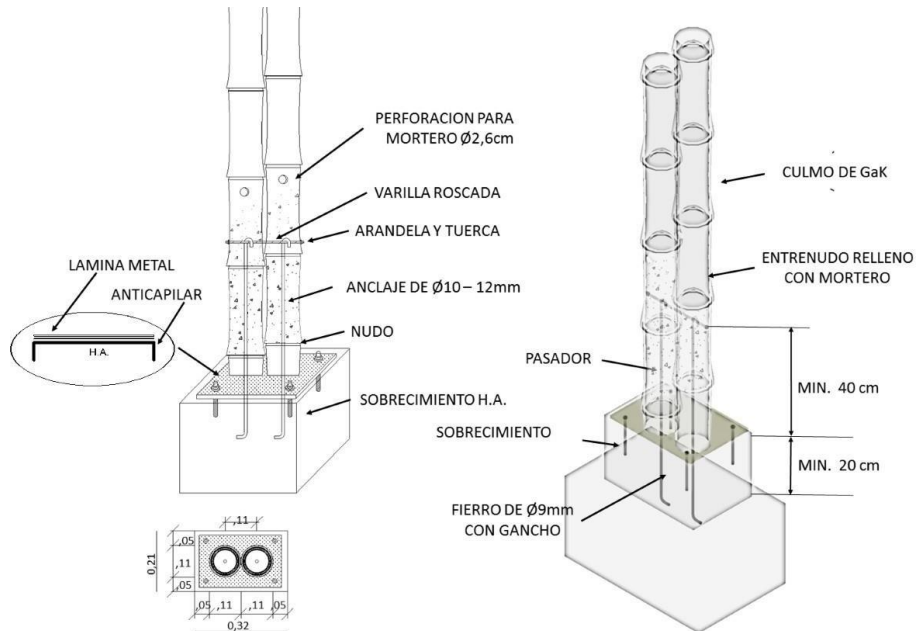
La norma NEC-SE-GADUA, (2017), establece varios tipos de anclaje, entre los cuales podemos encontrar: varilla corrugada, pletinas, tubos de acero, elementos articuladores de acero, entre otros.

**Varilla de acero:** se debe considerar lo siguiente:

- Las varillas inician en el cimiento y sobresalen en la cabeza del sobrecimiento para cumplir las funciones de anclaje.
- Deben apoyarse de 20 a 30 mm por debajo del nudo.
- Se debe eliminar el diafragma interior de los dos nudos inmediatos, antes de introducir los culmos.
- El diámetro de los anclajes que penetran en los culmos de bambú, está en función de la altura de las columnas, en todo caso, no deben ser menores a 10 mm, ni mayores a 18mm.
- No realizar el relleno del mortero o mezcla de arena - cemento, hasta que se hayan concluido todos los soportes.

**Figura 5**

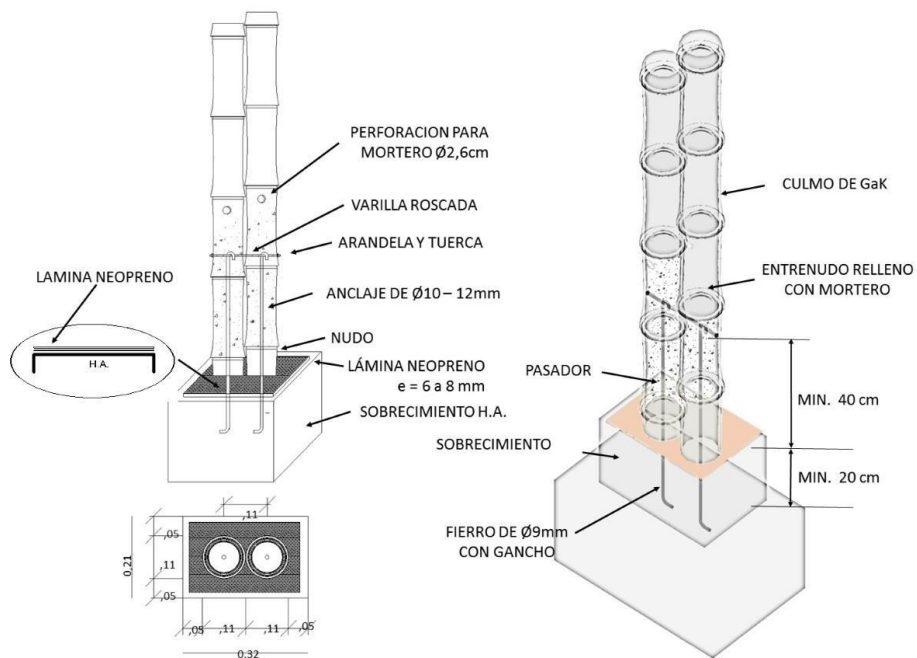
*Anclaje mediante varilla de acero, cubierta metálica*



Fuente: NEC-SE-GADUA, (2017).

**Figura 6**

*Anclaje de varilla de acero, cubierta de neopreno.*



Fuente: NEC-SE-GADUA, (2017)



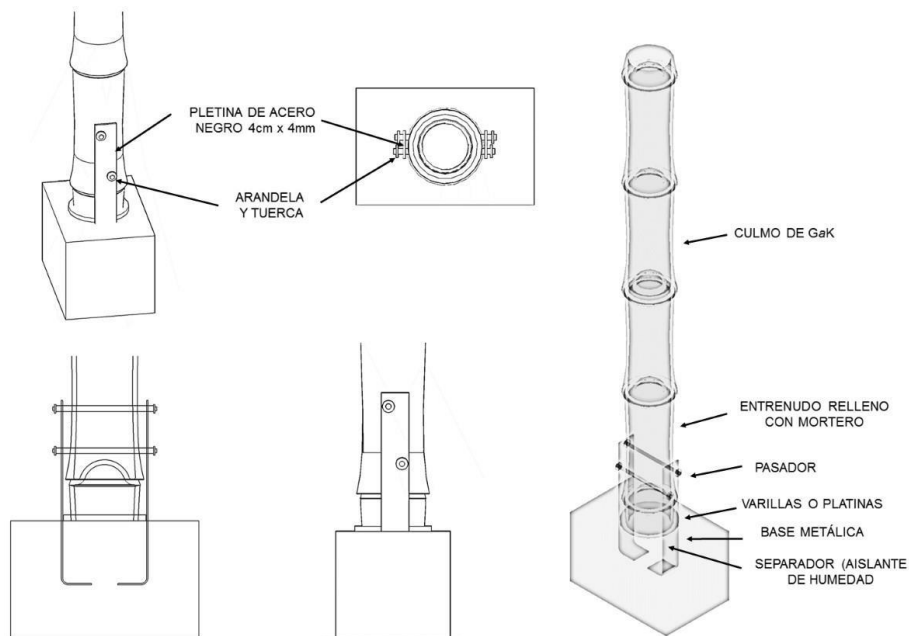
En las Figuras 5 y 6 se muestra cómo se puede realizar el anclaje con varilla y en los dos casos protegiendo los culmos de bambú con neopreno o una placa metálica, para evitar daños por humedad, hongos, etc.

**Pletina de acero:** se debe considerar lo siguiente:

- Este sistema permite asegurar uno o más culmos al sobrecimiento, sin necesidad de introducir morteros o mezclas de arena/cemento, al interior del culmo.
- Sobresalen del sobrecimiento dos pletinas metálicas de 40 mm de ancho y 5 mm de espesor.
- Las 2 pletinas pueden iniciar su anclaje desde el cimiento o desde el sobrecimiento y sobresalir no menos de 250 mm de la cabeza del pedestal o zócalo.
- Las pletinas deben ser lo suficientemente anchas como para colocar los pernos de tal forma que no se encuentren alineados en la misma cara, sino, desfasados, para minimizar el efecto de corte de los mismos a las fibras paralelas del bambú, como se indica en la Figura 7.

**Figura 7**

*Anclaje con pletinas*



Fuente: NEC-SE-GUADUA, (2017)

### 4.13. Cortes para uniones entre culmos de bambú

Las piezas de bambú deben ser cortadas de tal forma que quede un nudo entero en cada extremo, a una distancia máxima  $D=60$  mm del nudo. La mayoría de las uniones parten de tres tipos de cortes. (NEC-SE-GUADÚA, 2017).

Así como se indica en la Figura 8 se observa los distintos cortes para las respectivas uniones de acuerdo su acople.

- a) Corte recto: plano y perpendicular al eje del culmo.
- b) Corte boca de pez: cóncavo transversal al eje del culmo.
- c) Corte pico de flauta: a diversos ángulos respecto al eje del culmo.

**Figura 8**

*Cortes para uniones*



Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

#### 4.13.1. Uniones longitudinales

De acuerdo a la norma NEC-SE-GUADÚA, (2017), cuando se requiere aumentar la longitud de los culmos en la estructura, manteniendo la conicidad, es decir, asegurar un conjunto de culmos cuyo eje longitudinal sea común, se puede considerar las siguientes uniones:

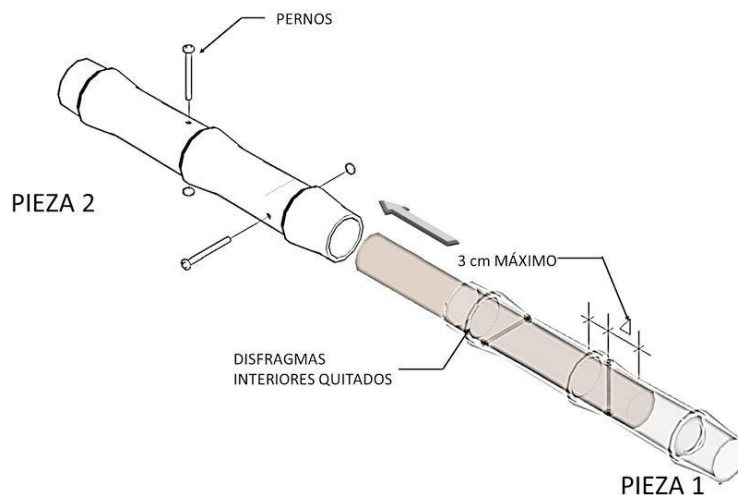
- **Con pieza de madera**

Se conectan mediante una pieza de madera y se deben unir con dos pernos de 9 mm como mínimo, perpendiculares entre sí, en cada una de las piezas, como se observa en la Figura 9.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

#### Figura 9

*Uniones longitudinales con pieza de madera*



Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

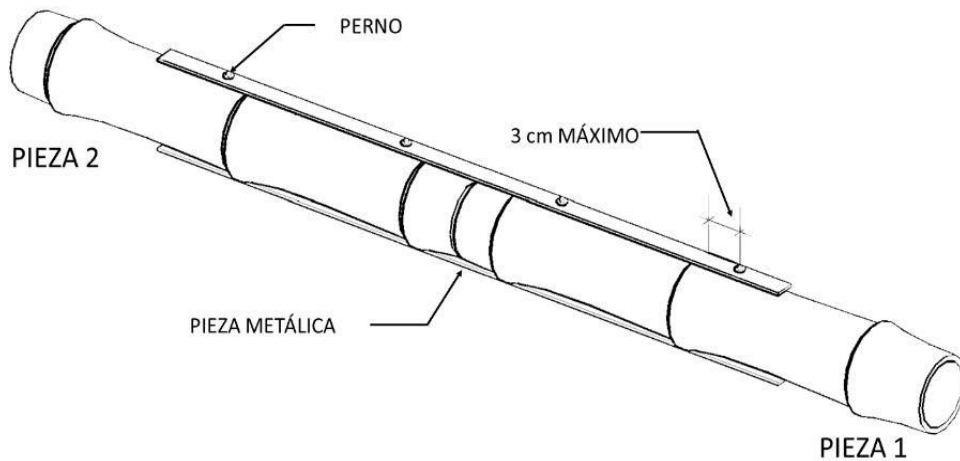
- **Con dos piezas metálicas**

Dos culmos se conectan entre sí, mediante dos elementos metálicos sujetos con pernos de 9 mm como mínimo, paralelos al eje longitudinal de la unión, como se observa en la Figura 10.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

#### Figura 10

### Uniones longitudinales con dos piezas metálicas



Fuente: NEC-SE-GUADÚA (2017)

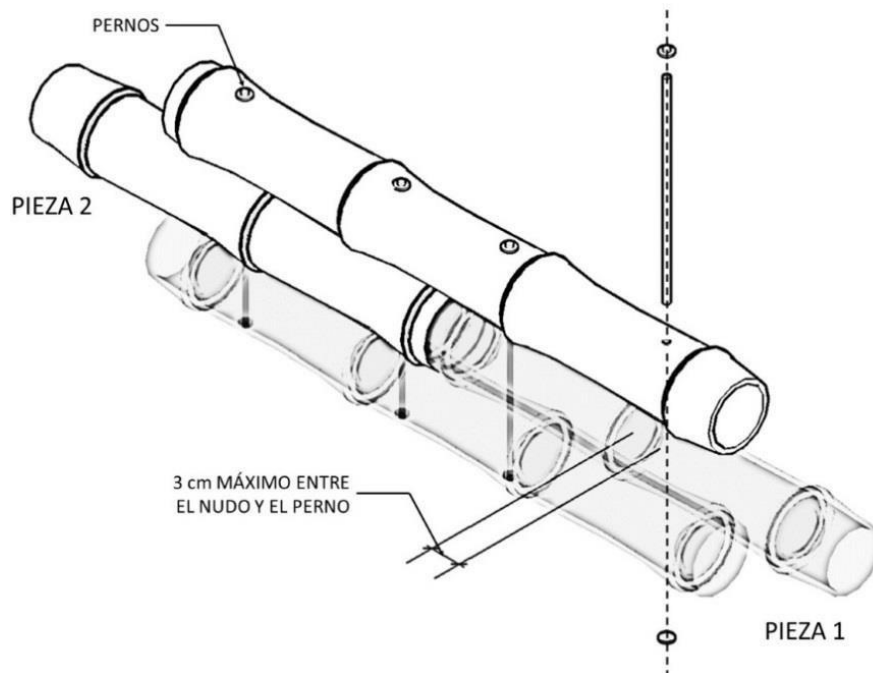
- **Con dos culmos**

Dos piezas de bambú se conectan entre sí mediante dos culmos, sujetos con pernos de 9 mm como mínimo, paralelos al eje longitudinal de la unión, como se observa en la Figura 11.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

### Figura 11

#### Uniones longitudinales con dos culmos



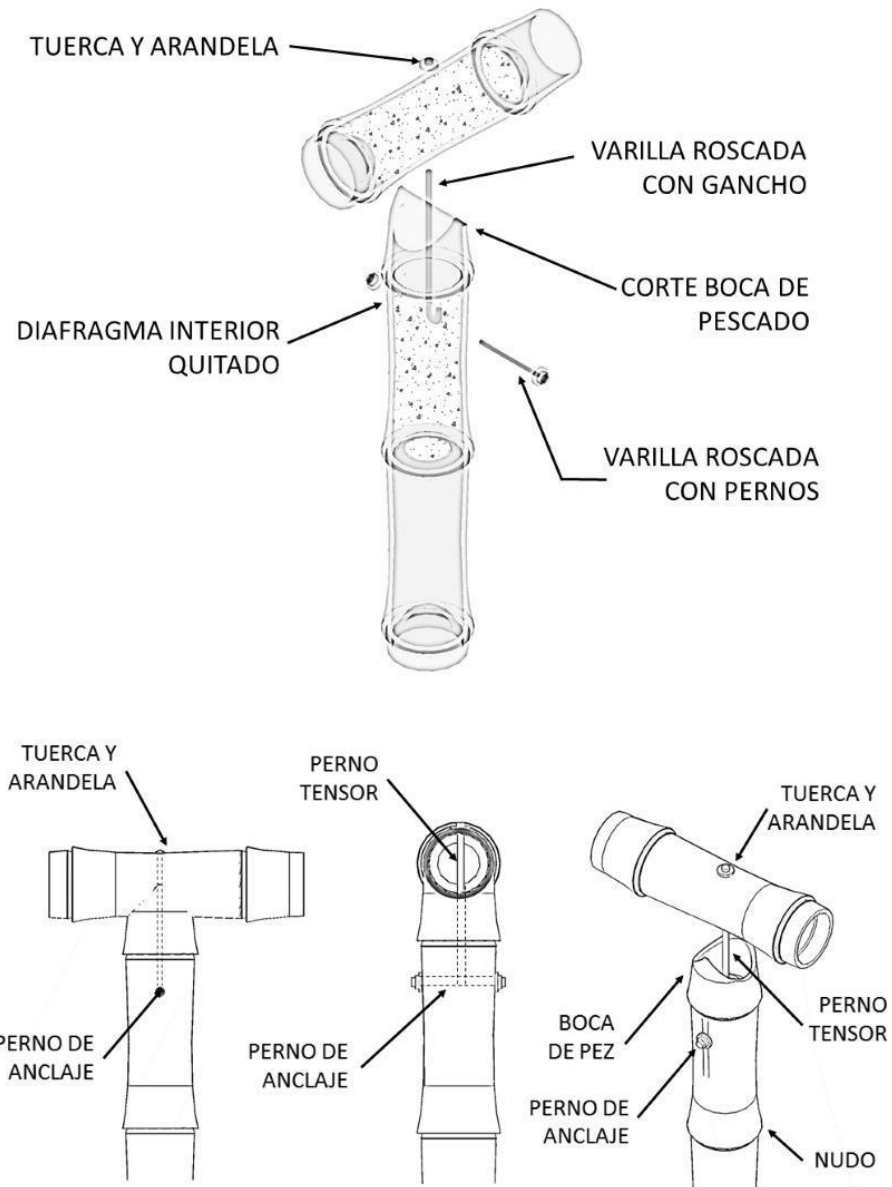
Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

#### 4.13.2. Uniones perpendiculares

De acuerdo a la norma NEC-SE-GUADÚA, (2017), este tipo de uniones sirven para asegurar dos elementos estructurales que están dispuestos uno perpendicularmente al otro, como se muestra en la Figura 12 y 13.

**Figura 12**

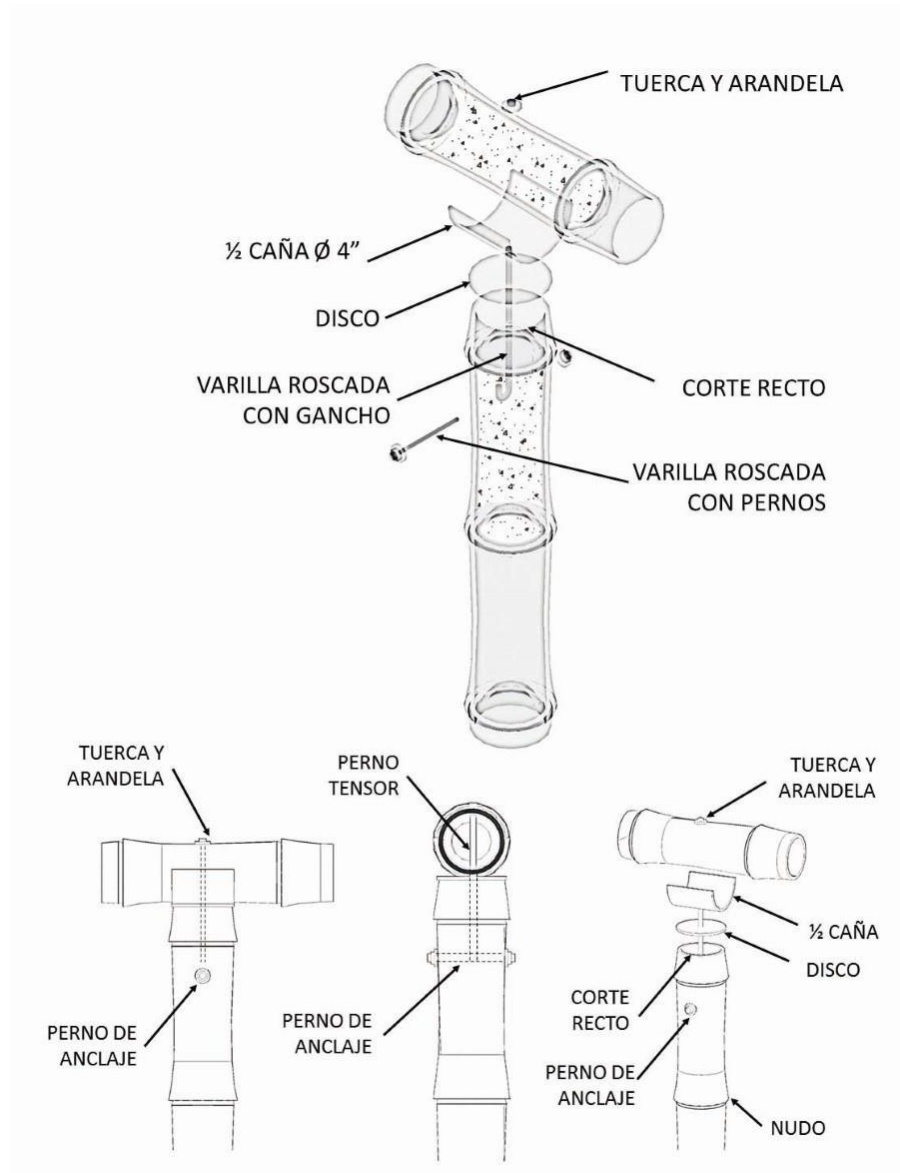
*Unión perno tensor*



Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

**Figura 13**

*Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica*



Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

En la Figura 13 se muestra una variación de las uniones tipo boca de pez, sirven también para asegurar dos elementos estructurales perpendiculares entre sí, pero para facilitar el proceso y reducir el tiempo de ejecución de la obra.

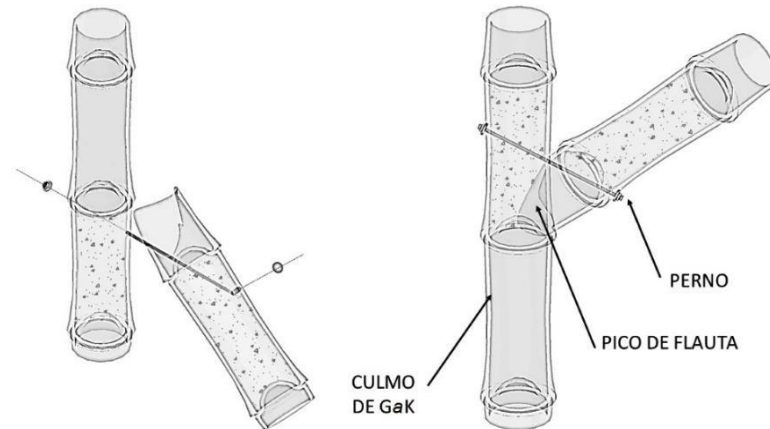
#### **4.13.3. Uniones diagonales**

De acuerdo a la norma NEC-SE-GUADÚA, (2017), son realizadas por medio del corte pico de flauta, entre una pieza vertical u horizontal con otra que no sea paralela ni perpendicular. En

estas uniones se debe lograr el mayor contacto entre las piezas como lo muestra las Figuras 14 y 15.

### Figura 14

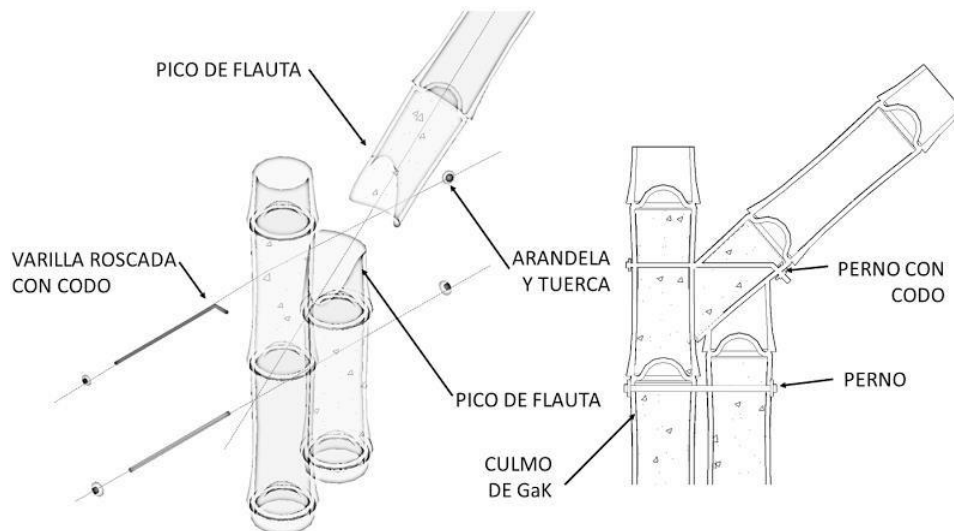
#### *Unión Diagonal Simple*



Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

### Figura 15

#### *Unión Diagonal con Bambú de Apoyo*



Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

#### **4.14. Generalidades de la Maracuyá**

Es una planta trepadora perenne, de culmo cilíndrico o ligeramente anguloso cuando joven, lisos de color verde, provisto de zarcillos axilares. Las hojas se encuentran en peciolo de mediana longitud, alternas estipuladas subcoriaceas trilobuladas con bordes aserrados, de color verde, de 8-

16 cm de largo, trinervada con nervaduras laterales prominentes. Cerca de la inserción de la lámina el peciolo tiene 2 nectarios o glándulas más cortas. Flores vistosas entomófilas, axilares solitarias, hermafroditas, de unos 5 cm de diámetro, tienen pétalos y sépalos amarillentos y los filamentos de la corona finas y onduladas, con la mitad inferior morada y la superior blanca (Cañizares & Jaramillo, 2015).

**Tabla 10**

*Taxonomía de maracuyá*

<b>División</b>	<b>Espermatofita</b>
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Arquiclamídea
Orden	Perietales
Suborden	Flacourtiinae
Familia	Passifloraceae
Género	Passiflora
Especie	Passiflora edulis f. flavicarpa Degener

Fuente: Valarezo et al., (2014)

#### **4.14.1. Características biofísicas, crecimiento y desarrollo del maracuyá**

Cañizares & Jaramillo, (2015), indica que el crecimiento de la parchita o maracuyá durante la fase embrionaria y juvenil es continuo, su culmo presenta simetría radial, entrenudos cortos y yemas vegetativas axilares. Durante la fase adulta las primeras flores aparecen en la posición distal del eje embrionario y de las ramas laterales, en esta fase la ramificación ocurre secuencialmente desde la base hacia el ápice de los ejes. En una rama de parchita o maracuyá se distinguen tres porciones: la distal o zona de floración; la intermedia o zona de fructificación y la basal o zona de ramificación. Las zonas florales y de fructificación mantienen un número de nudos relativamente constante, mientras que la de ramificación se alarga constantemente con el desarrollo de la planta.

Haro, (2020), establece que las cosechas tienen una duración de 2 meses y se intercalan en 4 meses, y cuando el riego es mínimo las cosechas suelen coincidir más en los meses con más sequías, para lo cual se opta por las condiciones climáticas más adecuados, como:

- La adaptación, tanto de pisos térmicos que van de 0 a 1300 metros sobre el nivel del mar, temperaturas entre 24 y 28 °C. En regiones con temperaturas promedio por encima



de ese rango, el desarrollo vegetativo es acelerado, se restringe la producción de flores, y se reduce el número de botones florales. Las temperaturas bajas que ocurren durante el invierno ocasionan una reducción del número de frutos.

- La calidad del fruto está relacionada directamente con la exposición lumínica del área foliar de las plantas, frutos expuestos al sol, disminuyen de peso, pero tienen mayor porcentaje de jugo, mayor cantidad de ácido ascórbico, corteza más delgada, y los sólidos solubles también aumentan a mayor radiación solar. Se recomienda cinco horas de luz por día.
- Entre más elevada esté la humedad relativa del ambiente, mejor calidad se obtendrá en el cultivo, ya que va a aumentar el peso y el volumen del jugo dándole un buen sabor.
- El viento a grandes velocidades (más de 50 km/h) puede causar raspaduras en los frutos, es uno de los factores en la disminución de peso del producto. En zonas de vientos fuertes, constantes, se dificultan y encarecen el sistema de conducción de las plantas en los soportes o tutores, y causan deshidratación del área foliar de la planta.

#### **4.14.2. Sistemas de Conducción**

Cañizares & Jaramillo, (2015), establece que se necesita construir estructuras que permitan el desarrollo del cultivo y que dé una buena distribución de las guías. Los tutores o postes pueden ser de bambú, cemento o hierro, esto depende de la disponibilidad de estos materiales en la zona y de los recursos económicos con que se cuenta.

Los sistemas de conducción que se pueden encontrar son:

- Troja: También es conocido como emparrado o barbacoa y consiste en cruzar postes o alambres tipo malla encima a fin de formar una especie de techo a lo largo del surco sobre el cual se desarrolla la parte aérea de la parchita o maracuyá.
- Espaldera vertical: consiste en postes de 2 a 3 metros de alto, a una distancia de 3 a 4 metros entre hileras. A medida que las plantas van creciendo se ayuda a guiar para que los zarcillos se prendan en las líneas de alambre de forma que queden extendidos como abanico, hasta que alcancen la línea superior.
- Espaldera en “T”, ésta última con pequeñas modificaciones se convierte en espaldera en cruz.: Este sistema permite mejor distribución del follaje, mejorando la eficiencia fotosintética al exponer mayor superficie de hojas a los rayos solares.

#### **4.15. Agricultura protegida**

La agricultura protegida es una técnica que va de la mano con tecnologías, la cual se realiza bajo estructuras construidas, con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas cultivadas. De igual manera mediante el uso y empleo de estructuras que logran condicionar las restricciones climáticas sobre el cultivo, para recrear microclimas óptimos que se asemejen, para el buen desarrollo de acuerdo a cada requerimiento climático de las especies cultivadas y en concordancia con los factores climáticos en la región en la que se trabaja; un invernadero es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas en condiciones óptimas y fuera de temporada. Es el sistema más simple y económico, para captar energía solar en favor de los cultivos ( Miserendino & Astorquizaga, 2014).

##### **4.15.1. Tipos de invernaderos**

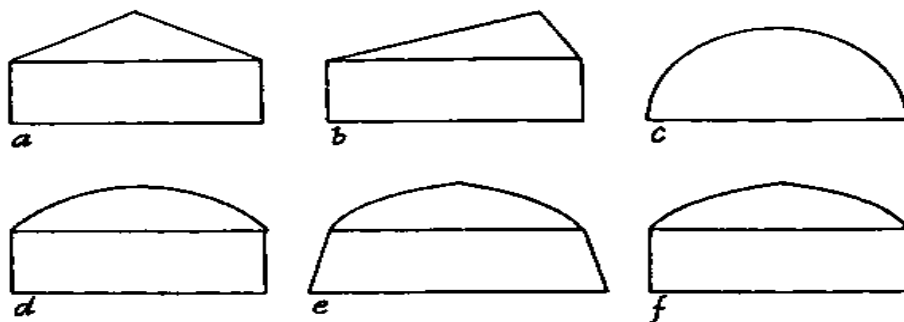
Para definir los tipos de invernaderos que existen debemos retomar, que todas las especies vegetales tienen un rango óptimo ambiental. La colocación de una protección plástica junto a la planta o sobre esta, altera las condiciones climáticas del sector, que someten al cultivo de una manera u otra. De ahí nace la necesidad que depende del cultivo, en el tipo de invernadero, que se deberá realizar, como el acolchado, los cortavientos, invernaderos y cubiertas flotantes. Dentro de la clasificación de los tipos de invernaderos dependerá de la forma arquitectónica dentro de estas encontraremos dos formas estructurales básicas: invernadero unimodular o monocapilla y el invernadero multimodular o multicapilla (Lenschak & Iglesias, 2019).

##### **4.15.2. Diseños arquitectónicos y agronómicos**

Los diseños arquitectónicos de los invernaderos se basan en los datos climáticos y agronómicos según exista la necesidad, en general existe diferentes formas en las que se pueden diseñar un invernadero; sin embargo, hay formas bases en las que se van desglosando y estructurando, mientras que el diseño agronómico de los invernaderos contempla los materiales a utilizar, el tamaño, forma, orientación y características del terreno donde se va a emplear estas tecnologías. En cada caso es particular y dependerá de la disponibilidad económica y criterios del diseñador, conjunto al entorno que se va a situar (Lenschak & Iglesias, 2019).

#### **Figura 16**

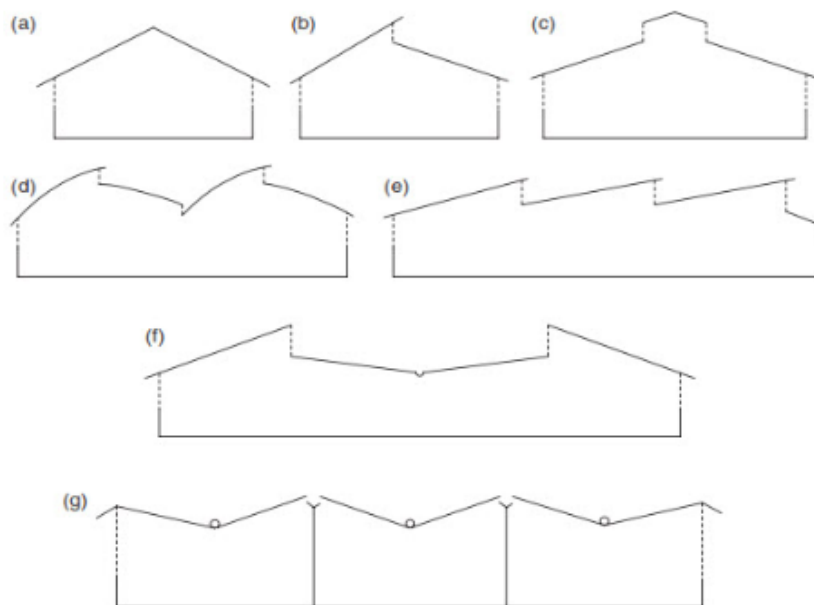
*Formas bases de invernaderos*



Fuente: Roma, (2002)

### Figura 17

*Esquema de estructura de invernadero empleados en regiones tropicales*



Fuente: Castilla, (2013)

En la Figura 16 y 17 se muestran los diferentes tipos de formas de los pórticos para los invernaderos, según varios autores donde los mismos se acoplan a las necesidades tanto de cultivo, como el material estructural.

#### 4.15.3. Ubicación del invernadero en el terreno

Existen cuatro factores climáticos para los cuales se definen tanto el tipo, inclinación del techo, como la orientación de las estructuras: la radiación, el viento, la precipitación pluvial y la temperatura extrema (Lenschak & Iglesias, 2019).

#### **4.15.3.1. Topografía y suelo**

En principio debe ser llano en el sentido del ancho con una pendiente en el eje principal entre 0 y 0.5%, nunca superior al 1-2% que obligaría al aterrazado, como en toda construcción, el suelo del sector debe ser capaz de soportar el peso del invernadero, para que no exista ningún tipo de deformaciones, daños o pérdidas una vez ya realizada la construcción (Lenschak & Iglesias, 2019).

#### **4.15.4. Condiciones climáticas a considerar**

La emisividad es la propiedad del material para emitir una radiación ya absorbida por el mismo; y, transmisividad es la propiedad del material para dejar pasar la radiación infrarroja o de onda larga terrestre. Referente al efecto sobre la ganancia y pérdida de calor, los materiales plásticos inciden directamente en la transmisión de luz dentro del invernadero. Los valores óptimos para un cultivo dependen de varios factores, entre los cuales están, las condiciones climáticas, posición del sol en el cielo, la geometría de la cubierta del invernadero, la orientación del invernadero (este-oeste, norte-sur) (Lenschak & Iglesias, 2019).

