



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**TEMA**

**EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA EXPERIMENTAL DE LA  
CAÑAGUADUA COMO ALTERNATIVA DE REFUERZO  
ESTRUCTURAL EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**

**TUTOR**

**MGR. CARLOS LUIS VALERO FAJARDO**

**AUTOR**

**MODESTO RAMIRO VILLEGAS SANCHEZ**

**GUAYAQUIL**

**2023**



| REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  |  |
|---|--|
| FICHA DE REGISTRO DE TESIS  |  |
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b><br>“Evaluación diagnóstica experimental de la caña guadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social”.  |  |
| <b>AUTOR/ES:</b><br>Modesto Ramiro Villegas Sánchez.  | <b>TUTOR:</b><br>Mgr: Carlos Luis Valero Fajardo |
| <b>INSTITUCIÓN:</b><br>Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil  | <b>Grado obtenido:</b><br>Ingeniero civil.       |
| <b>FACULTAD:</b><br>Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción  | <b>CARRERA:</b><br>Ingeniería Civil              |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b><br>2023  | <b>N. DE PÁGS:</b><br>148                        |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción   |  |
| <b>PALABRAS CLAVE:</b> caña guadua, Hormigón, Ensayo de materiales, Análisis comparativo, Materiales de construcción,   |  |
| <b>RESUMEN:</b><br>El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal la evaluación diagnóstica experimental de la caña guadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social. Para cumplir con lo mencionado se analizan las propiedades físicas, mecánicas, proceso de curado y secado de la caña guadua para ser utilizada como refuerzo en una vivienda. Además, se realizan ensayos de resistencia de compresión y flexión donde se verifican los valores que se deben cumplir según lo establecido por la NORMA |  |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC SE-VIVIENDA DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5m y NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC ESTRUCTURA DE GUADÚA (GAK). También, se realiza el proceso constructivo de una vivienda donde se utiliza la caña guadua como refuerzo estructural. Finalizando con esta investigación, se realiza un análisis de costo comparativo entre una vivienda construida con acero de refuerzo y una donde se utiliza la caña guadua como refuerzo estructural.</p> |  |   |
| <p><b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b></p>  | <p><b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b></p>   |   |
| <p><b>DIRECCIÓN URL (Web):</b></p>  |  |   |
| <p><b>ADJUNTO PDF:</b></p>  | <p><b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/></p>   | <p><b>NO</b> <input type="checkbox"/></p>   |
| <p><b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b></p> <p>Modesto Ramiro Villegas<br/>Sánchez</p>   | <p><b>Teléfono:</b></p> <p>098 871 2757</p>  | <p><b>E-mail:</b></p> <p><a href="mailto:villegas-m@hotmail.com">villegas-m@hotmail.com</a></p> |
| <p><b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b></p>   | <p>Mg. Genaro Raymundo Gaibor Espín<br/> <b>Teléfono:</b> 042596500 Ext. 260<br/> <b>E-mail:</b> <a href="mailto:ggaibore@ulvr.edu.ec">ggaibore@ulvr.edu.ec</a><br/> Mg. Alexis Wladimir Valle Benítez<br/> <b>Teléfono:</b> 042596500 Ext. 242<br/> <b>E-mail:</b> <a href="mailto:avalleb@ulvr.edu.ec">avalleb@ulvr.edu.ec</a></p> |   |

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

### AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL DEL TRAMO SAN MATEO- CHINCA DE LA VÍA E20 PROVINCIA DE ESMERALDAS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| <b>2</b> %          | <b>2</b> %          | <b>1</b> %    | <b>1</b> %              |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

#### FUENTES PRIMARIAS

|          |  |      |
|----------|--|------|
| <b>1</b> | <b>repositorio.uptc.edu.co</b><br>Fuente de Internet                                   | <1 % |
| <b>2</b> | <b>Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru</b><br>Trabajo del estudiante | <1 % |
| <b>3</b> | <b>www.isotools.org</b><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| <b>4</b> | <b>www.obraspublicas.gob.ec</b><br>Fuente de Internet                                  | <1 % |
| <b>5</b> | <b>www.coursehero.com</b><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| <b>6</b> | <b>repositorio.urp.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                                    | <1 % |
| <b>7</b> | <b>www.buenastareas.com</b><br>Fuente de Internet                                      | <1 % |
| <b>8</b> | <b>dspace.unl.edu.ec</b><br>Fuente de Internet   | <1 % |

|    |   |      |
|----|---|------|
| 9  | <a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 10 | <a href="https://repositorio.une.edu.pe">repositorio.une.edu.pe</a><br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 11 | Submitted to Universidad Católica de Santa María<br>Trabajo del estudiante                    | <1 % |
| 12 | <a href="https://pt.slideshare.net">pt.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet               | <1 % |
| 13 | <a href="http://www.elheraldo.com.ec">www.elheraldo.com.ec</a><br>Fuente de Internet          | <1 % |
| 14 | <a href="https://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 15 | <a href="https://repositorio.untrm.edu.pe">repositorio.untrm.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 16 | <a href="http://www7.quito.gob.ec">www7.quito.gob.ec</a><br>Fuente de Internet                | <1 % |
| 17 | <a href="https://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a><br>Fuente de Internet       | <1 % |

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 15 words

**MGTR. CARLOS LUIS VALERO FAJARDO**  
**C.I. 092576646-1**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS  
PATRIMONIALES**

El estudiante egresado MODESTO RAMIRO VILLEGAS SÁNCHEZ, declaro bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “Evaluación diagnóstica experimental de la caña guadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social”., corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la norma vigente.

Autor



**MODESTO RAMIRO VILLEGAS SÁNCHEZ.**  
**C.I. 120418624-9**

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR**

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación “Evaluación diagnóstica experimental de la caña guadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social”, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación titulado: “Evaluación diagnóstica experimental de la caña guadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social”, presentado por el estudiante MODESTO RAMIRO VILLEGAS SÁNCHEZ como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

MGTR. CARLOS LUIS VALERO FAJARDO

**C.I. 092576646-1**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi Dios, que sin dudarlo es quien ha estado a mi lado en este largo recorrido, y me ha dirigido al camino del éxito, agradezco a mi madre por haberme enseñado a ser y trabajador y perseverante. Que mi Dios la tenga en su Santa gloria, también agradezco a mi Tutor el Mgtr. Carlos Luis Valero por su ayuda incondicional, paciencia y orientación en este proceso de trabajo de titulación.

**Modesto Ramiro Villegas Sánchez.**



## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado primeramente a mi Dios por permitirme llegar hasta el final, venciendo muchos obstáculos que se presentaron en este largo recorrido y le agradezco por haberme dado la fortaleza para seguir adelante y no dejarme caer.

Igualmente agradezco a mi madre por haber sido un ejemplo de lucha y sacrificio imparable y haberme dejado ese legado de superación.

También a mi tutor Mgtr. Carlos Luis Valero que sin conocerme puso su confianza en mí y en este proyecto, y sin dudarlo fue un gran guía y me brindo sus conocimientos para ejecutar y finalizar con éxito.

Modesto Ramiro Villegas Sánchez.

## **RESUMEN**

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal la evaluación diagnóstica experimental de la caña guadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social. Para cumplir con lo mencionado se analizan las propiedades físicas, mecánicas, proceso de curado y secado de la caña guadua para ser utilizada como refuerzo en una vivienda. Además, se realizan ensayos de resistencia de compresión y flexión donde se verifican los valores que se deben cumplir según lo establecido por la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC SE-VIVIENDA DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5m y NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC ESTRUCTURA DE GUADÚA (GAK). También, se realiza el proceso constructivo de una vivienda donde se utiliza la caña guadua como refuerzo estructural. Finalizando con esta investigación, se realiza un análisis de costo comparativo entre una vivienda construida con acero de refuerzo y una donde se utiliza la caña guadua como refuerzo estructural.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research project is the experimental diagnostic evaluation of guadua cane as an alternative for structural reinforcement in social housing. To comply with the aforementioned, the physical, mechanical, curing and drying properties of the guadua cane are analyzed to be used as reinforcement in a home. In addition, compression and bending strength tests are carried out where the values that must be met are verified as established by the ECUADORIAN CONSTRUCTION STANDARD - NEC SE-HOUSING OF UP TO 2 FLOORS WITH LIGHTS UP TO 5m AND ECUADORIAN STANDARD OF CONSTRUCTION NEC GUADÚA STRUCTURE (GAK). Also, the construction process of a house where bamboo cane is used as structural reinforcement is carried out. Concluding with this research, a comparative cost analysis is carried out between a house built with reinforcing steel and one where bamboo cane is used as structural reinforcement.

## ÍNDICE GENERAL

Pág.

### INTRODUCCION

|   |          |
|---|----------|
| CERTIFICADO DE SIMILITUD .....                          | iv       |
| CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR .....     | vii      |
| AGRADECIMIENTO .....                                    | viii     |
| DEDICATORIA .....                                       | ix       |
| ÍNDICE GENERAL.....                                     | xi       |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                  | xv       |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                  | xvi      |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....                                   | xviii    |
| <b>CAPÍTULO I .....</b>                                 | <b>3</b> |
| <b>ENFOQUE DE LA PROPUESTA .....</b>                    | <b>3</b> |
| 1.1 TEMA: .....   | 3        |
| 1.2 Planteamiento del Problema: .....                   | 3        |
| 1.3 Formulación del Problema: .....                     | 4        |
| 1.4 Objetivo General .....                              | 4        |
| 1.5 Objetivos Específicos.....                          | 4        |
| 1.6 Idea a Defender .....                               | 4        |
| 1.7 Línea de Investigación Institucional/Facultad ..... | 5        |
| <b>CAPÍTULO II.....</b>                                 | <b>6</b> |

|  |    |
|--|----|
| MARCO REFERENCIAL.....   | 6  |
| 2.1. Marco Teórico .....   | 6  |
| 2.1.1 Caña guadua.....   | 10 |
| 2.1.2 Morfología de la caña guadua.....                              | 11 |
| 2.1.3 Raíz o Rizoma. ....  | 12 |
| 2.1.4 Tallo o Culmo.....   | 13 |
| 2.1.5 Nudos.....   | 14 |
| 2.1.6 Yemas.....   | 15 |
| 2.1.7 Ramas.....   | 15 |
| 2.1.8 Hojas Caulinares .....   | 16 |
| 2.1.9 Hojas de follaje.....  | 17 |
| 2.1.11 Flores. ....  | 19 |
| 2.1.12 Semillas. ....  | 20 |
| 2.1.13 La caña guadua angustifolia como elemento constructivo. ....  | 21 |
| 2.1.14 Propiedades físicas y mecánicas de la caña.....               | 21 |
| 2.1.15 Físicas.....  | 22 |
| 2.1.16 Mecánicas. ....   | 22 |
| 2.1.17 Peso específico. ....   | 23 |
| 2.1.18 Conductividad térmica.....                                    | 23 |
| 2.1.19 Compresión. ....  | 23 |
| 2.1.20 Módulo de elasticidad.....                                    | 24 |
| 2.1.21 Cortante. ....  | 24 |
| 2.1.22 Usos e importancia de la caña guadua. ....                    | 24 |
| 2.1.23 Economía y Agroindustria. ....                                | 25 |
| 2.1.24 Cultura y Artesanías.....                                     | 25 |
| 2.1.25 La Caña Guadua como paisaje.....                              | 26 |
| 2.1.27 Implementación en el sector de la construcción.....           | 27 |
| 2.1.28 Ventajas y desventajas de la Caña Guadua Angustifolia Kunth.. | 27 |
| 2.1.29 Ventajas. ....  | 27 |
| 2.1.30 Desventajas. ....   | 28 |
| 2.1.31 Corte de la Caña Guadua. ....                                 | 29 |
| 2.1.32 Ciclo de corte. ....  | 29 |
| 2.1.33 Intensidad de corte.....                                      | 29 |
| 2.1.34 Método de corte. ....   | 30 |
| 2.1.35 Curado de la Caña Guadua.....                                 | 30 |
| 2.1.35.1 Curado al calor.....  | 30 |
| 2.1.35.2 Curado al humo.....   | 32 |
| 2.1.35.3 Curado por inmersión.....                                   | 32 |
| 2.1.35.4 Curado por presión (Boucherie).....                         | 33 |
| 2.1.35.5 Curado por difusión Vertical.....                           | 33 |
| 2.1.36 Secado. ....  | 34 |
| 2.1.36.1 Secado al ambiente. ....                                    | 35 |
| 2.1.36.2 Secado artificial.....                                      | 36 |
| 2.1.37 Hormigón Armado. ....   | 37 |
| 2.1.38 Propiedades del hormigón. ....                                | 38 |
| 2.1.39 Necesidades.....  | 38 |

|   |    |
|---|----|
| 2.1.40 Aporte informativo de la Caña Guadúa. ....   | 39 |
| 2.1.41 Características de la zona. ....   | 39 |
| 2.1.42 Uso. ....  | 40 |
| 2.1.43 Beneficios de la caña. ....  | 40 |
| 2.1.44 El Bambú. ....   | 41 |
| 2.2 Marco Legal:.....   | 42 |
| 2.2.1 Constitución de la República. ....  | 42 |
| 2.2.2 Normas Nacionales. ....   | 43 |
| 2.2.3 Ministerio de obras pública (MOP) .....   | 43 |
| 2.2.4 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC NEC-<br>SEHMESTRUCTURAS DE GUADÚA. (NORMA ECUATORIANA DE LA<br>CONSTRUCCIÓN, 2016) ..... | 45 |
| 2.3 Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC E S T R U C T U R A<br>DE GUADÚA (GaK).....  | 46 |
| 2.3.2 Bases para el Diseño Estructural .....  | 46 |
| 2.3.3 Requisitos de calidad para las estructuras en GaK.....  | 47 |
| CAPÍTULO III.....   | 48 |
| MARCO METEODOLÓGICO .....   | 48 |
| 3.1 Enfoque de la Investigación mixto. ....   | 48 |
| 3.2 Alcance de la investigación: exploratorio .....   | 48 |
| 3.3 Técnicas e Instrumentos para obtener los datos. ....  | 48 |
| 3.3.1 Análisis de Resultados. ....  | 49 |
| 3.4 Población y Muestra .....   | 63 |
| CAPÍTULO IV.....  | 65 |
| PROPUESTA O INFORME .....   | 65 |
| 4.1 Presentación y análisis de resultados .....   | 65 |
| 4.1.1 Proceso de elaboración.....   | 65 |
| 4.1.2 Recolección de la materia prima. ....   | 65 |
| 4.1.3 Curado por calor de la Caña .....   | 66 |
| 4.1.4 Curado de la Caña Guadúa completa con perforaciones.....  | 67 |
| 4.1. 5 Curado de la Caña Guadúa en Tiras.....   | 68 |
| 4.1.6 Proceso de Adherencia de la Caña Guadúa completa con el<br>mortero.....   | 69 |
| 4.1.7 Adherencia de la Caña Guadúa en tiras con adición de Brea. ....   | 71 |
| 4.1.8 Fabricación de los Estribos. ....   | 72 |
| 4.1.9 Ensayos para demostrar la Viabilidad de la Caña. ....   | 74 |
| 4.1.10 Ensayo Granulométrico.....   | 74 |
| 4.1.12 Agregado Grueso – Ripio.....   | 77 |
| 4.1.13 Ensayo de Resistencia a Compresión. Hormigón Simple y Ripio.<br>.....  | 82 |
| 4.1.14 Hormigón Simple y Piedra Triturada de 19 mm.....   | 84 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.1.15 Ensayo de Resistencia a Flexión.Hormigón Simple y Ripio.....                                   | 85  |
| 4.1.16 Hormigón Armado con Ripio y Caña Guadúa. ....  | 86  |
| 4.1.17 Hormigón Simple y Piedra Triturada de 19 mm.....   | 88  |
| 4.1.18 Hormigón Armado con Arena, Piedra Triturada de 19 mm y Caña<br>Guadúa. ....                    | 89  |
| 4.1.19 Resultado de los ensayos de Resistencia a Compresión y<br>Flexión. ....                        | 90  |
| 4.1.20 Análisis y Diseño del Refuerzo Estructural. ....   | 100 |
| 4.1.21 Plintos. ....  | 100 |
| 4.1.22 Vigas riostras y Columnas.....   | 101 |
| 4.1.23 Análisis de precios Unitarios de elementos estructurales con<br>sustitutivode Caña Guadúa..... | 111 |
| 4.1.24 Análisis Comparativo de Precio Unitario entre el Acero de<br>Refuerzo y la Caña Guadúa .....   | 117 |
| CONCLUSIONES.....   | 118 |
| RECOMENDACIONES .....   | 120 |
| ANEXOS.....   | 124 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Tabla 1</b> Línea de investigación .....  | 5    |
| <b>Tabla 2</b> Propiedades Mecánicas de la Caña Guadua.....                                    | 23   |
| <b>Tabla 3</b> Resultados de encuesta pregunta 1. ....   | 50   |
| <b>Tabla 4</b> Resultados de encuesta pregunta 2. ....   | 51   |
| <b>Tabla 5</b> Resultados de encuesta pregunta 3 .....   | 52   |
| <b>Tabla 6</b> Resultados de encuesta pregunta 4 .....   | 53   |
| <b>Tabla 7</b> Resultados de encuesta pregunta 5 .....   | 54   |
| <b>Tabla 8</b> Resultados de encuesta pregunta 6. ....   | 55   |
| <b>Tabla 9</b> Resultados de encuestas pregunta 7.....   | 57   |
| <b>Tabla 10</b> Resultados de encuesta pregunta 8 .....  | 59   |
| <b>Tabla 11</b> Resultados de encuestas 9.....   | 61   |
| <b>Tabla 12</b> Resultados de encuesta pregunta 10 .....                                       | 62   |
| <b>Tabla 13</b> Técnicas investigativas Calculo de valor z.....                                | 64   |
| <b>Tabla 14</b> Resultados de los ensayos granulométrico del agregado fino – arena...          | 75   |
| <b>Tabla 15</b> Ensayos granulométricos piedra triturada 19mm.....                             | 81   |
| <b>Tabla 16</b> Ensayo de resistencia a compresión y flexión .....                             | 90   |
| <b>Tabla 17</b> Ensayo de resistencia a flexión.....   | 93   |
| <b>Tabla 18</b> correlación entre resistencia a compresión( $f''c$ ) y el módulo de rotura ... | 97   |
| <b>Tabla 19</b> Análisis comparativo de precios Unitarios.....                                 | 106  |
| <b>Tabla 20</b> Análisis de precios de riostras con acero de refuerzo.....                     | 107  |
| <b>Tabla 21</b> análisis de precios de columnas con acero de refuerzo .....                    | 109  |
| <b>Tabla 22</b> análisis de precios de plintos .....   | 111  |
| <b>Tabla 23</b> análisis de precios de riostras.....   | 113  |
| <b>Tabla 24</b> Análisis de precios de columna.....  | 115  |
| <b>Tabla 25</b> Análisis de precios unitarios.....   | 117  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Figura 1</b> Imagen de Vivienda de Caña Guadua .....                          | 7    |
| <b>Figura 2</b> Curado de Caña Guadua .....                                      | 8    |
| <b>Figura 3</b> Imagen de mancha de caña guadua .....                            | 10   |
| <b>Figura 4</b> Imagen de la morfología de la caña .....                         | 12   |
| <b>Figura 5</b> Imagen de raíz de la caña guadua .....                           | 13   |
| <b>Figura 6</b> Imagen del tallo de la caña guadua.....                          | 14   |
| <b>figura 7</b> nudos de caña guadua son la parte más rígida.....                | 14   |
| <b>Figura 8</b> Imagen de las ramas de la caña guadua, para formar estribos..... | 16   |
| <b>Figura 9</b> Imagen de hojas caulinares de la caña guadua .....               | 16   |
| <b>Figura 10</b> Hojas de follaje de la caña guadua .....                        | 18   |
| <b>Figura 11</b> Imagen de espinas de la caña guadua.....                        | 19   |
| <b>figura 12</b> flores de la caña guadua .....                                  | 20   |
| <b>figura 13</b> Semillas de la caña guadua .....                                | 21   |
| <b>Figura 14</b> Programa de fomento de artesanías con caña guadua.....          | 26   |
| <b>Figura 15</b> Imagen de paisaje de caña guadua .....                          | 26   |
| <b>Figura 16</b> Imagen de intensidad de corte de la caña guadua.....            | 29   |
| <b>Figura 17</b> Imagen de corte de la caña guadua .....                         | 30   |
| <b>Figura 18</b> Imagen curado por calor de la caña guadua .....                 | 31   |
| <b>Figura 19</b> técnica de curado de la caña guadua.....                        | 31   |
| <b>figura 20</b> Curado por emersión .....                                       | 32   |
| <b>Figura 21</b> tabulación de la pregunata1 .....                               | 50   |
| <b>figura 22</b> Tabulación 2.....   | 51   |
| <b>figura 23</b> Tabulación 3.....   | 52   |
| <b>Figura 24</b> Tabulación 4.....   | 53   |
| <b>Figura 25</b> Tabulación 5.....   | 54   |
| <b>Figura 26</b> tabulación 6 .....  | 56   |
| <b>figura 27</b> Tabulación 7.....   | 58   |
| <b>Figura 28</b> Sustituir el acero por la caña guadua .....                     | 60   |
| <b>Figura 29</b> Tabulación 9.....   | 61   |
| <b>Figura 30</b> Tabulación 10.....  | 62   |



|                  |   |     |
|------------------|---|-----|
| <b>Figura 31</b> | Recolección de la caña guadua .....                                       | 66  |
| <b>Figura 32</b> | Curado de la caña guadua completa.....                                    | 67  |
| <b>Figura 33</b> | Curado de la caña guadua completa con perforaciones .....                 | 68  |
| <b>Figura 34</b> | Proceso de adherencia de la caña guadua.....                              | 69  |
| <b>Figura 35</b> | Adherencia de la caña guadua completa con malla.....                      | 70  |
| <b>Figura 36</b> | Adherencia de la caña guadua.....   | 71  |
| <b>Figura 37</b> | Adherencia de la caña guadua con adición de brea.....                     | 72  |
| <b>Figura 38</b> | Fabricación de estribos. ....   | 73  |
| <b>Figura 39</b> | Agregado fino - arena.....  | 74  |
| <b>Figura 40</b> | Curva granulométrica agregado fino- arena .....                           | 76  |
| <b>Figura 41</b> | Agregado grueso - ripio.....  | 77  |
| <b>figura 42</b> | Curva granulométrica agregado grueso – ripio .....                        | 79  |
| <b>figura 43</b> | Determinación densidad y absorción .....                                  | 80  |
| <b>figura 44</b> | Curva granulométrica .....  | 82  |
| <b>figura 45</b> | Cilindro compuesto por hormigón simple y ripio.....                       | 83  |
| <b>figura 46</b> | Cilindro de hormigón simple y piedra triturada 19mm .....                 | 84  |
| <b>figura 47</b> | Viga compuesta de Hormigón simple con agregado grueso ripio .....         | 86  |
| <b>figura 48</b> | viga compuesta de hormigón armado ripio -con caña.....                    | 87  |
| <b>figura 49</b> | Ensayo de resistencia a flexión de viga simple con piedra triturada ..... | 88  |
| <b>figura 50</b> | rotura de viga a flexión .....  | 89  |
| <b>figura 51</b> | Detalle planta de plinto tipo .....                                       | 100 |
| <b>figura 52</b> | fachada plinto tipo .....   | 101 |
| <b>figura 53</b> | Carga de resistencia a compresión .....                                   | 102 |
| <b>figura 54</b> | Plano de cimentación .....  | 104 |
| <b>figura 55</b> | Alzado de ejes.....   | 105 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   | Pág. |
|---|------|
| Anexo 1 Recolección de materia prima. ....                                  | 124  |
| Anexo 2 Preparación de moldes metálicos para curado de caña, al calor. .... | 125  |
| Anexo 3 Enchapado con brea y cisco para mejorar la adherencia. ....         | 126  |
| Anexo 4 Proceso de ensayo granulométrico .....                              | 127  |
| Anexo 5 Proceso de elaboración de moldes. ....                              | 128  |
| Anexo 6 Proceso de ensayo a compresión. ....                                | 129  |
| Anexo 7 Proceso de ensayo a flexión .....                                   | 130  |

## INTRODUCCIÓN

La caña guadúa en nuestro país es muy utilizada desde tiempos ancestrales como material de construcción, por su fácil acceso y resistencia. También por ser un material que brinda excelentes resultados constructivos y decorativos; sin embargo, el rápido crecimiento de las ciudades y la implementación de técnicas constructivas, tales como estructuras de hormigón armado y metálicas, han minimizado el consumo de este producto de para las obras constructivas, predominante para estructuras y acabados.

La caña guadua se viene utilizando desde tiempos remotos por el hombre para mejorar su bienestar y comodidad social y considerado como una de los sembríos más ancestrales en las selvas. Ahora que vivimos en un mundo donde el plástico y el acero se usan a gran escala, la caña guadua sigue contribuyendo, y sigue creciendo en necesidad para la construcción.

En regiones donde crece la caña guadúa, por lo general es en el clima cálido y húmedo, por lo tanto, la utilización de componentes para la construcción es muy difícil el proceso de guardar o acumular estos productos por el problema de humedad, evaporaciones, y fuertes vientos húmedos. Por este motivo la caña guadua compensaría claramente el uso adecuado para las construcciones en estos lugares.

La implementación de nuevas técnicas constructivas que hagan que las viviendas de interés social cuenten con seguridades ante cualquier daño futuro o evento adverso como un sismo, además de brindar un confort y percepción de acabados que eleven la autoestima de las personas y mejoren su calidad de vida, para la obtención de una vivienda de interés social donde se reemplace el acero de refuerzo por caña guadua con la finalidad de buscar una alternativa de construcción segura y económica,

Este trabajo de investigación busca obtener combinaciones de acabados con morteros y hormigones hidráulicos con el denominado acero vegetal que es la caña guadua, donde se evaluará el comportamiento físico mecánico de estos materiales al ser combinados entre sí, buscando mejorar los acabados y sustituir el acero estructural por la utilización de la caña guadua (Villegas, 2023).

En el Capítulo I, queda al descubierto el problema sobre el uso de la caña guadúa en la construcción tanto en las viviendas en zonas urbanas como en las viviendas de las zonas rurales, se establecen los objetivos a plantearse en esta investigación, su justificación, así como los problemas y dificultades, del tema y avances que tendrá este tema.

se desarrollará el marco teórico descrito en el Capítulo II donde se indaga sobre referencias de investigaciones sobre usos de la angustifolia y su mezcla de este material con varios en edificaciones además de las definiciones básicas y conceptos necesarios, así como también las correspondientes normativas y leyes que rigen las construcciones de viviendas con caña guadúa.

Dentro del Capítulo III se detalla la metodología, el tipo de investigación que enfocará en el experimental y ya que se buscará la forma idónea de adherir la caña guadúa al mortero logrando así formar un solo elemento. Por otro lado, se realiza una encuesta donde se hace saber las características y beneficio de la materia prima a los profesionales de la construcción.

En el Capítulo IV, se detalla el proceso de recolección, curado, adherencia de la materia, además de las pruebas de laboratorio se demostrará la viabilidad angustifolia al ser colocada de refuerzo en las construcciones de viviendas. Para finalizar se realiza un análisis comparativo de precios unitarios de los materiales a utilizarse.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### 1.1 **TEMA:**

Evaluación diagnóstica experimental de la caña guadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social.

### 1.2 **Planteamiento del Problema:**

En nuestro país y en varios países de América del Sur, se caracterizan por tener una alta tasa de inequidad social y económica; principalmente en las zonas rurales y en zonas urbano marginales. En vista de esto, se busca aportar con soluciones que ayuden a la mitigación de esta problemática, ya que el derecho de todos los humanos es tener una vivienda digna que se enmarque en el poder adquisitivo de cada persona sin desmerecer su condición socio-económica.

Es la parte más dura y fibrosa de la caña, que ofrece una gran resistencia física y mecánica, hasta 3 a 6 metros de longitud y se sabe que con respecto a costos de implementación la estructura tradicional tiene un valor elevado, al momento de utilizar la caña Guadua dando unas alternativas más económicas para el presupuesto de la obra.

En el concreto reforzado se reconoce la interacción entre el hierro y el concreto y se crea una sinergia entre los dos materiales por el fenómeno de la adherencia, pero esta sinergia no existe y el acero se deslizará bajo cualquier tensión sin resistencia, también desempeña la importancia en el amarre y recubrimiento de las varillas de refuerzo. La unión molesta muchos temas del proceso de la estructura y en varios problemas estructurales, tales como aquellas que involucran agrietamiento y deformación.

En los últimos años, en el sector de la construcción se han venido implementado nuevos métodos y técnicas constructivas, que han dado paso a la innovación en la construcción de viviendas y edificios y de la misma forma se usan materiales reciclables como materia prima para la fabricación de elementos estructurales como cementos, baldosas, tejas, adoquines entre otros.

En las construcciones rurales y urbanas marginales se construye de forma artesanal sin contar con la supervisión de un profesional de la construcción y/o mano de obra calificada. Lo que ha generado que la caña guadua no encuentre el espacio

ideal en el sector de la construcción. Todo esto ha ocasionado que las personas ignoren los grandes beneficios que se puede obtener este tipo de madera, dadas las características físicas y mecánicas que ofrece.

Este problema azota a nuestra realidad, por ende, se busca obtener un eco material de bajo costo, seguro y duradero dentro de la construcción. En vista de esta necesidad se utiliza el bambú o caña guadua siendo un material muy conocido en nuestro medio, pero poco utilizado de manera estructural sin aprovechar las bondades y características que brinda.

Por eso se procede a trabajar en un diseño apropiado reemplazando la caña guadua por el acero de refuerzo, planteando de esta manera un nuevo aporte a la ingeniería estructural convencional, obteniendo de esta forma una tendencia Innovadora en las edificaciones de inmuebles de interés social de una y dos plantas.

### 1.3 **Formulación del Problema:**

¿Cómo la caña guadua podría ser una alternativa sostenible de refuerzo estructural en viviendas de interés social?

### 1.4 **Objetivo General**

Evaluar la caña guadua mediante experimentación como alternativa de refuerzo estructural sostenible en viviendas de interés social.

### 1.5 **Objetivos Específicos**

Fundamentar con teorías mediante soporte bibliográfico para el diagnóstico del estado del arte en materia de la investigación.

Diagnosticar con soporte teórico experimental el procedimiento mecánico de la angustifolia como refuerzo estructural.

Analizar la viabilidad técnica de la caña guadua por medio de las dimensiones sostenibles para viviendas de interés social.

### 1.6 **Idea a Defender**

La caña guadua sería una alternativa económica y sostenible de refuerzo estructural en viviendas de interés social.

## 1.7 Línea de Investigación Institucional/Facultad

**Tabla 1**

línea de investigación

| LINEA DE INVESTIGACIÓN   |                                |  |
|--|--------------------------------|--|
| ULVR   | FIIC                           | SUB-LÍNEA                                    |
| Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energía renovable. | 2. Materiales de Construcción. | A. Materiales innovadores en la construcción |

Fuente: (U.L.V.R DE GUAYAQUIL, 2019)

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1. Marco Teórico**

Según (Franco, 2020). Realizo un estudio basado en una investigación estructural de casas modulares realizadas en Guadua Angustiare Quint (G.A.K.) en dos poblaciones distintas, Manta, Quito , así diagnosticar el comportamiento de las viviendas, y modelan en sistemas gráficos constructivos donde se aclaran las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, la recopilación de este estudio que fue efectuado por la universidad central Laica Eloy Alfaro de Manabí y los laboratorios en la universidad Central del Ecuador para apoyar las virtudes peculiares de la angustifolia guadua, su estrés admisible, resistencia, factor de corrección, módulo de elasticidad, que el estándar NEC -SE - GUADUA fue registrado oficialmente el 19 de enero de 2017. Cuando la casa se modela por primera vez en un esquema constructivo utilizando valores estándar ecuatorianos; se comprueba si los desplazamientos de la placa base no son estables, si las deformaciones no son demasiado grandes, si las formas modales no están fuera de los parámetros, si el centro de gravedad y la rigidez están a la altura de su longitud; pero debido a la inconsistencia de los parámetros hubo que hacer cambios para fortalecer la estructura sin renunciar a la originalidad de la geometría existente; los dos estudios de caso utilizaron el mismo diseño de vivienda en diferentes ciudades de Ecuador (Franco, 2020).



**Figura1**

*Imagen de Vivienda de Caña Guadua*



**Fuente:** (Burgos, 2019)

La *Guadua angustifolia*, popularmente es una especie botánica que pertenece a la familia de las bambusoideae. y es una planta autosuficiente, se ha producido un rápido crecimiento en la mayoría de los continentes, especialmente Asia oriental y sudoriental. jugado un papel importante en la historia de muchas personas se desarrolló una cultura a su alrededor que la usó en varios campos, pulpa de papel, construcción, alimentos y medicinas, e incluso usarlos para fabricar armas de guerra o de defensa (Dalal, 2021).

El propósito de este estudio es ampliar el conocimiento de la propiedades físicas mecánicas de las cañas Guaduas *Angustifolia Kunth* a partir de fuentes locales en la provincia de Loja - Ecuador, sometido a compresión paralela, verticales, corte y flexibles, una característica importante es la humedad que retienen a lo largo la compra de materiales pertenece a la región andina, lo que asegura el medio ambiente esto difiere de estudios previos realizados en la costa y en la Amazonía (Tacuri, 2021).

En la tesis (Diseño estructural de una vivienda residencial con material tipo bambú) donde aplica la caña guadua como un elemento estructural, y demostrando que cumple con las normas de la NEC-SE guadua, de esta forma por medio los análisis estructurales, cálculos, estudios en laboratorios e investigaciones le da como resultado que la caña guadua es un material muy viable y confiable construir este tipo de inmuebles. (Erick & KLEBER, 2019).

**Figura2**

*Curado de Caña Guadua*



**Fuente:** (Proyectos, 2019).

El objetivo del Proyecto es evaluar biocompositos elaborados a partir de residuos agroindustriales generados en el proceso productivo cascarilla de arroz (CA), cascarilla de cereal (TA) y bolsas de polietileno (PE) del municipio de Paz de Ariporo, Casanare fue diagnosticado mientras visitaba el gobierno de la ciudad. Primero, tiene propiedades físicas y químico, de cada residuo para identificar residuos vegetales, que puede contribuir a la funcionalidad de los biocompuestos utilizados como materiales de construcción (Vargas & Carvajal, 2019).

Esta labor investigativa propone las siguientes preguntas: ¿de qué manera se puede esclarecer debilidades en la construcción de Adobe y evaluar opciones o soluciones siguiendo la norma E080 de la asociación "José Antonio Encinas" de Puno, describe los aspectos generales del error y proporcione un objetivo alternativo (Paco & Calderón, 2021).

El marco teórico identifica brechas frecuentes en las construcciones educativas causados por la inobservancia de las descripciones técnicas y condiciones de los reglamentos especifican, por ejemplo, cimentaciones, muro ciclópeos o armados, altillos de pisos y cubiertas, niveles en terminación y mejoramientos. y también existen varias formas y grado de perjuicios, se puede dividir en ligero, moderado y caída (Paco & Calderón, 2021).

Este modo investigativo se ajusta a este presente trabajo y de tipo descriptivo, apoyar el análisis presente y utilizar este anteproyecto transversal para diversos casos considere muestras para diagnósticos, instalaciones rotas y otros errores se ha determinado la infraestructura educativa utilizada para el análisis (Paco & Calderón, 2021).

Este trabajo es una contribución experimental de investigación en la que la comparación con el hormigón convencional con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  mezclado con otro hormigón con distintas proporciones de fibra brava de caña de azúcar añadida, que sustitución sostenible de los recursos naturales, sus características, combinar en

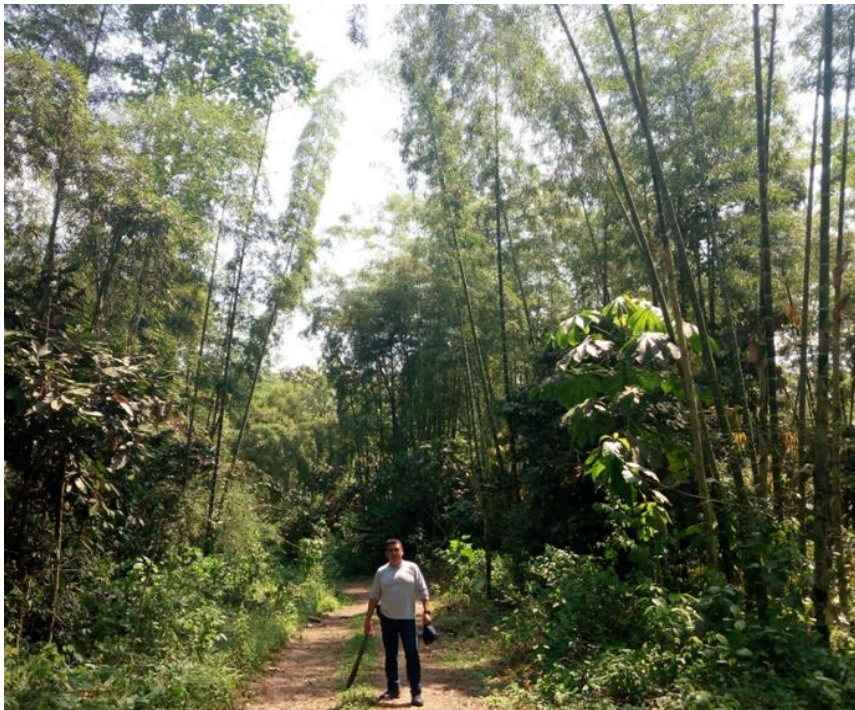
dosis individuales según ASTM, las fibras de caña de azúcar Brava se someten a un proceso de curado y secado antes de ser añadidas a la mezcla, en base a los datos obtenidos en el laboratorio, continuamos con el diseño de la mezcla 1 metro cúbico, lo que da 32 muestras de tamaño (15x30) cm, se realizaron pruebas de compresión a los 7, 14, 21 y 28 días, respectivamente y para confirmar esto, compare los datos obtenidos con los resultados de la compresión la adición de fibras bravas de caña de azúcar permite una mayor resistencia (Villao, 2021).