La temperatura idónea en invernadero varía en función del cultivo y sus estadios, o etapas de desarrollo en las que se encuentre. Generalmente, la temperatura mínima requerida para las plantas de invernadero es de 10-15°C; mientras que 30°C podría ser la temperatura máxima. mientras que la humedad del aire es uno de los factores que es necesario considerar para una adecuada sanidad y desarrollo de un cultivo en invernadero. La influencia del vapor de agua más aire sobre el complejo medio del invernadero, es menos conocido que la de otros factores, el aire del invernadero se enriquece de vapor de agua proveniente del suelo y de la transpiración de las plantas (DevOps, 2019).

La orientación de cumbrera de las estructuras en el sentido E-O, favorecerá la captación de radiación y la capacidad de acumulación de calor en el suelo del invernadero, incrementando así el balance de energía del invernadero en comparación con las orientadas en el sentido N-S, de igual manera, para realizar un control del viento, los rompevientos arbóreos, que, si bien son adecuados para disminuir daños materiales en eventos no previstos, se debe considerar una adecuada implantación y diseño, cuando este factor pone en riesgo la resistencia de las estructuras de los invernaderos. La orientación de los invernaderos debería ser tal, que el eje mayor coincidiera con la dirección de los vientos predominantes, sobre todo en zonas donde pueden ser perjudiciales y

reducir así la presión que ejerce, permitiendo una mayor resistencia de las estructuras, por otro lado las precipitaciones que actúan sobre las estructuras cubiertas, no presenta directamente mayor incidencia en los cultivos; sin embargo, sí puede afectar en la estructura del invernadero al tener fugas en las cubiertas (Lencsak & Iglesias, 2019).

#### **4.15.5. Dimensiones del invernadero**

Es necesario considerar la relación largo-ancho que tiene un rol muy importante en el microclima que se genera dentro del invernadero. De esta relación depende la superficie expuesta del invernadero o, dicho en otras palabras, los metros de paredes que están en contacto con el ambiente exterior, las pérdidas de calor del invernadero son directamente proporcionales a su superficie expuesta: cuanto mayor sea, más se enfriará el interior de la estructura lo cual puede ser beneficioso en regiones cálidas y perjudiciales en otras regiones con climas templados a fríos(Lencsak & Iglesias, 2019)

##### **4.15.5.1. Forma y pendiente de la cubierta del invernadero**

La elección de la pendiente adecuada en los techos a dos aguas favorece la entrada de luz al invernadero, si tomamos en cuenta que cuanto más cercana a la perpendicularidad, inciden los rayos solares con respecto al techo del invernadero, el albedo tendrá que ser mínimo y la penetración será máxima. Precisamente, la relación entre la intensidad de la radiación que ingresa al invernadero con respecto a la que incide sobre su techo, es conocida con el nombre de transmitancia (Lencsak & Iglesias, 2019).

#### **4.16. Presupuesto**

El presupuesto determina el costo que va a tener la obra a ejecutar, está compuesto por la descripción detallada de las actividades a realizar, que se denominan, rubros, con sus respectivas unidades de medida, cantidades de obra, precios unitarios y precio total. Se constituye en una de las partes más importantes, ya que da una idea clara de la inversión económica que se debe efectuar.

La exactitud del costo de un proyecto depende de la información de que disponga el analista de Precios Unitarios. Técnicamente deberá disponer de planos completos, especificaciones técnicas y detalles constructivos que le permitan definir un catálogo de conceptos o rubros y obtener los volúmenes de obra para complementar la información con los precios unitarios y realizar el presupuesto, hay que tener en cuenta que el Análisis de Precios Unitarios se considera como un cálculo predeterminado para efectuar la evaluación económica de un rubro de trabajo por unidad de medición conforme a especificaciones y proyectos definidos (Espinoza, 2014)

## 5. Metodología

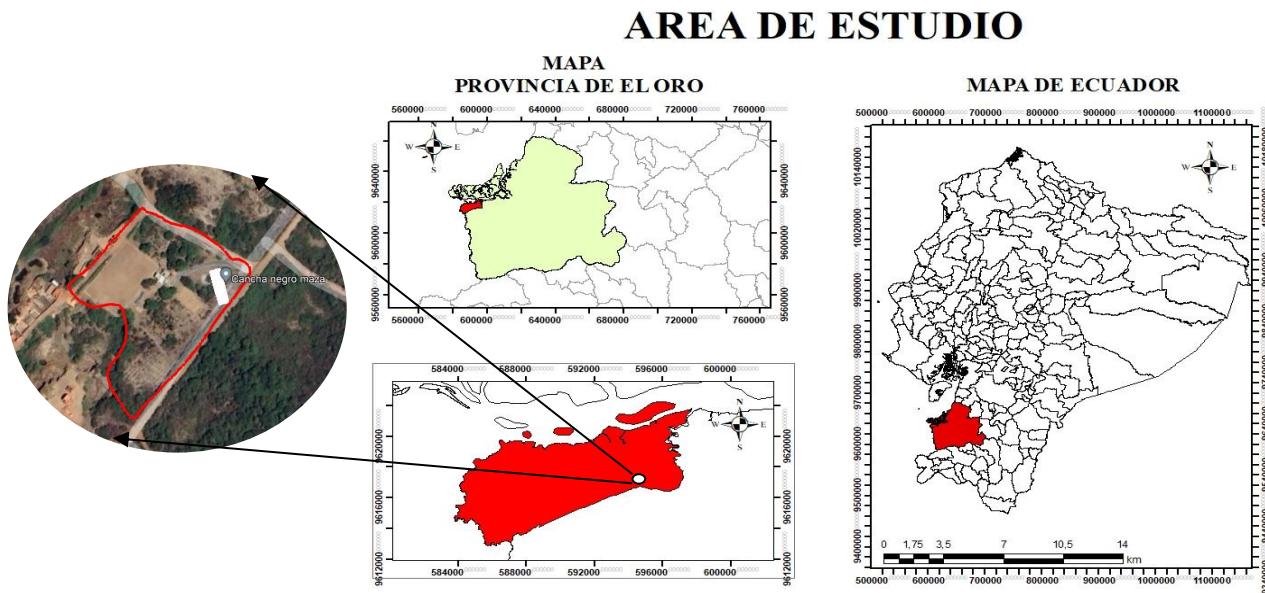
### 5.1. Zona de estudio

El área donde se establece el diseño del invernadero se encuentra ubicada en el sector rural “Las Ladrilleras”, en el barrio Ecuador, en la Ciudad de Huaquillas, a una altitud de 6 msnm, con las siguientes coordenadas geográficas  $3^{\circ}29'36.16''S$  y  $80^{\circ}13'40.32''O$

Huaquillas se localiza en la confluencia de dos zonas ecológicas, la que se extiende hacia el sur, de tipo desértico (Perú); y la zona que se extiende al norte, en territorios ecuatorianos. Ubicada en los  $3^{\circ}$  de latitud sur, en la vertiente sur de la cuenca del Río Jubones en las coordenadas UTM: latitud 9619537 a 9618182 y longitud 590373 a 591520, donde se halla vegetación adaptada al clima seco y a suelos salinos (Mendoza, 2012).

### Figura 18

*Mapa de ubicación de la zona de estudio*



Fuente: El Autor

#### 5.1.1. Factores climáticos

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Huaquillas PDOT, (2019) y a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), durante el período de estudio comprendido entre los años 1981-2010, los valores de temperatura media anual en el cantón Huaquillas oscila entre  $25,6^{\circ}C$  y  $26,4^{\circ}C$ , en casi la totalidad del territorio. Las temperaturas mínimas absolutas bordean los  $23^{\circ}C$  y se presentan generalmente

en el mes de agosto, mientras las máximas absolutas rondan los 28°C y se registran en el mes de abril.

Los niveles de precipitación media anual registrados, oscilan entre 551 mm y 727 mm con dos estaciones bien marcadas que fijan la época lluviosa en los meses de enero a abril y el resto del año en condiciones secas, especialmente en agosto y septiembre.

En general los vientos presentan un patrón estacional; en la época húmeda los vientos provenientes del suroeste se debilitan, mientras que los del noroeste se intensifican ligeramente y por el contrario en época seca los vientos del suroeste se incrementan alcanzando su máximo en el mes de agosto, con velocidades de alrededor 3m/s, con direcciones predominantes SW con una frecuencia aproximada del 25% y NW con el 33%.

## **5.2. Materiales**

### **5.2.1. *Materiales de oficina***

- Computadora
- Software de dibujo
- Hoja de cálculo (Excel)
- Anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología “INAMHI”, de la estación meteorológica CHACRAS.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Huaquillas, (Periodo 2019-2023).

### **5.2.2. *Materiales de campo***

- Estación de GPS para topografía.
- Cámara fotográfica.
- Flexómetro.
- Herramientas menores.

### **5.3. Metodología**

#### **5.3.1. Metodología para el primer objetivo**

**“Caracterizar las necesidades climáticas propicias para el adecuado cultivo del maracuyá”.**

Con la finalidad de alcanzar el primer objetivo: se utilizó la metodología propuesta por Lenscak & Iglesias, (2019), en su manual de construcción de invernaderos y Cañizares & Jaramillo, (2015), que consiste en satisfacer las necesidades del cultivo de maracuyá por medio de la agricultura protegida. Por consiguiente, se recolectó bibliografía secundaria actual, como: El cultivo de Maracuyá «Manual técnico para su manejo en el litoral ecuatoriano» y El cultivo del maracuyá en Ecuador; en estos manuales se presenta literatura que contiene valores para rangos de adaptabilidad climática respecto de: temperatura, velocidad del viento y humedad relativa.

Se efectuó una recolección de datos climáticos del cantón Huaquillas, a través de anuarios meteorológicos elaborados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), mismos que se encuentran en su biblioteca virtual de la página web [www.inamhi.gob.ec](http://www.inamhi.gob.ec), de la cual se obtuvo datos del entorno relacionados al grado de saturación de vapor de agua, temperatura máxima, media y mínima y, las velocidades de viento.

Es importante indicar que la información existente más cercana a la zona en la que se realizó el presente estudio está en la estación meteorológica CHACRAS-M0482, los datos meteorológicos que se utilizaron, corresponden a un historial de 19 años con respecto a la situación climática actual, esto cumpliendo con el número de registros recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), que establece en un mínimo de 15 años. Una vez recolectados los datos climáticos del entorno y los requeridos por el cultivo, se estableció una tabla comparativa. (Anuarios Meteorológico-INAMHI, 1994-2013)

#### **5.3.2. Metodología para el segundo objetivo**

**“Proponer el diseño agronómico y arquitectónico de invernadero con estructura de bambú de acuerdo a la caracterización definida en el objetivo 1”**

Con la finalidad de alcanzar el segundo objetivo: se estableció la dimensión del invernadero. Lenscak & Iglesias, (2019), proponen invernaderos rectangulares, donde la relación largo-ancho, sea mayor en lugares con clima subtropicales, en el presente caso, donde la disponibilidad del terreno es limitada, se planteó alojar 40 plantas de maracuyá, con una densidad



de 2,5 m entre hileras y 3 m entre plantas eligiendo las dimensiones para el invernadero de 10 m\* 30 m dando un área de 300 m<sup>2</sup>.

Flores & Ojeda, (2015), indican que correspondiente al diseño agronómico, se partió de las necesidades del cultivo del maracuyá, esta información se obtuvo a partir de manuales y literatura secundaria especializada para zonas costeras. tomándose parámetros como: topografía plana, orientación del invernadero respecto de radiación solar, tipo de cubierta, forma de los pórticos, humedad relativa, velocidad del viento, ventilación, densidad de siembra, altura de la planta del maracuyá en la etapa de producción y cosecha, para el diseño de espalderas.

El diseño arquitectónico comprendido por: disposición de los marcos o pórticos (ensamble viga-columna) y cimentaciones que sujetarán la estructura, cumplen con todas las necesidades agronómicas y climáticas del maracuyá, sustentado en las especificaciones el “Manual de construcción de invernaderos para zonas áridas”. (Lenschak & Iglesias, 2019),

Para la definición de uniones y cortes propuestos en el diseño de la estructura del invernadero en bambú, se tomaron las recomendaciones de la norma NEC-SE-GUADUA (2017).

El cálculo y diseño de los elementos estructurales como: vigas, columna con mayor carga axial y zapata, se desarrollaron a partir del estudio y análisis de la normativa ecuatoriana existente.

- Norma Ecuatoriana de Construcción en GUADÚA (NEC-SE-Gak, 2017),
- Norma Ecuatoriana de Construcción en Cargas No Sísmica (NEC-SE-CG, 2014)
- Norma Ecuatoriana de Construcción en Peligro Sísmico (NEC-SE-DS, 2014)
- American Concrete Institute (318s- 4) (ACI-318s-4, 2015)

Para el cálculo de la viga superior simplemente apoyada se estableció según se indica en los apartados de: fuerza cortante, diagrama de cortante, momento flector máximo, diagrama de momento flector y la deflexión admisible del bambú.

Para el cálculo y diseño de la columna interior más cargada, respecto de los apartados: área neta, la longitud efectiva, coeficientes de longitud, tipos de apoyo, inercia y esbeltez, se estructuraron hojas de cálculo en función de la Norma ecuatoriana de construcción en GUADÚA.

Para el cálculo de la zapata más cargada se realizó el análisis de mecánica de suelos, a través un ensayo in situ Standar Proctor Test (SPT), determinando la capacidad portante del suelo, la profundidad de cimentación y para los apartados de: área mínima de la zapata, cortante en una y dos direcciones, momento nominal, momento factorizado, cantidad de acero en parrilla, diámetro

comercial de la varilla, dimensión del cuello del plinto, se utilizó un programa a partir de una hoja de cálculo y la norma American Concrete Institute (318s- 4) (ACI-318s-4).

Para la elaboración de planos topográficos, arquitectónicos, estructurales y más detalles constructivos, se utilizó el software AutoCAD 2021 versión estudiantil.

### 5.3.2.1. Cálculos estructurales

#### 5.3.2.1.1. Cálculo de cargas a las que está sometida la estructura.

- **Determinación de las cargas muertas**

Constituidas por el propio peso de la estructura de bambú, acero en las uniones y el peso del plástico del invernadero NEC-SE-CG, (2014)..

- **Determinación de las cargas vivas**

Al ser un tipo de estructura ligera, la norma NEC-SE-CG, (2014).. establece en el apartado 4.2 - Carga Viva, el valor de carga viva para una construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera, igual a  $0.24 \text{ kN/m}^2$ , como se observa en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Valores de la carga viva dependiendo de la ocupación*

Ocupación o uso	Carga uniforme ( $\text{kN/m}^2$ )	Carga concentrada (kN)
<b>Cubiertas</b>		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.7	-
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	-
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión	4.80	-
Toldos y carpas		
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24(no reduc)	-

Fuente: NEC-SE-CG, (2015).

Debido a que el diseño se establece en una zona costera, se permite la reducción de cargas variables en la cubierta como: el granizo o cenizas.

- **Determinación de la carga de viento**

Para el cálculo de la carga de viento se apoyó en las Tablas y especificaciones otorgadas por la NEC cargas no sísmicas, 2014 en su sección 3.2.4, donde se tiene:

**a) Velocidad máxima**

Para determinar la velocidad del viento, a través de los anuarios meteorológicos del INAMHI, se recopiló los datos de la velocidad máxima del viento de la zona de estudio (Huaquillas), dentro de un periodo de 19 años (1994-2013). La velocidad máxima de viento es de 2.5 km/h (0.69 m/s) (ver Anexo 3).

**b) Velocidad corregida del viento**

Es la velocidad instantánea máxima del viento multiplicada por un coeficiente de corrección “σ” que el mismo se definirá por la altura y las características topográficas y/o edificación del sector o nivel de exposición al viento.

$$V_b = V * \sigma$$

Donde:

$V_b$  = Velocidad corregida del viento en m/s.

$V$  = Velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno.

$\sigma$  = Coeficiente de corrección.

**Tabla 12**

*Coeficiente de corrección del viento*

Altura	Sin obstrucción	Obstrucción baja	Zona edificada
	Categoría a	Categoría b	Categoría c
5	0.91	0.86	0.8
10	1	0.9	0.8
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Fuente: NEC-SE-CG, (2014), apartado 3.2.4 cargas por viento

En la Tabla 12, el menor valor de altura es de 5m, el lugar de estudio, de acuerdo a sus características y lugar de emplazamiento, se ubica en la categoría A (sin obstrucción) definida por

la NEC como edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos, con un valor de coeficiente de corrección  $\sigma$  de 0,91.

### c) Cálculo de la presión del viento

Se establece que, la fuerza del viento ejerce una presión sobre los elementos de la estructura. Para determinar la resistencia del elemento frente al empuje que ejerce el viento, se calcula la presión  $P$ , cuyo valor se determina mediante la siguiente fórmula.

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

Donde:

$P$  = Presión de cálculo expresada en Pa (N/m<sup>2</sup>).

$\rho$  = Densidad del aire expresada en kg/m<sup>3</sup> (En general, se puede adoptar 1.25 kg/m<sup>3</sup>).

$C_e$  = Coeficiente de entorno/altura.

$C_f$  = Coeficiente de forma.

### d) Factor de entorno/altura

Para determinar el coeficiente de entorno ( $C_e$ ), se utilizó la Tabla 13 expuesta en el documento de Caguano, (2017), ya que la NEC no presenta ninguna información sobre el cálculo de dicho coeficiente.

**Tabla 13**

*Coeficiente de exposición/ altura  $C_e$  del viento.*

Entorno del edificio	Altura elemento nivel de suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
<b>Centro de grandes ciudades</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.68</b>	<b>2.15</b>
<b>Zona urbanos</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.96</b>	<b>2.32</b>	<b>2.82</b>
<b>Zonas rurales</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.89</b>	<b>2.42</b>	<b>2.75</b>	<b>3.2</b>
<b>Terreno abierto sin obstáculos</b>	<b>1.64</b>	<b>1.93</b>	<b>2.35</b>	<b>2.81</b>	<b>3.09</b>	<b>3.47</b>

Fuente: Caguano, (2017)

El sector de estudio pertenece a la categoría de terreno abierto sin obstáculos, y la altura de la edificación es de 5 m, con estos datos se obtiene un valor de  $C_e=1,93$ .

### e) Factor de forma $C_f$

Teniendo en cuenta con que superficies de la edificación actuará el viento, se establece el coeficiente  $C_f$  mediante la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Determinación del factor de forma  $C_f$*

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 o 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60 °	+0.3 a +0.7	-0.8
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Fuente: NEC-SE-CG, (2014)

Se escogen los valores de la categoría de superficies inclinadas a 15° o menos, que corresponde al estudio presente, donde se determinó la presión de viento: barlovento y sotavento, empleando los coeficientes con su correspondiente magnitud y signo.

- **Determinación de cargas sísmicas**

Los requisitos de diseño para determinar la carga sísmica se basan en el comportamiento elástico lineal y no lineal de estructuras de edificación, para ello se determina una serie de parámetros que se describen a continuación:

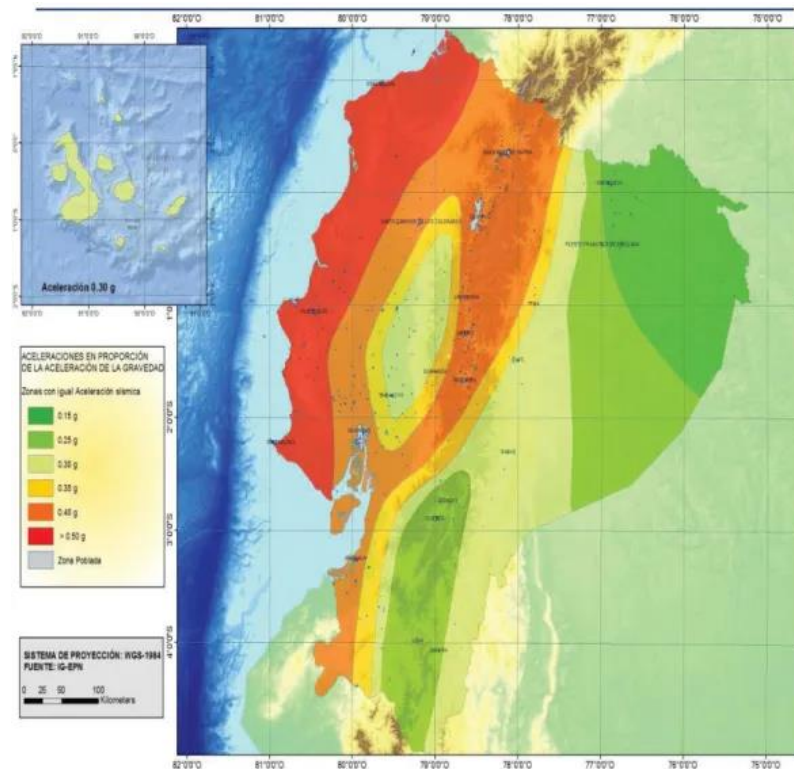
- La zona sísmica del Ecuador donde se va a construir la estructura: el factor de zona  $Z$
- Las características del suelo del sitio de emplazamiento.
- El tipo de uso, destino e importancia de la estructura (coeficiente de importancia  $I$ )

### **Componentes horizontales de la carga sísmica: espectros elásticos de diseño**

Así como lo indica la Figura 19, el sitio donde se diseñará la estructura, determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador caracterizada por el valor del factor de zona  $Z$ .

### **Figura 19**

## Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Z



Fuente: NEC-SE-DS, (2014)

- **El valor de Z.**

De acuerdo a la normativa NEC-SE-DS, (2014), el valor Z representa la aceleración máxima en una roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración gravitatoria.

En Ecuador se distinguen 6 zonas sísmicas caracterizadas por el valor del factor Z.

Para lo cual la zona costera está valorizada en una zona sísmica VI, presenta un peligro sísmico muy alto, como se observa en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada*

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	$\geq 0.5$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC-SE-DS (2014)

De acuerdo a la descripción geológica anterior, al ensayo granulométrico y SPT realizado en la zona de estudio, se establece que, en lugar del diseño, existe la presencia de arcilla inorgánica de baja a media plasticidad, hasta los 6 m de profundidad; por tanto, tenemos un suelo con una tipología de perfil “E”, cuya definición de tipos de perfiles de suelo se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Tipos de perfiles de suelo*

<b>Tipo de perfil</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Definición</b>
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m s}^{-1} > V_s \geq 760 \text{ m s}^{-1}$
<b>C</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de onda de cortante	$1500 \text{ m s}^{-1} > V_s \geq 760 \text{ m s}^{-1}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ kPa}$
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m s}^{-1} > V_s \geq 180 \text{ m s}^{-1}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
<b>E</b>	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o V	$V_s < 180 \text{ m s}^{-1}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $W \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
<b>F</b>	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista.	

Fuente: NEC-SE-DS (2014)

Una vez identificada la zona sísmica y el tipo de perfil de suelo, se procede a definir los coeficientes del perfil del suelo. Estos factores se determinan de acuerdo a las Tablas presentadas en la NEC-SE-DS (2014).

.En las Tablas 17, 18 y 19 se presentan los valores para los coeficientes  $F_a$ ,  $F_d$  y  $F_s$ , que son coeficientes de estudios de microzonificación sísmica realizado para una región determinada del país, que permiten determinar el espectro de diseño sísmico.

- **$F_a$ : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto**

Amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio.

**Tabla 17**

*Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto ( $F_a$ )*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor z					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0.15-0.9	0.25-0.9	0.3-0.9	0.35-0.9	0.4-0.9	$\geq 0.5-0.9$
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85

Fuente: NEC-SE-DS,2014

- **$F_d$ : Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca**

Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

**Tabla 18**

*Desplazamiento para diseño en roca ( $F_d$ )*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor z					
	I	II	III	IV	V	VI



A	0.15-0.9	0.25-0.9	0.3-0.9	0.35-0.9	0.4-0.9	$\geq 0.5-0.9$
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Fuente: NEC-SE-DS,2014

- **F<sub>s</sub>: Comportamiento no lineal de los suelos**

De acuerdo a la normativa (NEC-SE-DS, 2014), considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

**Tabla 19**

*Comportamiento no lineal de los suelos (F<sub>s</sub>)*

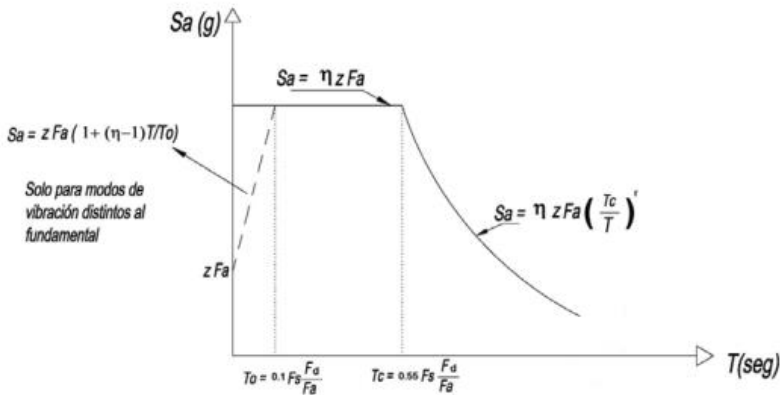
Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0.15-0.75	0.25-0.75	0.3-0.75	0.35-.0.75	0.4-0.75	$\geq 0.5-0.75$
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: NEC-SE-DS, (2014)

- **Componentes horizontales de la carga sísmica: espectros elásticos de diseño**

**Figura 20**

*Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones*



Fuente: NEC-SE-DS, (2014)

En la Figura 20 se puede observar el espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones y el periodo de vibración, de los cuales se identifica el comportamiento de los componentes del espectro.

Dónde:

$\eta$  = Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

$F_a$  = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó.

$F_d$  = Coeficiente de desplazamiento para diseño en roca.

$F_s$  = Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos.

$S_a$  = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad).

$g$  = Depende del período o modo de vibración de la estructura.

$T$  = Período fundamental de vibración de la estructura.

$T_0$  = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$T_c$  = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$Z$  = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

### Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para períodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos:

$$Sa = \eta * Z * Fa \quad \text{para } 0 \leq T \leq Tc$$

$$Sa = \eta * Z * \left(\frac{Tc}{T}\right)^r \quad \text{para } T > Tc$$

Dónde:

$\eta$  = Razón entre la aceleración espectral Sa (T = 0.1 s)

r = Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

r = 1 para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E.

r = 1.5 para tipo de suelo E.

Sa= Espectro de respuesta elástica de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad).

T =Período fundamental de vibración de la estructura.

TC= Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g.

### **Razón entre la aceleración espectral**

Así mismo se definen valores de relación de amplificación espectral,  $\eta$  (Sa/Z, en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, donde  $\eta$  adopta los siguientes valores

$\eta$  = 1.80: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas).

$\eta$  = 2.48: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

$\eta$  = 2.60: Provincias del Oriente.

Huaquillas pertenece a la provincia de El Oro y este a su vez a la costa ecuatoriana, por lo que el valor de  $\eta$ = 1.80.

- **Determinación del periodo de vibración T**

Como el espectro de respuesta elástico de aceleraciones ( $S_a$ ) depende del período o modo de vibración de la estructura ( $T$ ), se procedió a calcular para saber cuál de las dos ecuaciones planteadas se debe aplicar.

$$T = Ct * h_n^a$$

Dónde:

$Ct$  = depende del tipo de edificio y se la determina a partir de la Tabla 20, misma que muestra los valores de coeficiente del periodo fundamental de la estructura.

### Tabla 20

*Valores de coeficiente  $Ct$  y  $a$  del periodo fundamental de la estructura*

<b>Tipo de estructura</b>	<b><math>Ct</math></b>	<b><math>a</math></b>
Estructura de acero	0.072	0.8
Sin arrostramientos	0.073	0.75
Con arrostramiento	0.055	0.9
Pórticos especiales de hormigon armado		
Con muros estructurales o diagonales y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Fuente: NEC-SE-DS, (2014)

Como el invernadero es de estructura sencilla, los coeficientes antes señalados serán los que se apliquen.

$H_n$  = Altura máxima de la edificación de  $n$  pisos, medida desde la base de la estructura, en metro.

Determinación del periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$$T_c = 0,55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

### Coefficientes de importancia I

El objetivo del factor “I” es incrementar la demanda sísmica de diseño para las estructuras, para que estas puedan permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño. La estructura a diseñar se clasifica en una de las categorías que se establecen en la Tabla 21, en el cual se adopta el correspondiente factor de importancia.

**Tabla 21***Coeficiente de Importancia*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de uso, destino e importancia</b>	<b>Coeficiente I</b>
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1

Fuente: NEC-SE-DS, (2014)

- **Procedimiento de cálculo: Diseño basado en fuerzas (DBF)**

Los pasos a seguir son:

- Determinación del espectro de diseño  $S_a(T)$  de acuerdo con las características geotectónicas del lugar de emplazamiento de la estructura.

- Cálculo aproximado del período fundamental de vibración aproximado  $T_a$ .

- Determinación del cortante de base  $V$  con los resultados de los pasos anteriores.

- Determinación de las distribuciones vertical y horizontal de  $V$ .

- Dirección de aplicación de estas fuerzas sísmicas y verificación de que los índices de deriva no sobrepasen el valor permitido (NEC-SE-DS, 2014). 44 4.9.4.6.1

- **Cortante basal de diseño (V)**

El cortante basal total de diseño V, a nivel de cargas últimas, aplicado a una estructura en una dirección especificada, se determinará mediante la siguiente ecuación.

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

Dónde:

Sa (Ta) =Espectro de diseño en aceleración

$\phi_P$  y  $\phi_E$  = coeficientes de configuración en planta y elevación, en un invernadero se considera como regular en elevación y en planta.

I = Coeficiente de importancia

R = Factor de reducción de resistencia sísmica,

V = Cortante basal total de diseño,

W = Carga sísmica reactiva

Ta = Período de vibración.

Los coeficientes de regularidad en planta y elevación son:  $\phi_E = 1$  y  $\phi_P = 1$

- **Combinaciones de carga.**

De acuerdo a la normativa (NEC-SE-GUADÚA, 2017), establece que el bambú interactúa con diferentes combinaciones de cargas, como se indica en la Tabla 6, de las cuales el tipo 1, 2 y 3 se ajustan de acuerdo a las cargas de servicios calculadas.

### 5.3.2.1.2. Cálculo de elementos estructurales

- **Diseño en vigas en flexión**

Las deflexiones en elementos de bambú se deben calcular de acuerdo a las fórmulas de la teoría elástica tradicional, como se muestra en la Tabla 22, se considera la deflexión producida.

**Tabla 22**

*Condiciones de carga en deflexión*

Condición de carga	Deflexión
Carga concentrada en el centro de la longitud	$\Delta = \frac{p \cdot l^2}{48EI}$
Carga uniformemente distribuida	$\Delta = \frac{5q \cdot l^4}{384EI}$

Fuente: NEC-SE-GUADÚA,2017

Donde:

p = Carga concentrada actuante

q = Carga uniformemente distribuida actuante.

l = Longitud efectiva

E = Módulo de elasticidad 0.05

I = Inercia

Las deflexiones admisibles estarán limitadas a los valores de la Tabla 23.

Al ser una estructura donde no habrá mayor interacción en la cubierta, se toma la siguiente condición.

**Tabla 23**

*Deflexiones admisibles del bambú*

Deflexiones admisibles (mm)	
Condición de servicio	Cargas totales l/k
Elementos de techo/ cubiertas	
<b>Cubiertas inclinadas</b>	
Cielos rasos de pañete o yeso	1/240
Otros cielos rasos	1/180
Sin cielo raso	1/180
Techos planos	1/300
Techos industriales	1/200

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

Donde:

l= Longitud efectiva

**Momento resistente** El esfuerzo a flexión actuante (f) sobre cualquier sección del bambú, no debe exceder el valor del esfuerzo a flexión admisible (F) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$f = \frac{M}{S} \leq F'$$

Dónde:

f = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

M = Momento actuante sobre el elemento en Nmm

F' = Esfuerzo admisible modificado, en MPa

S = Módulo de sección en mm<sup>3</sup>

El módulo de sección S, para un culmo de bambú se expresa con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

S =Módulo de sección en mm<sup>3</sup>

D<sub>e</sub> =Diámetro promedio exterior del culmo en mm<sup>3</sup>

t =Espesor promedio de la pared del culmo en mm

### **Esfuerzo cortante paralelo a las fibras**

El esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuantes (f<sub>v</sub>) sobre cualquier sección de bambú, no debe exceder el valor del esfuerzo cortante paralelo a las fibras admisibles (F'<sub>v</sub>).

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

Donde:

f<sub>v</sub> = Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa

A = Área de la sección transversal del elemento de bambú, en mm<sup>2</sup>

D<sub>e</sub> = Diámetro externo promedio de la sección de bambú, en mm

t = Espesor promedio de la sección de guadúa, en mm

F'<sub>v</sub> = Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, en MPa

v = Fuerza cortante en la sección considerada, en N

### **Aplastamiento**

Los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras (f<sub>p</sub>), deben verificarse especialmente en los apoyos y lugares en los que haya cargas concentradas en áreas pequeñas.

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

Dónde:

F<sub>p</sub> = Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, en MPa

f<sub>p</sub> = Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa

D<sub>e</sub> = Diámetro externo promedio de la sección de bambú, en mm

t = Espesor promedio de la sección del bambú, en mm

L = Longitud de apoyo, en mm



R = Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

- **Diseño de columnas solicitados por fuerza axial**

Para el cálculo de las columnas se debe seguir el procedimiento que establece la normativa NEC-SE-GUADUA.

Toda columna calculada debe establecer bajo el método de fuerzas admisibles, como consta en la NEC-SE-GUADUA, (2017), columnas diseñadas por fuerza axial, debe considerarse lo siguiente.

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

Dónde:

$f_t$  = Esfuerzo a tensión actuante, en MPa

T = Fuerza de tensión axial aplicada, en N

Ft =Esfuerzo de tensión admisible MPa

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

**Área neta.**

La sección transversal constituida por un solo culmo debe ser calculada con la fórmula.

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

Dónde:

A = Área neta de la sección transversal del bambú en mm<sup>2</sup>

$D_e$  = Diámetro exterior del bambú en mm.

t = Espesor de la pared del bambú en mm.

**Longitud efectiva**

La longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus extremos.

La longitud de la columna es de 5000 mm.

$$l_e = L_u k$$

Dónde:

$L_u$  = Longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm.








k =Coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos.

$l_e$  =Longitud efectiva, en mm.

Para el cálculo de la longitud efectiva, el coeficiente k se escoge de acuerdo a la condición de apoyo de la columna como establece la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Coeficiente de longitud efectiva de columna  $K_e$*

Condición de los apoyos	Gráficos	$k_{e1}$	$k_{e2}$
Empotrados en ambos extremos.		0.5	0.65
Impedido de desplazarse en ambos extremos y uno de ellos impedido de rotar		0.7	0.85
Articulado en ambos extremos.		1	1
Empotrado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazamiento.		1	1.2
Empotrado en un extremo y el otro parcialmente libre de rotar y libre de desplazamiento.		1.5	1.5
Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazamiento		2	2.4
Empotrado en un extremo y el otro libre de desplazamiento.		2	2.1

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

**Dónde:**

$k_{e1}$  =Teórico.

$k_{e2}$  =Recomendado cuando las condiciones ideales son apropiadas.