### 2.1.1 Caña guadua.

Guadua Angustifolia Kunth o caña, pertenece a la familia de las gramíneas, algunos son herbáceos y otros leñosos. No es un árbol, es hierba o pasto gigante, es familia del arroz trigo maíz etc. Es mucho más resistente que la madera de roble. Su desarrollo es de 0.30 a 1.0m diario en unos cuantos meses alcanza de 15 a 30m de altura. Tiene una mayor resistencia a la tracción que el acero. Es muy flexible, liviano y resistente.

**Figura3**

*Imagen de mancha de caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

Es un material con propiedades sismo-resistentes. Es muy accesible y económico y su crecimiento es muy rápido. La caña guadua crece en forma aglutinada, formando grandes manchas impenetrables. Crecen en regiones de clima cálido y húmedo.

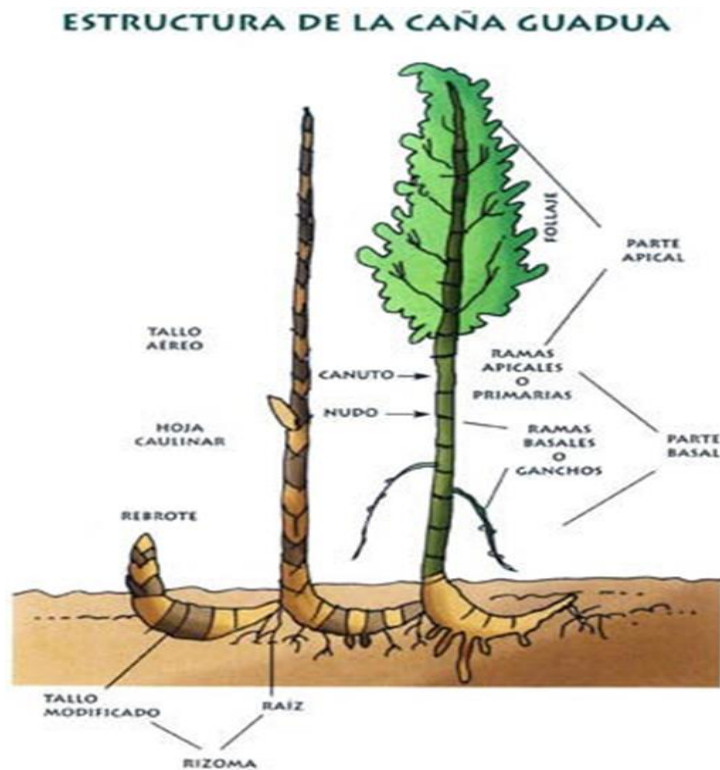
Es un material con propiedades sismo-resistentes. Es muy accesible y económico y su crecimiento es muy rápido. La caña guadua crece en forma aglutinada, formando grandes manchas impenetrables. Crecen en regiones de clima cálido y húmedo.

### **2.1.2 Morfología de la caña guadua.**

Esta caña angustifolia es una gramínea de una gran variedad morfológica, su tallo que es herbáceo y fibroso, cuyo diámetro varía entre los 10 a 30 cm, y puede alcanzar los 30 metros de altura. Su estructura morfológica está formada por: raíz o rizoma, tallo o culmo, nudos, yema, ramas, hojas caulinares, hojas de follaje, flores y semillas.

**Figura 4**

*Imagen de la morfología de la caña*



*Fuente:* Pagina web BANBUSA.es

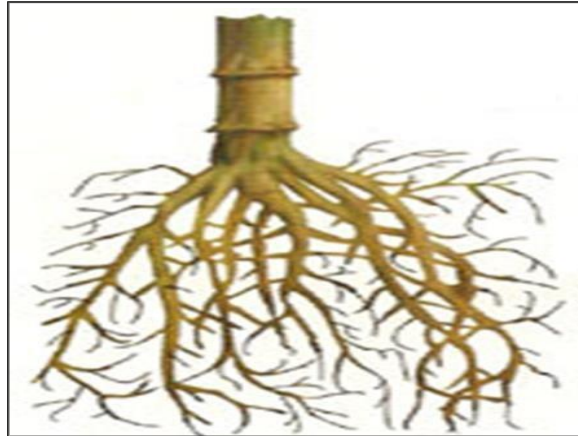
Raíces, raicillas y por los rizomas conforman el sistema radicular, estas formaciones se diferencian entre raíces internas y externas, de tal manera que su formación radicular le da mayor estabilidad al tallo.

### **2.1.3 Raíz o Rizoma.**

Se llama rizoma a la raíz de la caña, está formada por sus cimientos llenos de ramas que se adhieren al suelo para darle una mayor estabilidad ya que por su altura necesita estar bien cimentada. Además, que estas raíces son de suma importancia porque por medio de estas se almacenan los nutrientes que luego se distribuyen en todas sus partes, también estas ayudan a evitar la movilización de tierras propensas a deslizamientos, derrumbes y erosión. Además, que estas raíces ayudan al almacenamiento de agua.

### **Figura 5**

*Imagen de raíz de la caña guadua.*



*Fuente: (López, 2019)*

#### **2.1.4 Tallo o Culmo.**

Los tallos son de consistencia media entre herbáceos y leñosos siempre son huecos formados por nudos y entre nudos, este tipo de tallos es muy común entre las gramíneas, están compuestos de fibras y tejidos parenquimático.

El tallo está constituido de fibras longitudinales y dependiendo de la especie que puede alcanzar alturas de 10 a 25 m y con un diámetro de 8 a 25cm dependiendo de la edad.

**Figura 6**

*Imagen del tallo de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### **2.1.5 Nudos.**

Son uniones en medio de los tallos es cóncava o convexa y es la parte más dura de la caña dando a esta una mayor rigidez. Es de color blanquecino y tiene una textura media babosa por la humedad que retiene dentro de sus nudos.

**figura 7**

*nudos de caña guadua son la parte más rígida.*



*Elaborado por: Villegas,2023*



### **2.1.6 Yemas.**

Las yemas encuentran ubicadas en el tallo, ramas, rizomas y raigón donde ayudan a la multiplicación y extensión de las gramíneas de esta planta.

### **2.1.7 Ramas.**

Son varas alargadas de color verde – amarillo que nacen entre los nudos del tallo y son de diámetro menor, alargadas y alcanzan hasta 5 metros de largo, son muy fibrosas y también son muy utilizadas en artesanías.

Estas ramas son muy flexibles y fácil de manipular para varios usos, como para artesanías y como materia prima para la construcción.

Estas se pueden utilizar no más de 3 días después del corte, porque una vez pasadas de estos días se vuelven muy duras y difícil de manejar.

Si son manipuladas al calor se curvan con mucha facilidad. y se puede dar varias formas, una vez que sean curadas y secadas, estas son muy fuertes y resistentes.

### **Figura 8**

*Imagen de las ramas de la caña guadua, para formar estribos.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **2.1.8 Hojas Caulinares**

Los pétalos basales o también llamadas cremalleras se despegan del tallo, cada vez que brotan las ramificaciones de los capullos. Su color varía de acuerdo al desarrollo lo largo de su vida útil pueden ser de color verde, amarillas, marrón o café claro; además son alargadas protegiendo a los tallos y sus yemas durante su desarrollo de los primeros meses. (Gonzalez, 2019)

## Figura 9

*Imagen de hojas caulinares de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### **2.1.9 Hojas de follaje**

Los pétalos de arbolado están situados sobre las ramificaciones, y tiene apariencias alargadas, salteadas y simples. Además, lo largo de este tipo de hoja varía de 8 a 20cm y su ancho puede llegar alcanzar entre 1,0 a 3,5cm. También se puede acotar que su parte posterior está compuesta de una vellosidad de color blanquecina la cual cubre toda la hoja.

**Figura 10**

*Hojas de follaje de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **2.1.10 Espinas.**

Estas espinas son muy puntiagudas y peligrosas, en el momento del corte de la GAD hay que tener mucho cuidado. ya que las ramas están llenas de espinas muy duras y afiladas. Estas espinas son parte de las ramas que ayudan también a la protección de la misma para no ser devoradas por animales silvestres como los caballos y ganados.

**Figura 11**

*Imagen de espinas de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### **2.1.11 Flores.**

Estas florecen esporádicamente y son de medidas muy pequeñas y colorido violeta o rosado. Su colorido es dependiente de su clima y suelo que se encuentre sembrada y estas se encuentran ubicadas en los laterales de las ramificaciones, y son muy difíciles de encontrar y de poca visibilidad y su vida es muy corta es de aproximadamente de 48 horas.

## Figura 12

*flores de la caña guadua*



*Fuente:* (Huerto en casa, 2022)

### 2.1.12 **Semillas.**

Estas semillas salen de las flores que generan espigas y luego convirtiéndose en semillas, tiene un parecido a la semilla del arroz por su apariencia color y textura, en su interior es de color blanco y en su exterior es de color marrón y mide aproximadamente 5 a 8 milímetros de longitud y de 2 a 3 milímetros de espesor.

**Figura 13**

*Semillas de la caña guadua*



*Fuente.: (Jardin, 2021)*

#### **2.1.13 La caña guadua angustifolia como elemento constructivo.**

La Caña guadua se puede utilizar en gran parte en los proyectos como tipo de apoyos, tableros, apuntalamientos, de igual manera al ser un material orgánico se debe utilizar con precaución constructiva el origen de la durabilidad depende del cuidado y curado de la misma lo más recomendado es evitar de manera posible el contacto con la humedad ,para evitar la proliferación de hongos e insectos y si es posible evitar el contacto directo con los rayos solares, a diferencia del agua, el sol no le afecta a mayor escala, este material es muy importante para la construcción por su bajo costo y su alta resistencia a la compresión, utilizando un curado optimo se puede utilizar en varios elementos estructurales.

#### **2.1.14 Propiedades físicas y mecánicas de la caña.**

Esta investigación tiene como objeto principal evaluar las propiedades físicas y mecánicas tales como los esfuerzos de tracción, compresión, flexión y corte. La que fue sometida con fines estructurales. Para ensayos físicos como el contenido de humedad absorción, densidad y expansión. También se determinó que la caña guadua es muy fuerte en caso de movimientos telúricos, y si este fallara por ser un material liviano solo causaría daños menores, la construcción es fácil y rápida.

En conclusión, la caña guadua angustifolia posee grandes características físicas y mecánicas para ser utilizado como elemento estructural en las futuras construcciones.

#### **2.1.15 Físicas.**

Dada la forma puntiaguda de su tallo su diámetro varía según la altura, Podemos estimar como promedio las medidas posteriores:

Altura promedio de 10 a 25 m dependería de la especie y edad.

Diámetro entre 10 y 25 cm en la parte inferior, y 3cm en la punta.

Espesores de la pared entre 2 y 2,5 cm en la parte inferior, y 1 cm en la punta.

Separación de entrenudos es de 7 a 10 cm en la parte inferior, aumentando la distancia de la misma a medida que va creciendo llega desde 25 a 35 cm.

#### **2.1.16 Mecánicas.**

La caña guadua, como material de construcción, dadas sus características físicas, estructuralmente hablando podría llegar a sustituir al acero de refuerzo y a la madera; sin embargo, al ser de origen orgánico no tendríamos un análisis exacto de sus características mecánicas.

Si quisiéramos utilizar la caña guadua como un elemento estructural, en primer lugar, se debe considerar que esta alcanza la más alta fortaleza después de cumplir sus 3 años de desarrollo.

La resistencia al cortante es la peor característica de la caña guadua, aunque a la altura del nudo mejora sustancialmente.

La resistencia a compresión tiene una estimación muy aceptable, ya que se ha alcanzado un pandeo negativo de la caña, y si se llegase a ocasionar un pandeo esto sería desventajoso para estructura de caña guadua.

Una de las mejores propiedades mecánicas que posee la caña guadua es su resistencia a la tracción.

La resistencia a las tensiones tiene mayor porcentaje en la corteza de la caña, que en su anillo interior. Esta observación o aclaración sería en base a las fibras del revestimiento de las paredes de la caña en toda su longitud de la misma.



**Tabla 2****Propiedades Mecánicas de la Caña Guadua**

| <i>Propiedades Mecánicas.</i>                       | <i>Capacidad de la caña guadua.</i>                                |
|---|--|
| <i>Propiedades esenciales:</i>                      | <i>Ligera, flexibles, gran variedad de construcciones.</i>         |
| <i>Aspecto económico:</i>                           | <i>Bajo costo</i>  |
| <i>Firmeza:</i>                                     | <i>Baja a mediana</i>  |
| <i>Preparación demandada:</i>                       | <i>Mano de obra tradicional para construcciones de caña guadua</i> |
| <i>Equipamiento requerido:</i>                      | <i>Herramientas para cortar y partir caña</i>                      |
| <i>Resistencia sísmica:</i>                         | <i>Buena</i>   |
| <i>Resistencia a huracanes:</i>                     | <i>Baja</i>  |
| <i>Resistencia a ataques biológicos (insectos):</i> | <i>Baja</i>  |
| <i>Idoneidad climática:</i>                         | <i>Climas cálidos y húmedos</i>                                    |
| <i>Grado de experiencia:</i>                        | <i>Tradicional.</i>  |

*Elaborado por: Villegas,2023*

**2.1.17 Peso específico.**

El peso específico de la caña varía con la humedad, pero las cañas secadas al aire (18% de humedad) oscila entre 700 y 850kg/m<sup>3</sup>, el peso específico también depende del diámetro de la caña analizada.

**2.1.18 Conductividad térmica.**

Manifiesta las propiedades físicas y el poder aislante del material, por ende, cuando mayor sea su conductividad térmica, este material será más conductor de calor, y cuando menor sea este material, será más aislante, En la caña varía del sentido de propagación del flujo de calor y que se esté ensayando, ejemplo: la propagación en sentido perpendicular a las fibras en material secado en horno es de 0,088kcal/m.h.°c.

**2.1.19 Compresión.**

La mayor parte de la caña guadua empleada en las edificaciones casi siempre se encuentran en sentido de compresión en el mismo sentido de las fibras, por ejemplos estas se utilizan en viviendas, como apuntalamientos, andamiajes, apoyos para losas etc., las cuales se encuentran sujetas a cargas que tratan a comprimir y a cortar longitudinalmente.

La dureza de la caña angustifolia es parcialmente elevada, +pero carece de concepto si no se conoce el diámetro y esbeltez de la caña y el curado no se podrá evaluar de modo adecuado la dureza o sostenibilidad frente al esfuerzo de esta. ya que sus cualidades son diversas.

#### **2.1.20 Módulo de elasticidad.**

Este módulo indica la rigidez del material, mientras mayor rigidez tenga un material, mayor sería el módulo de elasticidad.

El material tiene una conducta elástica que se identifica con la ley de Hooke.

Similar a la madera que decrece un porcentaje de 5- 10%, también dependería del esfuerzo a que sea aplicado.

#### **2.1.21 Cortante.**

La fuerza cortante es el resultado de todas las cargas verticales que actúan en una cierta sección de una viga, esta se mantiene en equilibrio en la sección.

#### **2.1.22 Usos e importancia de la caña guadua.**

El presente estudio busca aprovechar las bondades de la caña guadúa, de tal forma que los habitantes del sector rural del sector urbano-marginal, puedan construir sus viviendas de forma rápida, eficaz, económica, sismo resistente y duradero; mejorando su calidad de vida. Utilizando la caña guadúa material de construcción e incorporando el uso de hormigón, permitiendo así que cualquier persona sin conocimiento previo pueda instruirse para la construcción de dicha vivienda. Logrando de esta forma optimizar los recursos y disminuir la mano de obra.

Conocida también como bambú, el guadúa, se ha llegado a considerar como el “acero vegetal” debido a sus impresionantes características tales como durabilidad, resistencia y versatilidad. El guadúa, en tanto que se considera un producto forestal no maderable, siendo sustituto de la madera y está ganando mucha importancia en procesos de reducción de pobreza y desarrollo económico y ambiental.

Es por ello que se busca construir una vivienda de interés social utilizando la caña guadúa como sustituto del acero de refuerzo en el cual se logre tener como resultado una infraestructura que cumpla con las normas de seguridad obteniendo un comportamiento sismo resistente además de ser económico y seguro con fácil acceso a personas de escasos recursos económicos

En este proyecto se utilizará la caña guadúa como material estructural como remplazo al acero tradicional, se analizará cual es el comportamiento de la caña guadúa dentro del hormigón y si es eficiente y cumple con los parámetros para resistir los esfuerzos a la flexión.

#### **2.1.23 Economía y Agroindustria.**

La Caña guadua posee fibras naturales altamente resistentes esto ayuda a producir productos a escala industriales, así como paneles, pisos, aglomerados, laminados, esteras, pulpa, papel, muebles, etc., siendo estos materiales de muy alta calidad que muy bien pueden ser competencia con otros tipos de productos tradicionales que encontramos en los mercados nacionales e internacionales.

Es preciso indicar que con la utilización de la caña guadua en los procesos industriales antes señalados, se reduciría en gran manera el impacto ambiental en la naturaleza, porque la caña podría pasar a ser una alternativa reemplazable a la madera tradicional.

Para conseguir madera hay que pasar por un proceso lento de cultivo, a diferencia de los tallos de guadua que crecen rápidamente, además que la producción por hectárea posee un alto volumen de rendimiento. Citamos como ejemplo el pino que tarda 15 años para poder aprovecharlo, en tanto que la caña guadua tarda solo tres. Dado el corto tiempo que hay que esperar para su cosecha y en conjunto con sus innumerables utilidades y con los métodos convenientes al momento de la siembra y cosecha puede llegar a lograr buenas ganancias económicas.

En el ámbito agrícola tiene innumerables usos: se puede realizar puentes sobre ríos caudalosos, esteros, tipos de escaleras, esto aprovechando a su gran resistencia y tamaño.

#### **2.1.24 Cultura y Artesanías.**

Desde tiempos muy remotos hasta nuestros días se ha considerado a la caña guadúa como un material que está sujeto a varios tipos de usos tanto agrícolas como en las artesanías en los campos como en los pueblos de varios Países donde se produce este material.

**Figura 14**

*Programa de fomento de artesanías con caña guadua*



*Fuente: Ministerio de Cultura y Patrimonio (2012).*

### **2.1.25 La Caña Guadua como paisaje.**

La caña guadua se reproduce con mayor facilidad en las orillas de los ríos esteros, taludes y con mayor facilidad de reproducción en los climas húmedos y tropicales etc., vista un paisaje elogiado de admiración, más que la plantación guadua, existe una diversidad de flora y fauna y complementa con la belleza de este material.