**Esbeltez**

Según la norma vigente, el diseño de elementos solicitados a compresión, constituidos por dos o más culmos, la medida de esbeltez fue calculada usando la siguiente fórmula:

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

Donde:

$\lambda$ = Esbeltez

$L_e$ = Longitud efectiva

$r$ = Radio de giro

Así mismo para determinar el radio de giro “r” se utilizó la siguiente expresión:

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

Dónde:

$I$  = Inercia de la sección

$A$ = Área neta de la sección transversal del bambú

$r$  = Radio de giro de la sección

### **Inercia**

Al momento de utilizar varios culmos para conformar un elemento a compresión la inercia del conjunto se calcula como la suma de las inercias individuales de cada uno de los culmos.

$$I = \sum I_i$$
$$I = \frac{\pi D^{4ext}}{64} - \frac{\pi D^{4int}}{64}$$

Dónde:

$I$ = Inercia de la sección

$D_{ext}$  = Diámetro exterior

$D_{int}$  =Diámetro interior

### **Clasificación de columnas**

Según su relación de esbeltez se clasifica en tres tipos de columnas de bambú como se indica en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Clasificación de columnas por esbeltez*

<b>Columna</b>	<b>Esbeltez</b>
Corta	$\lambda < 30$

Intermedia	$30 < \lambda < Ck$
Larga	$Ck < \lambda < 150$

Fuente: NEC-SE-GUADÚA, (2017)

La esbeltez  $Ck$  es el límite entre las columnas intermedias y las columnas largas y está expresada como:

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

Dónde:

$F'_c$  = Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa

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

No se debe trabajar en columnas que presenten valores de esbeltez mayor a 150.

### Esfuerzos máximos

- **Columnas cortas ( $\lambda < 30$ ):**

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

Dónde:

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

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

$A_n$  = Área neta de la sección transversal, en  $\text{mm}^2$

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

- **Columnas intermedias ( $30 < \lambda < Ck$ ):**

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

Dónde:

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

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

$A_n$  = Área neta de la sección transversal, en  $\text{mm}^2$

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

$\lambda$  = Esbeltez

Ck = Esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y columnas largas

○ **Columnas largas ( $Ck < \lambda < 150$ )**

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

Donde

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

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

$\lambda$  = Esbeltez

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

**Diseño de columnas solicitadas por flexión y carga axial**

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

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1.0$$

Dónde:

$f_t$  = Esfuerzo a tensión actuante, en MPa

$F'_t$  = Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa.

$f_b$  = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

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

**Elementos solicitados a flexo-compresión**

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

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

Donde:

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

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

$f_b$  = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

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

$k_m$  = Coeficiente de magnificación de momentos

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5\left(\frac{Na}{N_{er}}\right)}$$

Dónde:

Na= Carga de compresión actuante, en N

N<sub>er</sub>= Carga crítica de Euler

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

Dónde:

N<sub>er</sub> = Carga crítica de Euler en N

E<sub>0.05</sub>= Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

I = Momento de inercia de la sección, en mm<sup>4</sup>

l<sub>e</sub> = Longitud efectiva del elemento, en mm

- **Diseño de uniones**

De acuerdo con el documento de López y Trujillo, (2002), las uniones que utilizan mortero, deben transmitir las cargas a las paredes de bambú por medio de una serie de varillas, su gran defecto radica en que el mortero falla rápidamente, de lo cual la norma NEC-SE-GUADUA, establece la mezcla 1:3 para la elaboración del mortero usado en las uniones.

La correlación múltiple establece la siguiente ecuación.

$$P = -600 + 2400 * De - 2500 * Di : \text{unión con mortero}$$

Donde

P = Resistencia en kilogramos fuerza de la unión.

De = Diámetro externo del bambú

Di = Diámetro interno, ambos en centímetros.

De esta forma teniendo las dimensiones de un bambú se puede establecer cuanto puede soportar una unión

- **Diseño de zapatas aisladas**

Para el prediseño de la cimentación se realizó un ensayo de penetración estándar “SPT” (Standard Penetration Test). Los resultados determinados mediante el ensayo, están expuestos en el Anexo 6, se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos en el ASTM.

$$Q_{\text{ultimo}} = 51.47 \text{ Tn/m}^2 - 5.147 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_{\text{admisible}} = 17.16 \text{ Tn/m}^2 - 1.72 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Densidad del suelo} = 1.352 \text{ Tn/m}^3 - 0.001352 \text{ kg/cm}^3$$

Profundidad de penetración=1.5 m

### **Prediseño de la zapata**

De acuerdo a la Norma American Concrete Institute (ACI 318S-14, 2015), para el cálculo de la cimentación, se tomó en cuenta los esfuerzos normales, ya sean axiales o verticales, usando las combinaciones de carga que afecten en la estructura dada normativa NEC-SE-GUADÚA y la de diseño por resistencia de la ACI 3185-14, sin considerar los momentos flexionantes.

Para dimensionar el espesor se siguió lo que establece la normativa ACI 318-14 apartado 20.6.1.3.4, donde se indica que para concreto construido contra el suelo y permanentemente expuesto, el recubrimiento de concreto para la parrilla de acero debe ser de  $r = 75$  mm mínimo.

Y la altura de la zapata a partir del apartado 13.3.1.2. de la normativa ACI 318-14, debe seleccionarse de manera tal que la altura efectiva del refuerzo interior no baje de  $(d)150$  mm.

$$r + d \geq H$$

Donde:

$R$  = Recubrimiento bajo la parrilla

$d$  = Espesor del peralte efectivo del Hormigón sobre la parrilla.

$H$  = Altura de la zapata

### **Cálculo de la presión neta que es capaz de soportar el suelo ( $q_e$ )**

Según la norma ACI 318S-14, para este punto se conoce el suelo donde se va a construir, como el nivel de desplante, capacidad portante admisible, peso específico del suelo, peso específico del concreto, presión neta, que es la resultante del análisis de las presiones ascendentes y descendentes en el nivel de desplante.

Para el cálculo de la presión neta se toma en cuenta datos del suelo a trabajar.

$$q_e = q_a - (\gamma_m * H_{\text{suelo}} + \gamma_c * H_{\text{concreto}})$$

Donde:

$q_a$  =  $Q_{\text{adm}}$  = capacidad de carga adm. del suelo a nivel de desplante.

$\gamma_m$  = Peso específico del suelo.

$\gamma_c$  = Peso específico del concreto.

$q_e$  = Presión Neta que es la Resultante del análisis de las presiones ascendentes y descendentes en el nivel de desplante.

### **Área necesaria mínima de la zapata**

El área mínima de la base de la cimentación debe calcularse a partir de las fuerzas y momentos no mayorados transmitidos por la cimentación al suelo y de la capacidad portante admisible definida con base en los principios de la mecánica de suelos.

$$A_{nes} = \frac{P}{q_e}$$

Donde:

$A_{nes}$  = Área necesaria.

$P$  = Carga real no factorizada.

$q_e$  = Carga neta.

$B$  = Ancho de cimentación.

$$B = \sqrt{A_{nes}}$$

- **Verificación del diseño de la zapata por resistencia**

Determinada las dimensiones de la zapata se procede a efectuar el diseño por resistencia que consiste en:

- ✓ Diseñar la zapata que pueda ser capaz de resistir la transmisión de la fuerza cortante en una dirección y en dos direcciones.
- ✓ Diseñar la zapata para resistir el momento flexionante que es producido por la carga ascendente que ejerce sobre la zapata.

$$q_u = \frac{P_u}{A}$$

Donde:

$q_u$  = Presión ascendente.

$P_u$  = Carga factorizada.

$A$  = Área de zapata.

### **Ubicación de la sección crítica para cortante y momento último**

La normativa ACI 318-14, apartado 13.2.7.2 indica que la sección crítica para el cortante en una dirección o para el cortante en dos direcciones debe medirse desde la ubicación de la sección



crítica para Mu. En la Tabla 26 se muestra la localización de la sección crítica para Momento ultimo (Mu)

**Tabla 26**

*Localización de la sección crítica para Mu*

<b>Localización de la sección crítica</b>	<b>Miembro soportado</b>
Cara de la columna o pedestal	Columna o pedestal
En el punto medio entre la cara de la columna y el borde de la placa base de acero	Columna con placa de base de acero
Cara del muro	Muro de concreto
Entre el punto medio entre el eje y la cara del muro de albañilería	Muro de albañilería

Fuente ACI-318-14/ 13.2.7.1, (2015)

**Ubicación según la normativa de la sección crítica para cortante en una o dos direcciones**

Se procede al diseño de la zapata o verificación para que sea capaz de resistir la transmisión cortante que produce el suelo en una dirección de abajo hacia arriba.

**Diseño de la zapata considerando la transmisión de fuerza cortante en una dirección**

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$q_u = \frac{V_u}{A}$$

$$V_u = A * q_u$$

$$V_u = \left( \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d \right) * B * q_u$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo.

F = Fuerza.

A = Área.

$q_u$  = Presión ascendente.

$V_u$  = Cortante del suelo.

B = Ancho de cimentación.

b = Ancho del cuello de la zapata.

d = Ubicación de la sección crítica para cortante en una y dos direcciones.

### Cortante nominal resistente del concreto.

Para el cálculo del cortante nominal se utilizó la ecuación que se especifica en la normativa ACI 318-14 en la sección. 22.5.5.1.

$$V_c = 0.53 \lambda \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

Donde:

$V_c$  = Cortante nominal resistente del concreto en una dirección.

$f'_c$  = Resistencia del concreto.

$B_w$  = Ancho de cimentación.

$\lambda$  = 1 para concreto de peso normal.

$\phi$  = 0.75 acción "CORTANTE" o tipo de elemento estructural.

Se establece el factor de modificación del concreto según la composición de los agregados como se muestra en la Tabla 27.

**Tabla 27**

*Factor de modificación  $\lambda$ .*

Concreto	Composición de los agregados	$\lambda$
Todos livianos	Fino: ASTM C330M Grueso: ASTM C330M	0.75
Liviano, mezcla fina	Combinación de ASTM C330M y C33M Grueso: ASTM C3300.	0.75 a 0.85
Arena, liviana	Fino: ASTM C33M Grueso: ASTM C330M	0.85
arena, liviana, Mezcla gruesa	Fino: ASTM C33M Grueso: Combinación de ASTM C330M y C33M	0.85 a 1.00
Peso normal	Fino: ASTM C33M Grueso: ASTM C33M	1.00

Fuente: ACI-318S-14 apartado 19.2.4.2, (2015)

Se establece el coeficiente o factor dependiendo la acción o elemento estructural, para columnas, elementos expuestos a cortante y sismo, mediante la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Factores de reducción de resistencia*

Acción o Elemento Estructural	$\phi$	Excepciones
(a) Momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados	0.65 a 0.9 de acuerdo con el apartado 21.2.2	Cerca de los extremos de elementos pretensados donde los torones no se han desarrollado totalmente, f debe cumplir con el apartado 21.2.3. Se presentan requisitos adicionales en el apartado 21.2.4 para estructuras diseñadas para resistir efectos sísmicos.
(b) Cortante	0.75	—
(c) Torsión	0.75	—
(d) Aplastamiento	0.65	—
(e) Zonas de anclajes de postensado	0.85	—
(f) Cartelas y ménsulas	0.75	—
(g) Puntales, tensores, zonas nodales y áreas de apoyo diseñadas de acuerdo con el método puntal-tensor del Capítulo 23 del ACI-318S-14	0.75	—
(h) Componentes de conexiones de miembros prefabricados controlados por fluencia de los	0.9	—

---

elementos de acero a tracción

(i)	Elementos de concreto simple	0.6	—
		0.45 a 0.75 de acuerdo con el	
(j)	Anclajes en elementos de concreto	Capítulo 17 del ACI-318S-14	—

---

Fuente: ACI-318S-14 apartado 21.2.1, , (2015)

Procediendo con el diseño de la zapata se realiza la verificación considerando que la misma sea capaz de resistir la transmisión de la fuerza cortante que produce el suelo en dos direcciones.

**Diseño de zapata considerando la transmisión de la fuerza cortante en dos direcciones**

Igual que el cálculo de diseño de zapata en una dirección, se determina el cortante último mediante la siguiente ecuación

$$V_u = (B^2 - (a + d) * (b+d)) * q_u$$

Donde:

V<sub>c</sub> = Cortante nominal resistente del concreto en una dirección.

B = Ancho de cimentación.

a = Largo del cuello de la zapata.

b = Ancho del cuello de la zapata.

d = Ubicación de la sección crítica para cortante en una y dos direcciones.

q<sub>u</sub> = Presión ascendente.

Para el cálculo de cortante resistente del concreto V<sub>c</sub>, en dos direcciones, según la Tabla 29, donde indica que debe ser el menor de las siguientes expresiones.

**Tabla 29**

*Cálculo de V<sub>c</sub> para cortante en dos direcciones.*

Sistema SI	Sistema mks	Sistema de unidades
Esfuerzo en MPa	Esfuerzo en kgf/cm <sup>2</sup>	
$V_c = 0.33\lambda\sqrt{f'_c}$	$V_c = 1.1\lambda\sqrt{f'_c}$	$V_c = 4\lambda\sqrt{f'_c}$

---

---


$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \quad V_c = 0.53 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \quad V_c = \left(2 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c}$$

$$V_c = 0.083 \left(2 + \frac{a_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \quad V_c = 0.27 \left(2 + \frac{a_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \quad V_c = \left(2 + \frac{a_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c}$$


---

Fuente: ACI-318S-14 apartado 2.6.5.3, (2015)

El valor de  $a_s$  es de 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para columnas de esquina.

Donde:

$V_c$  = Cortante que resiste el concreto, en dos direcciones, se elige el menor valor de las tres expresiones.

$b_o$  = Perímetro de la sección de cortante, en dos direcciones.

$d$  = Espesor efectivo del Hormigón sobre la parrilla.

$\lambda$  = 1 para concreto de peso normal.

$f'_c$  = Esfuerzo a la compresión del concreto.

### **Diseño de la zapata para resistir el Momento flexionante.**

En este punto se origina por la fuerza que genera el suelo sobre la zapata en dirección de abajo hacia arriba.

$$M_u = \left[ B * \left( \frac{B - b}{2} \right) \right] * q_u * \left( \frac{B - b}{4} \right)$$

Donde:

$M_u$  = Momento último

$B$  = Ancho de cimentación.

$b$  = Ancho del cuello de la zapata.

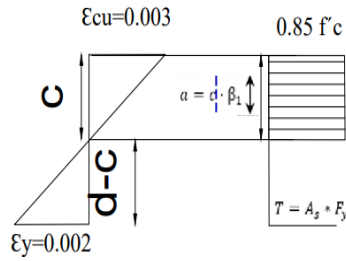
#### o **Momento resistente del concreto.**

El estado de falla balanceada, se diseña en resistencia con acero, por lo tanto, se calcula la cantidad de acero.

En la Figura 21 se muestra el momento resistente del concreto, misma que muestra el estado de falla balanceada, de la cual se debe calcular la cantidad de acero.

### **Figura 21**

*Esfuerzo y deformaciones en zapatas*



Fuente: NEC-SE-HM, (2015)

$$T = f_y * a_s$$

$\emptyset \equiv$  valor de resistencia para flexión.

$$\frac{c}{\epsilon_{cu}} * \frac{d}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}} \rightarrow C = \frac{\epsilon_{cu} * d}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}}$$

Donde:

$\epsilon_y$  = Deformación unitaria del Acero.

$\epsilon_{cu}$  = Deformación unitaria del Concreto.

$d$  = Peralte efectivo.

$a$  = Profundidad del bloque de Esfuerzos.

$c$  = Distancia al eje neutro.

otra forma de despejar  $c$  es:

$$C = \frac{d}{1.67}$$

En la Tabla 30, se encuentran las ecuaciones que dan valor al perímetro de la sección cortante en una dirección para la distribución rectangular de los esfuerzos del concreto.

**Tabla 30**

*Valores de  $\beta_1$  para la distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el concreto*

<b>Sistema SI</b>	<b>Sistema mks</b>
<b>Esfuerzos en MPA</b>	<b>Esfuerzos en kgf/cm<sup>2</sup></b>
$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(f'c - 28)}{7}$	$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(f'c - 280)}{70}$

Fuente: ACI-318S-14 apartado 22.2.2.4.3, (2015)

Donde:  $0,65 \leq \beta_1 \leq 0,85$

Donde:

$f'c$  = Esfuerzo a la compresión del concreto.

$\beta_1$  = Perímetro de la sección de cortante, en una dirección.

○ **Ecuaciones para Momentos nominales**

$$Mn = 0.85 f'c' * (a * \beta) * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Para calcular el momento nominal, se debe encontrar el área necesaria de acero mediante la siguiente ecuación:

$$Mn = As * Fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Donde

$$Mu \leq \phi Mn$$

$$\phi = 0.75$$

$Fy$  = Esfuerzo a la fluencia

$a$  = Profundidad del bloque de Esfuerzos.

Teniendo en cuenta que ya se conoce el acero, se compara con el valor obtenido, tomando en cuenta que se elige el de mayor valor.

Para el cálculo del acero mínimo se debe utilizar las ecuaciones que establece la ACI 318-14 en el apartado 9.6.1.2, tal como se muestra en la Tabla 31.

**Tabla 31**

*Acero mínimo a flexión*

<b>Sistema si</b>	<b>Sistema mks</b>
<b>Esfuerzos en MPa</b>	<b>Esfuerzo en kf/cm<sup>2</sup></b>
$\frac{0.25\sqrt{f'c}}{Fy} b_w d$	$\frac{0.80\sqrt{f'c}}{Fy} b_w d$
$\frac{1.4}{Fy} b_w d$	$\frac{14}{Fy} b_w d$

Fuente: ACI-314-14 apartado 9.6.1.2, (2015)

Donde:

$Fy$  = Esfuerzo a la fluencia.

$f'c$  = Esfuerzo a la compresión del concreto.

$b$  = Ancho del cuello de la zapata.

$d$  = Peralte efectivo.

- **Anclaje de culmos de bambú**

La estructura de bambú será sujeta a las cimentaciones mediante anclajes, los que dan estabilidad al invernadero. Existen dos tipos de diseños de anclajes propuestos por la norma ecuatoriana de construcción de Guadua, que especifica un tipo de anclaje con varilla y otro con pletinas, así como se observa en las Figuras 5, 6 y 7 respectivamente. Para el diseño del invernadero se optó por el anclaje con varilla de acero con cubierta de neopreno. Con el fin de evitar daños por la humedad en los culmos de bambú, se establecieron los sobrecimientos con una altura de 0.40 cm.

- **Cortes para uniones entre culmos de bambú**

Entre los diferentes cortes de bambú se encuentran los cortes rectos, boca de pez y flauta con sus respectivas variaciones como se indica en la Figura 8, mismas que, de acuerdo al diseño de la estructura, se ubicará según el requerimiento.

Corte recto: Anclajes, uniones.

Corte boca de pez: Sostén de vigas y elementos estructurales.

Corte pico de flauta: Sostén de uniones de vigas a columnas y elementos estructurales.

- **Uniones entre piezas estructurales de bambú**

Como lo indica la norma ecuatoriana de construcción de guadua, se establece que, según la solicitud de carga, las uniones entre bambú varían para poder ampliar la luz de los elementos estructurales y sujetarlos según sean perpendiculares o diagonales.

Uniones longitudinales con maderas: Vigas.

Uniones perpendiculares con perno tensor: Unión entre vigas a columnas.

Uniones diagonales con bambú de apoyo: Sostén de vigas a columnas.

### 5.3.3. Metodología para el tercer objetivo

#### **“Establecer el costo que conlleva invertir para la realización de un invernadero con bambú”**

Con la finalidad de alcanzar el tercer objetivo, Rodríguez, (2019) establece metodología para determinar los precios unitarios. Así una vez terminado el diseño y elaborados los respectivos planos, se estableció los rubros requeridos para la ejecución del invernadero con estructura de bambú, en concordancia con el proceso constructivo, luego se calculó las cantidades de obra y definición de las unidades de medida.



Se estableció el cálculo del presupuesto a través de los análisis de precios unitarios (APUS) de cada rubro definido y que interviene en la construcción del invernadero; paralelamente, se cotizó en la zona donde se desarrolló la presente investigación, los materiales, alquiler de equipos; mientras que, los costos de mano de obra, se tomaron de la Tabla de Salarios de la Contraloría General del Estado, correspondiente al año 2022.

Con la ayuda de las hojas electrónicas y empleando el formato estandarizado por el portal de Compras Públicas, se desglosa cada APU en costos directos e indirectos, siendo, equipo, mano de obra, materiales y transporte, costos directos; para el cálculo de costos indirectos, se establece un porcentaje de los costos directos, relacionado con los ítems que afectan indirectamente a la ejecución de la obra. Se analizó cada rubro en función de la unidad de medida, especificando rendimientos acordes a las condiciones de trabajo en la zona de implantación del invernadero.

Definidos los APUS, se dispone el cálculo del presupuesto correspondiente, sin el Impuesto al Valor Agregado (IVA), en función de las cantidades de obra calculadas, según se resume en la Tabla 40: Presupuesto Para Invernadero con estructura de Bambú.

## 6. Resultados

### **Caracterizar las necesidades climáticas propicias para el adecuado cultivo del maracuyá.**

Como lo indica la Tabla 32, se utilizó datos recolectados por la estación meteorológica “CHACRAS”, que es la más cercana al cantón Huaquillas y al barrio Ecuador, lugar donde se plantea la presente investigación, la cual registra en los anuarios meteorológicos, una temperatura máxima promedio de 27°C, temperatura media promedio de 25°C y temperatura mínima promedio de 20° C, las cuales se encuentran dentro del rango de temperaturas de adaptabilidad del cultivo. La humedad relativa del sector presenta más del 80% de vapor de agua en la atmósfera, ideal para una mejor calidad en el fruto del maracuyá; y, las fuerzas de las corrientes de viento son muy pequeñas, por lo tanto, dado que el clima no será un inconveniente, se justifica diseñar un invernadero en este sector, para solucionar problemas con el manejo del cultivo y; control de plagas y enfermedades que puedan afectar.

**Tabla 32**

*Parámetros climáticos*

<b>Parámetros climáticos</b>					
Parámetros	Huaquillas			Maracuyá	
	Máxima	Mínima	Media	Mínima	Máxima
Temperatura.	27° C	20° C	25° C	21° C	32° C
Velocidad de los Vientos.	1.7 km/h	0.7 km/h	1.3 km/h	< 50 km/h	
Humedad relativa	93%	66%	81%	≥ 60%	

Fuente: INAMHI (1994-2013), INIAP, (2014)5.

### **Proponer el diseño agronómico y arquitectónico de invernadero con estructura de bambú de acuerdo a la caracterización definida en el objetivo 1.**

Con los resultados del primer objetivo, se procede a efectuar el diseño agronómico del invernadero de bambú, el cual se resume en la Tabla 33, donde se muestra datos como, la orientación del invernadero, forma de los pórticos, altura de las columnas, ángulo del tejado, la ubicación de las ventanas o la ventilación que tendrá la estructura, de igual manera dentro del diseño agronómico se puede encontrar como se desarrollará el cultivo con el tipo de tutor o soporte, a su vez, la densidad de siembra del cultivo y la cubierta de plástico para el invernadero.

### **Diseño agronómico**

**Tabla 33***Consideración para el diseño agronómico y arquitectónico*

<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>	<b>Justificación Agronómica</b>	<b>Justificación Arquitectónica</b>	<b>Fuente</b>
Orientación	Norte-Sur	Esta orientación, permite la transmisividad de la luz y su uniformidad dentro del invernadero, la ventilación será más eficiente de acuerdo a la dirección predominante del viento, que es Este-Oeste.	Ocupación óptima del espacio físico disponible, considerando las condiciones propias del clima subtropical del sector.	Lenscak & Iglesias, (2019) PDOT-Huaquillas, (2019)
Forma	Dos aguas modificado "DAM"	La forma tipo capilla modificada o DAM, que incluye un espacio de ventilación cenital o lucarna, es un tipo de invernadero que sirve para una buena ventilación y una mejor absorción en la radiación para zonas subtropicales.	Debido a la flexibilidad del material, la longitud comercial y las condiciones del clima, se diseña la forma del pórtico a Dos aguas	Castilla, (2013) Bouzo & Gariglio, (2019)
Ángulo del tejado	11.33°	Al estar más cercano a la perpendicularidad, el albedo será mínimo y la penetración solar será máxima	La elección de la pendiente adecuada en los techos a dos aguas favorece la entrada de luz al invernadero.	Lenscak & Iglesias, (2019).
Ventilación	Este a Oeste	El PDOT, (2021) de Huaquillas indica que los vientos más frecuentes son de este a oeste, al ser vientos con velocidades muy pequeñas, la estructura no sufrirá daños considerables y a su vez se podrá otorgar ventilación dentro del invernadero	El diseño de las ventanas está considerado en las paredes sentido este y oeste, para procurar mejor circulación de aire.	Lenscak & Iglesias, (2019)

Estructura de soporte de cultivo	Tipo T	Este tipo de soporte, logra en el desarrollo del cultivo, mayor eficiencia de cosecha, facilita la fertilización, alta distribución del follaje, optimizando la eficiencia fotosintética	-	García, (2002) Cañizares & Jaramillo, (2015)
Densidad de Siembra	2.5 m * 3.0 m	Esta densidad permite un mejor desarrollo radicular de la planta.	-	Cañizares & Jaramillo, (2015) Valarezo et al, (2014)
Cubierta	Plástico de invernadero de 50 micras de espesor	Lámina plástica de polietileno, tri-capa, con aditivos contra la radiación UV, para aplicaciones agrícolas. Brinda una alta transmisión de luz, flexible y resistencia moderada a factores climáticos.	-	Global Service, (2020)

Fuente: El Autor

### Diseño estructural.

- **Vigas**

En el diseño estructural se consideran los diámetros y las longitudes del bambú que permiten conformar las vigas, de manera que cumplan con los requerimientos de diseño establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, los resultados se presentan en la Tabla 34.

**Tabla 34**

*Esfuerzos actuantes en la viga*

<b>Esfuerzos actuantes</b>				
Esfuerzo analizado	Esfuerzo actuante (Ec)	Esfuerzos admisibles (Nec-SE-Gak) (Ea)	Ec<Ea	Ø del bambú
		Mpa		cm
Esfuerzo a flexión	14.24	15	Cumple	15
Esfuerzo cortante paralelo a la fibra	0.82	1.2	Cumple	15

Esfuerzo en compresión perpendicular a la fibra	0.70	1.4	Cumple	15
---	------	-----	--------	----

Fuente: El Autor

La viga está diseñada con una dimensión de 15 cm de diámetro y una luz entre columnas de 5 metros, la misma está sujeta por uniones diagonales a cada columna, para cumplir con los requerimientos de esfuerzos admisibles y darle mayor estabilidad, como lo indica la NEC-SE-Gak, (2017).

**Tabla 35**

*Deflexión de vigas*

<b>Tabla de respuesta</b>				
<b>Deflexión</b>	<b>Deflexión calculada</b>	<b>Deflexión admisible</b>	<b>Deflexión calculada &lt; Deflexión admisible</b>	<b>Ø del bambú Cm</b>
mm	6.59	11.11	Cumple	15

Fuente: El Autor

En la Tabla 35 se puede observar las deflexiones de la viga calculada como lo establece la norma (Nec-SE-Gak, 2017), donde una viga de 5 m tendrá una flexión de 6,59 mm, siendo esta menor a la admisible de 11.11 mm, por lo tanto, el cálculo de la viga cumple con los esfuerzos y deflexiones admisibles.

- **Columna**

El diseño de la columna corresponde a la carga mayorada que tolerará, las condiciones geométricas del material de construcción, la condición de apoyo establecido, que es empotrado-articulado; se define como una columna corta con respecto a la esbeltez, que, por sus características brinda un esfuerzo máximo a la compresión de 0.58 MPa, muy por debajo del esfuerzo admisible del bambú(14 MPa) ; y, de igual manera el elemento que está sometido a las fuerzas de tensión axial y flexión es menor a 1, cumpliendo con lo solicitado por la norma (Nec-SE-Gak, 2017), como se observa en la Tabla 36.

**Tabla 36**

*Diseño de columna de bambú*

<b>Ø del bambú cm</b>	<b>Tipo de columna</b>	<b>Esfuerzo máximo de compresión paralelo a la fibra actuante</b>	<b>Esfuerzo de compresión paralelo a</b>	<b>Flexo compresión</b>
-----------------------	------------------------	---	--	-------------------------

	según la esbeltez	MPa	la fibra actuante admisible MPa	(admisible ≤ 1)
15	Corta	0.58	14	0.98

Fuente: El Autor

- **Diseño de zapata**

Los resultados obtenidos en el diseño de la zapata, conforme la norma ACI-318s y los datos del ensayo SPT, se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 37**

*Diseño de zapata más cargada*

Tipo de cimentación	Material	Dimensiones de zapata asumida (metros)			Armado Bi-Direccional		Total, varilla	
		a	b	peralte	sentido X	sentido Y	X	Y
Cimentación superficial	Hormigón Armado							
Plinto aislado		0.6	0.6	0.25	1Ø 10mm @ 10 cm	1Ø10mm @ 10 cm	5Ø 10mm	5Ø 10mm

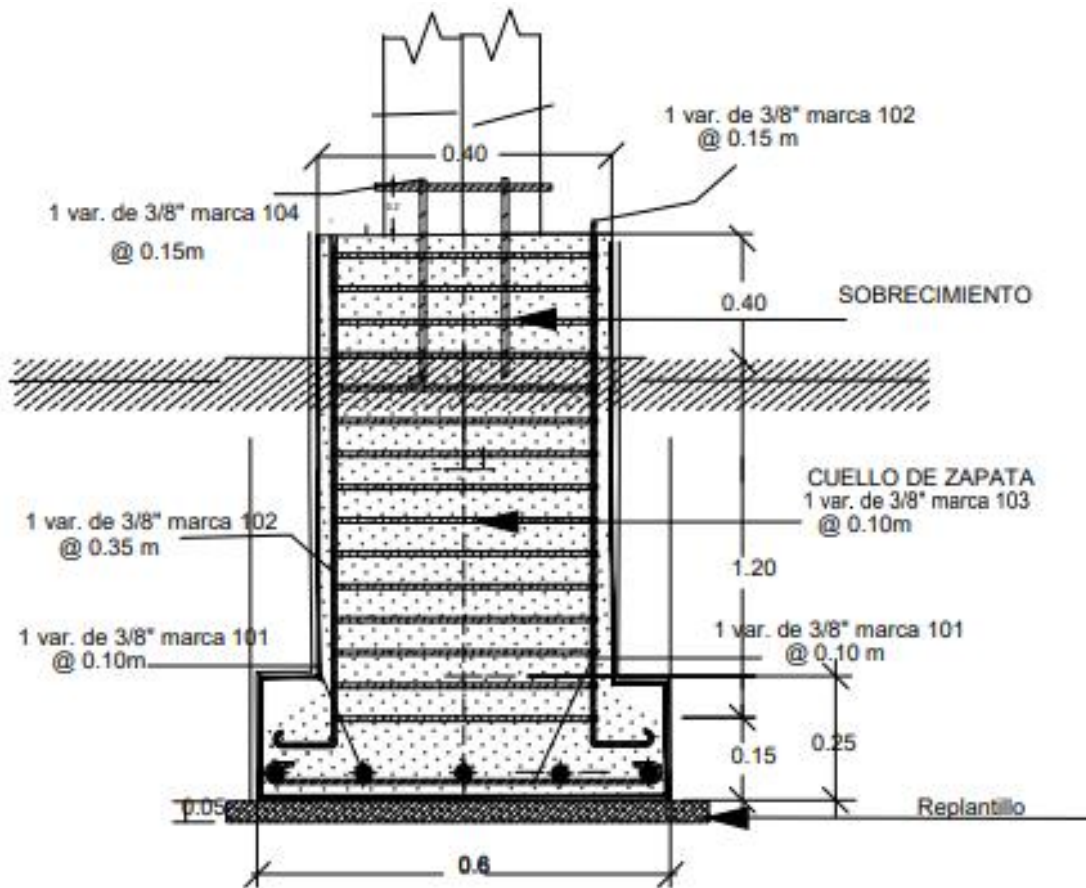
Fuente: El Autor

Se propone incrementar el área de la zapata con fines constructivos, por ende, los cuellos de las zapatas y el sobrecimiento que darán cabida a todos los culmos que conforman las columnas de bambú que soportan la estructura.

El soporte del cultivo tendrá una base en forma de dado de hormigón, con una medida de 0.2\*0.2 m, y una altura de 0.4 m para evitar daños por humedad, son un total de 40 elementos.

En la Tabla 37, se detalla el armado que tendrá la zapata cuadrada aislada de hormigón armado de 0.6 m\* 0.6 m, con un armado bidireccional de 5 varillas, distribuidas a cada 10 cm. Se establecen 2 tipos de cuello de zapata, de la cual las laterales o C-T1 tendrán una medida de 0.40\*0.25 m y la central o C-T2 tendrá una dimensión de 0.55\*0.25 m; cada cuello de zapata está configurada con un alto de 1.60 m, con estribos de 10 mm de diámetro, espaciados cada 10 cm, como lo recomienda la norma NEC “Guía práctica de la construcción”. Cada sobrecimiento será responsable de sujetar cierta cantidad de bambús, los sobrecimientos intermedios sujetan 3 culmos y los laterales 2 culmos de bambú.

**Figura 22**  
*Diseño de Zapata*



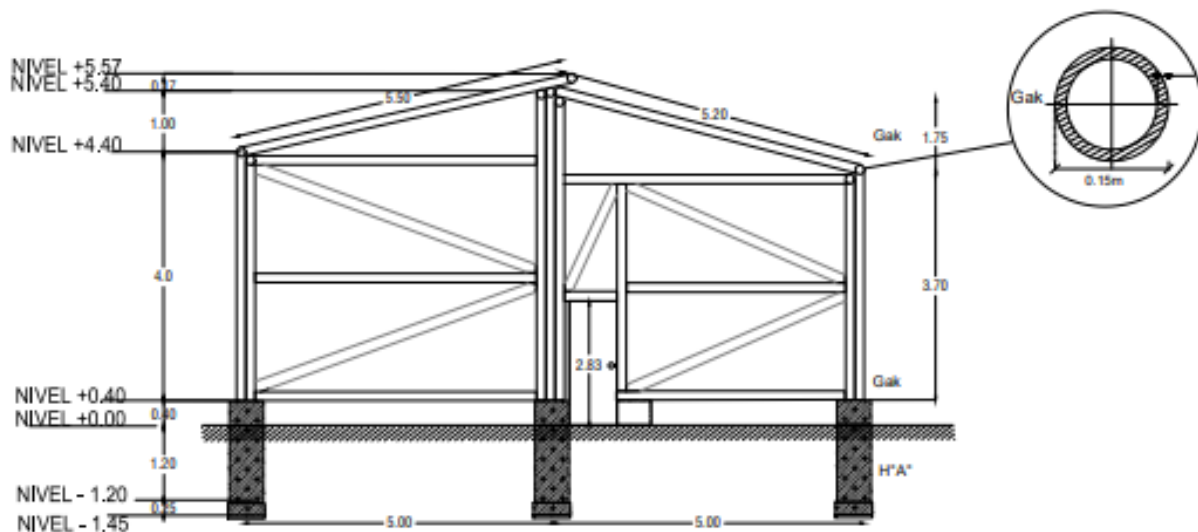
Fuente: El Autor

En la figura 22 describe el detalle del armado de la zapata y el sobrecimiento, tal como se ensamblará cada una de las 21 zapatas que constituye la planta de cimentación del invernadero. La zapata con armado bi-direccional, 5 varillas de 10 mm de diámetro, distribuidas cada 10 cm, el cuello de la zapata que esta armado por 4 varillas verticales de 10 mm y con estribos de 10 mm, distribuidos a cada 10 cm, como lo indica, la norma ecuatoriana del hormigón armado (NEC-SE-HM, 2014), el cual se extiende hasta el sobrecimiento. El anclaje de los culmos se lo realiza con 2 varillas de 10 mm de diámetro sujetas a un pasado, y embebidas de mortero 3.1. ver detalle en anexo 13.