**Figura 15**

*Imagen de paisaje de caña guadua*



*Elaborado por: Villegas, 2023*

### **2.1.27 Implementación en el sector de la construcción.**

La caña guadua es un producto que posee considerables propiedades en su comportamiento físico-mecánico en una estructura. Su capacidad de resistencia a las cargas la convierte en un material que bien puede estar a la altura de las mejores maderas, pero tiene la gran ventaja por ser un material de crecimiento rápido, fácil manipulación y reproducción.

En nuestro país, así como en otros países la caña guadua es sinónimo de pobreza y su utilización se encuentra confinado limitado a las edificaciones de viviendas. Las cuales se utilizan como apuntalamiento para encofrado de losas y varios tipos de apuntalamientos los cuales más se utilizan en zonas rurales y urbanas marginales respectivamente. Sin embargo, ingenieros y arquitectos nacionales e internacionales que han estudiado este producto alto renombre internacional han encontrado alternativas actualizadas con este material como lo es la caña guadua.

Las ventajas ecológicas y económicas hacen de la guadua muy atractiva tanto para diseñadores y constructores. Citamos a continuación características destacables de este material:

La guadua es un material sólido, pero en su interior es vacío lo que lo hace liviano y singularmente elástico.

Tiene la facultad de aspirar energía por la gran ductilidad que posee, por su resistencia a las labores mecánicas y su estructura liviana la guadua se convierte en un material que ya ha sido considerado para construir en zonas con alta presencia sísmica.

### **2.1.28 Ventajas y desventajas de la Caña Guadua Angustifolia Kunth.**

#### **2.1.29 Ventajas.**

La caña guadua es una planta perdurable, tiene la capacidad de renovarse de manera natural, por lo tanto, representa gran productividad por hectáreas y en corto tiempo se aprovecha estos beneficios obtenidos por la caña guadua, es decir que se considera un recurso natural renovable ya que ofrece la probabilidad de un manejo amigable y perdurable.

La caña guadua tiene un precio económico, lo que la hace accesible y alcanzable a cualquier tipo de estrato económico social.

Las plantaciones de caña guadua tienen efectos positivos en los sedimentos y los aguas. Su agrupamiento radicular ayuda a la sostenibilidad de la biodiversidad de plantas, ya que se sujeta el suelo tanto en taludes y laderas de los ríos de tal manera que elude los desbanques y la erosión.

En épocas normales y de sequía tiene la capacidad de retener agua dentro del tallo o culmo, lo que le ayuda a subsistir durante estas épocas.

Cada plantación de guadua ayuda a la formación de ecosistemas, acogiendo una gran diversidad de flora, micro flora, aves, mamíferos, anfibios y reptiles.

La caña es una planta maravillosamente útil tanto como receptor de dióxido de carbono, como para generar el oxígeno puro.

Con la utilización de la guadua se han obtenido verdaderos impactos ambientales, siendo muy beneficiosos para el todo el planeta ya que este ayudaría a disminuir las grandes deforestaciones de bosques. Teniendo en cuenta la facilidad de reproducción a diferencia con la madera.

### 2.1.30 **Desventajas.**

La caña guadua por ser un producto de origen orgánico, sostiene un ciclo de vida útil. Se conoce que actualmente se han implementado tratamientos para conservar y alargar la vida útil de este producto. pero si son mal aplicados estos tratamientos podrían llegar afectar el producto y fracasar como un material de materia constructiva. Como todo material de construcción tiene sus ventajas y desventaja, las cuales con un tratamiento adecuado y correcto podría hacer muy favorable y seguro.

En nuestro País este material siempre ha sido considerada como sinónimo de pobreza y por ende su uso se ha visto limitado. La mala aplicación, especialmente en sectores rurales y urbano- marginales de clase de bajos recursos económicos han solucionado de manera eventual sus problemas de vivienda, dándole de esta manera la condición de ser un material no confiable.

El tiempo adecuado para una cosecha de la caña guadua exitosa y segura por su madurez es después de los 6 años, en ese tiempo nos garantiza tener las características físicas y mecánicas adecuadas.

### 2.1.31 Corte de la Caña Guadua.

Según la investigación hecha a los proveedores del sector la caña debería realizarse el corte pasando la primera unión de la caña, se sugiere realizar las primeras cosechas después de los 6 años, Con el propósito de conservar la celeridad de esta siembra, se recomienda cortar cuando la luna está en menguante, es decir, a los tres días de que la luna haya estado llena, de esta forma se logra una mejor vida de la caña sin afección de hongos, además su dureza va a ser mucho más prolongada en el tiempo. Este ciclo lunar influye en la savia interna del bambú.

### 2.1.32 Ciclo de corte.

Es el tiempo que transcurre de una cosecha a otra y para poder tener un buen producto. su tiempo de cosecha debería ser de 3 a 6 años de edad, pasado este tiempo la caña se va envejeciendo y va perdiendo sus propiedades.

### 2.1.33 Intensidad de corte.

La seguridad del corte se puede determinar por la dureza y madures de esta planta gramínea. El corte debe ser cuando los tallos estén maduros y juveniles.

**Figura 16**

*Imagen de intensidad de corte de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### 2.1.34 Método de corte.

Para proceder el corte se debe utilizar herramientas muy afiladas como hacha, sierra o machete para evitar desgarres del tallo o culmo, su corte debe ser por encima del primer nudo. Eliminar las ramas.

**Figura 17**

*Imagen de corte de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### 2.1.35 Curado de la Caña Guadua.

Para resguardar el bambú es casi obligatorio cuidar de los ataques de plaga insectos y hongos.

La forma de hacer un buen curado es expulsar o eliminar la sabia de la caña

#### 2.1.35.1 Curado al calor.

Al principio se procedería a excavar y formar una especie de piscina, y puede ser un área de 6x2m y de 0.60 a 1.0m de profundidad, para luego llenarla de leña y prenderle fuego hasta tener una llama apropiada para proceder a darle calor a la caña y obtener un curado óptimo y deseable.



**Figura 18**

*Imagen curado por calor de la caña guadua*



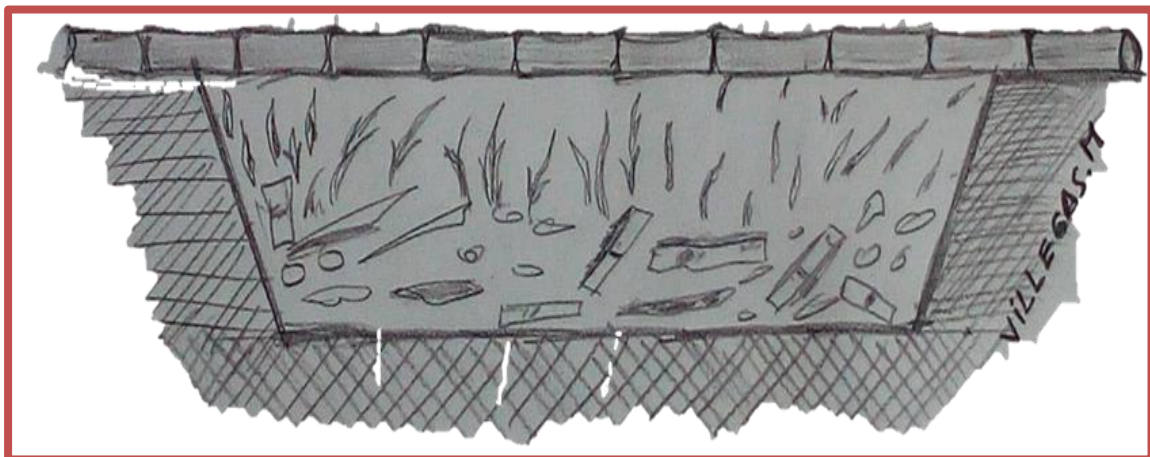
*Elaborado por: Villegas,2023*

Colocar encima las cañas longitudinalmente y a una distancia adecuada para que no se quemen e irle girando lentamente, este método también es utilizado para enderezar las cañas que están un poco pandeadas.

Quedaría un color entre negro y café oscuro. Es una forma de ahumar la caña que a su vez queda libre de humedad y esta a su vez aumentaría su rigidez.

**Figura 19**

*Técnica de curado de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### 2.1.35.2 Curado al humo.

Consiste en ahumar la caña en la misma piscina del curado anterior que es al calor, simplemente las cañas se elevan en un altillo, y se coloca horizontalmente luego se lo cubre con alguna lata o zinc para que el humo se concentre más y no salga fácilmente, una vez que se ahumó la parte superior hay que darle vuelta para que tenga un ahumado similar. Esto haría que se forme una capa oscura de (hollín) que se pega a las paredes de la caña.

### 2.1.35.3 Curado por inmersión.

Este método de curado consiste en perforar interiormente a lo largo del tallo con una varilla acerada de 12mm o 14mm de diámetro, logrando de esta forma que ingrese el fluido dentro de la caña. El fluido está compuesto por 96 litros de agua mezclado con 2 kg de bórax y 2 kg de ácido bórico. Estos deben ser disueltos de manera adecuada en envases de 5 galones de agua a temperatura que debe oscilar los 50°C y 80°C según la NEC. Guadua 2016.

**Figura 20**

*Curado por emersión*



*Fuente: (Morocho, 2019)*

#### 2.1.35.4 **Curado por presión (Boucherie).**

Este método demanda el empleo de un equipo de compresión o tanque de presión que inyectará el líquido preservante en cada culmo. Para la aplicación del método es necesario el empleo de culmos de reciente corte (máximo 8 horas desde realizado el corte), antes que el secado natural obture los poros y vasos del culmo. En caso de que esto suceda, se recomienda cortar 0.10 m a 0.15 m del culmo para tratar de que el preservante pueda penetrar.

a) El líquido preservante debe estar colocado en el tanque de presión. Los culmos deben estar en posición horizontal y sus bases estarán acopladas a unas mangueras con boquillas de caucho que conectan con el tanque. Los diafragmas no se deben perforar.

b) El paso del aire y del líquido preservante están regulados por válvulas de calibración.

c) La efectividad del método es comprobable mediante el control del líquido desplazado y el entrante, por medio de papeles medidores de ácido o de tinturas de color que permitan verificar la absorción del preservante en las paredes del culmo.

d) Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del ambiente. NEC. Guadua 2016.

#### 2.1.35.5 **Curado por difusión Vertical.**

Para este método los culmos no deben presentar fisuras ni agujeros que puedan propiciar la pérdida de preservante.

Los diafragmas interiores de los culmos deben ser perforados a excepción del último. La perforación longitudinal de los diafragmas interiores de los culmos, se debe realizar mediante una varilla de acero de 12 mm (1/2") a 16 mm (5/8") de diámetro.

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.

Después de ese tiempo se perfora el último diafragma, para permitir con ello la salida del líquido sobrante.

Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del ambiente y preservar la salud de quienes lo manipulan. NEC. Guadua 2016.

#### **2.1.36 Secado.**

La GaK es un material higroscópico y poroso que absorbe la humedad presente en el ambiente ya sea en forma de vapor o de líquido.

Si la humedad del material se incrementa, este será más vulnerable al ataque de los factores biológicos. Por lo tanto:

Los culmos de GaK destinados a la construcción deben ser secados hasta alcanzar un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar. (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador).

Es necesario monitorear el contenido de humedad de los culmos desde la extracción de la plantación mediante el uso del higrómetro.

Al medir el contenido de humedad de los culmos con el higrómetro, éste debe tener una calibración baja para maderas duras Tipo A.

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. En el Apéndice 4: Tiempos de Secado según Tipología de Infraestructura, pueden apreciarse los tiempos de secado recomendados. NEC. Guadua 2016.

### 2.1.36.1 **Secado al ambiente.**

Los culmos pueden ser secados de forma vertical en sitios ventilados. Durante el proceso se debe evitar el deterioro del material por la acción del clima, agentes biológicos u otras causas.

Se colocarán los culmos apoyados e intercalados a los dos lados de un caballete. Los extremos basales deben estar asentados sobre una caña picada o similar, para evitar el contacto de los culmos con el suelo.

La altura del caballete debe ser de 2/3 de la longitud de los culmos a almacenar.

Los culmos ubicados al inicio, al medio y al final del caballete, deben estar sujetos a éste con cuerdas o trabillas para prevenir el deslizamiento lateral de los culmos.

Al montar y desmontar los culmos sobre el caballete, se los debe colocar de forma alternada (en forma de tijera) para evitar el volcamiento del caballete.

Si los caballetes son dejados al aire libre, los ejes deben orientarse de este a oeste para disminuir la exposición solar.

Para un secado uniforme, se recomienda un giro parcial y diario de cada uno de los culmos sobre su eje longitudinal, durante los primeros 15 días y luego con menos frecuencia.

Dependiendo de las condiciones climáticas, el tiempo de secado puede variar entre dos y seis meses.

Una vez que los culmos alcancen un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador), pasarán a ser almacenados bajo techo o ser utilizados en la construcción. NEC. Guadua 2016.

### 2.1.36.2 **Secado artificial.**

Dentro de las técnicas de secado artificial (artificial porque se modifica el ambiente) hay varias que utilizan diferentes grados de control, ya sea del ambiente interno en las técnicas que usan una cámara de secado, o de la calidad del aire controlando la temperatura y la humedad.

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, tal como se detalla en el proceso de secado al ambiente (literales del a al e).

El secado artificial permite el control de temperatura, humedad relativa y flujo de aire en su interior; el proceso requiere menos tiempo que en el sistema de secado al ambiente.

Los sistemas empleados pueden ser:

Hornos de secado: su fuente de energía son combustibles fósiles que pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos.

Inyección de aire caliente: Los culmos deben estar colocados horizontalmente y bajo cubierta. Con un ventilador y mangueras de plástico conectadas al interior de cada culmo se inyecta aire caliente.

Secado Solar: el secado se obtiene mediante acción solar y la participación de equipos mecánicos que pueden ser de dos tipos: - Secadores solares pasivos: son cámaras de secado que demandan la presencia de un colector solar. Los flujos de salida de aire caliente saturado de humedad y el ingreso de aire frío se obtienen mediante compuertas, aprovechando el efecto físico termo-sifónico. - Secadores solares activos: son cámaras operadas por acción solar y participación de equipos mecánicos impulsados por energía eléctrica para acelerar los flujos de aire. Ver Apéndice 5: Diseño de un Secador Solar. NEC. Guadua 2016.

El propósito de este documento de mapeo es analizar los sistemas de construcción y la eficiencia térmica de una casa creando una estrategia pasiva en las zonas rurales de la Parroquia Juan Benigno Vela usando simulaciones térmicas en estos edificios. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica que facilitó la elaboración de un marco teórico; después al utilizar estos conceptos básicos, surge una comprensión más amplia de la importancia del confort térmico en los edificios. Trabajamos con un enfoque cualitativo, donde se utilizan fichas de observación y análisis de campo; así, se diagnosticó el confort térmico de la casa folclórica parroquial. se convenció de que las condiciones del entorno se habían deteriorado importancia, y las recomendaciones para las mejoras del edificio se hacen utilizando este análisis. Esto selecciona un reemplazo un material que contribuye a la mejora del confort térmico en interiores, es decir, se considera un material respetuoso con el medio ambiente parte de la casa, más bien están relacionados con la casa; a partir de ella se determina un aumento de temperatura de 20°C valor óptimo para mejorar el confort térmico en interiores a 26°C. La conclusión es que el reemplazo de materiales puede mejorar el confort térmico interior fomentando la impermeabilización de los nuevos sistemas constructivos. Esa es la forma en que está se obtuvieron resultados considerables en las simulaciones, que determinan el aumento de la temperatura ambiente y de trabajo (Ávalos, 2022).

#### **2.1.37 Hormigón Armado.**

El hormigón es un material de construcción formado por una mezcla de agregados como cemento, arena, agua, piedra o ripio. Esta mezcla se adhiere fuertemente con el acero. El hormigón esta reforzado interiormente por una armadura de barras de hierro, una vez fraguado absorben los esfuerzos de tracción a que queda sometida. (MATERQ, 2019).

El hormigón armado a diferencia del simple es muy resistente a las altas temperaturas y a las vibraciones, hecho que le hace muy adecuado en obras de ingeniería civil como casas edificios, puentes. Posee propiedades mecánicas comola resistencia a compresión, a tracción y el módulo de elasticidad. Así mismo posee características físicas que dependen del fraguado y del endurecimiento (MATERQ, 2019).

### 2.1.38 **Propiedades del hormigón.**

Las principales propiedades del hormigón fresco son:

**Trabajabilidad:** Es la fluidez que tiene el hormigón en el proceso de mezclado dentro de una obra.

**Consistencia:** Es la capacidad que tiene el hormigón para deformarse o adaptarse a una forma establecida. Para medir la consistencia en nuestro proyecto se utilizó el ensayo del Cono de Abrams. [1] INEN 1578ASTM C 143.

**Homogeneidad:** Consiste en que los componentes del hormigón estén distribuidos de la manera más adecuada, esta propiedad se obtiene mediante un buen amasado y una colocación correcta.

### 2.1.39 **Necesidades.**

El desarrollo de los habitantes, el aumento de las necesidades de una casa y la degradación ambiental significan que el planeta necesita proteger el ecosistema y conservar su potencia. Unas de las alternativas de este requisito es utilizar componentes para promover el crecimiento y reducir los gastos del mundo de la edificación industria de la construcción. El propósito de esta investigación es documentar los aspectos más importantes del proceso de construcción del bambú en *Guadua angustifolia* Kunth y profundizar en la memoria descriptiva para brindar un referente para su implementación. Por lo tanto, se analizó y diseñó de casas familiares edificadas ante todo a base de la caña *Guadua* de acuerdo a las dimensiones y parámetros de presupuesto solicitados por las autoridades ecuatorianas. La implementación de dichos proyectos y las recomendaciones y lineamientos emitidos cumplen con normas de la bioarquitectura, promueven la arquitectura vernácula y contribuyen con la reducción de las secuelas ambientales de las edificaciones. Las consecuencias valen como acreditación y orientación para el financiamiento de viviendas de interés social y como orientación para la realización y seguimiento a la construcción. La finalidad es promover estas proposiciones de construcción y hacer de la caña hoja de *Guadua* agustí un material versátil para solucionar los problemas de vivienda en el Ecuador (Zevallos, 2021).



#### **2.1.40 Aporte informativo de la Caña Guadúa.**

El uso formal de materiales como la caña guadua en la industria de la construcción es una meta que, si bien ha sido lenta en comparación con el acero o el concreto, se ha logrado gracias a importantes aportes del Centro de Estudios Superiores y otras vertientes. Este trabajo realiza una revisión bibliográfica sobre el estudio de la caña de azúcar como material de construcción en Guadua, centrándose en la región latinoamericana. El objetivo es comprender el interés de la facultad en trabajos de investigación relacionados con el uso constructivo de Guaduas desde 2010 en tesis u otros proyectos de publicación. Para ello se realizó un estudio bibliográfico de los tipos y características de los documentos. El trabajo se basó en el análisis de contenido, revisión bibliográfica, análisis y síntesis de fuentes documentales, seleccionando una selección de 30 obras que reflejaban y sustentaban los objetivos a alcanzar. Las conclusiones extraídas muestran que, si bien el avance del estudio no tiene una tendencia constante o regular en cantidad, es de gran utilidad y contribuye al desarrollo y actualización de las normas de construcción en Guadua en diferentes países de la región (Gonzalo & Nolivos, 2023).

#### **2.1.41 Características de la zona.**

Gracias a sus características climáticas y geográficas, el Ecuador cuenta con una altísima diversidad de bambúes: 6 géneros, 42 especies identificadas, de las cuales 11 son endémicas. Entre ellas, *Guadua angustifolia* es estimada como la especie muy valiosa debido a su sobreabundancia y característica física-mecánica. Los pueblos indígenas de Ecuador y Colombia utilizaron el término original guadua para referirse a este "bambú nativo", que luego pasó a llamarse "*Guadua angustifolia*", que significa "hoja estrecha", taxonómicamente pertenece a la familia Gramineae de la subfamilia bambú. El material se ha utilizado durante tanto tiempo que, según *New Bamboo Building Techniques* (1978), se han encontrado restos arquitectónicos en Ecuador con una antigüedad de 9.500 años (Maiztegui, 2020)

El presente trabajo de investigación se basa en el análisis del crecimiento poblacional y el déficit habitacional en el estado de Yancaza como introducción al estudio del bambú y bejuco como material de construcción ideal que puede contribuir a paliar el déficit habitacional utilizando las alternativas existentes de bajo impacto

ambiental sobre la fauna. , considerando los antecedentes de este tipo de área de construcción y la normatividad nacional sobre sus condiciones de uso y especificaciones técnicas para proponer un sistema constructivo de prefabricados de bambú y ratán que se pueda realizar en el sitio de la obra bajo el principio de producción industrial liviana. El uso de elementos modulares promueve la volubilidad en tamaño y diseño estético, facilitando las construcciones de viviendas unifamiliares estables que satisfagan las prioridades prácticas. el usuario (Herrera & Nayarid, 2021).

#### **2.1.42 Uso.**

En Manabí Ecuador, la caña Guadua se utiliza como material principal para soluciones de vivienda como la arquitectura vernácula y cómo interviene en nuevos sistemas de construcción, lo que lleva a innovaciones en nuevas tecnologías como techos de paja y luego un paso hacia la arquitectura moderna. El terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador, cuyo epicentro fue de 7,8 grados frente a las costas del estado de Pedernales y afectó a las provincias de Manabí y Esmeralda, puso de manifiesto la precariedad del sistema constructivo del que dependemos. Debido a la falta de una supervisión técnica estricta de los proyectos de construcción, muchos edificios se derrumbaron debido al peso del propio edificio, la mala calidad de los materiales y la utilización insuficiente. Sin embargo, algunos edificios de guadua se vieron afectados, pero no se derrumbaron, lo que demuestra la importancia de considerar este material en la construcción residencial por su flexibilidad, peso ligero y bajo costo. También es de conocimiento general que, además de las intervenciones en soluciones residenciales, el vino de guayaba también actúa de diversas formas en la construcción comercial moderna, lo que demuestra que este material nunca ha dejado de usarse, y por lo tanto siempre se ha pensado en él. un elemento básico de la arquitectura (Cevallos & Cristhian, 2020).

#### **2.1.43 Beneficios de la caña.**

El desarrollo de los pueblos, el incremento de las necesidades de casas y la degradación ambiental significan el planeta necesita proteger el ecosistema y conservar la potencia energética. Una prioridad a este requisito sería utilizar productos que promuevan el aumento y minoricen los gastos la industria de las edificaciones. El propósito de esta investigación es documentar los aspectos más importantes del

proceso de construcción del bambú en *Guadua angustifolia* Kunth y profundizar en la memoria descriptiva para brindar un referente para su implementación. Por lo tanto, se analizó y diseñó casa familiar edificada primeramente a base de caña *Guadua* de acuerdo a las dimensiones y parámetros de presupuesto solicitados por las autoridades ecuatorianas. La implementación de dichos proyectos y las recomendaciones y lineamientos emitidos cumplen con los fundamentos de la bioarquitectura, promueven las construcciones tradicionales y contribuyen a la reducción de la destrucción ecológica de la industria de las edificaciones. Las consecuencias sirven como resultados de orientación para el financiamiento de viviendas de interés social y como guiador para la realización y seguimiento de la construcción. esta direccionado a promover las opciones edificativas y hacer del bambú hoja de *Guadua angustifolia* un material versátil para solucionar los problemas de vivienda en el Ecuador (Giuseppina, Briones, Zevallos, & Delgado, 2021).

"Relaciones existentes entre el bambú y el ratán y su presencia en la construcción residencial resistente a terremotos". En este estudio podremos reconocer a la *guadua* como un material noble con múltiples usos, y hemos creado una variedad de artículos para la decoración del hogar, incluyendo llaveros, pulseras y más, en la temática artesanal. También allanó el camino para los textiles, y algunas camisas están hechas con fibras de bambú debido a la capacidad de la tela para evitar que el sudor se asiente en la piel. Además, el material se utiliza a nivel industrial para crear nuevos objetos, como cajas de computadoras (Guevara, García, Lucas, & Daza, 2020).

#### 2.1.44 **El Bambú.**

El Bambú, un elemento noble de la naturaleza, es conocido en Ecuador como *guadua* y es versátil, y en la región de Olona, Península de Santa Elena, donde crece en los densos bosques nubosos de la Sierra de Choncón - Colonche, miembros de la comunidad han evolucionado. una especie denominada producto para sorbetes (mezcla de cocteles) que puede ser reutilizada en bares y cantinas industriales y vendida como artesanía a los muchos extranjeros que visitan la región, un nuevo producto garantizado para no ser utilizado en plástico turístico, pero el propósito de este La revisión es observar que ya existe una tendencia a usar plantas para hacer

otros materiales. La investigación ha demostrado que se puede obtener una resina similar al plástico extrayendo celulosa. Es decir, si bien se fabrican muebles, puertas y casas, este valioso material puede satisfacer las necesidades de materiales de construcción, especialmente mamparas de oficina, tableros de mesa, puertas y ventanas. Esta revisión de la literatura primero examina las propiedades mecánicas del bambú y el ratán y luego examina los beneficios de usar diferentes pastos de la subfamilia del bambú, principalmente en la construcción (Pin, Coque, & Ayala, 2019).

## **2.2 Marco Legal:**

### **2.2.1 Constitución de la República.**

La Constitución de la República del Ecuador (2008), reconoce en su artículo 14 el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. El artículo 72 de la Constitución establece que la naturaleza tiene derecho a la restauración, y que en los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos 24 los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas (CONSTRUCCIÓN, 2016).

En el mismo contexto de los “derechos de la naturaleza” incorporados en la Constitución de la República, el artículo 73 señala que el Estado aplicará medidas de precaución o restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de las especies, la destrucción de los ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales (CONSTRUCCIÓN, 2016).

## 2.2.2 Normas Nacionales.

### 2.2.3 Ministerio de obras pública (MOP)

2.3.2. Normas 2.3.2.1. Ministerio de obras pública (MOP) □ Sección 802. Cemento portland 802-1. Cemento Portland. 802-1.01.

Objetivos. - Esta especificación tiene como objeto determinar las características y requisitos que debe cumplir el cemento Portland. 802.

Cemento portland. - Las normas establecidas por el MOP bajo los lineamientos del INEN regirán para todos los procesos constructivos y cuando se requiere alguna especificación no contemplada en esta norma se deberá considerar los requerimientos del AASHTO M 85 "PORTLAND CEMENT", con sus modificaciones: a),

y c). 802-1.02. Alcance y limitaciones. - Esta especificación se aplica a todos los Tipos de cemento Portland indicados en el numeral 802-1.04. Correspondientes a la norma INEN 152. 802-1.03.

Definiciones específicas. - Cemento Portland es el producto que se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual está constituido esencialmente por silicatos de calcio hidratado, adicionado con agua o sulfato de calcio o los dos materiales, en proporciones tales que cumplan los requisitos químicos relativos a las cantidades máximas de anhídrido sulfúrico y pérdidas por calcinación. 802-1.04.

Tipos de cemento. - El cemento Portland se clasifica en 5 Tipos que, de acuerdo con la norma INEN 152, son los siguientes: 25

TIPO I Cemento de uso general, al que no se exigen propiedades especiales.

TIPO II Para uso en construcciones de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos o cuando se requiere de moderado calor de hidratación.

TIPO III Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia inicial.

TIPO IV Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere bajo calor de hidratación.

TIPO V Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia a la acción de los sulfatos. Los cementos de los Tipo IV y V no se hallan comúnmente en el mercado, por lo que su fabricación será sobre pedido, con la

debida anticipación. Los cementos Tipo I, II y III pueden utilizarse con incorporadores de aire, de acuerdo a lo previsto en la Sección 805 de estas especificaciones. Sí en los planos o documentos contractuales no se indicare el Tipo de cemento a usarse en una obra, se entenderá que debe emplearse el cemento Portland del Tipo I. En cualquier estructura o pavimento se utilizará un solo Tipo de cemento, si de otro modo no se indica en los planos. 802-1.05. Requisitos. - El cemento Portland debe cumplir con los requisitos químicos y físicos establecidos en las Tablas 2.1, 3.1 y 3.2 de la norma INEN 152, de acuerdo al Tipo del cual se trate. A criterio del fabricante, pueden utilizarse aditivos durante el proceso de fabricación del cemento, siempre que tales materiales, en las cantidades utilizadas, hayan demostrado que cumplen con los requisitos especificados en la norma INEN1504. El cemento deberá almacenarse en un depósito adecuado que lo proteja de la intemperie, para reducir a un mínimo su hidratación durante el almacenamiento y de tal manera que permita un fácil acceso para la inspección e identificación adecuadas. El cemento se podrá entregar envasado en sacos o a granel. Si se entrega en sacos, cada saco tendrá una masa neta de 50 kg., y se acepta hasta una diferencia del 1% de ésta. Si la entrega es a granel, el proveedor certificará la cantidad entregada, mediante balanzas calibradas periódicamente por el INEN. 26 en lo referente a rotulado, todos los sacos deben llevar impreso con letras legibles e indelebles las siguientes indicaciones: a) Nombre del cemento "CEMENTO PORTLAND" b) Tipo de cemento. c) Contenido neto en kilogramos, "50 kg." d) Marca de fábrica. e) Razón social de la empresa fabricante. Cuando el cemento se despache al granel, deberá incluirse una guía de transporte con las indicaciones mencionadas. 802-1.06. Ensayos y Tolerancias. - Todos los ensayos y tolerancias referentes a los requisitos químicos y físicos que deben cumplir los 5 Tipos de cemento Portland, se basarán en las normas INEN correspondientes, de acuerdo a lo que indica la norma INEN 152 El cemento Portland que permanezca almacenado al granel más de 6 meses o almacenado en sacos por más de 3 meses, será nuevamente muestreado y ensayado y deberá cumplir los requisitos previstos, antes de ser usado. (NORMAS INEN , 2020)

#### **2.2.4 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC NEC-SEHMESTRUCTURAS DE GUADÚA. (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2016)**

Requisitos para elementos en flexión Las vigas y otros elementos estructurales de pórticos en flexión deberán presentar las siguientes características:

2.2.3 Ser parte de sistemas resistentes a cargas sísmicas. • Resistir esas fuerzas fundamentalmente por flexión. • Las fuerzas axiales incrementadas de compresión del elemento no exceden  $0.10 f'c A_g$  en ninguna combinación de cargas en que participen las cargas sísmicas (véase en la sección 3.4.2 de la NEC-SE-CG) Dónde:  $f'c$ = Resistencia a la compresión del Hormigón (MPa)  $A_g$ = Área bruta de la sección ( $mm^2$ ) • Que la luz libre sea mayor que cuatro veces la altura útil de la sección transversal (véase Figura 4) • Que el ancho mínimo  $b$  sea 250 mm (véase Figura 4)

Que el peralte mínimo cumpla con los requisitos de ACI 318 sección 9.5 (“control de las deflexiones”)

2.2.4 Diseño por flexión Se realizará mediante un análisis de la sección asumiendo una distribución lineal de la deformación unitaria  $\epsilon_t$  y un bloque de compresión equivalente de acuerdo al código ACI 318. La resistencia que aporte el refuerzo longitudinal en la zona de compresión será despreciada.

2.2.5. Distancia entre los apoyos laterales La separación entre los apoyos laterales de una viga no debe exceder de 50 veces el menor ancho  $b$  del ala o cara de compresión. Deben tomarse en cuenta los efectos de la excentricidad lateral de la carga al determinar la separación entre los apoyos laterales.

2.2.6. Razón de refuerzo máximo. Los valores de  $\rho$  y  $\rho'$  deben ser tales que propicien una falla en flexión controlada por la tracción. Dónde:  $\rho$  Cuantía del refuerzo As evaluada sobre el área  $b d$   $\rho'$  Cuantía del refuerzo A's evaluada sobre el área  $b d$   $b$  Ancho de la cara en compresión del elemento (mm)  $d$  Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm)  $A_S$  Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción ( $mm^2$ ).  $18 A'S$  Área del refuerzo a compresión ( $mm^2$ ) NOTA: Estos valores no pueden exceder el 50% de la cuantía en condición balanceada ( $\rho_b$ ).  $\rho_b$ : Cuantía de refuerzo As evaluada sobre el área  $b d$  que produce condiciones balanceadas de deformación unitaria Tanto el refuerzo superior como el inferior debe estar formados por un mínimo de dos varillas.

2.2.7. Refuerzo longitudinal mínimo en elementos sometidos a flexión En toda sección de un elemento a flexión en que se requiera acero a tracción, el valor de  $A_{s,min}$  es tal como sigue: En toda sección de un elemento sometido a flexión cuando

por análisis se requiera refuerzo de tracción, el  $A_s$  proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de:  $D \text{ ónde: } A_s, \text{ min } \frac{bW}{d} \frac{f_y}{f_c}$  Ancho del alma o diámetro de la sección circular (mm)  $d$  Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm)  $f_y$  Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (MPa)  $f_c$  Resistencia especificada a la compresión del Hormigón (MPa) Estos requisitos no son necesarios si el refuerzo colocado a lo largo del elemento en cada sección es al menos un tercio mayor al requerido por análisis. (CONSTRUCCIÓN, 2016)

## **2.3 Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC ESTRUCTURA DE GUADÚA (GaK).**

### **2.3.1 Identificación de la GaK Idónea para la Construcción**

La GaK rolliza utilizada como elemento estructural en forma de columna, viga, vigueta, pie-derecho, entramados, entrepisos, etc., debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

El guadúa debe estar seca, lo que significa que su contenido de humedad debe ser igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador). Para garantizar esto, los culmos deben estar en el sitio de la obra al menos 15 días antes de usarse.

Los culmos de GaK deben cumplir con los procesos de preservación y secado descritos anteriormente como se indica en la sección 3.5. y 3.6.

Los culmos de GaK no deben presentar una deformación del eje longitudinal mayor al 0,33%. Esta deformación se reconoce al colocar la pieza sobre una superficie plana (o con cuerdas) y observar si existe separación entre la superficie de apoyo (o la cuerda) y la pieza. Este procedimiento de verificación debe realizarse al menos en cada tercio de la circunferencia del culmo.

La GaK es un material natural y su diámetro va disminuyendo constantemente a lo largo del tallo, se entiende que la conicidad hace parte de su morfología, no obstante, se deben poner algunos límites a esta diferencia entre diámetros. (GUADÚA, 2016)

### **2.3.2 Bases para el Diseño Estructural**

El diseño de estructuras de GaK debe tener en cuenta las características de los materiales complementarios tales como pernos, conectores, adhesivos, soportes



y tableros, según las recomendaciones de los fabricantes. Se deben tomar en cuenta todas las medidas apropiadas de protección de estos materiales contra la humedad, la corrosión o cualquier agente que degrade su integridad estructural. (GUADÚA, 2016)

### 2.3.3 Requisitos de calidad para las estructuras en GaK

Para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura en GaK durante toda su vida útil se debe tener en cuenta lo siguiente:

La construcción de la edificación debe realizarse por personal capacitado y bajo la dirección de un profesional que conozca los lineamientos normativos correspondientes y los principios constructivos con GaK.

Los materiales y productos que sean usados en la construcción deben emplearse como se especifica en este documento y siguiendo las especificaciones de uso dadas por los proveedores de la materia prima y fabricantes. (GUADÚA, 2016)

**Las estructuras de GaK** por estar fabricadas con un material de origen natural deben tener un adecuado mantenimiento preventivo, que garantice que los elementos a usar no sean atacados por insectos u hongos durante su vida útil, como se especifica en la sección 3.5.

La estructura debe tener durante toda su vida útil el mismo uso para el que fue diseñada. (GUADÚA, 2016)

**Cuando la estructura de GaK** se utilice como cubierta de piscinas de natación en donde se utiliza cloro, se debe establecer en el diseño y la construcción que no se producirá ataque del cloro a la GaK y que se han tomado todas las precauciones para evitar un deterioro de los culmos y una disminución de su resistencia estructural por esta causa.

Para la determinación del diámetro y del espesor real de la pared del culmo se debe seguir los siguientes procedimientos:

**Diámetro:** Medir en cada segmento del culmo el diámetro en ambos extremos y en dos direcciones perpendiculares entre sí. El diámetro real corresponde al promedio de las cuatro mediciones.

**Espesor:** Tomar cuatro mediciones en cada sección transversal del culmo, y medir, además, el espesor en los mismos sitios en que se midió el diámetro. El espesor real corresponde al promedio de las ocho mediciones. (GUADÚA, 2016)

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METEODOLÓGICO**

La presente investigación se sustenta en dos metodologías que son el enfoque cualitativo y cuantitativo, ya que se realizará la recopilación de datos a los cuales se evaluarán cualitativamente los resultados de la encuesta de preferencia para construcción de vivienda, que se establecerán más adelante en este capítulo; evaluando las preferencias de las personas respaldando así la información necesaria para validar o negar parte de las hipótesis planteadas; además se cuantificarán estos valores y se tabularán los resultados.

#### **3.1 Enfoque de la Investigación mixto.**

Para este trabajo de investigación se sustenta el enfoque mixto. En el enfoque investigativo cualitativo se determinarán las propiedades físicas y mecánicas de la caña guadua, se evaluará los resultados bajo los parámetros de validez, factibilidad y 35 confiabilidad y mientras que en el enfoque cuantitativo se evaluará el comportamiento y relación entre el hormigón y la caña guadua.

#### **3.2 Alcance de la investigación: exploratorio**

El alcance de este proyecto de titulación es exploratorio descriptivo.

se ajusta a un tipo de investigación exploratorio, ya que se busca una exploración de los resultados de la evaluación de la caña por medio de técnicas numéricas basándonos en los ensayos de laboratorio, estudiando y probando diferentes tipos de materiales. para poder llevar a cabo los refuerzos para las estructuras de las viviendas a construir.

#### **3.3 Técnicas e Instrumentos para obtener los datos.**

Las técnicas que se utilizaran en este proyecto ensayos granulométricos de los materiales, ensayos a compresión ensayos de resistencia a flexión. los instrumentos serán los que se utilizan en el laboratorio, balanzas, bandejas, moldes, cilindros para muestras, prensa hidráulica.