### **Diseño arquitectónico**

**Figura 23**

*Estructura frontal del invernadero*



Fuente: El Autor

En la Figura 23 se muestra el diseño arquitectónico de la parte frontal del invernadero, donde se evidencia que el invernadero presenta 7 niveles de la estructura, donde del nivel +0.00 hasta el -1.45 es la excavación necesaria para la construcción de las zapatas, y de nivel +0.00 hasta el nivel +5.57, se conforman por las alturas correspondientes de los elementos del invernadero. Tomando en cuenta, que el elemento con mayor altura, es la columna central de 5.40m, considerando la altura del sobrecimiento. De igual manera se puede observar que las vigas de la cubierta están a 11° con longitudes de 5.50 m y 5.20 m, vigas horizontales y tensores para darle mayor estabilidad a la estructura.

**Tabla 38**

*Diseño arquitectónico*

Característica	Resultado	Justificación	Fuente
Área	Largo: 30 metros Ancho: 10 metros Separación entre marcos laterales: 5 metros Separación entre marcos frontales: 5 metros Pórticos: 7 pórticos	Cumpliendo con la disponibilidad del espacio en el terreno y la densidad de siembra del cultivo del maracuyá se optó por un invernadero de 300 m <sup>2</sup> .	Santizo, (2011) Francescangeli & Mitidieri., (2006),



Altura Volumen	<p>5 metros columna central</p> <p>4 metros columna lateral este</p> <p>3.70 metros columna lateral oeste</p> <p>Volumen de 4.6 m<sup>3</sup> aire interior por cada m<sup>2</sup> de invernadero</p>	<p>Altura propicia para cultivos de maracuyá donde se obtendrá mejor luminosidad, mejor ventilación, mayor capacidad para la instalación de accesorios. buen régimen térmico y circulación del aire interior. Permite el crecimiento de los cultivos hortícolas de mayor altura.</p>	<p>Romero, (2013) Francescangeli &amp; Mitidieri, (2006)</p>
Cimentación	<p>Zapatas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 21 zapatas de 0.60 x 0.60 m * 0.25 m</li> </ul> <p>Cuello de zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de 1.2 m</li> </ul> <p>Sobrecimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de 0.40 m "</li> </ul>	<p>Los datos del ensayo de mecánica de suelos, dan una capacidad portante del suelo de 1.72 kg/ cm<sup>2</sup>.</p> <p>El ancho del cuello de la zapata se justifica, para que pueda abarcar al sobrecimiento que tendrá la medida de las columnas de bambú, más 5 cm de cada lado.</p> <p>El sobrecimiento es indispensable para preservar la vida útil de las columnas de bambú, que no deben tocar el suelo para evitar daños por humedad.</p>	<p>NEC-SE-CG, (2014) Patzán, (2009)</p>
Elementos estructurales de Bambú	<p>Diámetro de 15 cm</p>	<p>Del cálculo, se define que con esta sección para vigas es suficiente para absorber los esfuerzos que se producen.</p> <p>En el caso de las columnas, se define el empleo de tres culmos en cada columna céntrica y dos, culmos para las columnas periféricas.</p>	<p>NEC-SE-GUADÚA, (2017)</p>
Cortes Uniones	<p>Cortes:</p> <p>Tipo boca de pez</p> <p>Tipo pico de flauta</p> <p>Uniones:</p> <p>Uniones longitudinales con piezas de madera</p>	<p>Los diferentes cortes y uniones aseguran un adecuado ensamblaje entre elementos estructurales, garantizando la transmisión de esfuerzos entre elementos</p>	<p>NEC-SE-GUADÚA, (2017) Camacho &amp; Páez, (2002)</p>

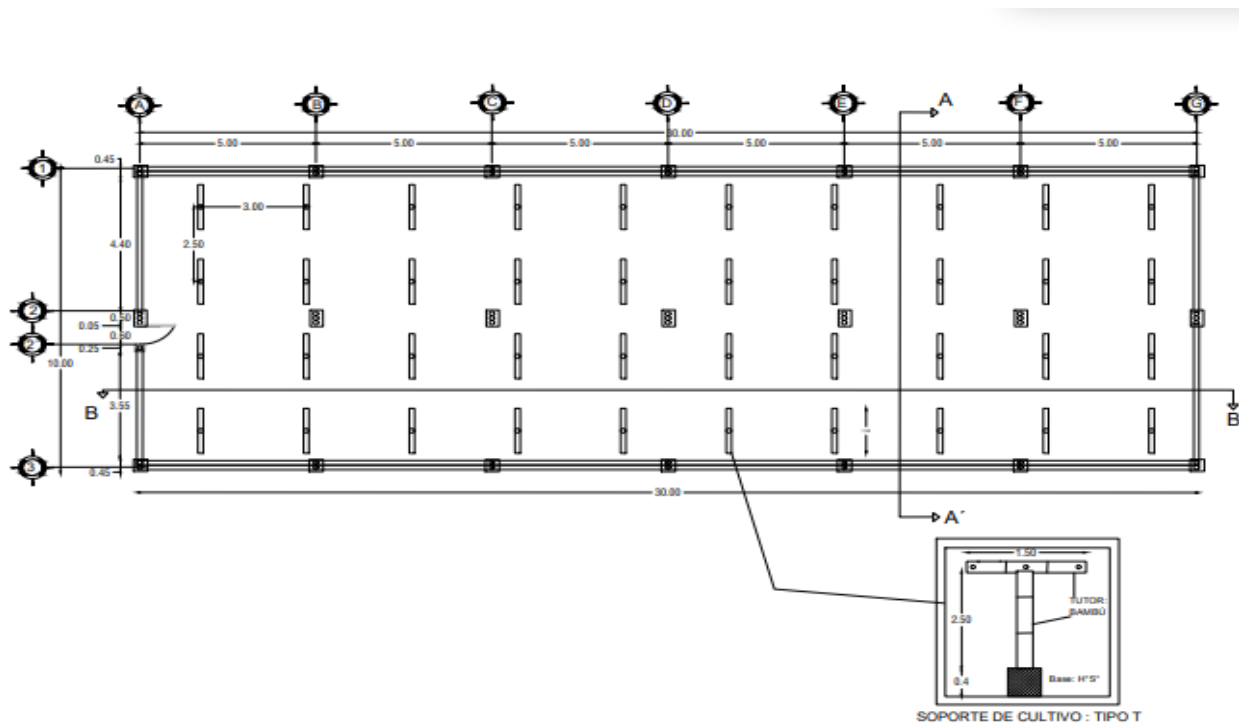
Unión diagonal de  
apoyo con bambú  
Unión transversal con  
perno tensor

Fuente: El Autor

Como se indica en la Tabla 38, el diseño arquitectónico detalla las características del invernadero como: un área de 300 m<sup>2</sup>, donde se distribuye con una dimensión frontal de 10 m y lateral de 30 m, con 7 pórticos separados a 5m cada uno. El invernadero tiene alturas de 5m en la columna central y de 4 y 3.7m las columnas laterales teniendo un volumen de 4.6 m<sup>3</sup> de aire interior. Las uniones y cortes diseñadas para mantener la estabilidad del invernadero, conforme a las necesidades como: las uniones longitudinales, para alargar las longitudes de las vigas, y las uniones diagonales como soporte de vigas a columnas.

### Figura 24

*Vista planta del invernadero*



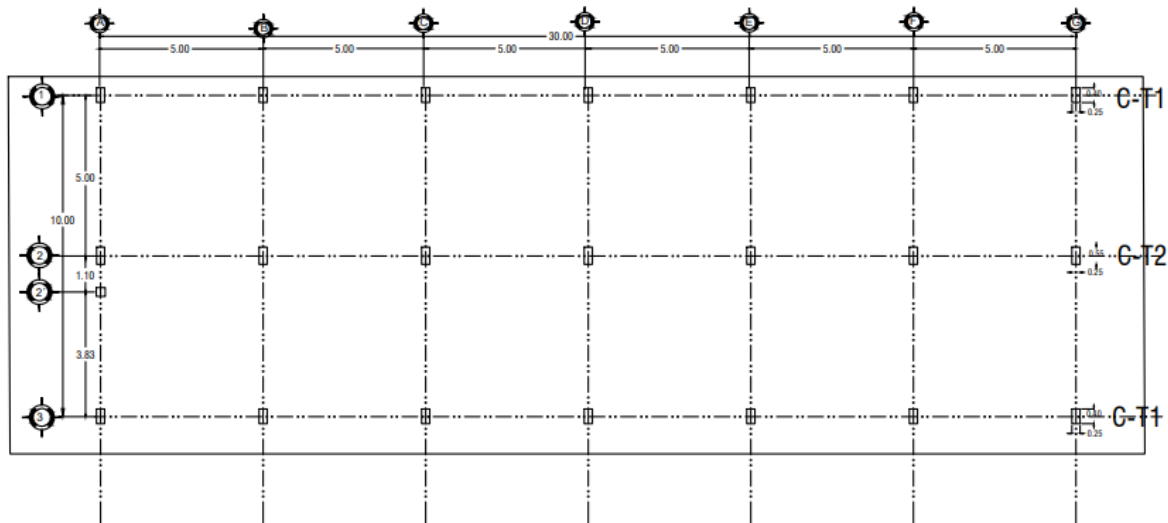
Fuente: El Autor

En la Figura 24 se observa la vista en planta del invernadero de 30m de largo\* 10 de ancho, la separación de 2 pórticos perimetrales y 5 internos, dando un total de 7 pórticos, con una luz de diseño de 5 metros, sus respectivos ejes en X e Y, los cortes lateral y frontal, y la densidad de

siembra de 2.5 m\* 3m, donde estarán ubicados los tutores de los cultivos conformados por una culmo de bambú vertical de 2.5m de alto y un culmo en horizontal de 1.5m

**Figura 25**

*Distribución de cimientos*

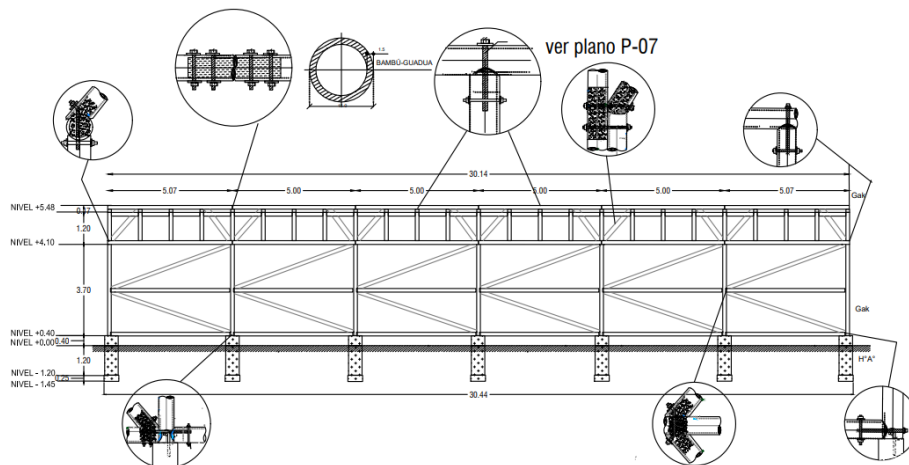


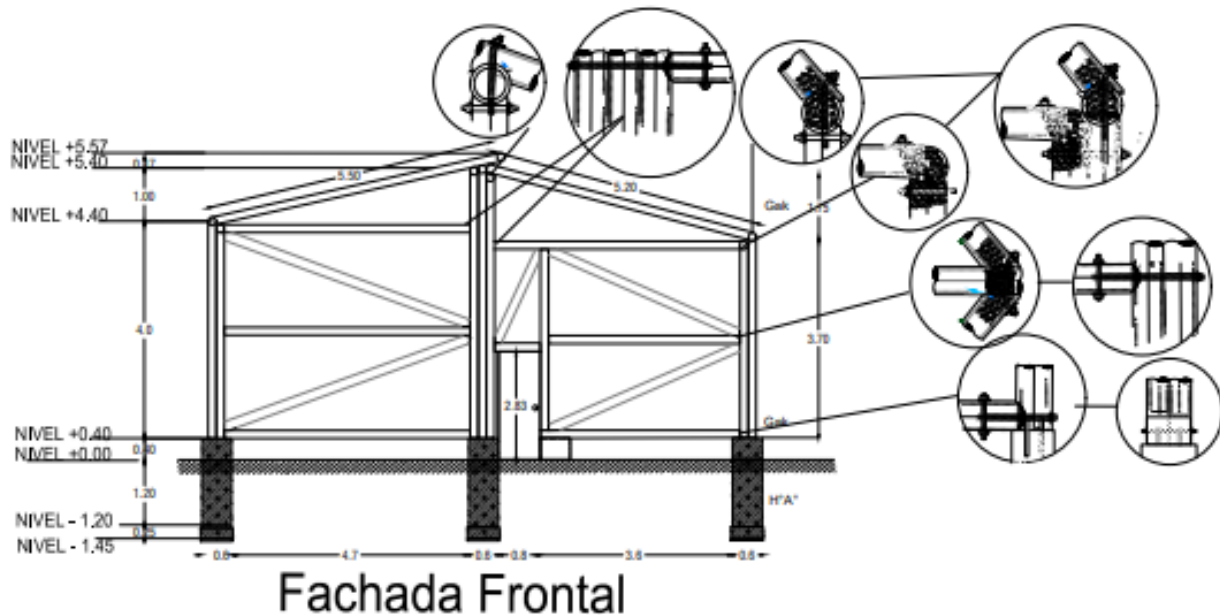
Fuente: El Autor

En la Figura 25 se puede observar la implantación y distribución de las 21 zapatas aisladas cuadradas de hormigón armado de 0.6m \* 0.6 m; sin embargo, se presenta dos tipos de cuello de zapata donde, se los categoriza como C-T1 o cimiento lateral, con dimensión de 0.40\* 0.25m y C-T2 o cimiento central con un área de 0.55m \*0.25 m, distribuidos a cada 5 metros en el sentido X e Y.

**Figura 26**

*Ubicación de uniones*





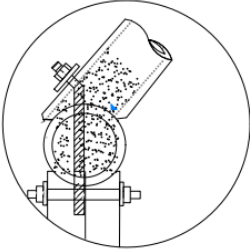
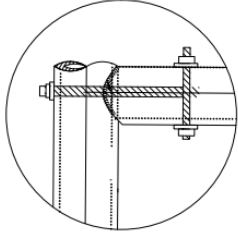
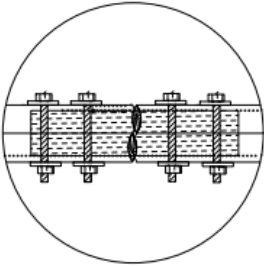
Fuente: El Autor

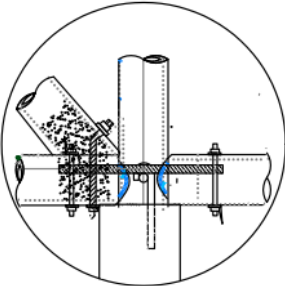
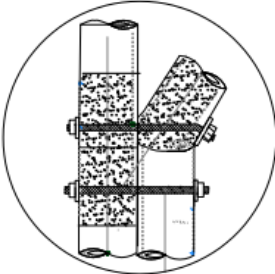
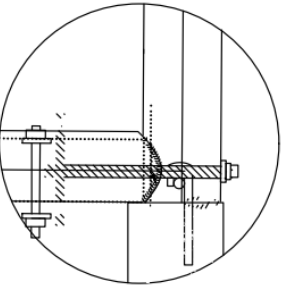
En la Figura 26 se especifica con detalle el tipo de uniones longitudinales para alargar la longitud de las vigas, uniones diagonales como soporte de viga a columna, uniones transversales que sujetan las vigas a las columnas a 90 °. Estas uniones son ligeramente modificadas a las que indica la NEC-SE-GUADUA, (2017), para mejorar el agarre según la solitud de la estructura del invernadero sin embargo se mantiene las consideraciones de la misma, como: tornillos de 10 mm de diámetro y mortero 3 :1.

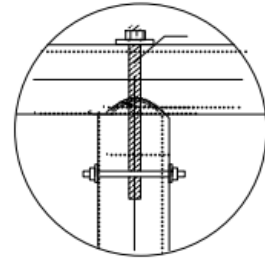
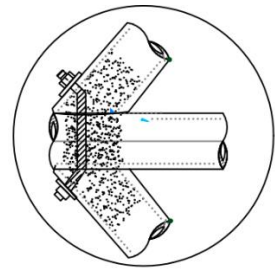
En la fachada frontal de los pórticos se presenta 6 tipos de uniones de bambú, mismas que al estar sujetas a las columnas y vigas deben complementarse, de esta forma se pueden unir de 2 a 3 tipos de uniones, denominadas uniones compuestas, como es el caso de la Unión perpendicular con perno tensor y anclaje en el sobrecimiento, entre otras.

**Tabla 39**

*Especificaciones de uniones*

Ejes	Tipo de unión y corte	Justificación	Ensamble	Ubicación
A1, B1, C1, D1, E1, F1, G1 A3, B3, C3, D3, E3, F3, G3	Unión diagonal con corte boca de pez y con perno tensor	Este tipo de ensamble asegura la unión entre la columna y vigas		<b>Unión: columna- viga-cubierta.</b>
A2, B2, C2, D2, E2, G2	Unión perpendicular con corte boca de pez y con perno tensor	Este tipo de ensamble ajusta de manera segura las vigas a los elementos perpendiculares		Union: columna- viga
A1-B1, B1-C1, C1- D1, D1-E1, E1-F1, F1-G1 A2-B2, B2-C2, C2- D2, D2-E2, E2-F2, F2-G2, A2-B2, B2-C2, C2- D2, D2-E2, E2-F2, F2-G2	Unión longitudinal con madera	Este tipo de unión con madera sirve para aumentar la longitud de las vigas.		<b>Union: vigas-viga</b>

<p><b>B1,C1,D1,E1,FG1, B3,C3,D3,E3,F3,G3</b></p>	<p><b>Unión diagonal con corte pico de flauta, perno tensor y mortero y Unión con corte boca de pescado laterales con perno tensor y anclaje</b></p>	<p><b>Es una unión diagonal con mortero y elemento vertical anclado al sobrecimiento, usado para dar estabilidad a las paredes.</b></p>		<p><b>Union: tensores- viga inferior- columna- sobrecimiento</b></p>
<p><b>A2-B2-C2-D2-E2- F2-G2</b></p>	<p><b>Unión diagonal con bambú de apoyo corte pico de flauta, perno tensor y mortero</b></p>	<p><b>La norma NEC-SE- GUADUA indica que este tipo de soporte o pie de amigo ayuda a los elementos estructurales al repartir las fuerzas de la viga directo a la columna.</b></p>		<p><b>Union/soporte: viga- columna</b></p>
<p><b>A1-B1-C1-D1-E1- F1-G1 A3-B3-C3-D3-E3- F3-G3</b></p>	<p><b>Unión perpendicular con perno tensor y anclaje</b></p>	<p><b>Sirve para unir dos elementos estructurales que están dispuestos uno perpendicularmente al otro y anclarlo al sobrecimiento.</b></p>		<p><b>Union: viga inferior- columna- sobrecimiento</b></p>

<p><b>B1-C1-D1-E1-F1</b>  <b>B2-C2-D2-E2-F2</b>  <b>B3-C3-D3-E3-F3</b></p>	<p><b>Unión perpendicular con perno tensor</b></p>	<p><b>Sirve para unir dos elementos estructurales que están dispuestos uno perpendicularmente al otro.</b></p>		<p><b>Unión: viga-columna</b></p>
<p><b>A1-B1-C1-D1-E1-F1</b>  <b>A3-B3-C3-D3-E3-F3</b></p>	<p><b>Unión doble diagonal con corte pico de flauta y con perno tensor</b></p>	<p><b>Este tipo de unión sirve para unir dos piezas diagonales a un elemento horizontal con el fin de dar mayor sostén y estabilidad a las paredes.</b></p>		<p><b>Unión: columna-tensores-soporte.</b></p>

Fuente: El autor

En la Tabla 39, se indica la ubicación de las uniones simples y compuestas, de igual manera se justifica por qué la unión será sujeta en ese punto de acuerdo a la sollicitud de la estructura, por último, se presenta la ubicación de la unión necesaria que sujete los elementos.

Como se puede observar la ubicación de cada unión está sujeta a los ejes de la estructura para dar mejor entendimiento de la misma, como son la Unión doble diagonal con corte pico de flauta y con perno tensor que de acuerdo a los ejes están ubicados en las partes laterales de la estructura, específicamente en las paredes de la estructura, que une las columnas – los elementos tensores diagonales y elementos de bambú horizontales, así mismo la Unión longitudinal con madera que se ubica en toda los ejes con el fin de alargar las longitudes de las vigas.

**Establecer el costo que conlleva a invertir para la realización de un invernadero con bambú.**

Una vez resuelto el análisis estructural, el modelado del diseño arquitectónico y los materiales previstos en el invernadero con estructura de bambú; se procede a detallar el presupuesto total.

En la Tabla 40 se detalla los costos para la implantación de un invernadero de 30 \* 10 m para la producción de maracuyá, cuyo precio total es igual a cinco mil seiscientos sesenta y nueve con 41/100 dólares de los Estados Unidos \$ 5.669,41 más IVA. Para mayor detalle se puede ver el Anexo 15 en donde se especifica el análisis de precios unitarios.

**Tabla 40**

*Presupuesto para invernadero con estructura de bambú*

<b>CANTIDAD DE OBRA</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pu</b>	<b>Total</b>
Limpieza del terreno	m <sup>2</sup>	300	1.09	327.1
Replanteo y trazado	m <sup>2</sup>	300	0.51	151.7
Excavación a mano para plintos	m <sup>3</sup>	11.3	8.02	91.0
Hormigón simple f'c = 180 Kg/cm <sup>2</sup> para replantillo	m <sup>2</sup>	0.36	115.67	41.6
Hormigón simple f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup> para zapatas	m <sup>3</sup>	1.9	116.61	227.1
Hormigón simple f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup> para plintos	m <sup>3</sup>	6.2	120.17	715.3
Acero de refuerzo	kg	488.6	1.82	890.5
Estructura del invernadero	m	132.7	5.43	720.5
Puerta de madera	U	1.0	89.42	89.4
Estructura del sistema de conducción de maracuyá	m	20.0	3.67	73.5
Alambre galvanizado	m	4.7	0.41	2.0
Plástico de invernadero adición uv- calibre 7	m <sup>2</sup>	634.0	3.25	2058.7
Malla sarán antitrips	m <sup>2</sup>	112.0	2.51	281.1
		<b>TOTAL</b>		<b>5669.41</b>

Fuente: El Autor



## 7. Discusión

### 7.1. Discusión del objetivo 1.

#### **Caracterizar las necesidades climáticas propicias para el adecuado cultivo del maracuyá.**

Respecto a los parámetros meteorológicos del cantón Huaquillas, analizados en la Tabla 32, en la que indica un clima subtropical y rangos climáticos requeridos por el cultivo de maracuyá, como: altitud de 6 msnm, vientos de 1.57 km/h, temperaturas máximas promedio de 27°C, con casi 12 horas de luz solar diarias y humedad relativa del 80%. Estos parámetros se ajustan a lo mencionado por Vera (2017), el cual indica que, con un buen manejo fitosanitario acorde a las condiciones climáticas (24 a 28 °C) del maracuyá, se puede obtener un peso promedio de 130 gramos, adecuado para su comercialización.

De igual manera los rangos meteorológicos de la zona de estudio, están dentro de lo establecido por Cañizares & Jaramillo, (2015), quienes indican que, el factor más importante para el cultivo de maracuyá, es la región en la que se va a desarrollar, siendo los rangos de altitud establecidos para el desarrollo vegetativo y productivo, de 0 a 1300 msnm, con temperaturas que fluyan desde 24 a 28 °C, con no menos de cinco horas de luz por día, una elevada humedad relativa, para mejorar la calidad del fruto; y, a su vez, que los vientos no sobrepasen los 50 km/h; sin embargo, Valarezo, Mendoza et al, (2014), establecen valores donde la maracuyá, se desarrolla bien en lugares con temperaturas entre los 23-25 °C, si bien se adapta desde los 21 °C hasta los 32 °C y algunos lugares hasta los 35 °C, arriba de esta temperatura, el desarrollo vegetativo tendrá consecuencias y habrá deshidratación de los estigmas, a su vez la luminosidad que establece, es de mínimo de 11 horas diarias, a una altitud de 0 a 1200 msnm, y, a sí mismo, la humedad relativa a la que debe estar sujeta el cultivo, no debe bajar del 60 % para aumentar el peso y porcentaje de jugo de la fruta..

Considerando que en el sector de Huaquillas los factores meteorológicos, según los autores, se encuentran dentro del parámetro asimilable del cultivo de maracuyá, se demuestra que el clima no afectará en la productividad, sin embargo, se justifica la realización de un invernadero en zonas cálidas, para controlar daños externos producidos por plagas o enfermedades.

## **7.2. Discusión del objetivo 2.**

**Proponer el diseño agronómico y arquitectónico de invernadero con estructura de bambú de acuerdo a la caracterización definida en el objetivo 1.**

### **7.2.1. Discusión del Diseño Agronómico.**

Como se indica en los resultados del diseño agronómico, la orientación del invernadero está definida en sentido norte-sur con respecto a la cumbrera, en relación a la dirección predominante de los vientos que es Norte-Oeste y Sur-Oeste; los pórticos diseñados, son tipo Capilla Modificada o DAM, con una pendiente de cubierta de 11.33°. El material de cubierta o plástico de invernadero, está definido de acuerdo a los existentes en el mercado y basado en sus características determinadas en las respectivas fichas técnicas, estableciendo una cubierta de 50 micras de espesor. Con respecto a los tutores que ayudarán como guía para el follaje se plantea usar soporte tipo T, configurada a la misma área del desarrollo radicular del cultivo, del cual se estableció a una densidad de siembra 2.5 m entre hileras \* 3 m entre plantas

#### **Orientación.**

En lo referente a la orientación del invernadero, Lensack & Iglesias, (2019), indica que, para las regiones subtropicales, la decisión de la orientación más conveniente generalmente no considera el efecto de la incidencia de la radiación sino el efecto de los vientos, de manera que permitan favorecer la ventilación, por lo tanto, la decisión tomada, se enmarca dentro de estas recomendaciones, al tratarse de un clima subtropical.

#### **Forma del invernadero.**

Si se analiza lo que refieren ciertos autores, en relación a la forma del invernadero, Bouzo & Gariglio, (2019), indica, que estas variarán según la necesidad y el material, así mismo mencionan que, en las regiones cálidas, los marcos con mayor ventilación son clave para el desarrollo del cultivo, siendo el marco tipo Capilla modificada un derivado de los pórticos principales, que, a pesar de ser de media complejidad, la ventaja con respecto a la ventilación es mayor que otros con estructura cerrada; y, se adecuan a materiales de bajo costo.

#### **Pendiente de cubierta.**

En lo relacionado a la pendiente de la cubierta, Lensack & Iglesias, (2019), señalan que, para alturas cenitales de hasta 1m más altas que las alturas laterales, deberá tener un ángulo máximo de 15°, en invernaderos tipo capilla; además, se establece que la cubierta en zonas

cálidas es recomendable, no sea de mayor inclinación, para que, con esta forma, la reflexión del sol no sea directa. La inclinación de la cubierta del invernadero diseñado en la presente investigación, se encuentra enmarcada dentro de los parámetros descritos al ser inferior a 15 °, por tratarse de un invernadero tipo capilla con altura cenital de 5m y altura lateral de 4m y tener un clima subtropical.

### **Cubierta de plástico.**

Lensack & Iglesias, (2019), establecen que el material no es el mismo para cada región, para la zona subtropical, la protección tendrá un cierto efecto térmico para el invierno y resistencia a las precipitaciones en verano, sin embargo, el enfoque que más se caracteriza es dar mejor manejo integrado de plagas y enfermedades, por lo tanto, el uso de plásticos de invernadero en este tipo de zonas depende del mercado local. Por lo cual, la selección del uso de plástico de 50 micras de espesor, en la presente investigación, obedece a la disponibilidad en el mercado.

### **Sistemas de conducción (tutores).**

Cañizares & Jaramillo, (2015), sugieren que el cultivo de maracuyá al ser una planta trepadora, se necesita construir estructuras o sistemas de conducción, que permitan el desarrollo y mejor distribución de las guías, de la cual la espaldera tipo T, permite mejorar la eficiencia en la distribución foliar, manejo del cultivo y cosecha en comparación con otros tipos de espalderas.

### **Densidad de siembra.**

Valarezo et al, (2014), indican que la densidad radicular dependerá de la variedad de maracuyá, de las condiciones del clima y fertilidad del suelo, mismos que establecen una densidad de 5 m entre plantas y de 3 entre hileras, no obstante Cañizares & Jaramillo, (2015), expresan que uno de los mayores problemas es el manejo empírico de las grandes densidades de plantación, debido a que el exceso de masa foliar provoca demasiada sombra reduciendo la eficiencia fotosintética de la planta, además de reducirse la vida útil de la planta y frutos menos dulces debido a la poca radiación solar que reciben, para esto indican que las densidades más usadas en de 2.5 a 3 metros entre hileras y de 2.5 a 4 m entre plantas.

#### ***7.2.2. Discusión del Diseño Estructural.***

Como se muestra en el diseño estructural, la velocidad de la carga de viento actuante es de 1.7 km/s o 0.45 m/s; la presión del viento es de 0.06 N/m<sup>2</sup> o 0.006 kg/m<sup>2</sup> en barlovento y de

-0.13 N/m<sup>2</sup> o -0.013 kg/m<sup>2</sup> en sotavento; la carga sísmica o carga basal calculada, corresponde a un 0.3 % del peso de la estructura. Para la definición de la carga más desfavorable actuante, se optó por la segunda combinación de cargas establecida por la norma NEC, que corresponde al propio peso de la estructura o carga muerta (D), más el 75% de la carga viva (L), más el 52.5% de la carga estática del sismo en sentido X, resultando con una carga o fuerza actuante de 1135.92 kg.

Dentro del cálculo de los elementos, están las vigas, diseñadas a flexión y esfuerzos admisibles determinados por la NEC-SE-GUADUA, (2017), donde una viga de 15 cm de diámetro con uniones (soportes) diagonales sujetas a las columnas, tiene un esfuerzo a la flexión de 14.24 MPa menor a 15 MPa (esfuerzo a la tensión admisible), un esfuerzo cortante paralelo a la fibra de 0.82 MPa menor a 1.2 MPa (esfuerzo cortante admisible), y, un esfuerzo en compresión perpendicular a la fibra de 0.7 MPa que no sobrepasa los 1.4 MPa (esfuerzo a la compresión perpendicular admisible), el tipo de viga de un solo culmo, actúa con una deflexión de 6.59 mm, menor que la deflexión admisible de 11 mm. Los elementos diseñados a fuerza axial y flexo-compresión, indican que una columna de 3 culmos zunchada, con una altura de 5 metros de longitud, se clasifica como un tipo de columna corta, en la que actúa un esfuerzo de 0.58 MPa, menor al esfuerzo de compresión paralelo a la fibra admisible de 14 MPa, de igual manera los elementos solicitados por tensión axial y, elementos solicitados a flexo-compresión, son menor que 1, cumpliendo lo que rige la norma NEC-SE-GUADUA, (2017).

La zapata calculada para tolerar la carga actuante, establecida a través de la combinación de cargas, tiene un área de 0.07 m<sup>2</sup>. Sin embargo, debido a razones constructivas, se aumenta el área de la zapata o plinto para poder abarcar todas las columnas necesarias. Esta se define como un plinto o zapata aislada de hormigón armado con un área de 0.36 m<sup>2</sup> y un peralte de 0.25 m, y tiene un armado bidireccional, con una varilla de 10 mm de diámetro cada 10 cm, lo que da un total de 5 varillas tanto en el sentido X como en el Y. Está diseñada según los requisitos de la norma ACI-318s-14. El cuello de la zapata tiene una altura de 1.6 m y está armado con estribos cada uno a 10 cm del otro, lo que da un total de 16 estribos a lo largo del cuello de la zapata, así cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma NEC-SE-HS (2014).

#### **Cargas actuantes- cargas de viento.**

La norma NEC-SE-CG, (2014), establece que la velocidad del viento mínima de diseño es de 21 m/s, no obstante, la norma NEC-SE-GUADUA, (2017), no considera, las presiones de

viento dentro de las cargas actuantes en la estructura; por otro lado, según lo expresado por Beltrán (2012), indica que las cargas de viento sobre las cubiertas, sin importar la geometría que estas tengan, son de importancia en estructuras bajas (menores a 15 m). Los valores máximos de cargas de viento sobre los edificios bajos, por lo general, corresponden a succiones sobre la cubierta y la mayoría de las fallas estructurales se inician ahí. Así mismo, indica que la fuerza de succión es más intensa cuando se tienen inclinaciones cercanas a los 15°, de la misma manera, la Norma Colombiana Sismo Resistente NSR-10, (2010), “Estructuras de Guadúa”, toma en cuenta el viento, como un esfuerzo de trabajo para la estructura; de igual manera, Vásquez, (2018), en su proyecto de grado, establece que a pesar de que no se incluya la acción de la carga de viento en la combinación de cargas, según norma de diseño, él toma en consideración esta fuerza con el fin de que el análisis estructural esté más pegado a la realidad y brinde mejores resultados para realizar el diseño de los elementos, por lo que, la decisión de tomar en consideración la acción de la carga del viento, en la presente investigación, se sustenta con decisiones similares, tanto de normativas como de otros investigadores, que determinan la importancia de incorporarla dentro de las cargas actuantes.

#### **Cargas actuantes- cargas sísmicas.**

La carga sísmica, no solo involucra a la acción sísmica, sino también el comportamiento estructural del elemento ante una actividad sísmica, esto de acuerdo con la NEC-SE-DS, (2015), y a su vez con la NEC-SE-GADUA, (2017), donde indica que el bambú al ser un elemento ortotrópico, es ideal en situaciones donde la actividad sísmica es más fuerte, es decir, que, sus fibras vegetales actúan de manera diferente en los 3 sentidos tanto en X, Y, Z. En el caso de Huaquillas al estar ubicada en la zona 6 considerada de alto riesgo sísmico, lo convierte en un material ideal de construcción, como lo establece Álava, et al, (2019).

#### **Cargas actuantes**

Conforme lo anuncia la norma NEC-SE-GUADUA, (2017), toda estructura debe resistir las combinaciones de las cargas de servicio; y, diseñada por el método de los esfuerzos admisibles, empleando las cargas especificadas en la NEC-SE-CG, (2014) y cargas sísmicas presentadas en la NEC-SE-DS, (2014) por lo cual, tal como lo establecen las normas mencionadas, se diseñó el invernadero de bambú para soportar la mayor carga que pueda afectar a la estructura.

#### **Diseño de vigas y columnas (diámetro).**

Un estudio realizado por Romero (2013) establece el uso de bambú de 6.5 cm de diámetro externo para un invernadero de 135 m<sup>2</sup>. Por otro lado, Duran (2013) indica que el bambú necesario para soportar cargas actuantes de 1019 kg debe tener un diámetro de 10 cm, establecido bajo el diseño de esfuerzos admisibles por la Norma Internacional ISO/DIS 22156 en Costa Rica. Sin embargo, Calva (2015) establece que para alcanzar la resistencia necesaria a las fuerzas actuantes utilizó bambú de 12 cm de diámetro en su diseño de modelo de vivienda ecológica con bambú. El presente estudio establece culmos de bambú de 15 cm de diámetro, los cuales son capaces de soportar las cargas actuantes. Además, al diseñarse en conjunto junto a otros culmos como el caso de la columna, su capacidad de carga aumenta, tal como lo indica la norma NEC-SE-GUADÚA (2017).