Se implementarán las técnicas que serán de tipo experimental para lo cual se diseñará una vivienda de hormigón en la cual se sustituirá el acero estructural con la caña guadúa, implementando un cálculo estructural para poder desarrollar los planos estructurales, de instalaciones eléctricas, sanitarias y de detalles constructivos.

El método de obtención de datos es la encuesta; la cual nos ayudará recolectar experiencias y puntos de vista, preferencias y necesidades de las personas para el desarrollo del diseño de la vivienda con hormigón con acero vegetal.

Para la recolección de datos para esta investigación se ha seleccionado una encuesta para lo cual se ha desarrollado preguntas que nos orientarán a conocer las experiencias, necesidades, opiniones, preferencias y demás parámetros que nos servirán para desarrollar mejor nuestra investigación.

**En cuanto al nivel, la investigación experimental es netamente explicativa**, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente. Es decir, se pretende establecer con precisión una relación causa-efecto.

**La investigación explicativa** se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos.

### 3.3.1 Análisis de Resultados.

#### **ENCUESTA DIRIGIDA A PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN.**

(Especializados en sistemas y cálculos constructivos)

#### **PREGUNTA 1.**

¿Cree usted necesario el uso de eco materiales en la construcción?

**Tabla 3**

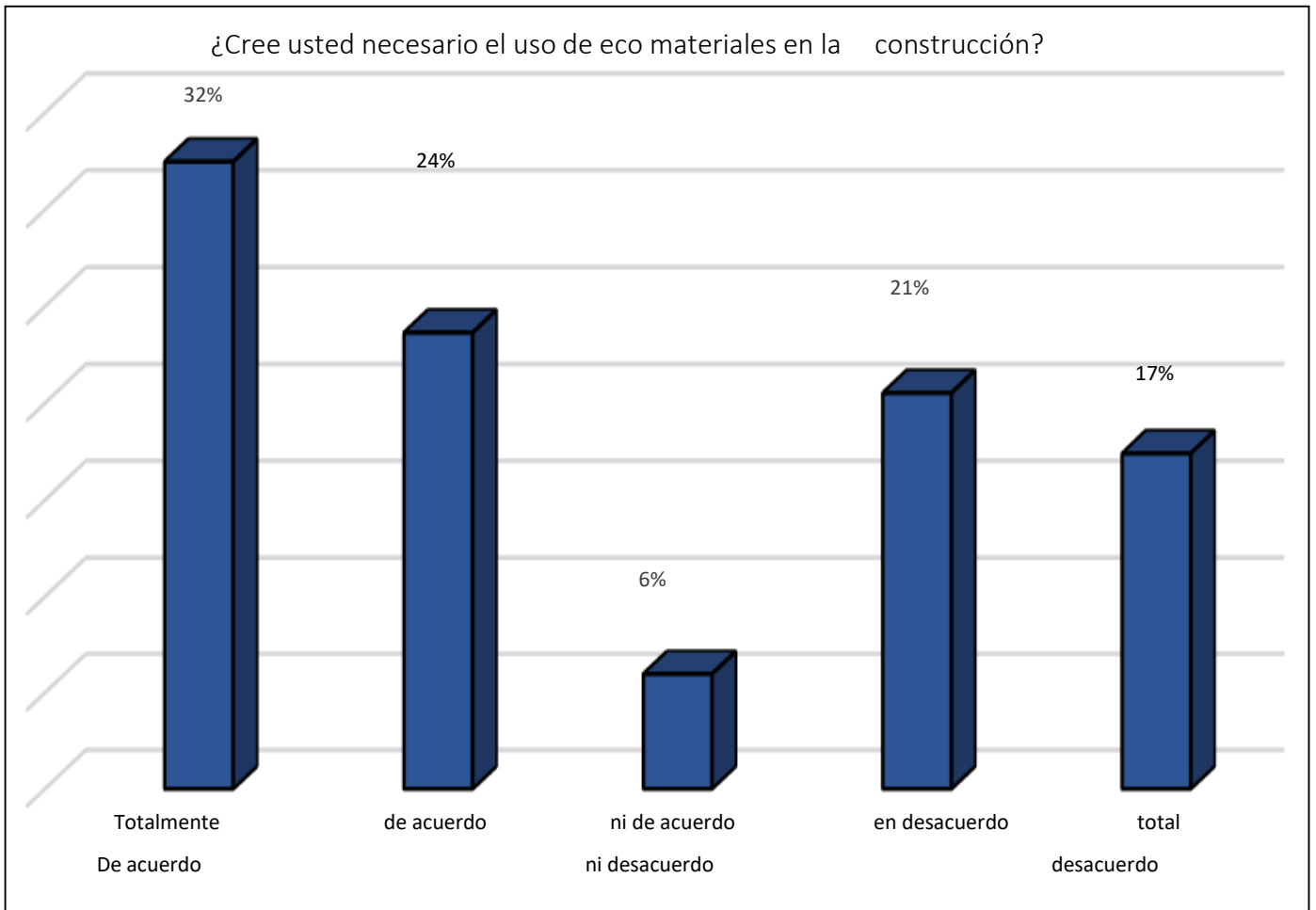
Resultados de encuesta pregunta 1.

| Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo | TOTAL |
|-----------------------|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|-------|
| 125                   | 91         | 23                             | 79            | 67                       | 385   |
| 32%                   | 24%        | 6%                             | 21%           | 17%                      | 100%  |

Elaborado por: Villegas,2023

**Figura 21**

Tabulación de la preguntata 1



Elaborado por: Villegas,2023

**Análisis:** En la recolección de datos del 100%, el 32% está Totalmente de acuerdo, el 24%están De acuerdo, el 6% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 21% están en Desacuerdo y el 17% están Totalmente en desacuerdo.

## PREGUNTA 2.

¿Considera importante desarrollar técnicas innovadoras en el proceso de construcción de una vivienda?

**Tabla 4**

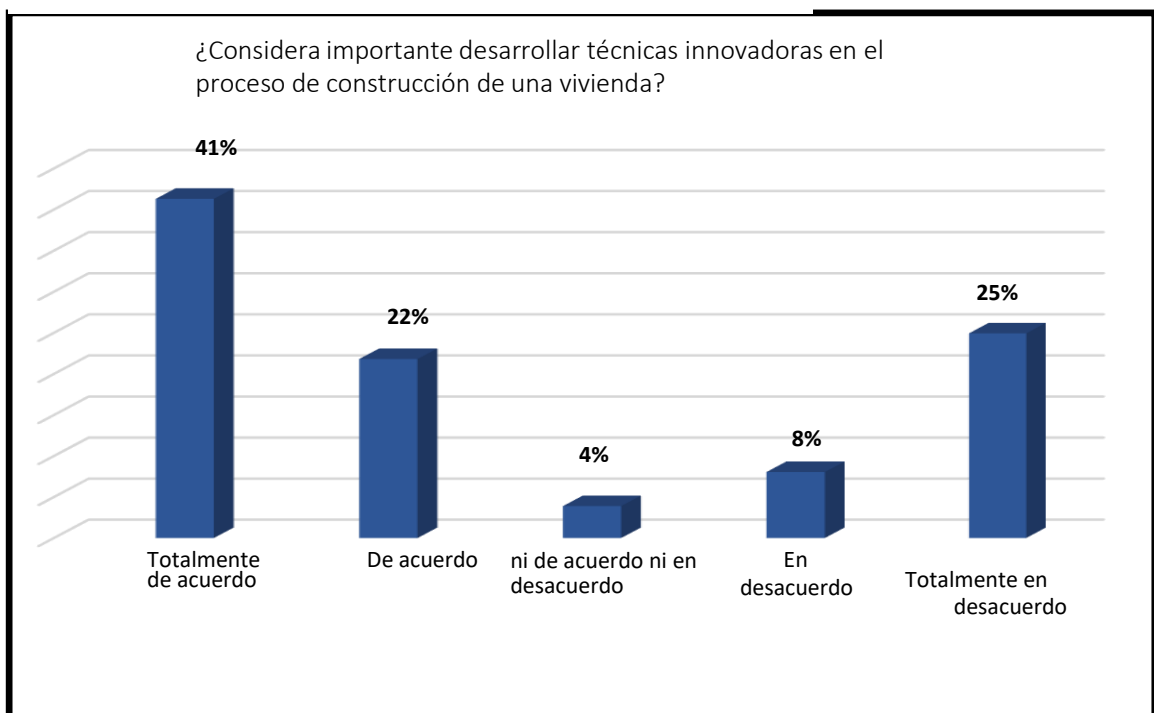
Resultados de encuesta pregunta 2.

| Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo | TOTAL |
|-----------------------|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|-------|
| 159                   | 84         | 15                             | 31            | 96                       | 385   |
| 41%                   | 22%        | 4%                             | 8%            | 25%                      | 100%  |

Elaborado por: Villegas,2023

**Figura 22**

Tabulación 2



Elaborado por: Villegas,2023

### Análisis:

En la recolección de datos del 100%, el 41% está Totalmente de acuerdo, el 22% están De acuerdo, el 4% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 8% están en Desacuerdo y el 25% están Totalmente en desacuerdo.

### PREGUNTA 3.

¿Cree usted necesario implementar la Caña Guadúa como un eco material en la construcción?

**Tabla 5**

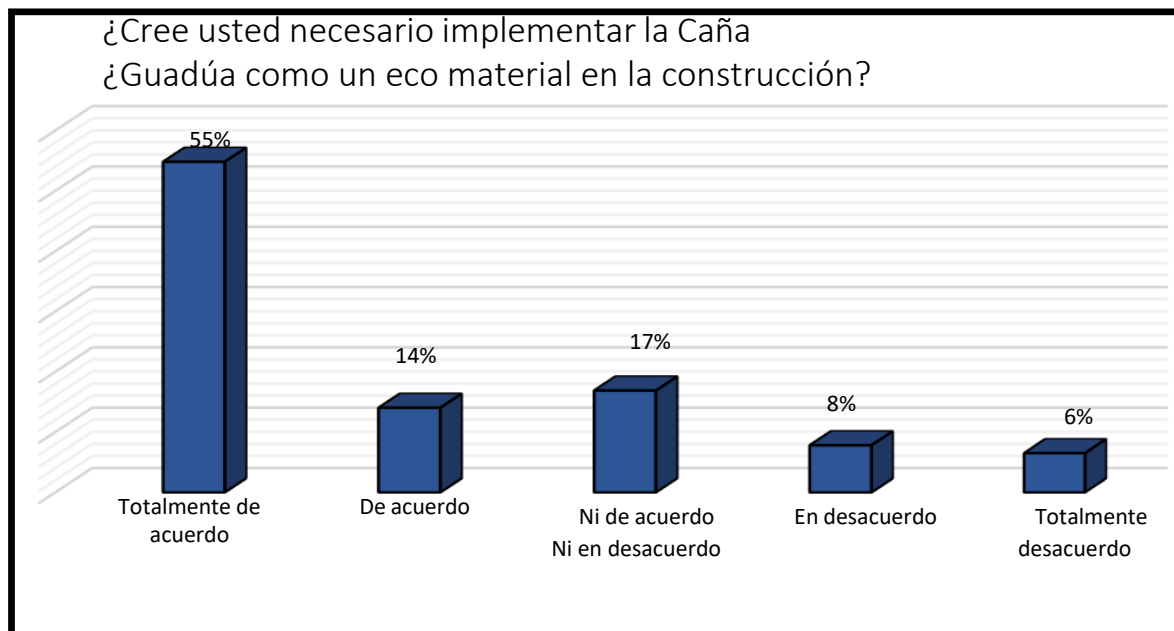
Resultados de encuesta pregunta 3

| Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo | TOTAL |
|-----------------------|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|-------|
| 211                   | 54         | 65                             | 30            | 25                       | 385   |
| 55%                   | 14%        | 17%                            | 8%            | 6%                       | 100%  |

Elaborado por: Villegas,2023

**Figura 23**

Tabulación 3



Elaborado por: Villegas,2023

### Análisis:

En la recolección de datos del 100%, el 55% está Totalmente de acuerdo, el 14% están De acuerdo, el 17% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 8% están en Desacuerdo y el 6% están Totalmente en desacuerdo.

#### PREGUNTA 4.

¿Usaría la Caña Guadúa como materia prima para construir una vivienda de interés social?

**Tabla 6**

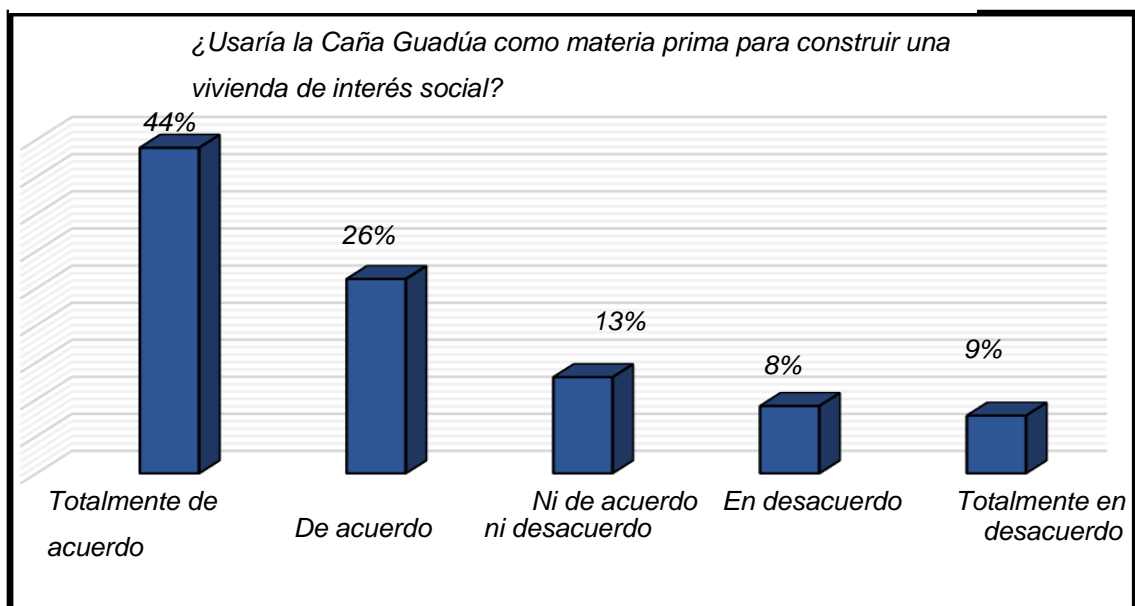
*Resultados de encuesta pregunta 4*

| Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo | TOTAL |
|-----------------------|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|-------|
| 169                   | 101        | 50                             | 35            | 30                       | 385   |
| 44%                   | 26%        | 13%                            | 9%            | 8%                       | 100%  |

*Elaborado por: Villegas,2023*

**Figura 24**

*Tabulación 4.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **Análisis:**

En la recolección de datos del 100%, el 44% está Totalmente de acuerdo, el 26% están De acuerdo, el 13% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 9% están en Desacuerdo y el 8% están Totalmente en desacuerdo.

## PREGUNTA 5.

¿Estaría de acuerdo en utilizar la caña como un elemento estructural en una vivienda de interés social?

**Tabla 7**

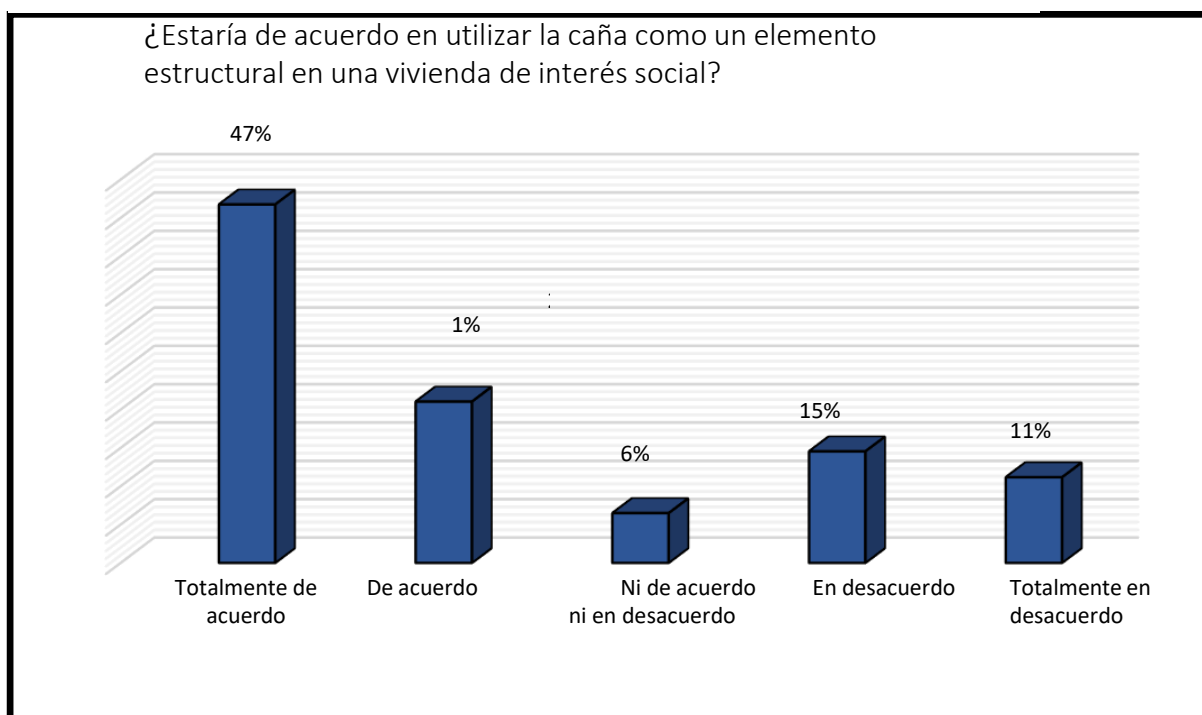
*Resultados de encuesta pregunta 5*

| Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo | TOTAL |
|-----------------------|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|-------|
| 180                   | 81         | 25                             | 56            | 43                       | 385   |
| 47%                   | 21%        | 6%                             | 15%           | 11%                      | 100%  |

*Elaborado por: Villegas,2023*

**Figura 25**

*Tabulación 5*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### **Análisis:**

En la recolección de datos del 100%, el 47% está Totalmente de acuerdo, el 21% están De acuerdo, el 6% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 15% están en Desacuerdo y el 11% están Totalmente en desacuerdo.



## PREGUNTA 6.

¿Está dispuesto a sustituir el acero de refuerzo por la Caña Guadúa en una vivienda?

**Tabla 8**

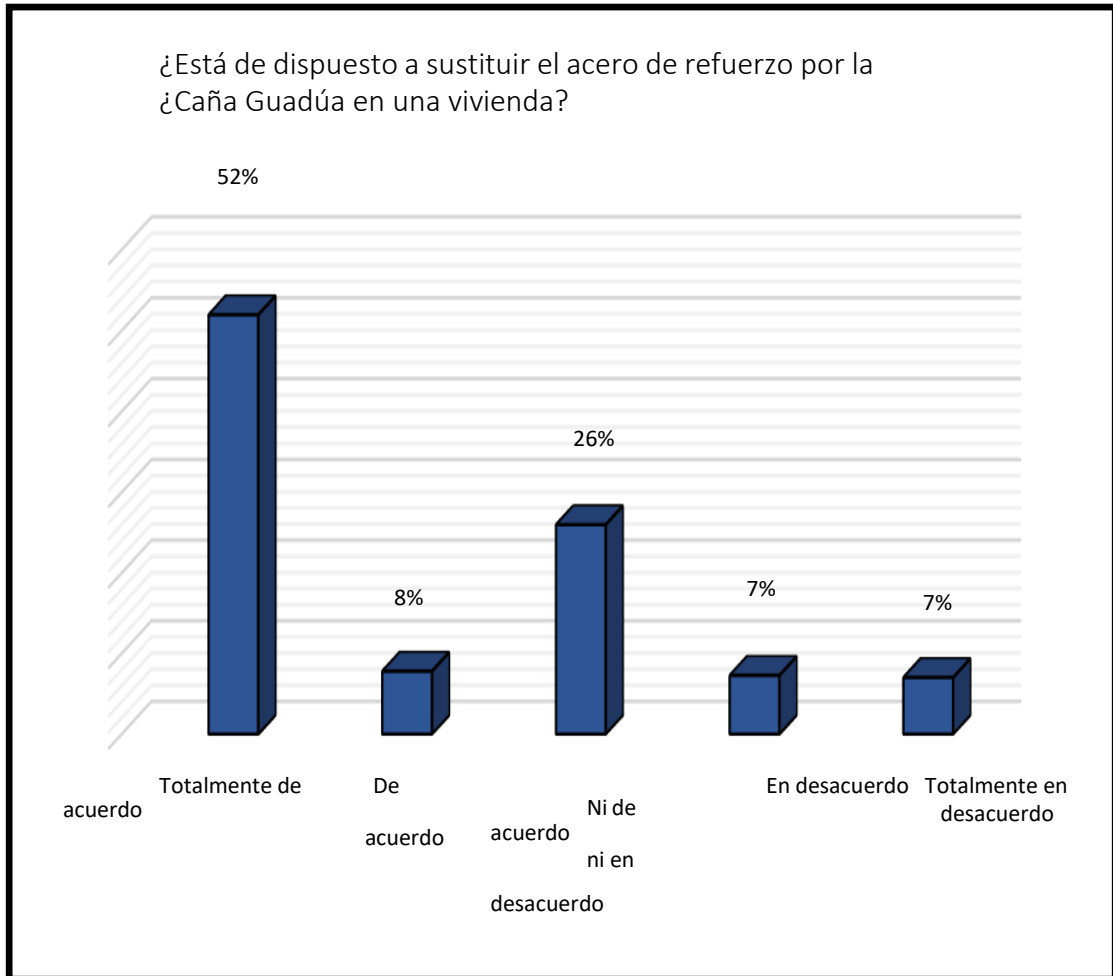
*Resultados de encuesta pregunta 6.*

|                              | <i>De acuerdo</i> | <i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i> | <i>En desacuerdo</i> | <i>Totalmente en desacuerdo</i> | <i>TOTAL</i> |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------|
| <i>Totalmente de acuerdo</i> |                   |                                       |                      |                                 |              |
|                              | 30                | 100                                   | 28                   | 27                              | 385          |
| 200                          |                   |                                       |                      |                                 |              |
|                              | 8%                | 26%                                   | 7%                   | 7%                              | 100%         |
| 52%                          |                   |                                       |                      |                                 |              |

*Elaborado por: Villegas,2023*

**Figura 26**

*Tabulación 6*



*Elaborado por: Villegas,2023*

**Análisis:**

En la recolección de datos del 100%, el 52% está Totalmente de acuerdo, el 8% están De acuerdo, el 26% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 7% están en Desacuerdo y el 7% están Totalmente en desacuerdo.

## PREGUNTA 7.

¿Cree usted que al implementar como refuerzo la Caña Guadúa mejore durabilidad y de una vivienda?

**Tabla 9**

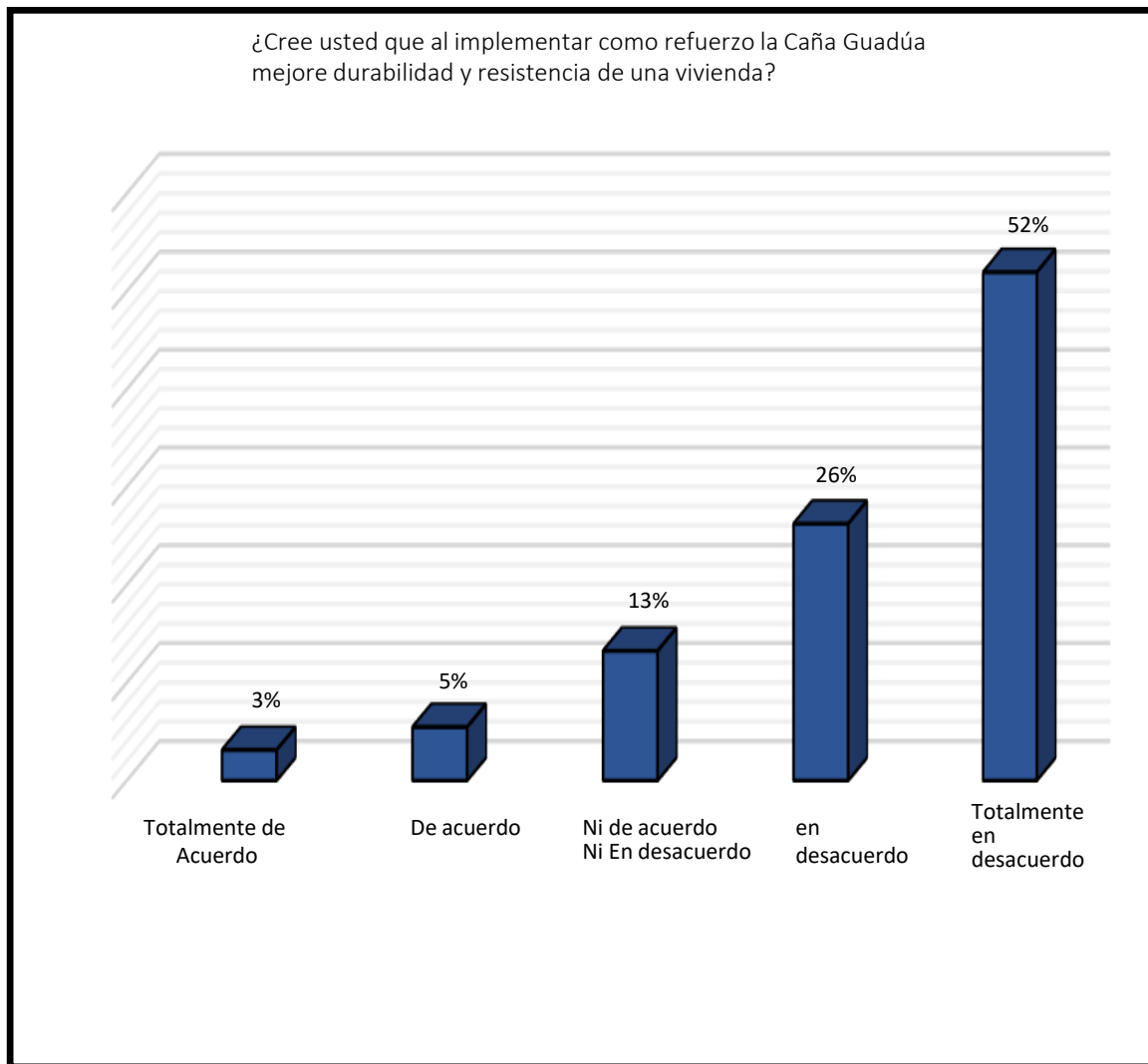
*Resultados de encuestas pregunta 7*

|                              | <i>De acuerdo</i> | <i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i> | <i>En desacuerdo</i> | <i>Totalmente en desacuerdo</i> | <i>TOTAL</i> |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------|
| <i>Totalmente de acuerdo</i> |                   |                                       |                      |                                 |              |
| 12                           | 21                | 51                                    | 101                  | 200                             | 385          |
| 3%                           | 5%                | 13%                                   | 26%                  | 52%                             | 100%         |

*Elaborado por: Villegas,2023*

**Figura 27**

*Tabulación 7.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

**Análisis:**

En la recolección de datos del 100%, el 3% está Totalmente de acuerdo, el 5% están De acuerdo, el 13% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 26% están en Desacuerdo y el 52% están Totalmente en desacuerdo.

## PREGUNTA 8.

¿Cree usted que es rentable sustituir el acero por la Caña Guadúa en una vivienda de interés social?

**Tabla 10**

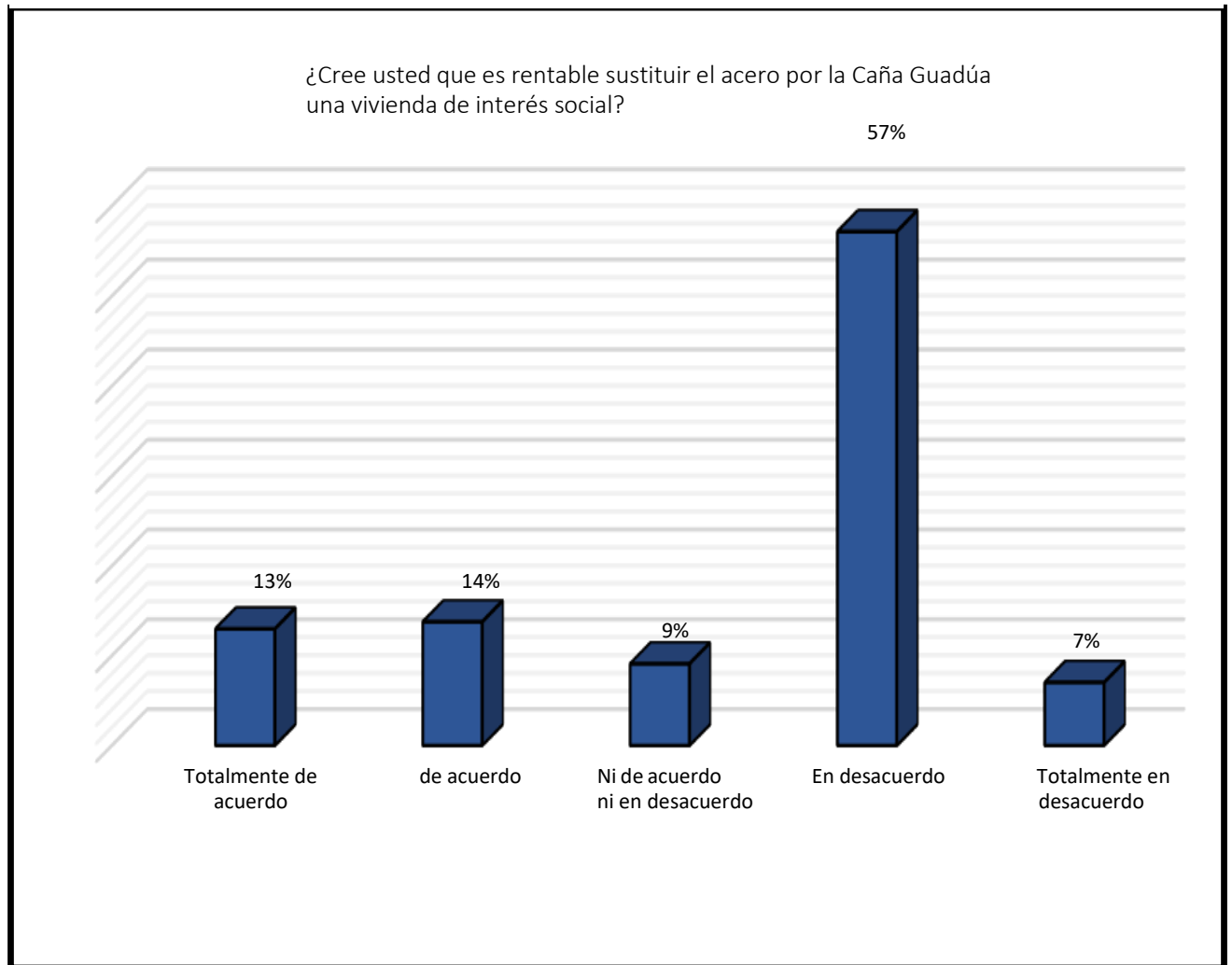
*Resultados de encuesta pregunta 8*

| <i>Totalmente de acuerdo</i> | <i>De acuerdo</i> | <i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i> | <i>En desacuerdo</i> | <i>Totalmente en desacuerdo</i> | <i>TOTAL</i> |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------|
| <i>50</i>                    | <i>53</i>         | <i>35</i>                             | <i>220</i>           | <i>27</i>                       | <i>385</i>   |
| <i>13%</i>                   | <i>14%</i>        | <i>9%</i>                             | <i>57%</i>           | <i>7%</i>                       | <i>100%</i>  |

*Elaborado por: Villegas,2023*

Figura 28

*Sustituir el acero por la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### **Análisis**

En la recolección de datos del 100%, el 13% está Totalmente de acuerdo, el 14% están De acuerdo, el 9% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 57% están en Desacuerdo y el 7% están Totalmente en desacuerdo.

## PREGUNTA 9.

¿Dependería del valor económico construir una vivienda con refuerzo de CañaGuadúa como refuerzo estructural en una vivienda?

**Tabla 11**

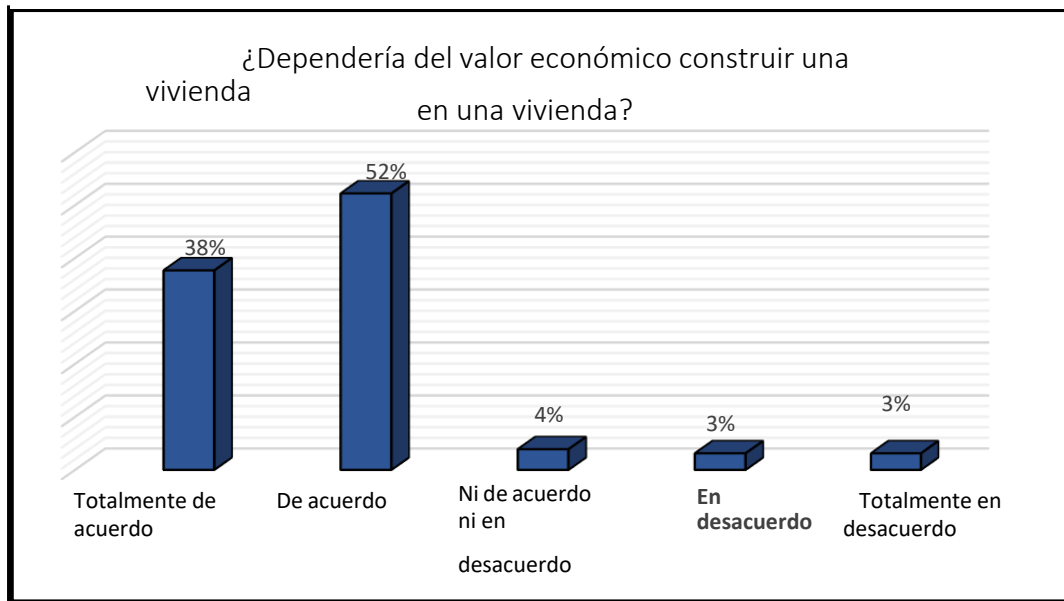
*Resultados de encuestas 9*

|                              | <i>De acuerdo</i> | <i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i> | <i>En desacuerdo</i> | <i>Totalmente en desacuerdo</i> | <i>TOTAL</i> |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------|
| <i>Totalmente de acuerdo</i> |                   |                                       |                      |                                 |              |
| 145                          | 201               | 15                                    | 12                   | 12                              | 385          |
| 38%                          | 52%               | 4%                                    | 3%                   | 3%                              | 100%         |

*Elaborado por: Villegas,2023*

**Figura 29**

*Tabulación 9*



*Elaborado por: Villegas,2023*

### Análisis:

En la recolección de datos del 100%, el 38% está Totalmente de acuerdo, el 52% están De acuerdo, el 4% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 3% están en Desacuerdo y el 3% están Totalmente en desacuerdo.

## PREGUNTA 10.

¿Recomendaría a profesionales de la construcción la utilización de la caña guadúa como material de refuerzo en viviendas?

**Tabla 12**

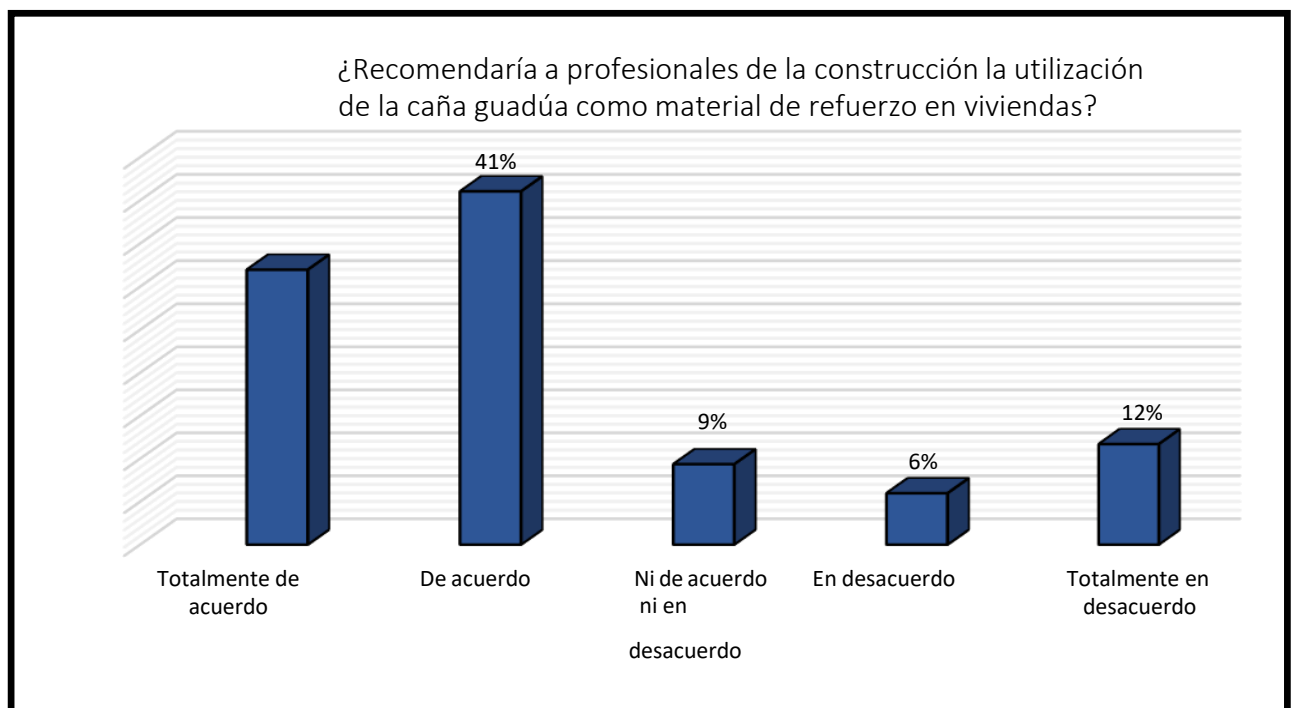
Resultados de encuesta pregunta 10

|                       | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo | TOTAL |
|-----------------------|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|-------|
| Totalmente de acuerdo | 158        | 36                             | 23            | 45                       | 385   |
|                       | 41%        | 9%                             | 6%            | 12%                      | 100%  |

Elaborado por: Villegas,2023

**Figura 30**

Tabulación 10



Elaborado por: Villegas,2023

### Análisis:

En la recolección de datos del 100%, el 32% está Totalmente de acuerdo, el 41% están De acuerdo, el 9% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 6% están en Desacuerdo y el 12% están Totalmente en desacuerdo.