### **Diseño de zapatas**

Según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, (2010) en su artículo C.15.3, los criterios aceptados para el diseño de zapatas aisladas cuadradas consideran que la zapata trabaja como una losa en una dirección, inicialmente, y luego se coloca el mismo acero en la otra dirección. Esto conduce a un criterio relativamente conservador ya que se diseña como si se cargara dos veces, puesto que en la realidad se trata de una losa con trabajo bidireccional, cuyo cálculo sería más complejo, este método simplificado resulta más apropiado para el trabajo práctico.

Según la Norma ACI 318-19, (2019) indica que, al realizar una zapata cuadrada aislada, se puede realizar un pre-dimensionamiento, de igual manera se debe contar con las condiciones de resistencia como la capacidad admisible del suelo, carga de servicio y carga factorada de la estructura, el recubrimiento y la altura del peralte, entre otros. Con el objetivo principal de soportar la carga de una sola columna, que distribuye a la zapata, siendo los más comúnmente usadas en casos de cargas que son relativamente ligeras y las columnas no están muy cercanas entre sí. Dado es el caso del invernadero de estructura liviana con luces de 5 m, en el que se diseñó una zapata de 0.36 m<sup>2</sup> con fines arquitectónicos para poder abarcar la dimensión de las columnas, dado que el suelo del lugar de implementación, presenta una muy buena capacidad portante de carga.

### **7.2.3. Discusión del Diseño Arquitectónico**

Como se establece en el diseño arquitectónico, el armado del invernadero se dispone en un área de 300 m<sup>2</sup>, que se distribuye en 7 pórticos, con distancias equidistante entre ellos de 5

metros, sujetos con uniones longitudinales, diagonales y perpendiculares, con diferentes cortes, como: boca de pez y tipo flauta, con alturas establecidas de 5 metros, la columna central, mientras que las columnas laterales se presentan en 4 y 3.7 metros.

De acuerdo con Santizo, (2011) y Francescangeli & Mitidieri., (2006), manifiestan que cuando se proyecta la construcción de un invernadero, es necesario tener en cuenta que la relación largo-ancho juega un rol muy importante en el microclima que se generará en su interior. De esta relación depende la superficie expuesta del invernadero, Las pérdidas de calor del invernadero son directamente proporcionales a su superficie expuesta: cuanto mayor sea, más se enfriará el interior de la estructura lo cual puede ser beneficioso en regiones cálidas, expresado en otras palabras se puede tener la misma área en invernaderos con diferentes dimensiones, sin embargo para climas cálidos, siempre es mejor que los invernaderos sean más largos, así obtenido mayor área de transferencia y mayor intercambio de calor con el ambiente externo. Para cumplir lo sugerido, se diseña el invernadero con estructura de bambú, con 30 metros de largo 3 veces mayor que el ancho de la estructura, siendo este de 10m.

Respecto a la altura de las columnas, Romero, (2013), en su diseño agronómico para un invernadero de bambú, define una altura cenital de 4.5 m y de 3 m en las canaletas y ventanas laterales, mismos que indican que con esta altura tendrán un buen volumen y circulación de aire interno, estabilidad y régimen térmico, no obstante, Rizo, (2014) afirma que los invernaderos por lo general presentan alturas estándar de 5 metros para cultivos florícolas y de 6 a 7 metros para frutas y hortalizas que crecen en enredaderas; sin embargo, varían al ser aproximaciones donde no se toma en cuenta el sitio o región, no obstante, al contar con una mayor masa de aire contribuye a una reducción en la energía necesaria para mantener el microclima, así como una temperatura mucho más estable para los cultivos, por ende al aumentar la altura de los invernaderos, aumentan el volumen de aire, donde, a mayor volumen de aire menor cambio en la temperatura, de igual manera Francescangeli & Mitidieri, (2006), recomiendan que el volumen unitario del invernadero, sea igual o mayor a  $3 \text{ m}^3$  por cada metro cuadrado; para que no existan cambios bruscos de temperatura, una manera de incrementar este valor es aumentando la altura del invernadero, de esta forma se cumple con la recomendación, a una altura de 5m, el invernadero de bambú consigue un volumen  $4.6 \text{ m}^3$  por cada metro cuadrado.

Camacho & Páez, (2002), en su documento de estudio de conexiones en bambú, donde analiza tres tipos de conexiones más utilizadas actualmente en construcción que eventualmente

pueden resistir momento flector, y a su vez, propone cuatro tipos de conexiones realizadas con pernos tensores y mortero, de las cuales las uniones horizontales presentan buena resistencia, manteniendo la estabilidad de la estructura, mientras que, las conexiones diagonales transfieren directamente la carga de la viga a la columna.

### **7.3. Discusión del objetivo 3.**

**Establecer el costo que conlleva invertir para la realización de un invernadero con bambú.**

Dentro del presupuesto necesario para la construcción del invernadero con estructura de bambú, se detallan los rubros que intervienen con sus respectivos Análisis de Precios Unitarios (APU), dando una inversión total de \$ 5669.41, valor que no incluye el impuesto del valor agregado (IVA). El costo de construcción es de 18.89 dólares americanos por metro cuadrado, e incluye las actividades preliminares, cimentación y estructura del invernadero. El rubro con mayor inversión es la cubierta de plástico de 50 micras de espesor, que abarca el 36% del valor total.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI (2013), el costo de un invernadero de tecnología media en México ronda los 13.85 dólares por metro cuadrado. Sin embargo, no se especifica el material estructural o la región en la que se implementa. Por otro lado, Durán et al. (2016) establecen que el costo de construcción de un invernadero de madera de eucalipto en Perú, sin considerar las cimentaciones, llega a los 22.78 /m<sup>2</sup>. Asimismo, Herrera (2020) obtiene un valor promedio de 23/m<sup>2</sup> en invernaderos tipo capilla en su diseño automatizado en Quito-Ecuador. Conforme a los precios indicados por los autores, se establece que un invernadero de 300 m<sup>2</sup> con estructura de bambú está por debajo de los costos promedio de construcción en otros materiales estructurales como la madera.



## 8. Conclusiones

- Los valores de velocidad de viento, temperatura y humedad relativa del cantón Huaquillas, se encuentran en el rango asimilable del cultivo de maracuyá, esto sumado al aporte que da el invernadero respecto del control de plagas y enfermedades coloca a la planta en una relación ventajosa para su desarrollo, floración y productividad, factores que intervienen directamente en la recuperación de la inversión influyendo en el desarrollo económico de los agricultores interesados en este rubro.
- En función de las fuerzas cortantes y momentos flectores actuantes se diseñaron cierto tipo de uniones que ofrecen mayor seguridad al ensamble, lo que ha permitido definir pórticos con una longitud de vano de hasta 5m. Esta distribución es ventajosa ya que facilita la movilidad de los operadores al interior del invernadero pudiendo realizar un mejor control fitosanitario de las plantas de maracuyá en sus diferentes etapas, incidiendo directamente en la productividad del cultivo.
- En los elementos de bambú que trabajan como columna, es indispensable el análisis estructural de la esbeltez, para controlar posibles pandeos, siendo un procedimiento efectivo incrementar la sección de las columnas, uniendo dos o más culmos, para lo cual se debe aplicar de manera correcta la técnica de zunchado o empernado, logrando un ensamble perfecto de los elementos que se comportan como una sola sección, incrementándose su momento de inercia y por ende la resistencia. De la misma manera una viga de bambú puede ser reforzada para resistir mejor las cargas (vivas, permanentes, sismo, etc) mediante uso de elementos diagonales (pie de amigo) trabajados en sus extremos, aplicando la técnica de corte y ensamble apropiado, esto reduce la posibilidad de rotura y deformación en dichos elementos horizontales.
- Una forma de incidir en la duración de los diferentes elementos que forman la estructura (vigas y columnas) del invernadero queda determinada por una correcta inmersión de las bambús en bórax y ácido bórico. Otra técnica es el uso de cimientos de concreto, con esto las fibras de la bambú no se ponen en contacto con la humedad del suelo en la época de invierno o posibles lluvias. La observación de lo antes dicho reduce considerablemente el costo en mantenimiento de la estructura de caña bambú.

## 9. Recomendaciones

- Se debe realizar una caracterización físico-química del suelo en el que será plantada la maracuyá, dado que, al contemplar más sus exigencias edafoclimáticas, estas permitirán ofrecer un mayor rendimiento del cultivo.
- Es de importancia, que, para otorgar mayor durabilidad al bambú como elemento estructural, deba cumplir los requisitos de diseño, limitaciones de fisuras, curados y secados estipulados por la NEC-SE-GUADUA.
- Debe de utilizarse elementos de bambú debidamente tratados, minimizando el ataque de insectos, hongos, así como el deterioro debido a condiciones ambientales.
- Analizar y establecer el tipo de unión más eficiente, en la articulación de la estructura, debido a que dichos ensambles establecidos por la norma varían de acuerdo a la necesidad estructural y de diseño.
- El bambú del tipo “Guadua Angustifolia Kunth”, predominante en el Ecuador, al ser un material alternativo de construcción, de buenas características físico-mecánicas, gran duración de vida útil, y, versatilidad para diseños, se debería dar más enfoque en construcciones donde, el mismo, sea el material principal de la estructura, tanto civiles, como agrícolas.
- Antes de decidir utilizar el bambú en una obra civil, así como en el caso actual de un invernadero, se recomienda realizar previamente, un análisis de costos del material estructural, dado que el bambú como tal, varia de precio según la región.

## 10. Bibliografía

- ACI 318S-14, D. (2015). *ACI 318S-14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14 (segunda))*.  
[https://www.academia.edu/28732343/ACI\\_318S\\_14\\_Requisitos\\_de\\_Reglamento\\_para\\_Concreto\\_Estructural\\_ACI\\_318S\\_14](https://www.academia.edu/28732343/ACI_318S_14_Requisitos_de_Reglamento_para_Concreto_Estructural_ACI_318S_14)
- AIS, ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA. (2010) *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente nsr-10*.  
[[http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/sites/default/files/reglamento\\_construccion\\_sismo\\_resistente.pdf](http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/sites/default/files/reglamento_construccion_sismo_resistente.pdf)].
- Alcívar, E. (2014) 'Elaboración y exportación de concentrado de pulpa de maracuyá para el mercado polaco', *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*, p. 123.
- Amorin, V, (2014), *Análisis de la capacidad portante de suelos no cohesivos en climas tropicales para cimentaciones superficiales*.  
<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG17-160.pdf>
- Beraldo, A. L., Albiero, D., da Silva Maciel, A. J., Dal Fabbro, I. M., & Rodrigues, S. (2007). *Técnica de moiré aplicada al análisis de esfuerzos de compresión en el bambú guadua. Maderas. Ciencia y tecnología*, 9(3), 309-322. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2007000300010>
- Beraldo, A. L., Ferreira, G. C. S., Brittes, J. L. P., & Nunes, E. (s. f.). *Estudo preliminar do uso de bambú como elemento estrutural em pavimentação com concreto*. 16, 9.
- Benavides, S, Deleg, J , (2018), "Aspectos relevantes para la identificación de la calidad en una caña guadúa" *Universidad Tecnológica de Pereira*.  
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3f222612-91f6-4fee-b7fe-f715ff05e5c1/content>
- Bouchet, E. R., Freyre, C., Bouzo, C., y Favaro, J. (2007). *Efecto de las dimensiones de un invernadero sobre la temperatura interna en períodos cálidos*. 11(2): 111-119, *Revista Científica Agropecuaria*, 9.
- Bouzo, C.A.; Gariglio, N.F.; Favaro, J.C.; Vera Candiotti, N. 2019. Estudio y análisis técnico de los invernaderos en las provincias de Córdoba y Santa Fe. *Horticultura Argentina* 28(67):24-36..

- Blanchard, M., & Muzás, M. D. (2016). *Los Proyectos de Aprendizaje: Un marco metodológico clave para la innovación*. Narcea Ediciones.
- Caguano, P. (2017). *Alternativas de diseño sismoresistente para “el proyecto de edificación caguano torres”*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Calero, R. A. (2015). “*Comparación de los métodos a.p.u. y costeo abc para el análisis de precios unitarios en la construcción*” [Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ingeniería Escuela de Civil].
- Camacho ,V, Paez, I, (2002) Estudio de conexiones en guadua solicitadas a momento flector, Universidad Nacional De Colombia Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Civil Bogotá D.C.
- Cañizares, A., & Jaramillo, E. (2015). *El Cultivo del Maracuyá en Ecuador (Vol. 1)*. UTMACH.
- Castilla, N. (2013). *Invernaderos de Plástico. Tecnología y Manejo*. Ed. Mundi Prensa. 2a ed. 462 p. España.
- Constable, J. (s. f.). *En virtud de sus muchos atributos, los bambúes pueden ser utilizados intensivamente en intervenciones de reforestación y saneamiento del medioambiente*. 10.
- Coto,J , (2016), *Características generales del bambú y sistemas de cultivo*  
[http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/bitstream/cidap/1296/1/Caracter%C3%ADsticas%20generales%20del%20bamb%C3%BA%20y%20sistemas%20de%20cultivo\\_Jos%C3%A9%20M.%20Coto.pdf](http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/bitstream/cidap/1296/1/Caracter%C3%ADsticas%20generales%20del%20bamb%C3%BA%20y%20sistemas%20de%20cultivo_Jos%C3%A9%20M.%20Coto.pdf)
- DevOps. (2019). *Humedad y temperatura óptimas para el cultivo en invernadero—DryGair. Humedad y Temperatura del invernadero*. <https://drygair.com/es/blog-es/optimal-humidity-temperature-greenhouse/>
- Durán, (2013). *Diseño de estructuras en bambú para agricultura protegida*, Tesis de grado, Universidad de Costa Rica.
- Durán, J , Cutipa , D , Quispe, H, Amezaga, C , Salcedo, A. (2016) *Guía de construcción y manejo de invernaderos para la producción de hortalizas y frutas en zonas alto andinas*. 1er edición  
<https://www.cbc.org.pe/wp-content/uploads/2020/03/guiadeinvernaderos.pdf>
- Espinoza, G, (2014), “*Manual de fiscalización de urbanizaciones y edificaciones para un eficiente control de obras*”.

- <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7420/1/Tesis%20-%20778%20-%20Espinoza%20Apr%C3%A1ez%20Galo%20Fernando%20.pdf>
- Flores, J, Ojeda, W, (2015), *Consideraciones agronómicas para el diseño de invernaderos típicos de México.*
- Francescangeli, N., y Mitidieri, M. *El invernadero hortícola. Estructura y manejo de cultivos* (2da. Ed.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [https://www.researchgate.net/profile/Nora\\_Francescangeli2/publication/301687884\\_El\\_Invernadero\\_Horticola/links/57221d5108ae586b21d3d3ec/El-InvernaderoHorticola.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nora_Francescangeli2/publication/301687884_El_Invernadero_Horticola/links/57221d5108ae586b21d3d3ec/El-InvernaderoHorticola.pdf)
- GAD Huaquillas. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial-Cantón Huaquillas. Gobierno Autónomo Descentralizado de Huaquillas* <https://www.calameo.com/read/0068640881681f9538438>
- Hernández, J. C. L., & Pérez-Parra, J. (s. f.). *Evolución de las estructuras de invernadero. 9.*
- Haro, (2020) , *Caracterización y tipificación de la cadena agroproductiva del cultivo de maracuyá (passiflora edulis l) pedernales, Manabí, Ecuador.* <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/6292>
- Herrera, J, (2020), *Diseño y construcción de un prototipo de invernadero urbano automatizado de tres metros cúbicos que permita controlar la humedad relativa por medio de microcontroladores para generar una producción constante de alimentos orgánicos.* Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19299/1/UPS%20-%20TTS173.pdf>
- La Tegola, A., Roca, L. O. Y., Ortiz, W. V. M., & Alcívar, P. L. C. (2015). *Determinación de las propiedades mecánicas de la caña guadua angustifolia del Ecuador cuando está sometida a fuerzas axiales. 17(1), 8.*
- Lenscak, M., & Iglesias, N. (2019b). *invernderos. Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54) (INTA).* <https://bibliotecavirtualtodoeduca.com/wp-content/uploads/2021/12/Invernaderos.-Tecnologia-apropiada-en-las-regiones-productivas-del-territorio-nacional-argentino-1.pdf>

- López, L., & Trujillo, D. (2002). *Diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua*. <https://bambubioartefato.files.wordpress.com/2014/07/2002-disec3b1o-de-uniones-y-elementos-en-estructuras-de-guada-l-muc3b1oz-11pg.pdf>
- Marín, M. (2013). *Diseño de Invernaderos. Instrucciones Técnicas. Marín y Asociados*. <https://marinponasociados.com/PDFINDUSTRIA/disenoinvernaderos.pdf>
- Martínez, S. (2015). *Bambú como material estructural: Generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo* [Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/55983>
- Melchor, J., Parra, A., Sánchez R, (2017), *Análisis Estructural*. [http://ing.ens.uabc.mx/docencia/apuntes/civil/analisis\\_estructural.pdf](http://ing.ens.uabc.mx/docencia/apuntes/civil/analisis_estructural.pdf)
- Méndez, M. J. R., Ortiz, J. C. R., Compeán, I. L., Urbina, M. A. B., Jáuregui, J. A. A., & Guerrero, F. V. (s. f.). *Prototipo de invernadero con estructura de bambú: Selección de materiales, diseño e impacto ambiental*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n5/2007-0934-remexca-8-05-1059.pdf>
- Mendoza, (2012), “*Propuesta de senderos y señalética para el fomento del turismo en isla seca-los conchales, del cantón huaquillas de la provincia de el oro*.” Universidad Nacional de Loja.
- Mercedes, J. R. (2006). *Guía técnica cultivo del bambú. CEDAF*.
- Miserendino, E., & Astorquizaga, R. (2014). Invernaderos: aspectos básicos sobre estructura, construcción y condiciones ambientales. E.E.A. INTA Alto Valle, 1-4.
- Navarro, J. D. (2013). *Diseño de estructuras en bambú para agricultura protegida*. Universidad de costa rica facultad de ingeniería escuela de ingeniería agrícola.
- NEC-SE-GaK. (2017). Norma ecuatoriana de la construccion-estructuras de guadua (gak).
- NEC-SE-CG (2014 ) Norma Ecuatoriana de Construcción en Cargas No Sísmica
- NEC-SE-DS (2014) Norma Ecuatoriana de Construcción en Peligro Sísmico
- Ortiz, P. (2018) “La producción de maracuyá, su incidencia en el mercado internacional durante el período 2012 - 2016”. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.
- Pacheco, A. (s. f.). *La agricultura protegida—ACEA. Invernaderos para el mundo*. Recuperado 7 de julio de 2021, de <https://acea.com.mx/articulos-tecnicos/alex-j-pacheco/41-i-introduccion-112-la-agricultura-protegida>

- Patzán, J. (2009). *Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas* [Universidad De San Carlos De Guatemala].  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3004\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3004_C.pdf)
- Pereira, V. (2015) “*Estudio a la aplicación de tres frecuencias y dos dosis de n-p-k más una fórmula de fertilizante foliar en el cultivo de maracuyá*”. Universidad de guayaquil.  
 Available at:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7384/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>.
- Prados, N (2007). *Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Mundi-Prensa Libros.*
- Prado, R, (2021), *Construcción rural*,  
[https://instipp.edu.ec/instipp/assets/pdf/guias/manuel/s3\\_construccionrural.pdf](https://instipp.edu.ec/instipp/assets/pdf/guias/manuel/s3_construccionrural.pdf)
- Rivera, N, (2018), *Mantenimiento y manejo de invernaderos, 2da edicion*  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oVEpEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=Mantenimiento+y+manejo+de+invernaderos.&ots=c\\_p-HqgJne&sig=TU2xfN5pf8oGuF81\\_GaWw0\\_y4zI#v=onepage&q=Mantenimiento%20y%20manejo%20de%20invernaderos.&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oVEpEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=Mantenimiento+y+manejo+de+invernaderos.&ots=c_p-HqgJne&sig=TU2xfN5pf8oGuF81_GaWw0_y4zI#v=onepage&q=Mantenimiento%20y%20manejo%20de%20invernaderos.&f=false)
- Roma. (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo.*  
<https://www.fao.org/3/s8630s/s8630s00.htm#Contents>
- Romero, M. A., & Rojas, S. (2015). *Estudio Cadena del Bambú en Ecuador énfasis en especie Guadua angustifolia. Issuu.*  
[https://issuu.com/inbarlac.media/docs/estudio\\_cadena\\_del\\_bamb\\_\\_en\\_ecuador](https://issuu.com/inbarlac.media/docs/estudio_cadena_del_bamb__en_ecuador)
- Romero, M. J. (2013). *Diseño agronómico y estructural de un prototipo de invernadero de bambú.* Universidad Autónoma de San Luis Potosí Facultad de Agronomía y Veterinaria.
- Romo, J. C. R. (2006). *El bambú como material de construcción. Conciencia Tecnológica, 31, 67-69.*
- Rodríguez, (2019), “*Metodología para determinar los precios unitarios en redes de distribución del Ecuador*” Escuela Superior Politécnica Del Litoral  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54621/1/T109695%20Rodr%C3%adguez%20Mogrovejo.pdf>

- Santizo Velázquez, H. L. (2011), *Diseño y construcción de invernaderos para la producción de hortalizas*,  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5625/T18620%20SANTIZO%20VELAZQUEZ,%20HOREL%20LUCIO%20%20MONOG.pdf?sequence=1>
- Takeuchi, C. P. (2014). *Caracterización mecánica del bambú guadua laminado para uso estructural*.  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52466>
- Ubolsook P. y S. Thepa. 2011. *Structural Analysis of Bamboo Trusses Structure in Greenhouse. 2011 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE vol.6 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore.*
- Valarezo, A., Valarezo, O., Mendoza, A., Alvarez, H., & Vasquez, W. (2014). *El Cultivo de Maracuya «Manual tecnico para su manejo en el litoral ecuatoriano» (primera)*.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1159/1/INIAP-Manual%20T%c3%a9cnico%20No.%20100.pdf>
- Vásquez, J. (2018). “Análisis y diseño estructural de una “cubierta tipo” de Bambú, para canchas de uso multiple mediante el uso de los programas revit, robot y etabs.”, Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil Y Mecánica Carrera De Ingeniería Civil  
[file:///C:/Users/User/Downloads/Tesis%20I.%20C.%201320%20%20V%C3%A1squez%20Carrillo%20Juan%20Eduardo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Tesis%20I.%20C.%201320%20%20V%C3%A1squez%20Carrillo%20Juan%20Eduardo%20(1).pdf)
- Vera, J. (2017). Control fitosanitario del cultivo de maracuya (*Passiflora edulis*), en el litoral ecuatoriano. Universidad Agraria del Ecuador:  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VERA%20HURTADO%20JOSE%20GREGORIO.pdf>
- Vivar, M. (2021). *Análisis de Precios Unitarios. InterPro*. <https://www.interpro.ec/analisis-de-precios-unitarios/>



## 11. Anexos

### Anexos 1 Temperatura mensual

<b>CODIGO</b>	<b>M482</b>		<b>PREDESUR</b>									
<b>NOMBRE</b>	<b>CHACRAS</b>		Altitud		11 msnm							
<b>TEMPERATURA °C</b>												
<b>MES</b>												
<b>AÑO</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1994	27.4	27.3	27.1	27.1	26.7	25.4	24.0	23.2	23.9	25.7	25.6	27.5
1995	27.4	27.2	28.0	28.3	27.6	26.2	25.0	24.8	25.4	24.8	25.1	26.3
1996	27.3	27.9	28.0	28.1	27.0	24.2	23.5	23.8	24.3	24.3	25.1	26.8
1997	27.6	28.0	28.6	28.8	27.5	24.0	23.6	24.5	24.9	23.5	24.8	26.1
1998	28.0	27.0	28.3	29.0	28.7	27.2	26.4	25.2	25.7	24.8	25.7	26.0
1999	27.2	26.6	27.8	25.0	26.0	23.0	23.4	22.8	23.5	24.4	25.3	26.1
2000	26.7	27.0	26.6	27.3	26.1	24.2	23.4	23.6	23.7	24.2	24.5	25.9
2001	26.5	26.3	28.7	25.4	25.4	23.7	23.3	22.8	23.0	24.7	24.8	25.9
2002	26.2	26.0	25.9	24.6	24.7	23.3	22.9	22.2	22.4	24.8	24.6	25.9
2003	26.1	24.2	25.4	26.3	25.8	24.0	23.4	23.0	23.7	24.8	24.8	26.1
2004	26.0	25.0	25.0	28.1	27.0	24.7	23.9	23.8	24.9	24.7	24.9	26.4
2005	28.0	27.6	27.6	28.5	26.6	24.3	24.2	23.1	23.3	23.2	24.9	25.4
2006	27.6	27.3	27.7	27.4	26.2	24.5	24.0	24.3	24.3	25.2	25.0	26.8
2007	27.4	27.9	27.5	27.6	26.8	25.1	24.2	23.3	23.0	23.3	24.0	25.4
2008	26.0	26.6	27.1	27.1	25.8	25.1	24.8	24.9	24.6	24.8	24.9	26.4
2009	25.4	26.6	26.8	27.1	25.9	25.5	25.1	24.8	25.0	24.0	24.5	25.8
2010	26.5	27.1	27.3	27.3	24.3	25.9	25.1	24.3	24.5	24.0	24.8	26.4
2011	27.5	27.6	27.8	27.6	27	26.3	25.1	23.9	24.0	23.9	25.0	26.9
2012	26.8	27.1	27.9	27.8	27.0	26.2	25.6	23.8	24.0	24.0	25.5	26.3
2013	27.0	28.0	28.2	27.6	26.0	24.6	23.3	23.7	23.8	23.8	24.3	26.1
<b>Total</b>	538	506	547	546	504	497	484	476	482	487	498	524
<b>Media</b>	27	25	27	27	25	25	24	24	24	24	25	26
<b>Max</b>	28	28	28.7	29	28.7	27.2	26.4	25.2	25.7	25.7	25.7	27.5
<b>Min</b>	25.4	24.2	25	24.55	2.7	23	22.94	22.24	22.4	23.2	24	25.4

**Anexos 2** Velocidad media del viento

<b>CODIGO</b>	<b>PREDESUR</b>											
<b>M482</b>												
<b>NOMBRE</b>	<b>CHACRAS</b>											
	<b>altitud 11 msnm</b>											
	<b>VELOCIDAD MEDIA (km/h)</b>											
	<b>MES</b>											
<b>AÑO</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1994	1.3	1.1	1.1	0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5
1995	1.3	0.9	0.9	1.3	1.3	1.3	1.2	1.4	1.5	1.4	1.3	1.3
1996	1.3	1.5	2	1.4	1.2	1	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6
1997	1.4	1.6	1.2	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6
1998	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	1.1	0.9	1.1	1.2	1.1	1.3	1.3
1999	1.4	1	0.9	1.2	0.8	0.8	1	1.1	1	1.2	1.2	1.2
2000	1.1	1.3	1.1	1	0.5	1	1.3	1.2	1.2	0.6	1.2	1.1
2001	1.4	1.3	1	1.1	1	0.5	1	1.3	1.2	1.2	0.6	0.8
2002	1.8	1.6	1.3	1.5	1.6	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8
2003	1.7	1.5	1.2	1.4	1.5	1.3	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5	1.7
2004	1.4	1.3	1.2	1.3	1.1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.5	1.4	1.8
2005	1.8	1.5	1.1	1.2	1.4	1.2	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	1.8
2006	1.5	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.5	1.4	1.7	1.6	1.8
2007	1.6	1.3	1.1	0.5	0.3	0.3	0.5	1.3	1.5	1.6	1.6	1.7
2008	1.2	1	1	1.1	0.9	0.9	1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.9
2009	1.3	1.4	1	0.8	0.6	0.6	0.8	1.1	1.4	1.3	1.5	1.8
2010	1.5	1.3	1.25	1.1	1	0.95	1.1	1.2	1.45	1.4	1.6	1.75
2011	1.7	1.2	1.5	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.5	1.5	1.7	1.7
2012	1.5	1.3	1.2	1	0.9	1.1	1.2	1.1	1.4	1.3	1.4	1.5
2013	1.3	1.2	1	1.5	1.4	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6	1.4
<b>Total</b>	28	35	23	23	22	21	23	26	27	28	29	31
<b>Media</b>	1.4	1.8	1.1	1.2	1.1	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.6
<b>Max</b>	1.8	11	2	1.5	1.6	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7	1.9	1.9
<b>Min</b>	0.7	0.8	0.8	0.5	0.3	0.3	0.5	1.1	1	0.6	0.6	0.8

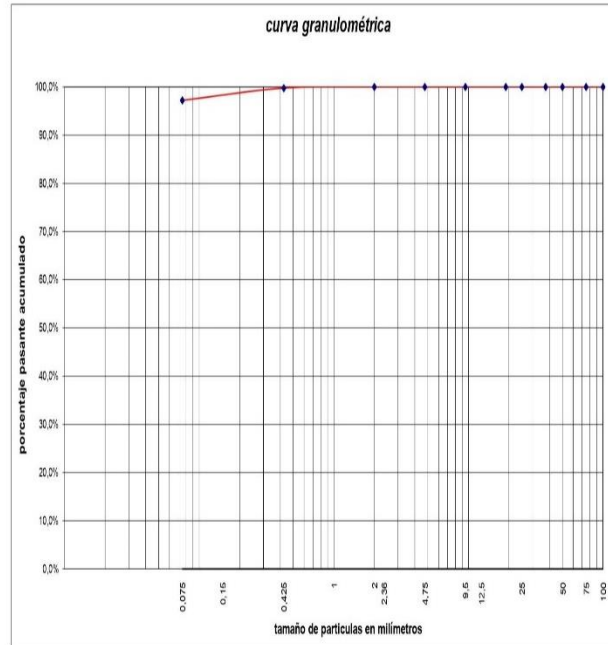
**Anexos 3** Humedad relativa

<b>CODIGO</b>	<b>M482</b>		<b>PREDESUR</b>									
<b>NOMBRE</b>	<b>CHACRAS</b>		altitud 11 msnm									
	HUMEDAD RELATIVA %											
	MES											
<b>AÑO</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1994	88	88	91	88	85	79	79	81	81	80	78	80
1995	82	80	87	83	83	83	78	83	88	91	93	87
1996	88	88	88	88	88	88	85	85	84	84	84	83
1997	85	81	82	83	85	90	90	93	92	81	83	82
1998	80	78	76	74	76	78	76	77	76	77	79	79
1999	79	81	78	80	78	79	82	77	78	79	83	82
2000	86	90	91	90	90	90	88	89	90	92	90	89
2001	89	91	91	92	91	92	92	91	92	92	93	94
2002	85	89	89	89	88	88	89	87	89	92	92	90
2003	87	92	90	88	91	91	90	89	90	91	91	90
2004	88	94	91	87	95	93	91	91	91	91	90	89
2005	89	82	73	67	68	66	67	69	70	75	74	77
2006	75	79	78	75	72	80	69	67	65	66	66	68
2007	65	65	71	77	75	79	77	78	81	79	79	76
2008	79	81	81	79	82	81	78	78	77	76	75	70
2009	67	67	72	75	73	77	72	72	72	70	69	64
2010	69	72	72	75	75	75	72	74	74	73	73	71
2011	72	76	71	75	77	73	73	77	77	76	77	77
2012	79	78	79	79	79	80	79	79	79	75	76	71
2013	74	75	75	80	78	77	79	79	75	79	73	72
<b>Total</b>	1606	1627	1625	1625	1629	1638	1606	1616	1621	1618	1619	1590
<b>Media</b>	80	81	81	81	81	82	80	81	81	81	81	80
<b>Max</b>	89	94	91	92	95	93	92	93	92	92	93	94
<b>Min</b>	65	65	71	67	68	66	67	67	65	66	66	64.3

## Anexos 4 Análisis granulométrico

TAMIZ		Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	Cantidad que pasa acumulada	PORCENTAJE		Especificación MTCOP	
No.	Pulgadas Milímetros				Retenido acumulado	Pasante acumulado		
4	100	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%	100	
3	75	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%		
2 1/2	63	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%		
2	50	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%		
1 3/4	45,3							
1 1/2	37,5	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%		
1 1/4	31,5							
1	25	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%		
3/4	19	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%		
5/8	16							
1/2	12,5	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%		
7/16	11,2							
3/8	9,5	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%		
5/16	8							
1/4	6,3							
0,223	5,66							
4	0,187	4,75	0,0	0,0	1231,6	0,0%	100,0%	
5	0,157	4						
6	0,132	3,36						
7	0,111	2,8						
8	0,0937	2,36						
10	0,0787	2	0,00	0,0	1231,6	0,0%	100,0%	
12	0,0661	1,7						
14	0,0555	1,4						
16	0,0469	1,19						
18	0,0394	1						
20	0,0331	850 micron						
25	0,028	710 *						
30	0,0234	600 *						
35	0,0197	500 *						
40	0,0165	425 *	2,79	2,8	1228,8	0,2%	99,8%	
45	0,0139	354 *						
50	0,0117	300 *						
60	0,0098	250 *						
70	0,0083	210 *						
80	0,0070	180 *						
100	0,0059	150 *						
200	0,0029	75 *	31,56	34,4	1197,2	2,8%	97,2%	0-20
FONDO		1197,25	1231,6	0,0	100,0%	0,0%		
TOTAL		1231,60						

**PESO ANTES DEL ENSAYO :** 1231,60 g  
**PESO DESPUES DEL ENSAYO :** 1231,60 g  
**MATERIAL PASANTE TAMIZ No. 200 :** 1197,25 g



**OBSERVACIONES:** UBICACIÓN: CALLE SIN NOMBRE

  
 \_\_\_\_\_  
 ING. FERNANDO PALACIOS

**DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA  
METODO ASTM D 4318**

Proyecto: Tesis Edwin Quezada "Invernadero de Bambu"  
Descripción del material: arcilla inorganica de baja a media plasticidad de color café claro  
Fecha: Febrero de 2022  
Solicita: Sr. Edwin Quezada Muestra: M 1 - 1 Operador: CH

**LIMITE LIQUIDO**

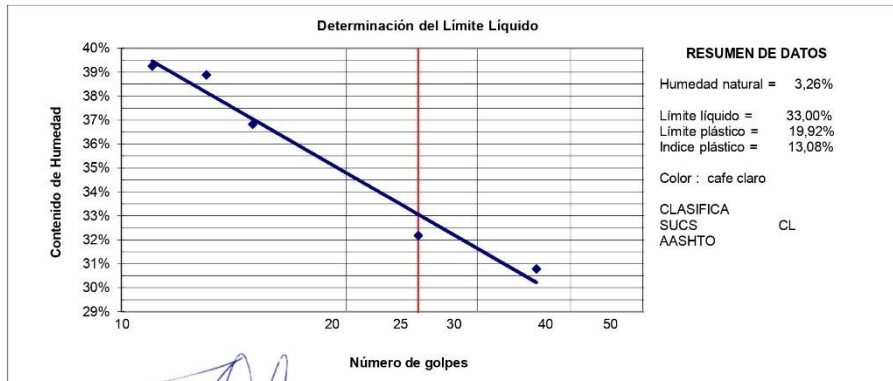
PRUEBA No	Capsula No	Peso de la capsula	Peso cap. + suelo húmedo	Peso cap. + suelo seco	Peso del agua	Peso del suelo seco	Contenido de Humedad %	Número de golpes
1	T63	6,07	17,37	14,71	2,66	8,64	30,79%	36
2	T84	5,97	18,95	15,79	3,16	9,82	32,18%	25
3	T62	5,99	18,25	14,95	3,30	8,96	36,83%	15
4	T80	6,05	18,48	15,00	3,48	8,95	38,88%	13
5	T74	5,93	18,77	15,15	3,62	9,22	39,26%	11
6								

**LIMITE PLASTICO**

1	R9	6,02	7,21	7,01	0,20	0,99	20,20%
2	R4	6,24	7,55	7,34	0,21	1,10	19,09%
3	R15	5,92	6,98	6,80	0,18	0,88	20,45%
4							
5							

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

1	R80	12,65	133,13	129,33	3,80	116,68	3,26%
2							
3							

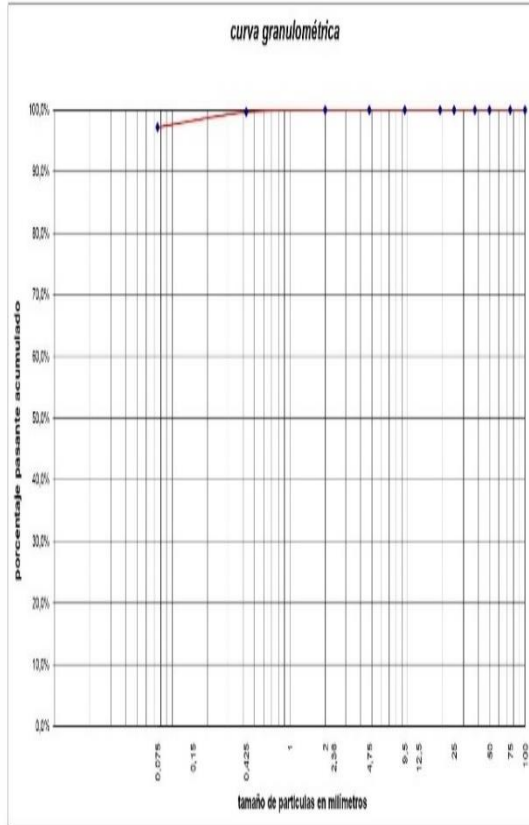


OBSERVACIONES:

*[Firma manuscrita]*  
 \_\_\_\_\_  
 Ing. Fernando Palacios

TAMIZ		Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	Cantidad que pasa acumulada	PORCENTAJE		Especificación MTOP
No.	Pulgadas / Milímetros				Retenido acumulado	Pasante acumulado	
4	100	0.0	0.0	1815.3	0.0%	100.0%	100
3	75	0.0	0.0	1815.3	0.0%	100.0%	
2	12	63	0.0	1815.3	0.0%	100.0%	
2	50	0.0	0.0	1815.3	0.0%	100.0%	
1	34	45.3					
1	12	37.5					
1	14	31.5					
1	25	0.0	0.0	1815.3	0.0%	100.0%	
3/4	19	0.0	0.0	1815.3	0.0%	100.0%	
5/8	16						
1/2	12.5	0.0	0.0	1815.3	0.0%	100.0%	
7/16	11.2						
3/8	9.5	0.0	0.0	1815.3	0.0%	100.0%	
5/16	8						
1/4	6.3						
0.225	5.66						
4	0.187	4.75	0.0	0.0	1815.3	0.0%	100.0%
5	0.157	4					
6	0.132	3.36					
7	0.111	2.8					
8	0.0937	2.36					
10	0.0737	2	0.48	0.5	1814.8	0.0%	100.0%
12	0.061	1.7					
14	0.0555	1.4					
16	0.0489	1.19					
18	0.0394	1					
20	0.0331	890 micron					
25	0.028	710 *					
30	0.024	600 *					
35	0.0197	500 *					
40	0.0165	425 *	5.60	6.1	1809.2	0.3%	99.7%
45	0.0139	354 *					
50	0.0117	300 *					
60	0.0098	250 *					
70	0.0083	210 *					
80	0.0070	180 *					
100	0.0059	150 *					
200	0.0028	75 *	44.54	50.6	1764.7	2.8%	97.2%
FONDO		1764.70	1815.3	0.0	100.0%	0.0%	
TOTAL		1815.30					

**PESO ANTES DEL ENSAYO :** 1815.30 g  
**PESO DESPUES DEL ENSAYO :** 1815.30 g  
**MATERIAL PASANTE TAMIZ No. 200 :** 1764.70 g



OBSERVACIONES: UBICACIÓN CALLE SIN NOMBRE

*[Firma manuscrita]*  
 ING. FERNANDO PALACIOS

**DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA  
METODO ASTM D 4318**

Proyecto: Tesis Edwin Quezada "Invernadero de Bambu"

Descripción del material: arcilla inorganica de baja a media plasticidad de color café claro

Fecha: Febrero de 2022

Solicita: Sr. Edwin Quezada

Muestra: M 2 - 2

Operador: CH

**LIMITE LIQUIDO**

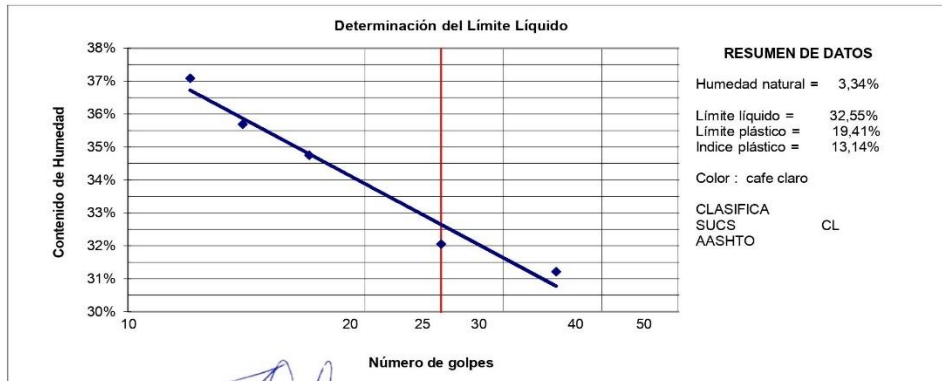
PRUEBA No	Capsula No	Peso de la capsula	Peso cap. + suelo húmedo	Peso cap. + suelo seco	Peso del agua	Peso del suelo seco	Contenido de Humedad %	Número de golpes
1	T71	6,03	16,79	14,23	2,56	8,20	31,22%	35
2	T59	5,90	17,60	14,76	2,84	8,86	32,05%	25
3	T74	5,93	16,98	14,13	2,85	8,20	34,76%	17
4	T80	6,05	17,57	14,54	3,03	8,49	35,69%	14
5	T74	5,93	17,87	14,64	3,23	8,71	37,08%	12
6								

**LIMITE PLASTICO**

1	R3	5,98	7,32	7,10	0,22	1,12	19,64%
2	R11	5,94	7,31	7,09	0,22	1,15	19,13%
3	R2	6,03	7,38	7,16	0,22	1,13	19,47%
4							
5							

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

1	R67	12,37	135,09	131,12	3,97	118,75	3,34%
2							
3							



OBSERVACIONES:

*[Firma manuscrita]*  
Ing. Fernando Palacios

## Anexos 5 Análisis SPT

CALCULO DEL N CORREGIDO							
Profundidad metros	Profundidad - Número de Golpes			N* golpes SPT	Presión Tn/m2	N_correg Ec.1	N_correg Ec.2
	15 cm	30 cm	45 cm				
<b>Perforación P3</b>							
1.00	13	17	22	39	1.35	39	51
2.00	15	18	21	39	2.70	39	51
3.00	16	19	25	44	4.06	57	59
4.00	18	27	32	59	5.41	71	81
5.00	20	25	30	55	6.76	62	75
6.00	25	31	38	69	8.11	74	96

### CAPACIDAD DE CARGA, PLINTOS AISLADOS

Df =	1.5	m.
B =	2.50	m.
g =	1.352	Tn/m3
NO ESTA AFECTADO POR NIVEL FREATICO		
g' =	0.352	Tn/m3
g'' =	0.552	Tn/m4
q = $\gamma \cdot Df$ =	2.028	Tn/m2
q <sub>asum</sub> =	2.028	Tn/m3
k =	0.1	Tn/m2
N <sub>Correg</sub> =	39	golpes
C =	3.90	Tn/m2
C <sub>Asum</sub> =	0.10	Tn/m2
$\phi$ =	37.98	°
$\phi'$ =	27.50	°
N'c =	30.38	
N'q =	16.81	
N'y =	10.90	
qu =	51.47	
Fs =	3	
Q <sub>Adm</sub> =	17.16	Tn/m2

Tabla: 4.8; literal 1b: Ec.1

$$N_{corr} = N \cdot \left( 0.77 \cdot \log \left( \frac{195.2}{\bar{q}} \right) \right)$$

Valida para perforaciones mayores a 2m.

Tabla: 4.8; literal 1a: Ec.2

$$N_{corr} = N + (0.5 \cdot (N - 15))$$

Valida para cuando N > 15 golpes en Limos y arenas

q = Presión de trabajo

$$\bar{q} = \sigma \cdot h$$

$\sigma$  = Densidad del suelo

h = profundidad

$$\gamma = \sigma = 1.352 \text{ Tn/m3}$$

$$qu = (0.867 \cdot C \cdot N'c) + (q \cdot N'q) + (0.4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N'y)$$

$$\phi(\text{grados}) = 27.1 + (0.3 \cdot N_{corr}) - (0.00054 \cdot N^2_{corr})$$

### DETALLES DEL ESTRATO

SONDEO	PROFUNDIDAD SONDEO metros	PROFUNDIDAD CIMENTACION metros	ESTRATO ANALIZADO metros	DENSIDAD DEL SUELO Ton/m3	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)	SPT N <sub>corregido</sub>	FACTOR DE SEGURIDAD Fa	TIPO DE ESTRATO
P3	6.00	1.50	2.00	1.352	37.98 °	39	3	CL

### CÁLCULO DE CARGA ADMISIBLE

Autor	Q último	Q admisible
TERZAGHI	51.47 Tn/m2	17.16 Tn/m2
Q admisible de diseño:		17.16 Tn/m2
Q admisible de diseño:		1.72 Kg/cm2



# FICHA TÉCNICA

## Plástico para Invernadero



### Descripción

Plástico térmico compuesto de resinas poliméricas especiales que contienen un Co-Polímero EVA y cargas minerales, por lo que la transmisión y difusión de la luz son muy altas.

Manteniendo las condiciones de luminosidad más apropiadas para la actividad fotosintética.

### Características Técnicas

Características Técnicas
- Estabilizado a la radiación ultravioleta. - Color: blanco traslucido / amarillento - Composición: Lámina de polietileno de baja densidad (LDPE) - Duración aproximada 3 años 3.3000 Pmm (Resistencia al azufre Almería). - Gran resistencia mecánica y al envejecimiento. - Proporciona un microclima constante.

### Uso Previsto

Elaboración de Invernaderos.

Datos recopilados de la página web del fabricante.





## FICHA TECNICA

### Tela Polisombra Negro Al 65%

Tela polisombra, malla multifilamento fabricada en polipropileno. Se la utiliza para dar sombra en invernaderos de flores, en cultivos al aire libre e incluso al ganado. Sirve también para el armado de cortinas y cortavientos. Hay varias presentaciones en cuanto a la atenuación de luminosidad, colores y tamaños.



#### Usos:

- Invernaderos
- Floricultura

<b>Descripción del producto:</b>	Tela Polisombra			
<b>Materia Prima</b>	Polietileno HD 100% Virgen y Pigmento			
<b>Uso Principal</b>	Agricultura			
<b>Color</b>	Negro			
<b>Ancho</b>	Según solicitud del cliente			
<b>Tipo de tejido</b>	Abierto			
<b>Sombrío</b>	65%			
<b>Cobertura</b>	N.A.			
<b>Línea</b>		Valor	Tolerancia	Norma
<b>Resistencia a la roptura</b>	Urdimbre	4,204 n/m	+/- 5 %	ASTMD4595
	Trama	4,601 n/m	+/- 5 %	ASTMD4595
<b>Elongación a la roptura</b>	Urdimbre	42%	+/- 5 %	ASTMD4595
	Trama	103%	+/- 5 %	ASTMD4595
<b>Peso</b>	70 gr/m2		+/- 5 %	NTC-230
<b>Vida útil estimada de la tela</b>	36 meses			
<b>Observaciones</b>	Ancho y longitud son las medidas del área que la polisombrea va a cubrir una vez se encuentre instalada.			



[www.amcecuador.com](http://www.amcecuador.com)

[LinkedIn.com/company/amcecuador/](https://www.linkedin.com/company/amcecuador/)

[Facebook.com/AMCECUADOR](https://www.facebook.com/AMCECUADOR)

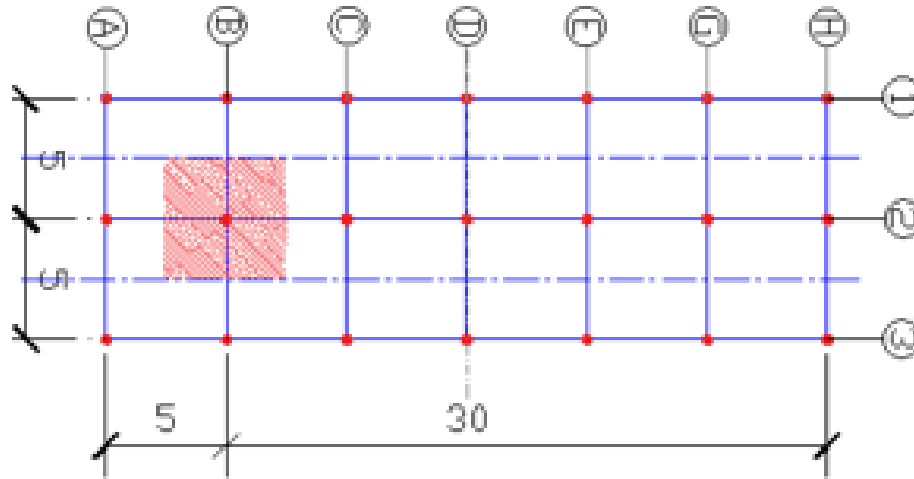
Av. Eloy Alfaro  
N40-590 y Granados

PBX: 02 246 9393

E-mail: [info@amcecuador.com](mailto:info@amcecuador.com)

**Carga Muerta y Viva**

**Figura 27**  
*Área de mayor carga*



Como indica en la Figura 27 el área más cargada se encuentra en la parte interna del invernadero. Para el cálculo de las cargas muertas, se determina a partir del peso de la estructura en el área más cargada, el diámetro de la caña y el espesor del mismo, así también como la densidad del bambú que a partir de la teoría es de 900 kgf/m<sup>3</sup>

- ✓ Longitud total: 5 m lineales de bambú
- ✓ Peso específico: 900 kg/m<sup>3</sup>- 0.9 T/m<sup>3</sup>
- ✓ Diámetro: 15 cm
- ✓ Espesor: 10% del diámetro: 0.15 cm

Para determinar el peso muerto se toma en cuenta el área, la longitud y el peso específico.

- **Área del bambú**

$$\frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2)$$

$$\frac{\pi}{4} * (15^2 - 12^2)$$

$$63.617 \text{ cm}^2$$

- **Peso del bambú**

*Área total \* peso específico \* longitud total culmo en viga*

$$0.006 \text{ m}^2 * 900 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 5\text{m}$$

28.63 kgf

La maya serán antitrips de las ventanas tiene un peso de  $0.7 \text{ kg/m}^2 * 25 \text{ m}^2$  del área sacrificada igual a 17.5 kgf y por último el plástico del invernadero tiene un peso total de  $0.2 \text{ kg/m}^2 * 25 \text{ m}^2$  igual a 5 kg, como se indica en los Anexos 6 y 7 en sus respectivas fichas técnicas.

Total, de carga muerta: 51.23 kgf que deberá soportar las zapatas a diseñar.

Al ser un tipo de estructura ligera, que no presentará cargas vivas, la norma NEC-SE-CG, establece en el apartado 4.2 - Carga Viva, el valor de carga viva para una construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera, igual a  $0.24 \text{ kN/m}^2$ , como se observa en la Tabla 41.

**Tabla 41**

*Valores de la carga viva dependiendo de la ocupación*

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Cubiertas</b>		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.7	-
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	-
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión	4.80	-
Toldos y carpas		
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24(no reduc)	-

Fuente: NEC-SE-CG, (2015).

Debido a que el diseño se establece en una zona costera, se permite la reducción de cargas variables en la cubierta como: el granizo o cenizas

**Carga de viento**

Para el cálculo de la carga de viento se apoyó en las Tablas y especificaciones otorgadas por la NEC cargas no sísmicas, 2015 en su sección 3.2.4, donde se tiene:

La velocidad máxima de viento es de 2.5 km/h (0.69 m/s) (ver anexo 3).

$$V_b = V * \sigma$$

**Donde:**

$V_b$  = Velocidad corregida del viento en m/s

$V$  = Velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno.

$\sigma$  = Coeficiente de corrección.

En la Tabla 42, el menor valor de altura es de 5m, el lugar de estudio, de acuerdo a sus características y lugar de emplazamiento, se ubica en la categoría A (sin obstrucción) definida por la NEC como edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos, con un valor de coeficiente de corrección  $\sigma$  de 0,91.

**Tabla 42**

*Coeficiente de corrección del viento*

Altura	Sin obstrucción	Obstrucción baja	Zona edificada
	Categoría a	Categoría b	Categoría c
5	0.91	0.86	0.8
10	1	0.9	0.8
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Fuente: NEC-SE-CG, (2014), apartado 3.2.4 cargas por viento

$$V_b = 2.7 * 0.91$$

$$V_b = 0.68 \text{ m/s}$$

**Cálculo de la presión del viento**

Se establece que la fuerza del viento ejerce una presión sobre los elementos de la estructura. Para determinar la resistencia del elemento frente al empuje que ejerce el viento, para lo cual se calcula la presión **P**, cuyo valor se determina mediante la siguiente la expresión.

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

Donde:

P = Presión de cálculo expresada en Pa (N/m<sup>2</sup>).

ρ = Densidad del aire expresada en Kg/m<sup>3</sup> (En general, se puede adoptar 1.25 Kg/m<sup>3</sup>).

C<sub>e</sub> = Coeficiente de entorno/altura.

C<sub>f</sub> = Coeficiente de forma.

**Factor de entorno/altura.**

Para determinar el coeficiente de entorno (C<sub>e</sub>), se utilizó la Tabla 43 expuesta en el documento de Caguano, (2017), ya que la NEC no presenta ninguna información sobre el cálculo de dicho coeficiente.

**Tabla 43**

*Coeficiente de exposición/ altura Ce del viento*

Entorno del edificio	Altura elemento nivel de suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
<b>Centro de grandes ciudades</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.68</b>	<b>2.15</b>
<b>Zona urbanos</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.96</b>	<b>2.32</b>	<b>2.82</b>
<b>Zonas rurales</b>	<b>1.63</b>	<b>1.63</b>	<b>1.89</b>	<b>2.42</b>	<b>2.75</b>	<b>3.2</b>
<b>Terreno abierto sin obstáculos</b>	<b>1.64</b>	<b>1.93</b>	<b>2.35</b>	<b>2.81</b>	<b>3.09</b>	<b>3.47</b>

Fuente: Caguano, (2017)

El sector de estudio pertenece a la categoría de terreno abierto sin obstáculos, y la altura de la edificación es de 5 m, con estos datos se obtiene un valor de C<sub>e</sub>=1,93

f) **Factor de forma C<sub>f</sub>**

Teniendo en cuenta con que superficies de la edificación actuará el viento, se establece el coeficiente C<sub>f</sub> mediante la Tabla 44.

**Tabla 44**

*Determinación del factor de forma Cf*

<b>Construcción</b>	<b>Barlovento</b>	<b>Sotavento</b>
Superficies verticales de edificios	+0.8	

Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 o 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60 °	+0.3 a +0.7	-0.8
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Fuente: NEC-SE-CG, (2014)

Barlovento:

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

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 * 0.68^2 * 1.93 * 0.3$$

$$P = 0.16 \text{ N/m}^2$$

Sotavento:

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

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 * 0.68^2 * 1.93 * -0.6$$

$$P = -0.337 \text{ N/m}^2$$

El signo (-) significa que el viento actúa a succión y el signo (+) que el viento actúa a presión.

### Cargas sísmicas

Los requisitos de diseño para determinar la carga sísmica se basan en el comportamiento elástico lineal y no lineal de estructuras de edificación, para ello se determina una serie de parámetros que se describen a continuación.

#### Componentes horizontales de la carga sísmica: espectros elásticos de diseño

El sitio donde se diseñará la estructura, determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador caracterizada por el valor del factor de zona Z.

## Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Z

- **El valor de Z**

En Ecuador se distingue 6 zonas sísmicas caracterizadas por el valor del factor Z.

Para lo cual la zona costera está valorizada en una zona sísmica VI, presenta un peligro sísmico muy alto, como se observa en la Tabla 45.

**Tabla 45**

*Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada*

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	$\geq 0.5$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC-SE-DS (2014)

De acuerdo a la descripción geológica anterior y al ensayo de SPT realizado en la zona de estudio, se establece que el lugar donde se diseñará, existe la presencia arcilla inorgánica de baja a media plasticidad, hasta los 6 m de profundidad. Por tanto, tenemos un suelo con una tipología de perfil “E”, cuya definición de tipos de perfiles de suelo se muestra en la Tabla 46.

**Tabla 46**

*Tipos de perfiles de suelo*

Tipo de perfil	DESCRIPCIÓN	Definición
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m s}^{-1} > V_s \geq 760$ m s <sup>-1</sup>
<b>C</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de onda de cortante	$1500 \text{ m s}^{-1} > V_s \geq 760$ m s <sup>-1</sup>
<b>D</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m s}^{-1} > V_s \geq 180$ m s <sup>-1</sup>



	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100\text{KPa} > S_u$ $\geq 50\text{KPa}$
	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o V	$V_s < 180 \text{ m s}^{-1}$
<b>E</b>	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $W \geq 40\%$ $S_u < 50\text{KPa}$
<b>F</b>	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista.	

Fuente: NEC-SE-DS (2014)

Una vez identificada la zona sísmica y el tipo de perfil de suelo, se procede a definir los coeficientes del perfil del suelo. Estos factores se determinan de acuerdo a las Tablas 47, 48 y 49 presentadas a continuación.

#### **Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto**

Amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio.

**Tabla 47**

*Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto Fa*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor z					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0.15-0.9	0.25-0.9	0.3-0.9	0.35-0.9	0.4-0.9	$\geq 0.5-0.9$
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85

Fuente: NEC-SE-DS,2014

**Fa: Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca**

Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

**Tabla 48**

*Desplazamiento para diseño en roca Fd*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor z					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0.15-0.9	0.25-0.9	0.3-0.9	0.35-0.9	0.4-0.9	≥0.5-0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Fuente: NEC-SE-DS,2014

• **Fs: Comportamiento no lineal de los suelos**

De acuerdo a la normativa (NEC-SE-DS, 2014), considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

**Tabla 49**

*Comportamiento no lineal de los suelos Fs*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0.15-0.75	0.25-0.75	0.3-0.75	0.35-.0.75	0.4-0.75	≥0.5-0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: NEC-SE-DS, (2014)

### Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para períodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos:

$$Sa = \eta * Z * Fa \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$Sa = \eta * Z * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

Dónde:

$\eta$  = Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

$r$  = Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

$r = 1$  para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$r = 1.5$  para tipo de suelo E.

$S_a$  = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad).

$T$  = Período fundamental de vibración de la estructura.

$T_c$  = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$Z$  = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ .

### Razón entre la aceleración espectral.

Huaquillas pertenece a la provincia de El Oro y este a su vez a la costa ecuatoriana, por lo que el valor de  $\eta = 1.80$ .

- **Determinación del periodo de vibración T**

Como el espectro de respuesta elástico de aceleraciones ( $S_a$ ) depende del período o modo de vibración de la estructura ( $T$ ), procedemos a calcular para saber cuál de las dos ecuaciones planteadas se debe aplicar.

$$T = Ct * h_n^a$$

Dónde:

$Ct$  = Depende del tipo de edificio y se la determina a partir de la Tabla 50

**Tabla 50**

*Valores de coeficiente  $Ct$  y  $\alpha$  del periodo fundamental de la estructura*

<b>Tipo de estructura</b>	<b><math>Ct</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>
Estructura de acero	0.072	0.8
Sin arrostramientos	0.073	0.75
Con arrostramiento	0.055	0.9
Pórticos especiales de hormigos armado		
Con muros estructurales o diagonales y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Fuente: NEC-SE-DS, (2014)

Como el invernadero es de estructura sencilla, los coeficientes antes señalados serán los que se apliquen.  $H_n$  = Altura máxima de la edificación de  $n$  pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

$$T = 0,055 * 5^{0.75} \quad T = 0.18 \text{ seg}$$

Determinación del periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

$$Tc = 0,55 * Fs * \frac{Fd}{Fa}$$

$$Tc = 0,55 * 2 * \frac{1.5}{0.85}$$

$$Tc = 1.94$$

Ya que:  $T = 0,18 < T_c = 1,94$

Entonces se aplica:

$$S_a = \eta * Z * F_a$$

$$S_a = 1.80 * 0,5 * 0.85 = 0.765$$

### **Coefficientes de importancia I**

El objetivo del factor “I” es incrementar la demanda sísmica de diseño para las estructuras, para que estas puedan permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño. La estructura se clasificará en una de las categorías que se establecen en la Tabla 51, en el cual se adopta el correspondiente factor de importancia.

**Tabla 51**

*Coefficiente de Importancia*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de uso, destino e importancia</b>	<b>Coefficiente I</b>
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3

Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1
-------------------	---	---

Fuente: NEC-SE-DS, (2014)

- **Cortante basal de diseño (V).**

El cortante basal total de diseño V, a nivel de cargas últimas, aplicado a una estructura en una dirección especificada, se determinará mediante la siguiente ecuación.

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

Dónde:

Sa (Ta) =Espectro de diseño en aceleración.

$\phi_P$  y  $\phi_E$  = coeficientes de configuración en planta y elevación.

I = coeficiente de importancia.

R = factor de reducción de resistencia sísmica.

V = cortante basal total de diseño.

W = carga sísmica reactiva.

Ta =período de vibración.

$\phi_P$  y  $\phi_E$ = Coeficientes de configuración en planta y elevación, un invernadero se considera como regular en elevación y en planta, debido a que no contempla ninguno tipo de irregularidades.

En los planos descritos en el Anexo 14, se muestra la regularidad de la estructura, posee pórticos totalmente simétricos, tanto en elevación como en planta.

Los coeficientes de regularidad en planta y elevación son:  $\phi_E= 1$  y  $\phi_P= 1$

Una vez determinados todos los términos de la ecuación se puede calcular el cortante basal de diseño de la siguiente manera:

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

$$V = \frac{1 * 0.765}{2.5 * 1 * 1} * W$$

$$V=0.3% * W$$

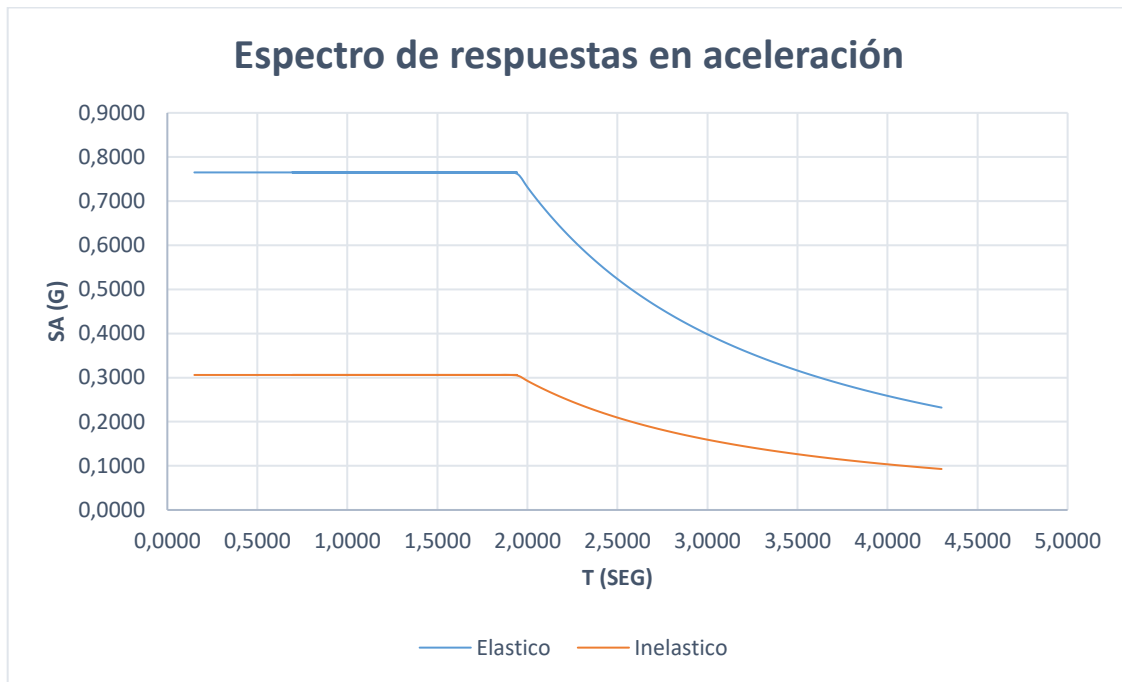
**Tabla 52***Espectro inelástico en sentido X*

<b>T seg</b>	<b>Sa Inel</b>	<b>Sa inel</b>	<b>T seg</b>	<b>Sa Inel</b>	<b>Sa inel</b>	<b>T seg</b>	<b>Sa Inel</b>	<b>Sa inel</b>
0	0.425	0.17	1.45	0.765	0.306	2.85	0.43	0.172
0.05	0.4732	0.1893	1.5	0.765	0.306	2.9	0.4189	0.1676
0.3529	0.765	0.306	1.55	0.765	0.306	2.95	0.4083	0.1633
0.15	0.765	0.306	1.6	0.765	0.306	3	0.3982	0.1593
0.21	0.765	0.306	1.65	0.765	0.306	3.05	0.3884	0.1554
0.27	0.765	0.306	1.7	0.765	0.306	3.1	0.3791	0.1516
0.33	0.765	0.306	1.75	0.765	0.306	3.15	0.3701	0.148
0.39	0.765	0.306	1.8	0.765	0.306	3.2	0.3614	0.1446
0.45	0.765	0.306	1.85	0.765	0.306	3.25	0.3531	0.1413
0.51	0.765	0.306	1.9	0.765	0.306	3.3	0.3451	0.1381
0.57	0.765	0.306	1.95	0.7598	0.3039	3.35	0.3374	0.135
0.63	0.765	0.306	2	0.7315	0.2926	3.4	0.33	0.132
1.9412	0.765	0.306	2.05	0.7049	0.282	3.45	0.3229	0.1291
0.7	0.765	0.306	2.1	0.6799	0.272	3.5	0.316	0.1264
0.75	0.765	0.306	2.15	0.6563	0.2625	3.55	0.3093	0.1237
0.8	0.765	0.306	2.2	0.6341	0.2536	3.6	0.3029	0.1212
0.85	0.765	0.306	2.25	0.613	0.2452	3.65	0.2967	0.1187
0.9	0.765	0.306	2.3	0.5932	0.2373	3.7	0.2907	0.1163
0.95	0.765	0.306	2.35	0.5743	0.2297	3.75	0.2849	0.114
1	0.765	0.306	2.4	0.5565	0.2226	3.8	0.2793	0.1117
1.05	0.765	0.306	2.45	0.5395	0.2158	3.85	0.2739	0.1096
1.1	0.765	0.306	2.5	0.5234	0.2094	3.9	0.2686	0.1075
1.15	0.765	0.306	2.55	0.5081	0.2032	3.95	0.2636	0.1054
1.2	0.765	0.306	2.6	0.4935	0.1974	4	0.2586	0.1034
1.25	0.765	0.306	2.65	0.4796	0.1918	4.05	0.2538	0.1015
1.3	0.765	0.306	2.7	0.4664	0.1865	4.1	0.2492	0.0997
1.35	0.765	0.306	2.75	0.4537	0.1815	4.15	0.2447	0.0979
1.4	0.765	0.306	2.8	0.4416	0.1766	4.2	0.2404	0.0961

Fuente: El Autor

**Figura 28**

*Espectro sísmico de respuestas en aceleración*



Como se observa en la Tabla 52 y Figura 28 se muestra el espectro sísmico de respuesta en aceleración con respecto a la zona de Huaquillas con respecto al periodo de vibración.

### **Cargas combinadas**

Una vez analizado y calculado las cargas que van a ejercer en la estructura se procede con el cálculo de la combinación de cargas para el diseño dado por el NEC-SE-GUADÚA.

**Tabla 53**

*Combinación de cargas*

<b>Combinación de cargas</b>	<b>Combinación de cargas</b>	<b>Resultados</b>
D+L	51.23 + 611.82	663 kg
D+0.75L+0.525Ex	51.23+0.75(611.82) +0.52(1113.78)	1135.92 kg

De acuerdo a la normativa (NEC-SE-GUADÚA,2017), establece que el bambú interactúa con este tipo de combinaciones de cargas. Se acoge las 3 primeras combinaciones porque son las que más se ajustan a las condiciones de cargas, presentes en el proyecto, así como se indica en la Tabla 53.

### **Vigas en flexión**



Para el procedimiento del cálculo en las vigas se usó el programa Md Solids para efectuar los momentos, flexiones, y diagramas que especifican la interacción de las vigas usadas.

Cargas de la viga.

El ángulo del tejado está a 11.31°, para determinar la fuerza que actúa.

Carga puntual de viento en barlovento.

$$C=0.0172 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Área actuante} = 25 \text{ m}^2$$

$$C_a = 25 \text{ m}^2 * 0.0172 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_p = 0.043 \text{ kgf}$$

Fuerza de viento:

Angulo del tejado: 11.31°

$$F = C_p * \text{sen}11.31^\circ$$

$$F_y = 0.049 \text{ kgf} * \text{sen}11.31^\circ$$

$$F_y = 0.084 \text{ kg}$$

- **Calculo para determinar la Fv distribuida sobre la viga**  
**Carga uniformemente distribuida.**

$$\frac{51.23+611.82+1149.89}{2} = 556.89 \text{ kg/m}$$

La combinación de carga que más afecta será la sumatoria entre la carga viva y muerta.

**Reacciones**

1113.8 kg

$$\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 1113.8 \text{ kg}$$

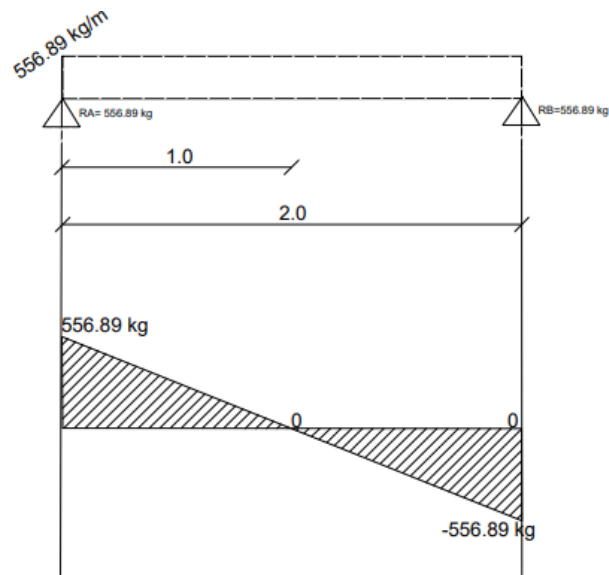
$$R_B (2) = 1113.8 \text{ kg} * 1$$

$$R_B = \frac{1135.9}{2} = 556.89 \text{ kg}$$

$$R_A = 1113.8 - 556.89 = 556.89 \text{ kg}$$

## Figura 29

### Diagrama de cortes



Fuente: El Autor

En la Figura 29 se muestra el diagrama de cortes calculado en la viga de bambú con mayor carga distribuida de 556.89 kg/m, misma que está diseñada con una longitud de 3 metros.

$$0 < X < 1$$

$$\downarrow \Sigma Fy = 0$$

- $V + q_1 - R_A = 0$

$$V = 556.89 - 556.89x$$

$$V = 556.89 \text{ kg}$$

$$V = 0 \text{ kg}$$

$$1 < X < 2$$

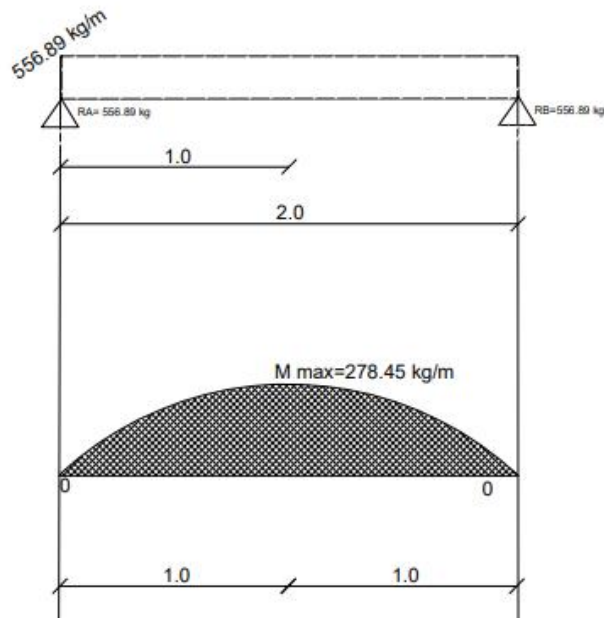
- $V + q_1 - R_b = 0$

$$V = -556.89x + 556.89$$

$$V = 0$$

$$V = -556.89$$

**Figura 30**  
**Diagramas de momentos**



En la Figura 30 se muestra el diagrama de momento de la viga de bambú de 3 metros de longitud, donde la viga presenta un momento máximo de 278.45 kg/m.

Fuente: El Autor

$$0 < X < 1$$

$$\downarrow \Sigma My = 0$$

- $M_d + q_l \left(\frac{x}{2}\right) - R_{AX}$

$$M_d = 556.89x - 556.89x \left(\frac{x}{2}\right)$$

$$M_d = 556.89x - 556.89x^2$$

$$M_d = 0 \text{ kg/m}$$

$$M_d = 283.98 \text{ kg/m}$$

$$1 < X < 2$$

$$\downarrow \Sigma My = 0$$

- $M_d + q_l \left(\frac{x}{2}\right) - R_{BX}$

- $M_d = 556.89x - 556.89x \left(\frac{x}{2}\right)$

- $M_d = 556.89x - 556.89x^2$

$$M_d = 278.45 \text{ kg/m}$$

$$M_d = 0 \text{ kg/m}$$

**Tabla 54**

*Deflexión admisible en viga de bambú.*

Deflexiones admisibles (mm)		
Condición de servicio	Elementos de techo/ cubiertas	Cargas totales l/k
Sin cielo raso		1/180

Fuente: El Autor

Se utiliza la condición 3 de la Tabla 54 de deflexiones admisibles de la norma NEC-SE-GUADÚA.

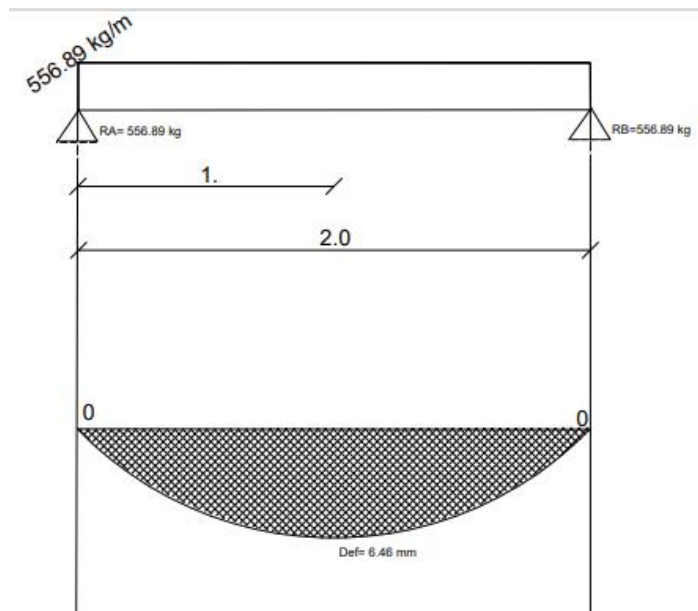
$$1/180$$

$$D_{adm} = \frac{2000 \text{ mm}}{180}$$

$$D_{adm} = 11.11 \text{ mm}$$

**Figura 31**

*Diagrama de flexión*



Fuente: El Autor

La Figura 31 muestra la deflexión calculada de la viga de bambú, y en la Tabla 55 se detalla la deflexión, bajo que condición se calculó siendo esta menor que la deflexión admisible calculada.

**Tabla 55**

*Deflexión de viga según la condición de carga*

Condición de carga	Deflexión
Carga uniformemente distribuida	$\Delta = \frac{5q * l^4}{384EI}$

Fuente: El Autor

$$\Delta = \frac{5 * 5.5717 \text{ N/mm} * 2000^4}{384 * 176060742793.40}$$

$$\Delta = 6.46 \text{ mm}$$

### Momento resistente

$$S = \frac{\pi(D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

Dónde:

$f_b$  = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

M = Momento actuante sobre el elemento en Nmm

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

S = Módulo de sección en mm<sup>3</sup>

El módulo de sección S, para un culmo de bambú se expresa con la siguiente fórmula:

Dónde:

S = Módulo de sección en mm<sup>3</sup>

$D_e$  = Diámetro promedio exterior del culmo en mm<sup>3</sup>

t = Espesor promedio de la pared del culmo en mm

$$S = \frac{\pi(150^4 - (120)^4)}{32(150)}$$

$$S = 195623.05 \text{ mm}^3$$

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

$$f_b = \frac{2785855.966 \text{ N/mm}}{195623.05 \text{ mm}^3} \leq 15$$

$$f_b = 14.24 \text{ MPa} \leq 15 \text{ MPa}$$

### **Esfuerzo cortante paralelo a las fibras**

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

Donde:

$f_v$  = Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa

A = Área de la sección transversal del elemento de guadúa, en  $\text{mm}^2$

$D_e$  = Diámetro externo promedio de la sección de guadúa, en mm

t = Espesor promedio de la sección de guadúa, en mm

$F'_v$  = Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa

v = Fuerza cortante en la sección considerada, en N

$$f_v = \frac{2 * 5571.71 \text{ N}}{3 * 6361.725124 \text{ mm}^2} * \left( \frac{3 * 150^2 - 6 * 150 * 30 + 430^2}{150^2 + 2 * 150 * 30 + 2 * 30} \right) \leq F'_v$$

$$f_v = 0.82 \text{ MPa} \leq 1.2 \text{ MPa}$$

### **Aplastamiento**

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

Dónde:

$F_p$  = Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa

$f_p$  = Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa

$D_e$  = Diámetro externo promedio de la sección de bambú, en mm  
Espesor promedio de la sección de bambú, en mm

L = Longitud de apoyo, en mm

R= Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

$$f_p = \frac{3 * 5571.71 * 150}{2 * 30^2 * 200} \leq F_p$$

$$f_p = 0.7 \text{ Mpa} \leq 1.4 \text{ Mpa}$$

### Diseño de columnas de bambú.

Tomando en cuenta el módulo de elasticidad que es 7500 MPa o 76479 kg/cm<sup>2</sup> y esfuerzo a la compresión de 14 MPa o 142.8 Kg/cm<sup>2</sup> se procede con el cálculo del radio de giro, toma en cuenta la inercia y el área actuante

- **INERCIA**

$$I = \frac{\pi D^4_{ext}}{64} - \frac{\pi D^4_{int}}{64}$$

$$I = \frac{\pi 150^4}{64} - \frac{\pi 120^4}{64}$$

$$I = 1467.17 \text{ cm}^4 * 3 \text{ columnas}$$

$$I = 44015185.70 \text{ mm}^4$$

- **ÁREA ACTUANTE**

$$D = 150$$

$$d = 120$$

$$A = 6361.73 \text{ mm}^2 * 3 \text{ columnas}$$

$$A = 19085.17537 \text{ mm}^2$$

- **Radio de giro**

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

$$r = \sqrt{\frac{44015185.70 \text{ mm}^4}{19085.1753 \text{ mm}^2}}$$

$$r = 48.02$$

Se procede a la realización del cálculo de esbeltez y su determinada relación de control.

La longitud total de la columna es de 5000 mm, de la cual se fragmentará en los 3 sunchos a una distancia de 1500 mm

$$\lambda = \frac{k.L}{r}$$

$$\lambda = \frac{0.7 * 1500 \text{ cm}}{48.02}$$

$$\lambda = 21.86$$

- **Relación de control**

$$Ck = 2,565 * \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$Ck = 2,565 * \sqrt{\frac{7500}{14}}$$

$$Ck = 59.37$$

El cual se establece que Cuando  $\lambda < 30$  " columna corta"

Por lo cual

$$f_c = \frac{N}{A} \leq F_c$$

$$f_c = \frac{11143.42}{19085.17537} \leq F_c$$

$$f_c = 0.58 \text{ MPa} \leq 14 \text{ Mpa}$$

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

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

Dónde:

$f_t$  = Esfuerzo a tensión actuante, en MPa

$T$  = Fuerza de tensión axial aplicada, en N

$F_t$  = Esfuerzo de tensión admisible, en MPa

$A_n$  = Área neta del elemento, en  $\text{mm}^2$



$$f_t = \frac{T}{An} \leq Ft$$

$$f_t = \frac{11143.42}{19085.17537} \leq Ft$$

$$f_t = 0.58$$

$$f_c = 0.58 \text{ MPa} \leq 19 \text{ MPa}$$

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

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

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1.0$$

Dónde:

$f_t$  = Esfuerzo a tensión actuante, en MPa

$F'_t$  = Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa

$f_b$  = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

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

$$\frac{1.75}{19} + \frac{14.24}{15} \leq 1.0$$

$$0.98 \leq 1.0$$

### Elementos solicitados a flexo-compresión

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

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

Donde:

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

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

$f_b$  = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa.

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

$k_m$  = Coeficiente de magnificación de momentos.

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5\left(\frac{N_a}{N_{er}}\right)}$$

Dónde:

$N_a$  = Carga de compresión actuante, en N

$N_{er}$  = Carga crítica de Euler

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

Dónde:

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

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

$I$  = Momento de inercia de la sección, en mm<sup>4</sup>

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

$$N_{er} = \frac{\pi^2 * 7500 * 14671728.57}{5000^2}$$

$$N_{er} = 1448041.57$$

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5\left(\frac{11143.42}{1448041.57}\right)}$$

$$k_m = 1.012$$

$$\frac{0.58}{14} + \frac{1.012 * 14.24}{15} \leq 1.0$$

$$0.95 \leq 1.0$$

- **Diseño de uniones con mortero.**

La resistencia de la unión con mortero, es calculada mediante la siguiente formula:

$$P = -600 + 2400*De - 2500*Di$$

$$P = -600 + 2400*15 - 2500*12$$

$$P=5400 \text{ kg}$$

Cada unión con mortero tendrá la resistencia de 5400 kg para soportar la estructura, de igual manera las uniones con elementos diagonales distribuirán el peso de la estructura a la columna.

- **Diseño de cimentaciones y zapatas aisladas.**

Para el diseño de las cimentaciones se tendrá en cuenta todas las columnas y estructuras usada dentro del invernadero.

Estos cimientos tendrán una altura de 0.40 m entre el piso y el inicio de la columna.

- A partir de la norma el tendrán un espesor de 0.05 m en los cuatro frontales del dado, más el ancho que se tenga en cada columna diseñada.
- Se usarán varillas de acero de 10 mm para sujetar los culmos.

### **Zapatas.**

#### **Datos:**

Normativa ACI-318-14

- ✓  $r = 75 \text{ mm}$  de recubrimiento bajo la varilla.
- ✓  $d = 150 \text{ mm}$  de espesor del peralte efectivo del hormigón.

$$r+d$$

$$7.5+15= 22.5 \text{ cm}$$

$$\therefore H = r + d \geq 22.5 \text{ cm}$$

**Se propone  $H = 25 \text{ cm}$  y,**

**Proponiendo:** Varilla N° 3 (10 mm) para el armado de la zapata.

- **Cálculo de peralte efectivo  $d$**

$r =$  distancia del centro del acero a la base.

$r = 7.8 + 1.5$  ( $\emptyset$  varilla), donde: el diámetro varilla (10 mm ó 1 cm)

$r = 7.8 + 1.5$  (**1cm**)

$r = 9.23 \text{ cm}$

$$d_{\text{calculado}} = H - r = 25 - 8.93 = 16.07 \text{ cm} > 15.77 \text{ cm}$$

- **Cálculo de la presión neta que es capaz de soportar el suelo**

- ✓  $q_a = Q_{adm} =$  Capacidad de carga admisible del suelo nivel desplante = 17.16Ton /  $m^2$  o 1.72 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓  $\gamma_m =$  Peso específico del suelo = 1.35 Ton / m<sup>3</sup>
- ✓  $\gamma_c =$  Peso específico del concreto = 2.4 Ton / m<sup>3</sup> (peso volumétrico).
- ✓  $H_f = 1.5$  m
- ✓  $q_e \equiv$  Presión Neta que es la Resultante del análisis de las presiones ascendentes y descendentes en el nivel de desplante.

$$q_e = q_a - (\gamma_m * H_{suelo} + \gamma_c * H_{concreto})$$

$$q_e = 17.16 \text{ Ton} / m^2 - 1.35 \text{ Ton} / m^3 (1.5) - 2.4 \text{ Ton} / m^3 (0.25)$$

$$q_e = 14.87 \text{ Ton} / m^2$$

- **Área necesaria mínima de la Zapata.**

$$A_{nes} = \frac{P}{q_e}$$

Donde:

$A_{nes} =$  Área necesaria.

$P =$  Carga Real no factorizada

$q_e =$  Carga neta.

$$A_{nes} = \frac{1.136 \text{ Ton}}{14.87 \frac{\text{Ton}}{m^2}}$$

$$A_{nes} = 0.07m^2$$

$B \equiv$  ancho de cimentación.

$$B = \sqrt{A_{nes}} = \sqrt{0.07} = 0.27m$$

- **Determinación de la presión ascendente uniformemente distribuida sobre la zapata**

$$q_u = \frac{Pu}{A}$$

Donde:

$q_u =$  Presión ascendente.

$Pu =$  Carga factorizada.

$A =$  Área de zapata.

$$q_u = \frac{1.136 \text{ Ton}}{0.6 * 0.6}$$

$$q_u = 3.16 \text{ Ton} / \text{m}^2 = 3160 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$Q_{\text{adm}} > q_u > q_e = 17.16 \text{ Ton/m}^2 > 1.96 \text{ Ton/m}^2 > 14.53 \text{ Ton/m}^2.$$

Como no se cumple con la normativa se establece que el área de la zapata será mayor a la de los cimientos.

Por tal motivo el área de la zapata será de 3600 cm<sup>2</sup>

- **Fuerza cortante en una dirección.**

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$q_u = \frac{V_u}{A}$$

$$V_u = A * q_u$$

$$V_u = \left( \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d \right) * B * q_u$$

$$V_u = \left( \frac{0.55}{2} - \frac{0.25}{2} - 0.16 \right) * 0.6 * 1.96$$

$$V_u = 0.02 \text{ ton}$$

- **Cortante nominal resistente del concreto en una dirección.**

$$V_c = 0.53 \lambda \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$V_c = 0.53 * 1 * \sqrt{210} * 0.6 * 0.16$$

$$V_c = 7.41 \text{ ton}$$

$$\phi = 0.75$$

$$\phi * V_c = 0.75 * 7.41 \text{ Ton} = 5.55 \text{ Ton}$$

$$V_u < \phi V_c \quad 0.02 \text{ Ton} < 5.55 \text{ Ton}$$

- **Diseño de la zapata considerando la transmisión de la fuerza cortante en dos direcciones.**

$$V_u = (B^2 - (a + d) * (b+d)) * q_u$$

○

$$V_u = (60^2 - (55+ 16.07) * (25+16.07)) * 1.96$$

$$V_u=0.13 \text{ ton}$$

- **Cálculo del cortante resistente del concreto  $V_c$ , en dos direcciones.**

$$b_o = \frac{2*(a+d)+2*(b+d)}{100}$$

$$b_o = \frac{2*(55+16.07)+2*(25+16.07)}{100}$$

$$b_o = 2.24 \text{ m}$$

$$✓ V_c = 1.1\lambda\sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_c = 1.1 * 1 * \sqrt{210} * 2.24 * 0.1607$$

$$V_c = 57.45 \text{ ton}$$

- **Diseño de la zapata para resistir el Momento Flexionante.**

Es el que se origina por la fuerza ascendente que genera el suelo sobre la zapata en dirección de abajo hacia arriba.

$$M_u = \left[ B * \left( \frac{B - b}{2} \right) \right] * q_u * \left( \frac{B - b}{4} \right)$$

$$M_u = \left[ 0.6 * \left( \frac{0.6 - 0.25}{2} \right) \right] * 1.96 * \left( \frac{0.6 - 0.25}{4} \right)$$

$$M_u = 0.02 \text{ ton.m}$$

Con el fin de determinar el acero de refuerzo que permita resistir el momento ultimo de 0,02 Ton.m-1 procedemos a:

Determinar el momento resistente del concreto, para lo cual es necesario establecer los siguientes parámetros.

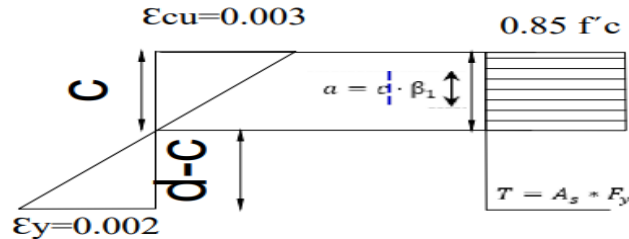
- **Momento resistente del concreto**

El estado de falla balanceada, se diseña en resistencia con acero, por lo tanto, se calcula la cantidad de acero.

En la Figura 32 se muestra el momento resistente del concreto, misma que muestra el estado de falla balanceada, de la cual se debe calcular la cantidad de acero.

**Figura 32**

*Esfuerzo y deformaciones en zapata*



Fuente: NEC-SE-HM, (2015).

Donde:

$\epsilon_y$  = Deformación unitaria del acero.

$\epsilon_{cu}$  = Deformación unitaria del concreto.

$d$  = Peralte efectivo

$a$  = Profundidad del bloque de esfuerzos

$c$  = Distancia al eje neutro

$$\frac{c}{\epsilon_{cu}} * \frac{d}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}}$$

$$c = \frac{\epsilon_{cu} * d}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}}$$

$$c = \frac{0.03(16.07)}{0.002 + 0.003} = 9.64 \text{ cm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(f'c - 280)}{70} = 0.85$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(210 - 280)}{70} = 0.92 \therefore \beta_1 = 0.85$$

$a = 0.85 * 9.64 \text{ cm} = 8.20 \text{ cm}$ , profundidad del bloque de compresión.

$$1. \quad Mn = 0.85 f'c * (a * \beta) * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$2. \quad Mn = As * Fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

### 3. $\mu \leq \phi M_n$

$$a. \mu \leq \phi M_n \rightarrow \mu \leq \phi F_y * A_s * (d - a/2)$$

$$\therefore A_s = \frac{\mu}{\phi F_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} = (\text{Acero Requerido})$$

$$a) A_s = \frac{14}{F_y} * B_w * d = \left(\frac{14}{4200}\right) 60 \text{ cm} * 16.07 = 3.55 \text{ cm}^2$$

$$b) A_s = \frac{0.80 \sqrt{f'c}}{F_y} * b_w * d = \frac{0.80 \sqrt{210}}{4200} * (60) * (16.07) = 2.66 \text{ cm}^2$$

$$c) \text{Varillas \#3 (10 mm)} = \frac{3.55 \text{ cm}^2}{0.71 \text{ cm}^2} = 5$$

d) Varillas = 5 varillas

e) El acero realmente utilizado será:

f)  $A_s = 5 * 0.71 \text{ cm}^2 = 3.55 \text{ cm}^2$ , con esta nueva área de acero debemos calcular el  $M_n$  final pero primero necesitamos saber la nueva profundidad del bloque de esfuerzos “a”

$M_n = 0.85 f'c' * (a * \beta) * \left(d - \frac{a}{2}\right) = A_s * F_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \rightarrow$  igualamos  $1^{\wedge} 2$ ; anulamos términos iguales y despejamos “a”.

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 f'c' * B} = \frac{3.55 * 4200}{0.85 (210) * 60} = 1.52 \rightarrow \text{nueva profundidad del bloque de esfuerzos,}$$

finalmente:

$$M_n = A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n = 3.55 * 4200 * \left(16.07 - \frac{1.52}{2}\right) = 2.28 \text{ ton} * m$$

$$\phi M_n = 0.9(1.29 \text{ Ton} * m) = 2.05 \text{ ton} * m$$

**Distancia de separación entre varillas.**

$$\frac{60 - 2(7.5)}{5 - 1} = 10 \text{ cm}$$

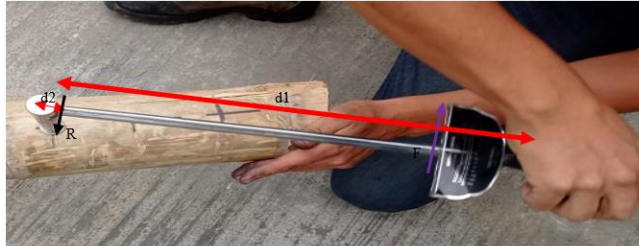
Para la zapata se utilizarán 5 varillas de 10 mm cada 10 cm para la realización de la parrilla como se indica en los planos arquitectónicos.

El cuello de columna de hormigón tiene un área de 0,55\*0,25m, las dimensiones establecidas, están dentro del área requerida por las columnas de bambú. Las recomendaciones



hechas por la NEC “Guía práctica de la construcción”, indica que los cuellos de la zapatas o cimientos deben usar estribos de 8mm de diámetro mínimo, espaciados cada 10 cm.

### Anexos 9 Aplastamiento del bambú



Fuente: El Autor

$$F_p \perp = E \text{ admisible} = 1.4 \text{ MPa}$$

Lectura de llave= 12.5 lb\*pie

$$F_M = ?$$

$$F_R = ?$$

$$d_1 = 0.4 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.04 \text{ m} = 0.01312 \text{ pie}$$

$$\text{Área del tornillo} = 3.65 \text{ cm}^2 = 3.65e-4 \text{ m}^2$$

$$\Sigma M_o \uparrow = 0$$

$$F_M(d_1) - F_R(d_2) = 0$$

$$F_R(d_2) = 12.5 \text{ lb*pie}$$

$$F_R(0.01312 \text{ pie}) = 12.5 \text{ lb*pie}$$

$$F_R = \frac{12.5 \text{ lb} * \text{pie}}{0.01312 \text{ pie}}$$

$$F_R = 952.744 \text{ lb f}$$

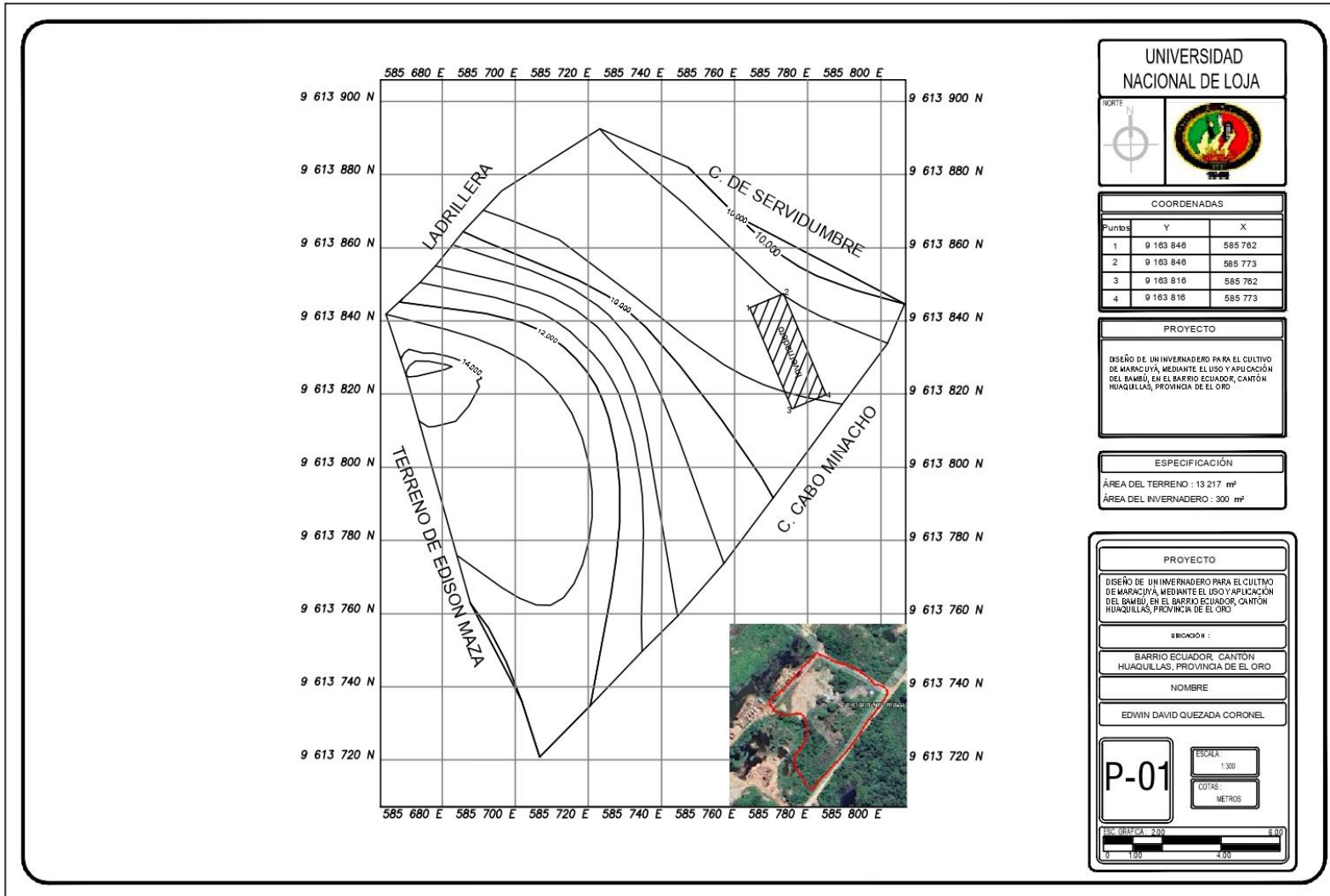
$$F_R = 4244.041 \text{ N}$$

$$E = \frac{F_R}{A_o}$$

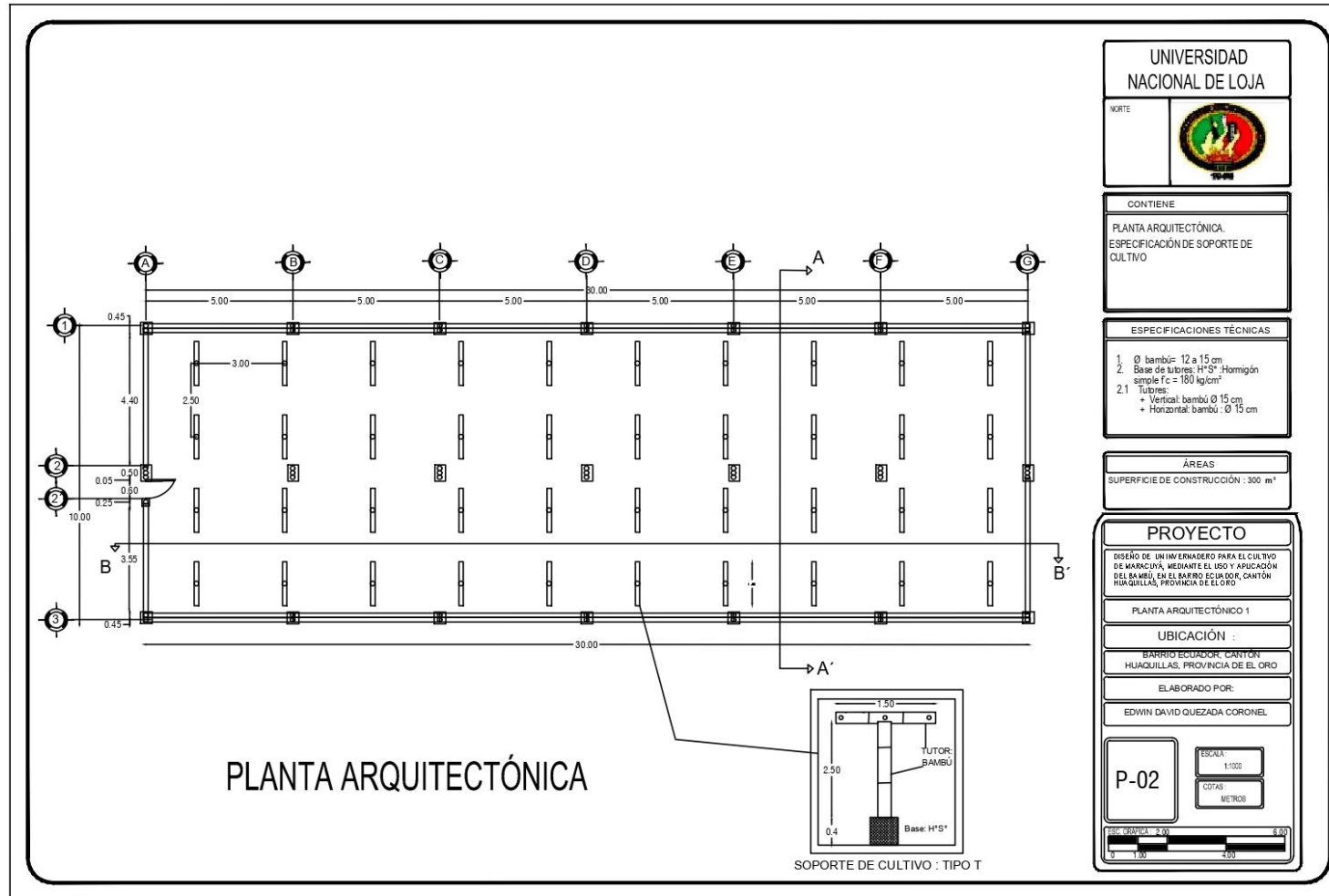
$$E = \frac{4244.041 \text{ N}}{3.65e^{-4} \text{ m}^2}$$

$E = 11.63 \text{ MPa}$  esfuerzo último a la compresion paralela a la fibra.

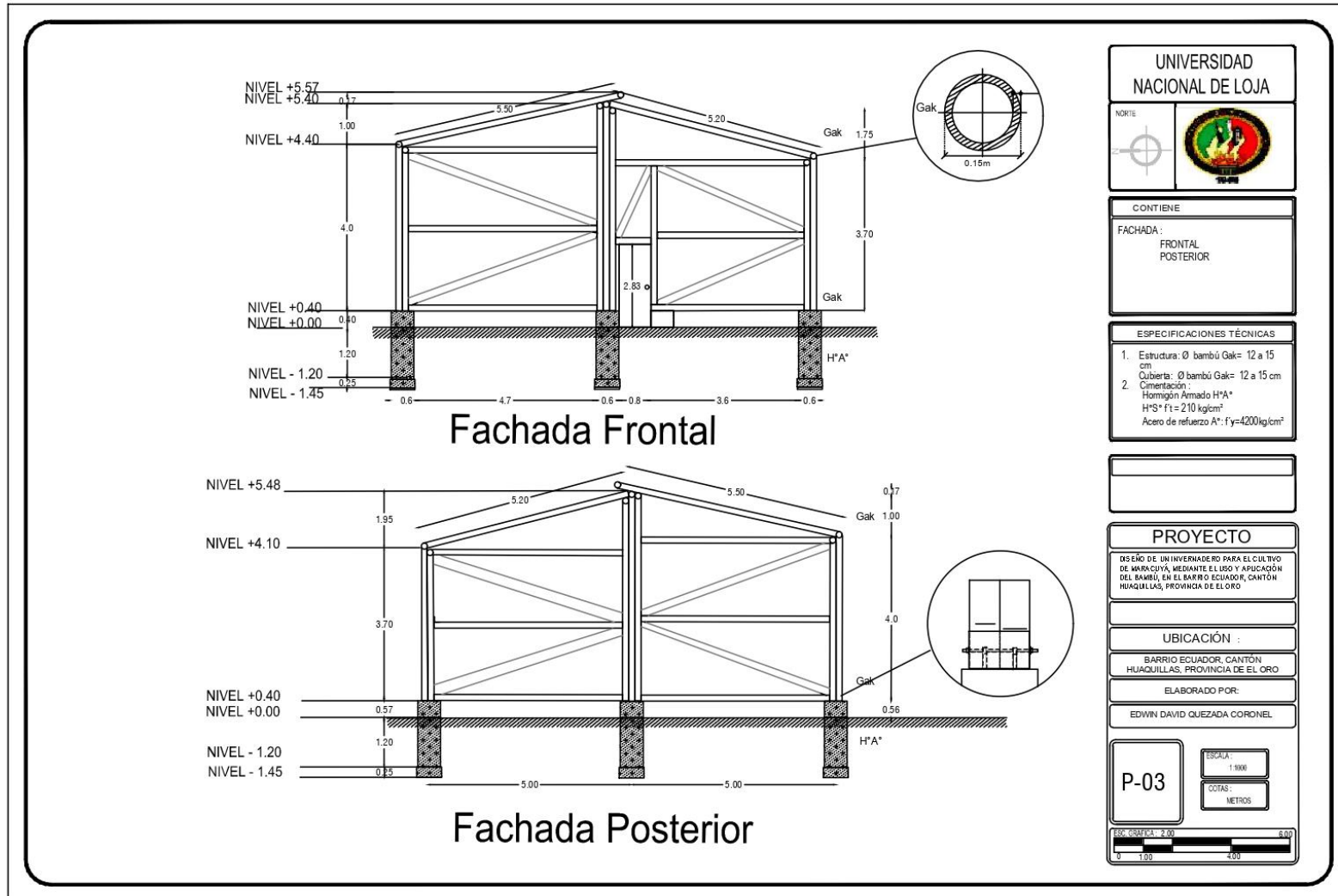
# Anexos 10 Topografía

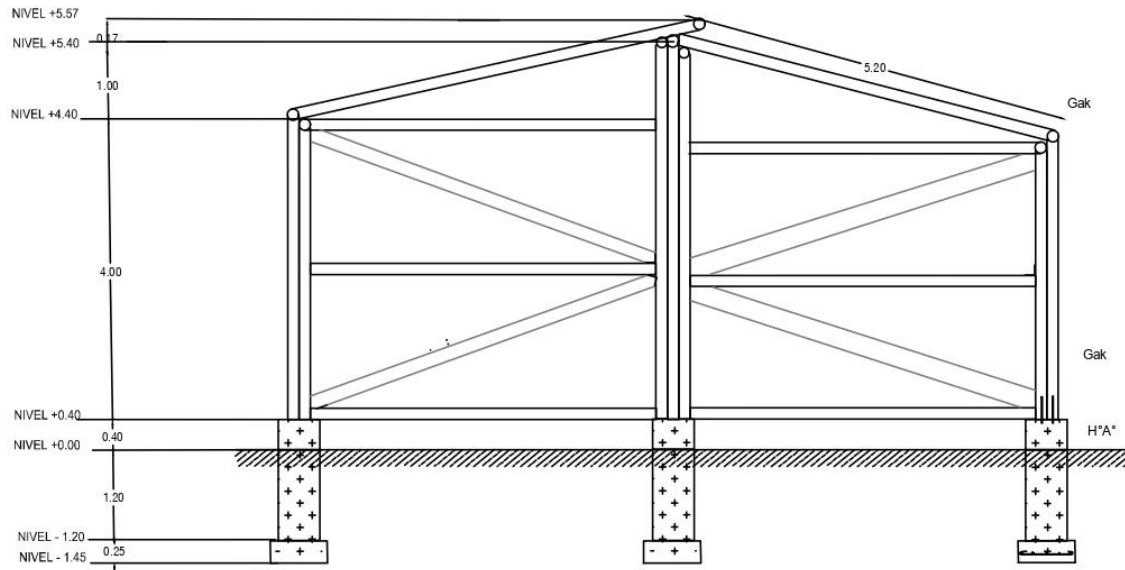


Anexos 11 Plano arquitectónico, detalle de espaldera tipo T

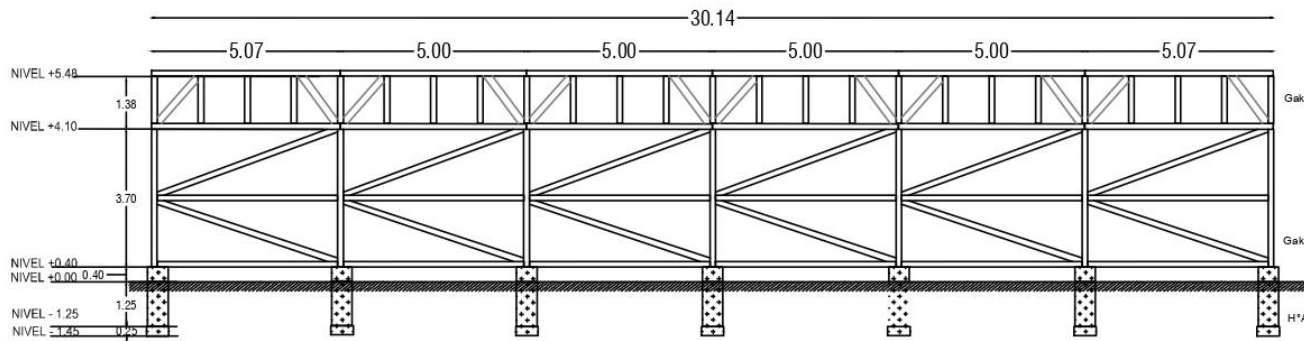


## Anexos 12 Planos arquitectónicos





Corte A-A'



Corte B-B'

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

NORTE

CONTIENE

CORTE:  
 Transversal A-A'  
 Longitudinal B-B'

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Estructura: Ø bambú Gak= 12 a 15 cm
2. Cubierta: Ø bambú Gak= 12 a 15 cm

Cimentación:  
 Hormigón Armado H\*A\*  
 H\*S\* f1 = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 Acero de refuerzo A\*: f<sub>y</sub>=4200 kg/cm<sup>2</sup>

PROYECTO

DESÑO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MARACUYÁ, MEDIANTE EL USO Y APLICACIÓN DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO

UBICACIÓN :

BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO

ELABORADO POR:

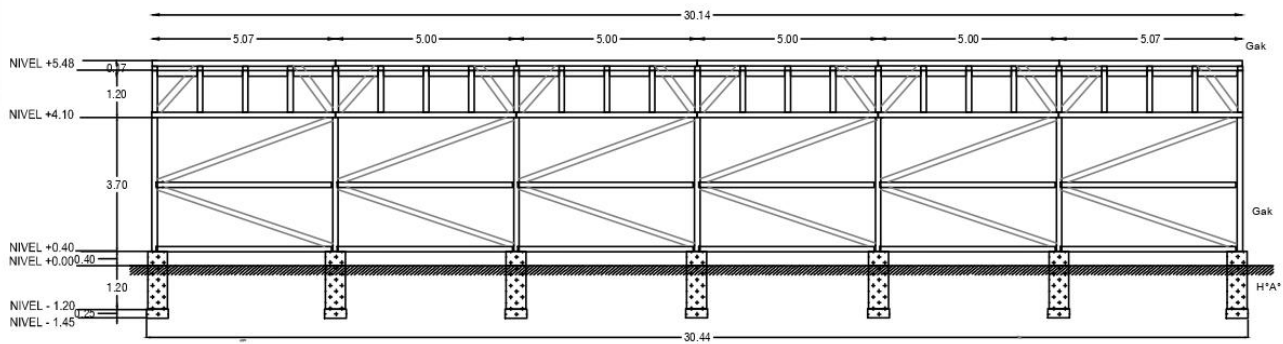
EDWIN DAVID QUEZADA CORONEL

P-04

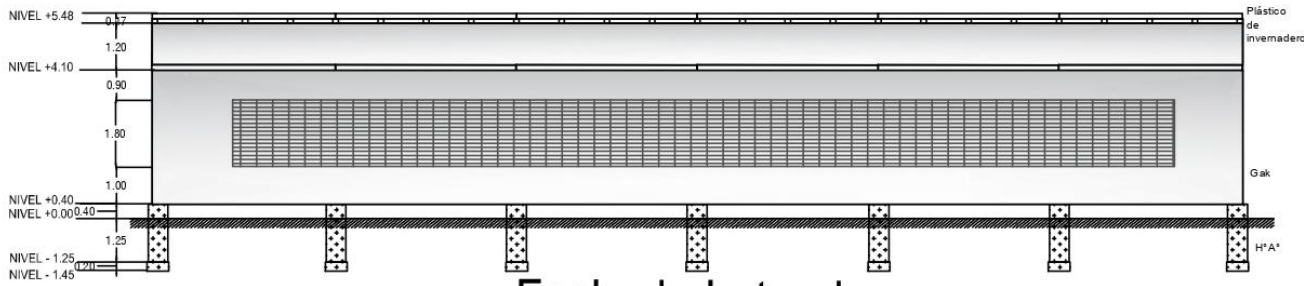
ESCALA: 1:1000

DOTAS: METROS

ESC. GRÁFICA: 2.00



Fachada Lateral-Estructura



Fachada Lateral

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CONTIENE

Fachada lateral-estructura de bambú-Gak  
 Fachada lateral-estructura de bambú-Gak + cubierta de plástico para invernadero de 50 micras de espesor

- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
1. Estructura: Ø bambú Gak= 12 a 15 cm  
 Cubierta: Ø bambú Gak= 12 a 15 cm
  2. Paredes:  
 + Plástico de invernadero de 50 micras de espesor  
 + Malla Sasis
  3. Cimentación:  
 Hormigón Armado H'A\*  
 H'5' f'c= 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 Acero de refuerzo A\*: f'y=4200 kg/cm<sup>2</sup>

PROYECTO

DISEÑO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MARACUYÁ, MEDIANTE EL USO Y APLICACIÓN DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO

UBICACIÓN :

BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO

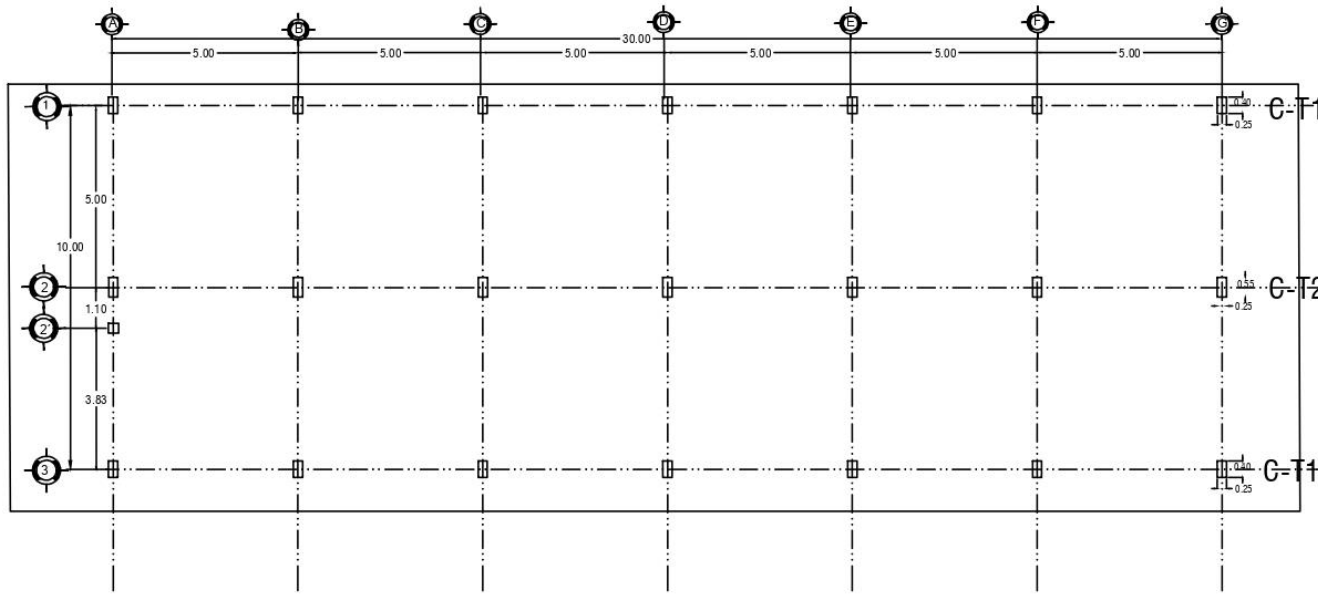
ELABORADO POR:

EDWIN DAVID QUEZADA CORONEL

P-05

ESCALA: 1:1000

COTAS: METROS



## PLANTA DE CIMENTACIÓN

DETALLE DE CIMENTACION		
EJE	CIMENTACIÓN	OBSERVACION
A1-B1-C1-D1-E1-F1-G1	TIPO 1	Ver detalle en plano P-07
A3-B3-C3-D3-E3-F3-G3	TIPO 1	Ver detalle en plano P-07
A2-B2-C2-D2-E2-F2-G2	TIPO 2	Ver detalle en plano P-07

UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA



CONTIENE

Planta de cimentaciones  
especificaciones del tipo de zapata en cada eje.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Total de Zapatas : 21  
Tipo 1 = 0.55\*0.25 : 14 plintos  
Tipo 2 = 0.45\*0.25 : 7 plintos

PROYECTO

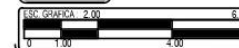
DESIGNO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MARACUYA, MEDIANTE EL USO Y APLICACION DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTON HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO

UBICACIÓN :

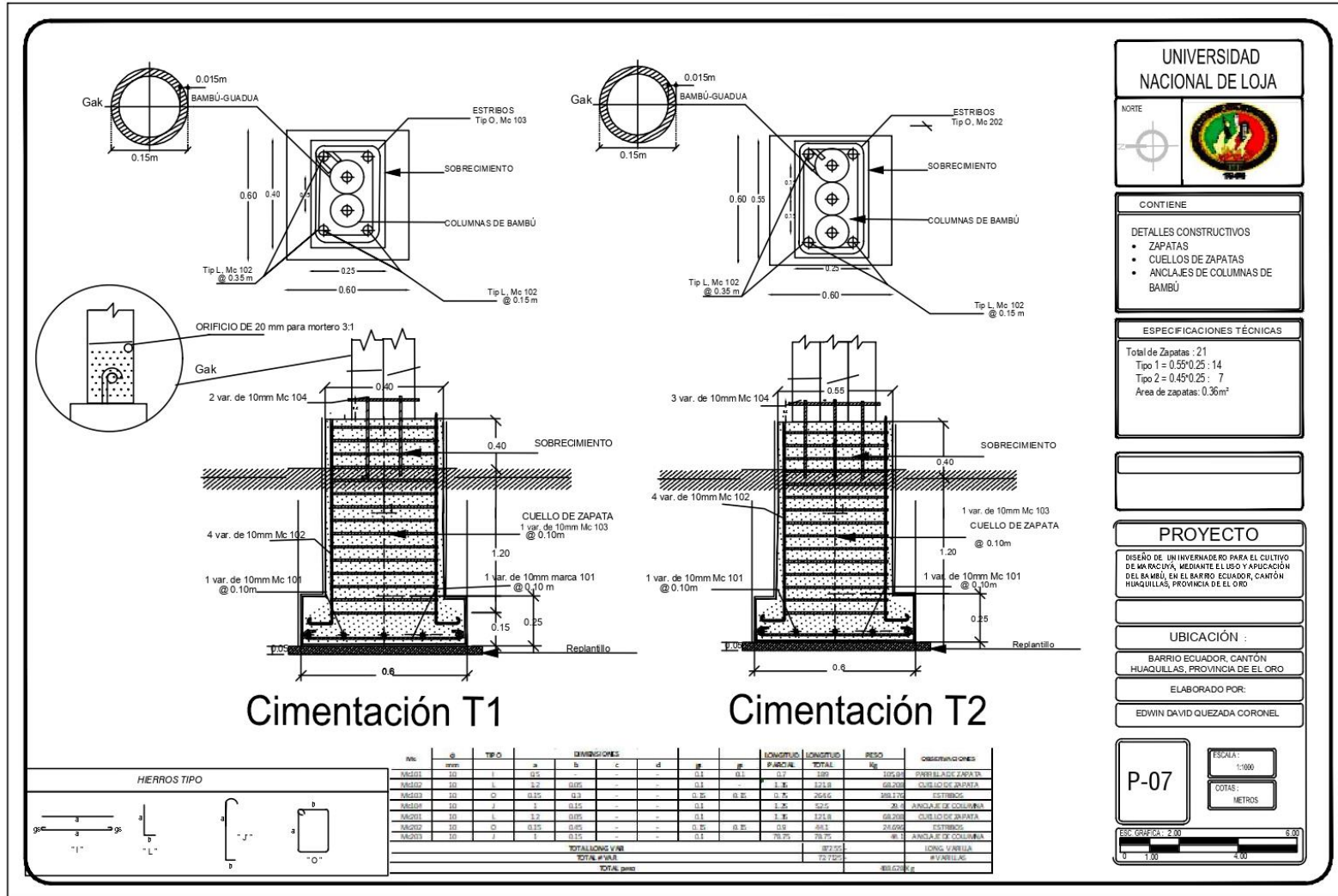
BARRIO ECUADOR, CANTON HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO

ELABORADO POR:

EDWIN DAVID QUEZADA CORONEL



# Anexos 13 Plano de zapata





# Anexos 14 Planos arquitectónicos de uniones

**UNIÓN PERPENDICULAR CON CORTE BOCA DE PESCADO Y CON PERNO TENSOR**

Escala 1:5

**UNIÓN LONGITUDINAL CON MADERA**

Escala 1:5

**UNIÓN DIAGONAL CON CORTE BOCA DE PEZ Y CON PERNO TENSOR**

Escala 1:5

**UNIÓN DIAGONAL CORTE PICO DE FLAUTA, PERNO TENSOR Y MORTERO**  
UNIÓN CON CORTE BOCA DE PESCADO LATERALES CON PERNO TENSOR CON ANCLAJE

Escala 1:5

**UNIÓN DIAGONAL CON BAMBÚ DE APOYO**  
CORTE PICO DE FLAUTA, PERNO TENSOR Y MORTERO

Escala 1:5

**UNIÓN PERPENDICULAR CON PERNO TENSOR CON ANCLAJE**

Escala 1:5

**UNIÓN DOBLE DIAGONAL CON CORTE PICO DE FLAUTA Y CON PERNO TENSOR**

Escala 1:5

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

Contiene

**DETALLES CONSTRUCTIVOS.**

- ENSAMBLES DE UNIONES

---

**Especificaciones Técnicas**

Corte recto: plano y perpendicular al eje del culmo.  
 Corte boca de pez: cóncavo transversal al eje del culmo.  
 Corte pico de flauta: a diversos ángulos respecto al eje del culmo.  
 No se admiten uniones clavadas que provoquen grietas longitudinales en las fibras del culmo.

Los pernos y pletinas usados para las conexiones empalmadas deben ser de acero estructural con refuerzo de fuerza no menor a 240 MPa, al diámetro mínimo permitido para los pernos es de 9,5 mm y el espesor mínimo de las pletinas será de 5 mm (3/16").

---

**PROYECTO**

DISEÑO DE UN INVERNAJE EN EL C. JUVENIL DE MANACAPASA, MUNICIPIO DE JÚZUY ARICAUCAN DEL BAMBUSA, EN EL BAÑITO ECUMÉNICO, CANTÓN HUACULLAS, PROVINCIA DE EL ORO

**UBICACIÓN :**

BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUACULLAS, PROVINCIA DE EL ORO

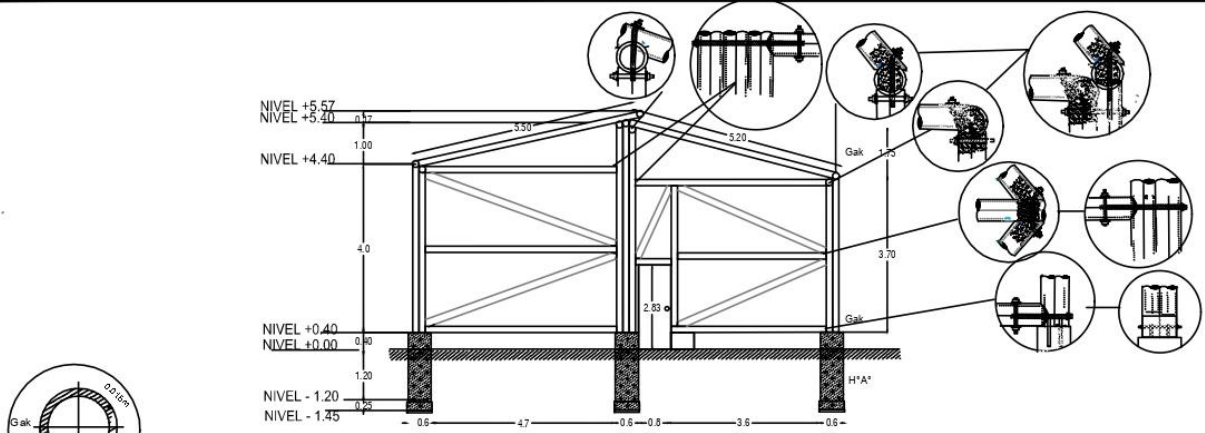
**ELABORADO POR:**

EDWIN DAVID QUEZADA CORONEL

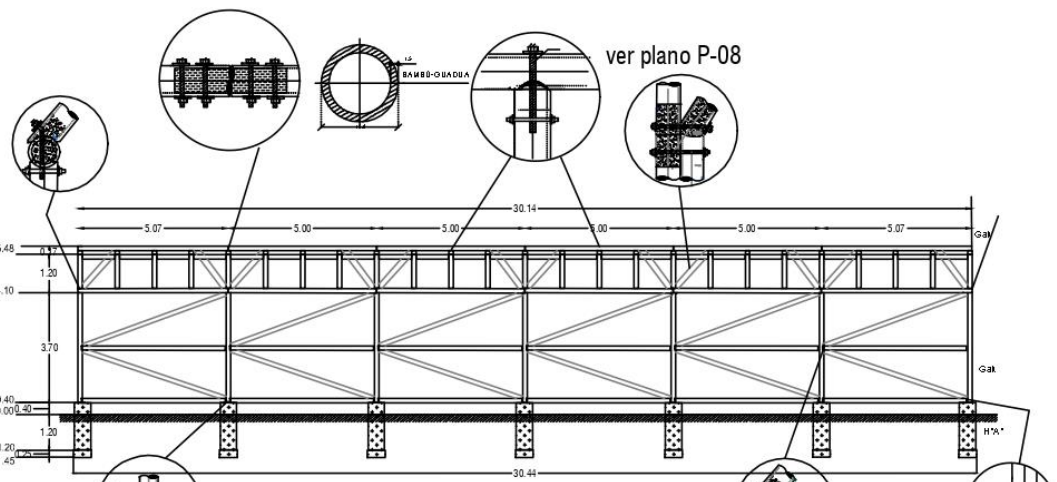
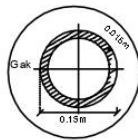
P-08

ESCALA: 1:5

COTAS METROS



Fachada Frontal



Fachada Lateral-Estructura

ver plano P-08

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

NORTE

---

Contiene

UBICACIÓN DE UNIONES  
ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS

---

Especificaciones Técnicas

Corte recto: plano y perpendicular al eje del culmido.  
 Corte boca de pez: cóncavo transversal al eje del culmido.  
 Corte pico de flauta: a diversos ángulos respecto al eje del culmido.  
 No se admiten uniones clavadas que provoquen grietas longitudinales en las fibras del culmido.

Los pernos y pletinas usados para las conexiones empalmadas deben ser de acero estructural con refuerzo de fluencia no menor a 240 MPa; el diámetro máximo permitido para los pernos es de 9,5 mm y el espesor mínimo de las pletinas será de 5 mm (3/16").

---

**PROYECTO**

DISEÑO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MATAJÓN, MIEBANTE EL USO Y APLICACIÓN DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO

---

UBICACIÓN :

BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO

---

ELABORADO POR:

EDWIN DAVID QUEZADA CORONEL

---

P-09

ESCALA: 1:5

COTAS: METROS

---

ESCALA GRAFICA: 2:00

**Anexos 15** Análisis de Precios Unitarios de un invernadero de bambú para la producción de maracuyá

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.						
LIMPIEZA DEL TERRENO						
RUBRO:			UNIDAD	Hoja 1 de ...		
			RENDIMIENTO	m <sup>2</sup>	6.8729	m2/hora
DETALLE:	MANUAL					
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.	
Herramientas manual	5%MO			0.0000	0.0425	
Seguridad industrial	2%MO				0.0170	
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.0594	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.	
		\$/hora	\$/hora	hora/m2		
Peón	1.5000	3.6200	5.4300	0.1455	0.7901	
Maestro de obra	0.1000	4.0600	0.4060	0.1455	0.0591	
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					0.85	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL		
SUBTOTAL DE MATERIALES:					0	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL		
						0
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:					0	
				COSTO TOTAL DIRECTO	0.91	
				INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.18171553	
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.09	
				VALOR OFERTADO	1.09	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

Hoja 1 de ...

RUBRO: REPLANTEO Y TRAZADO UNIDAD m2  
 RENDIMIENTO **17.91** m2/hora

DETALLE:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO		0.0000		0.0101
Seguridad industrial	2%MO				0.0040
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.0141

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H \$/hora	C/HORA \$/hora	REND hora/m2	TOTAL.
Peón	1.0000	3.6200	3.6200	0.0558	0.2021
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					0.20

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
TIRAS DE 0.25*0.25*0.25	UNIDAD	0.2	0.75	0.15
ESTACAS	UNIDAD	0.2	0.25	0.05
CALVOS C/C LISO	KG	0.01	0.5	0.005
TOTAL				0.205

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	
				0
				0
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:				0

COSTO TOTAL DIRECTO	0.42
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.08425405
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.51
VALOR OFERTADO	0.51

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.						
RUBRO:	excavacion a mano plintos	UNIDAD	m3	RENDIMIENTO	<b>0.9</b>	
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.	
Herramientas manual	5%MO			0.0000	0.3124	
Seguridad industrial	2%MO				0.1250	
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.4373	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.	
Peón	1.5000	3.6200		5.4300 1.1111	6.0333	
Maestro de obra	0.0500	3.8600		0.1930 1.1111	0.2144	
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					6.25	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL		
					0	
					0	
					0	
SUBTOTAL DE MATERIALES:					0.00	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL		
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:					0	
COSTO TOTAL DIRECTO					6.69	
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					1.33702444	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8.02	
VALOR OFERTADO					8.02	

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.**

RUBRO:	Hormigón simple f'c = 180 Kg/cm2 PARA REPLANTILLO	UNIDAD	Hoja 1 de ... m2	RENDIMIENTO	<b>90</b>
DETALLE:					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO				0.0083
Seguridad industrial	2%MO				0.0033
concretera	1	3.1	3.1	0.01111111	0.0344
vibrador	1	2.45	2.45	0.01111111	0.0272
				<b>SUBTOTAL DE EQUIPO:</b>	<b>0.0732</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.
Peón	4.0000	3.6200	14.4800	0.0111	0.1609
albañil	0.1000	3.6600	0.3660	0.0111	0.0041
Maestro de obra	0.0100	3.8600	0.0386	0.0111	0.0004
				<b>SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:</b>	<b>0.17</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
Cemento portland	sacos	6.8	8.2000	55.76	
Arena gruesa	m3	0.6	15	9.00	
Grava	m3	0.76	15	11.40	
Agua	litros	140	0.0014	0.20	
piedra puesta en obra	m3	1.1	18	19.80	
				<b>SUBTOTAL DE MATERIALES:</b>	<b>96.16</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
				<b>SUBTOTAL DE TRANSPORTE:</b>	<b>0</b>
<b>COSTO TOTAL DIRECTO</b>					<b>96.39</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%</b>					<b>19.2789256</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>115.67</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>115.67</b>

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.						
RUBRO:	Hormigón simple f'c = 210 Kg/cm2 PARA ZAPATAS		UNIDAD	Hoja 1 de ... m3		
			RENDIMIENTO			91
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND		TOTAL.
Herramientas manual	5%MO					0.0186
concretera	0.5	3.1		1.55	0.01098901	0.0170
vibrador	0.4	2.45		0.98	0.01098901	0.0108
Seguridad industrial	2%MO					0.0075
SUBTOTAL DE EQUIPO:						0.0539
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND		TOTAL.
Peón	8.0000	3.6200		28.9600	0.0110	0.3182
albañil	1.0000	3.6600		3.6600	0.0110	0.0402
carpintero	0.2500	3.6600		0.9150	0.0110	0.0101
Maestro de obra	0.0900	4.0600		0.3654	0.0110	0.0040
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:						0.37
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO			TOTAL
Cemento portland	sacos	7.2	8.2000			59.04
Arena gruesa	m3	0.7	15			10.50
Grava	m3	0.95	15			14.25
Agua	litros	220	0.0014			0.31
encofrado	global	0.45	25			11.25
Aditivo plastocrete 161HE	kg	1.1	1.27			1.40
SUBTOTAL DE MATERIALES:						96.7450
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO			TOTAL
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:						0
COSTO TOTAL DIRECTO						97.17
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%						19.4342823
COSTO TOTAL DEL RUBRO						116.61
VALOR OFERTADO						116.61

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

Hoja 1 de ...

RUBRO: Hormigón simple f'c = 210 Kg/cm2 PARA PLINTOS UNIDAD m3  
 RENDIMIENTO **88**

DETALLE:

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO		0.0000		0.0048
Seguridad industrial	2%MO				0.0019
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.0067

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.
Peón	2.0000	3.6200	7.2400	0.0114	0.0823
Maestro de obra	0.3000	3.8600	1.1580	0.0114	0.0132
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					0.10

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Cemento portland	saco	7.2	8.2000	59.04
Arena gruesa	m3	0.65	20	13.00
Grava	m3	0.95	20	19.00
Agua	litros	220	0.01	2.20
piedra puesta en obra	m3	0.425	16	6.80
SUBTOTAL DE MATERIALES:				100.0400

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:				0

COSTO TOTAL DIRECTO	100.14
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	20.0284224
COSTO TOTAL DEL RUBRO	120.17
VALOR OFERTADO	120.17



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.					
RUBRO:	ACERO ESTRUCTURAL	UNIDAD	Hoja 1 de ...	kg	
		RENDIMIENTO			62.0
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO			0.016129	0.0044
Seguridad industrial	2%MO			0.016129	0.0018
dobladora	1		1	1	0.016129
cizalla	1	0.14		0.14	0.016129
					SUBTOTAL DE EQUIPO: 0.0246
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.
Peón	1.00	3.62		3.62	0.02
Maestro de obra	0.01	4.06		0.04	0.0007
fierrero	0.5	3.66		1.83	0.02
					SUBTOTAL DE MANO DE OBRA: 0.09
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
acero de 10 mm fy 4200 kg/cm2	kg		1	1.3000	1.3000
alambre galvanizado # 18	kg		0.05	2.11	0.1055
					0.0000
					0.0000
					0.0000
					0.0000
					0.0000
					SUBTOTAL DE MATERIALES: 1.4055
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
					SUBTOTAL DE TRANSPORTE: 0
COSTO TOTAL DIRECTO					1.52
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.30372885
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.82
VALOR OFERTADO					1.82

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.					
			Hoja 1 de ...		
RUBRO:	ESTRUCTURA DEL INVERNADERO	UNIDAD	m		
		RENDIMIENTO	10.000		
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO			0.0000	0.0151
Seguridad industrial	2%MO				0.0061
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.0212
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.
Peón	0.5000	3.6200		1.8100	0.1000
Maestro de obra	0.3000	4.0600		1.2180	0.1000
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					0.30
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
BAMBU CURADO	unidad		0.50	3.00	1.5000
BROCA CON SACABOCADO	global		0.01	0.01	0.0001
TORNILLOS SIN FIN	global		3.00	0.5	1.5000
ARANDELAS	global		6.00	0.05	0.3000
CHOPA	global		0.50	0.6000	0.3000
TUERCAS	global		6.00	0.1	0.6000
SUBTOTAL DE MATERIALES:					4.2001
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
					0
COSTO TOTAL DIRECTO					4.52
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.9048192
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5.43
VALOR OFERTADO					5.43

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.**

Hoja 1 de ...

RUBRO:	Puerta de madera	UNIDAD	U	RENDIMIENTO	<b>0.15</b>
--------	------------------	--------	---	-------------	-------------

**DETALLE:**

**EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO			0.0000	1.8233
Seguridad industrial	2%MO				0.7293
<b>SUBTOTAL DE EQUIPO:</b>					<b>2.5527</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.
CARPINTERO	1.0000	3.6600		3.6600	6.6667
PEONES	0.5	3.6200		1.8100	6.6667
<b>SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:</b>					<b>36.47</b>

**MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
TABLON DE MADERA DE LAUREL	UNIDAD	4.00	7.00	28.0000
LISTON	UNIDAD	4		0.0000
CLAVOS	KG	4	0.0001	0.0004
CHAPAS	UNIDAD	1	3.5	3.5000
IMPERMEABILIZANTE	L	1	4	4.0000
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES:</b>				<b>35.5004</b>

**TRANSPORTE**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>SUBTOTAL DE TRANSPORTE:</b>				<b>0</b>

COSTO TOTAL DIRECTO	74.52
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	14.90
COSTO TOTAL DEL RUBRO	89.42
VALOR OFERTADO	89.42

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

Hoja 1 de ...

RUBRO:	Estructura del sistema de conducción de maracuyá	UNIDAD	m
		RENDIMIENTO	<b>80</b> m3/hora

DETALLE:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO			0.0000	0.0018
Seguridad industrial	2%MO				0.0007
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.0026

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.
			\$/hora	horas/m3	
Peón	0.5000	3.6200		1.8100 0.0125	0.0226
Albañil	0.3000	3.6600		1.0980 0.0125	0.0137
Maestro de obra	0.0030	3.8600		0.0116 0.0125	0.0001
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					0.04

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
BAMBU CURADO	unidad	1	3	3.0000
TORNILLOS	KG	0.01	2	0.0200
ARANDELAS	KK	0.5	0.005	0.0025
				0.0000
				0.0000
SUBTOTAL DE MATERIALES:				3.0225

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
TRANSPORTE	KM			
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:				0

COSTO TOTAL DIRECTO	3.06
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.61230988
COSTO TOTAL DEL RUBRO	3.67
VALOR OFERTADO	3.67

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

Hoja 1 de ...

RUBRO:	Alambre galvanizado	UNIDAD	m	RENDIMIENTO	9
<b>DETALLE:</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO			0.0000	0.0101
Seguridad industrial	2%MO				0.0040
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.0141
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.
Peón	0.5000	3.6200		1.8100 0.1111	0.2011
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					0.20
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
Alambre galvanizado	M		1 0.13	0.1300	
GRAPAS DE CARPINTERIA	KG		0.01 0.005	0.0001	
SUBTOTAL DE MATERIALES:					0.1301
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:					0
COSTO TOTAL DIRECTO					0.35
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.06904778
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.41
VALOR OFERTADO					0.41

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.						
RUBRO:	Plástico de invernadero adición uv- calibre 7		UNIDAD	Hoja 1 de ... M2		
			RENDIMIENTO	85		
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.	
Herramientas manual	5%MO			0.0000	0.0045	
Seguridad industrial	2%MO				0.0018	
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.0063	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.	
Peón	2.0000	3.6200		7.2400	0.0118	0.0852
Maestro de obra	0.1000	3.8600		0.3860	0.0118	0.0045
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					0.09	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL		
plastico de invernadero adiccion uv- calibre 7	M		1	2.11	2.1100	
cinta adherente	unidad		1	0.5	0.5000	
SUBTOTAL DE MATERIALES:					2.6100	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL		
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:					0	
COSTO TOTAL DIRECTO				2.71		
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%				0.54119958		
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.25		
VALOR OFERTADO				3.25		

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

Hoja 1 de ...

RUBRO:	Malla sarán antitrips	UNIDAD	M2	RENDIMIENTO	13
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	REND	TOTAL.
Herramientas manual	5%MO			0.0000	0.0323
Seguridad industrial	2%MO				0.0129
SUBTOTAL DE EQUIPO:					0.0452
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	C/HORA	REND	TOTAL.
Peón	2.0000	3.6200		7.2400	0.0769
Maestro de obra	0.3000	3.8600		1.1580	0.0769
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA:					0.65
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
malla saran antitrips	M2		1	0.9	0.9000
cinta adherente	unidad		1	0.5	0.5000
SUBTOTAL DE MATERIALES:					1.4000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL	
SUBTOTAL DE TRANSPORTE:					0
COSTO TOTAL DIRECTO					2.09
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.418244
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.51
VALOR OFERTADO					2.51

## Anexos 16

*Certificación de traducción del Abstract*

**ROSA VIRGINIA GONZÁLEZ Z., Mg. Ed.**  
rosavirginiagz@gmail.com - 0986486287  
**DOCENCIA EN INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA**

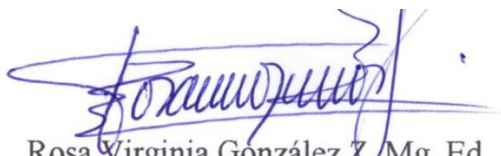
Loja, 19 de septiembre de 2023

A quien corresponda:

YO, Magister ROSA VIRGINIA GONZALEZ Z., profesional de la enseñanza del Inglés como idioma extranjero y ex - catedrática de la Universidad Nacional de Loja , CERTIFICO que el documento aquí redactado es fiel traducción del idioma español al inglés del resumen del trabajo de investigación curricular titulado “ **DISEÑO DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO DE MARACUYÁ, MEDIANTE EL USO Y APLICACIÓN DEL BAMBÚ, EN EL BARRIO ECUADOR, CANTÓN HUAQUILLAS, PROVINCIA DE EL ORO**”, autoría de Edwin David Quezada Coronel con cédula de identidad 0706825429, de la carrera Ingeniería Agrícola, de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Atentamente,



Rosa Virginia González Z. Mg. Ed  
C.I 1102282751  
Registro SENEYCYT 1031-14-86043188