### 3.4 Población y Muestra

La población corresponde a la Zona 8, según el censo de población y vivienda Realizado por el INEC del año 2010 la zona 8 cuenta con una población de 2654274 habitantes; la tasa de crecimiento se estima en 1,7% menor al indicador nacional (1,9%) (inec,2010) Según la normativa APA,

La muestra es una fracción por lo general numérica que representa a toda la población; para la demostración del enfoque cuantitativo y como parte de la metodología seleccionada de la encuesta.

Según la Normativa APA, la muestra es una fracción por lo general numérica que representa a toda una población; para la demostración del enfoque cuantitativo y como parte de la metodología seleccionada de la encuesta; se determina la muestra representativa para nuestra investigación. Para este fin y según la población asignada en nuestro universo seleccionado procedemos a seleccionar la formula aritmética necesaria para determinar la muestra, por lo que utilizaremos la siguiente formula:

$$n = \frac{Za^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra.

Za<sup>2</sup> = Nivel de confianza (Valor Z).

p = 50%

q= 50%

e<sup>2</sup> = % de error

Para los valores de niveles de confianza tendremos que seleccionar de los siguientes parámetros el más adecuado para nuestro universo; para lo cual se muestran los valores de Z a continuación:

**Tabla 13**

*Técnicas investigativas Calculo de valor z*

| <i>% de confianza</i> | <i>Valor de Z</i> |
|-----------------------|-------------------|
| 90%                   | 1,65              |
| 95%                   | 1,96              |
| 99%                   | 2,58              |

*Elaborado por: Villegas,2023*

$$n = \frac{(1,96)^2 * (0,5) * (0,5)}{(0,05)^2}$$

$$n = \frac{0,9604}{0,0025}$$

n = 384 personas.

**Nota:** Por razones de selección del universo estadístico, para el presente trabajo investigativo se han seleccionado 50 personas involucradas en el sector de la construcción a las cuales se les hizo llegar el formulario de encuesta en forma física el mencionado formato de encuesta puede encontrarse en el Anexo No. 1.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA O INFORME**

#### **4.1 Presentación y análisis de resultados**

##### **4.1.1 Proceso de elaboración.**

El objetivo general de esta investigación es lograr sustituir el acero de refuerzo por la Caña Guadúa en una vivienda de interés social. Cabe decir, que para cumplir con esta finalidad es necesario seguir varios procedimientos. Primero, se realiza la recolección de la materia prima a la cual se le realiza el respectivo curado con la finalidad de eliminar completamente la humedad.

Luego, se procede a experimentar una técnica idónea para lograr que la caña pueda adherirse al mortero sin ningún inconveniente. Una vez determinada y establecida la adherencia, se procede a realizar muestras para realizar ensayos en cada uno de los elementos estructurales donde se comprueben las resistencias del hormigón armado con caña guadúa.

Para finalizar, se procede a realizar planos estructurales de una vivienda de interés social. Todos los métodos, procedimientos, ensayos y cálculos se realizan siguiendo las especificaciones técnicas de la NEC SE-VIVIENDA DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5m y NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC ESTRUCTURA DE GUADÚA (GAK). y NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC ESTRUCTURA DE GUADÚA (GAK)).

##### **4.1.2 Recolección de la materia prima.**

Una de las partes más importantes dentro del desarrollo del trabajo de titulaciones la recolección de la materia prima; ya que de la Caña Guadúa depende la elaboración y los resultados de los ensayos. Cabe mencionar, que esta recolección se la realizó en la provincia de Los Ríos en el cantón Montalvo. Para reconocer si la caña esta lista y madura el color se debe tornar amarillento.

Una vez identificada la materia prima se hace un corte con machete a 45° en la parte inferior de la caña sobre el primer nudo, luego se procede a cortar a una longitud de 6 metros y al mismo tiempo se hace la limpieza de las ramas dejándola totalmente lisa para realizar el respectivo acopio del material. Para finalizar se hace el traslado hacia el lugar donde se les realizaran los respectivos curados. Cabe decir que el sobrante se reutiliza para el apuntalamiento del banano.

**Figura 31**

*Recolección de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1.3 Curado por calor de la Caña**

Una vez completa da la recolección de la Caña Guadúa, se realiza el curado por calor con la caña completa; este proceso consiste en colocar la materia prima sobretanques con fuego girándolas de manera constante tal como se muestra en la ilustración siguiente. El tiempo de curado dependerá de la temperatura y de la exposición al fuego.

Una de las características principales para saber si ya no contiene humedad es elcolor, es decir debe de tener un aspecto amarillo oscuro o café. Una vez finalizado este proceso se observó que la caña continuaba con humedad, ya que por el contenido de agua se formó vapor de agua y por ende la caña se agrietó, por este motivo este tipo de curado queda totalmente descartado.

**Figura 32**

*Curado de la caña guadua completa*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1.4 Curado de la Caña Guadúa completa con perforaciones.**

El curado de la caña guadúa con perforaciones, se realiza de manera similar al curado mencionado anteriormente, con la única diferencia que se hace pequeñas perforaciones entre los nudos de la caña lugar donde se queda almacenada el agua. A pesar de realizar esta variación se continuaba encontrando un pequeño porcentaje de humedad internamente; como consecuencia de esta anomalía se observaron hongos, motivo por el cual este tipo de curado queda descartado.

**Figura 33**

*Curado de la caña guadua completa con perforaciones*



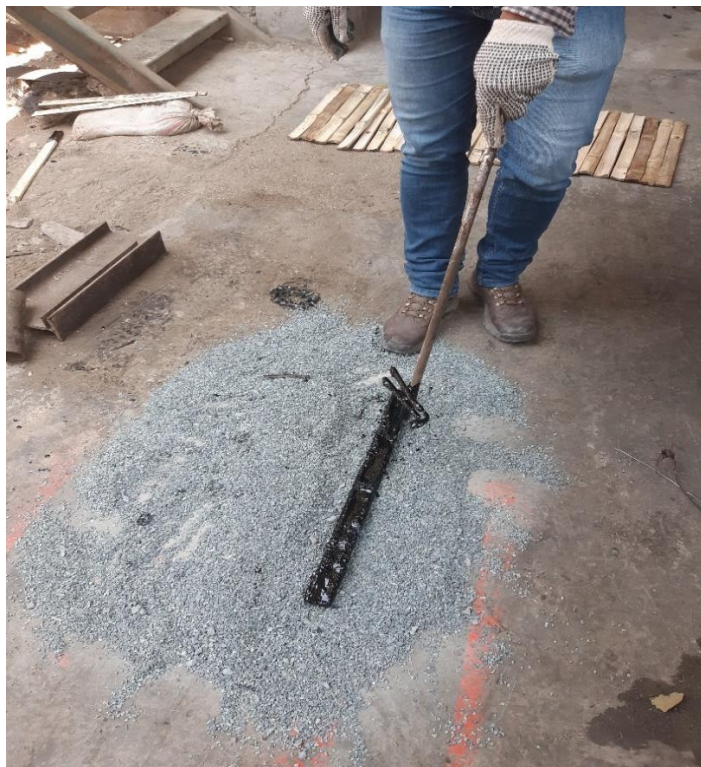
*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1. 5 Curado de la Caña Guadúa en Tiras.**

Como en los casos anteriores, una vez terminado la recolección de la materia prima se procede a realizar el curado en tiras. Este proceso consiste en cortar tiras de 0,04 m de ancho por 6 m de largo, luego se procede a colocarlas sobre un fogón con fuego y se le da vuelta a la caña por ambas caras hasta que tornen de color amarillo oscuro o café. Esto significa que se ha completado el proceso de curado con éxito logrando así continuar con el proceso de adherencia.

Figura 34

*Proceso de adherencia de la caña guadua.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1.6 Proceso de Adherencia de la Caña Guadúa completa con el mortero.**

Para comprobar la adherencia de la caña guadúa con el mortero se exploraron varias técnicas hasta lograr encontrar el procedimiento óptimo para cumplir con lo requerido. Primero se realizó una pared con cañas verticales de dimensiones de 3 m de ancho por 3 metros de largo, cubierta por ambas caras con una malla electrosoldada de 0,04m cada 0.15 m.

Luego se procede a champear la pared con mortero para enlucidos. Durante este procedimiento se observó que el mortero se deslizaba fácilmente sobre las cañas sin poder adherirse por este motivo este proceso queda descartado; cabe recalcar que al colocar la malla electrosoldada se eleva costo de la pared por m<sup>2</sup>.

**Figura 35**

*Adherencia de la caña guadua completa con malla*



*Elaborado por: Villegas,2023*

Una vez descartada la pared con la malla se procede a intentar otro método para lograr la adherencia entre el mortero y la caña guadúa. En este segundo intento se realizó otra pared con las mismas dimensiones que la anterior descartando la malla, sujetándola con tres tiras colocadas de forma horizontal además de aumentar la dosificación del mortero.

Como resultado de este procedimiento se observó que la pared durante el proceso de secado en los primeros cinco días no presentó ningún inconveniente, sin embargo, en el sexto día se comenzó a divisar grietas y fisuras en el lomo de cada una dejando vacíos de 1 a 2 mm entre caña y caña. Esto se debe que la caña absorbió la humedad del mortero, por este motivo se considera un método de adherencia fallido.

Por este motivo hay que trabajar en un tratamiento de adherencia ya que este material en la superficie es muy liso por ende al no tener rugosidad, no es fácil que se adhiera cualquier tipo de concreto mortero.



**Figura 36**

*Adherencia de la caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1.7 Adherencia de la Caña Guadúa en tiras con adición de Brea.**

Una vez determinado el correcto curado de la caña se procede a realizar el proceso de adherencia, el cual consiste en derretir la brea en un tanque para luego sumergir las tiras por un tiempo máximo de unos segundos. Inmediatamente se baña con cisco homogenizado creando aristas vivas en la caña, logrando establecer un puente de adherencia con el hormigón, de esta manera se logra obtener un solo elemento de adherencia óptimo entre la caña y el mortero.

Este proceso ayudaría de gran manera a la adherencia de cualquier hormigón o mortero ya que las aristas de la piedra triturada en forma de ciscos, quedan vistas y limpias para tener un agarre más óptimo y así dar solución a este inconveniente de adherencia.

Luego de haber encontrado la solución a este problema, podemos comenzar a trabajar de manera segura en los ensayos de laboratorio entre hormigón y caña guadua.

Se recomienda en el momento de hacer este tipo de trabajo de la adherencia con brea utilizar guantes de cuero, ya que este material se encuentra a temperaturas muy elevadas.

**Figura 37**

*Adherencia de la caña guadua con adición de brea*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1.8 Fabricación de los Estribos.**

Los estribos son parte de los elementos estructurales en la construcción las cuales sirven para abrazar y confinar tanto las columnas como las vigas. Para la elaboración de los estribos se utilizan ramas de caña guadúa de 70cm de longitud

con diámetro de 6 mm a 12mm de espesor ( $e= 6\text{mm}$ ) en columnas de 20cm por 20 cm (20x20).

Luego se procede a doblar las ramas 15 cm x 15 cm a 90°, dejando ganchos en los extremos de 5 cm, los cuales deben estar inclinados para garantizar la estabilidad del elemento estructural. Una vez obtenido los estribos de caña guadúa se procede a realizar el curado y posteriormente el proceso de adherencia la cual se menciona anteriormente para luego ser utilizado en el armado de las columnas, vigas y riostras.

**Figura 38**

*Fabricación de estribos.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### 4.1.9 Ensayos para demostrar la Viabilidad de la Caña.

#### 4.1.10 Ensayo Granulométrico.

La granulometría es la medición y graduación de los materiales, agregados finos y gruesos, con la finalidad de analizar las propiedades mecánicas de los materiales y el tamaño de sus partículas. Para realizar un excelente ensayo granulométrico se debe realizar el tamizado de los agregados; el cual consiste en pasar las partículas de los agregados por un tamiz para separarlas según su tamaño.

#### 4.1.11 Agregado Fino - Arena

**Figura 39**

*Agregado fino - arena*

| DETERMINACION DE LA DENSIDAD<br>Y ABSORCION DEL ARIDO FINO<br>ASTM C-128 o INEN 856 |  |
|---|--|
| Fecha :   | <u>11-sep-19</u>   |
| Tipo de material :  | <u>Arena Fina</u>  |
| <b>DATOS :</b>  |  |
| a.-   | 488,0 gm   |
| b.-   | 1306,3 gm  |
| c.-   | 1608,0 gm  |
| s.-   | 500,0 gm   |
| <b>DENSIDAD y ABSORCION :</b>   |  |
| ds.-  | 2,461 kg/m <sup>3</sup>  |
| dsss.-  | 2,521 kg/m <sup>3</sup>  |
| d.-   | 2,619 kg/m <sup>3</sup>  |
| po.-  | 2,46 %   |
| <b>Nomenclatura y Formula :</b>   |  |
| a.-   | Masa en el aire de la muestra secada al horno                          |
| b.-   | Peso del pignometro lleno con agua                                     |
| c.-   | Peso del pignometro con muestra y agua hasta la marca de calibración   |
| s.-   | Peso en el aire de la muestra en estado saturado superficialmente seco |
| ds.-  | Densidad del volumen de masa   |
| dsss.-  | Densidad del volumen saturado superficialmente seco                    |
| d.-   | Densidad del volumen aparente del árido                                |
| po.-  | Porcentaje de absorción del agua en el árido                           |
| <b>Visto Bueno</b>  |  |

Elaborado por: Villegas,2023

**Tabla 14**

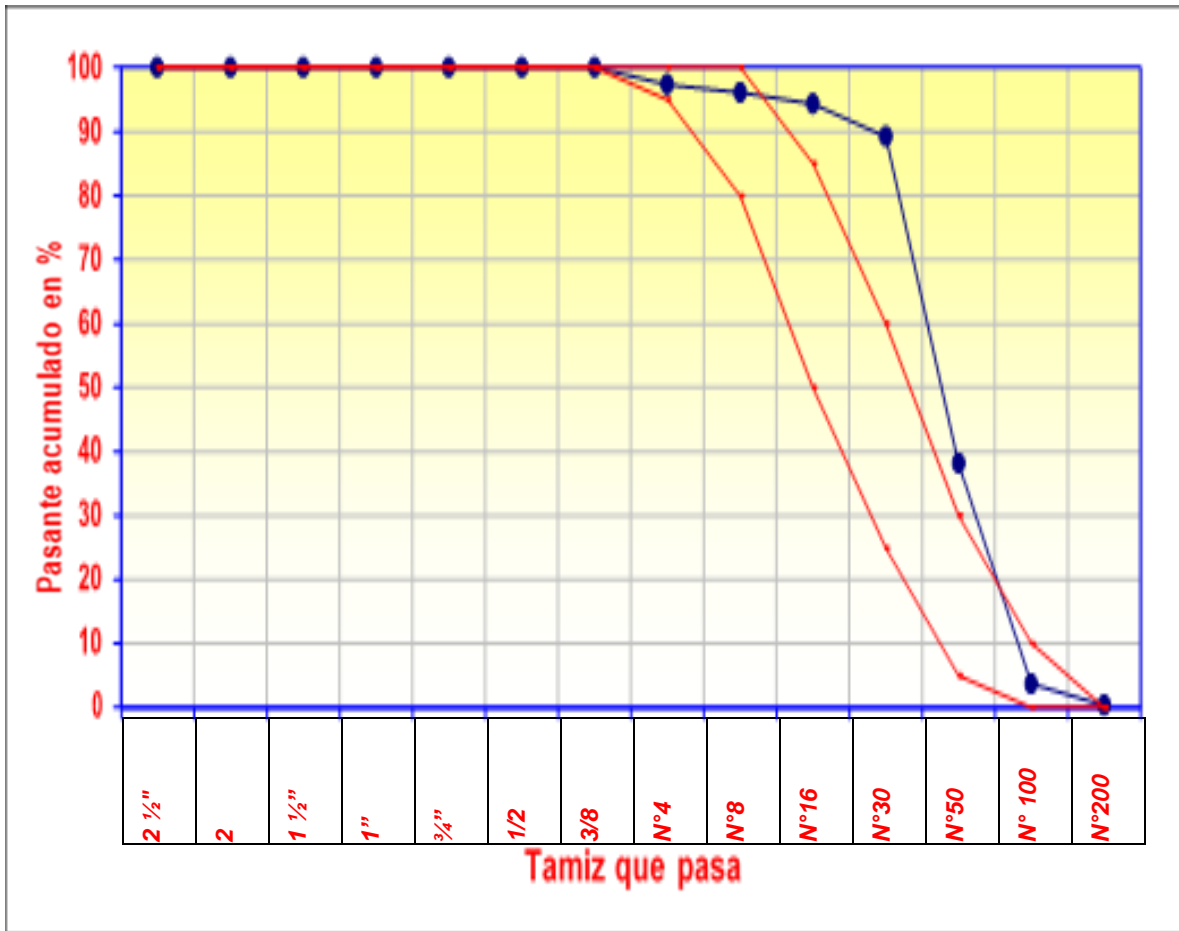
Resultados de los ensayos granulométrico del agregado fino – arena

| Especificación para agregado ASTM C-33 Norma técnica Ecuatoriana INEN 696 |      |              |                  |                      |                     |  |                 |
|---|------|--------------|------------------|----------------------|---------------------|--|-----------------|
| Fecha   |      | 09-sep-19    |                  |                      |                     |  |                 |
| Tamiz   |      | Peso parcial | % Retenido       | % Retenido Acumulado | % Pasante Acumulado | especificaciones                         |                 |
| Pulg  | mm   |              |                  |                      |                     | Límite Superior                          | Límite Inferior |
| 2 1/2   | 63,5 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 2   | 50,0 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 1 1/2   | 38,1 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 1   | 25,0 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 3/4   | 19,0 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 1/2   | 12,5 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 3/8   | 9,5  | 0,0          | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| No 4  | 4,75 | 41,0         | 2,6              | 2,6                  | 97,4                | 100                                      | 95              |
| No 8  | 2,36 | 19,0         | 1,2              | 3,9                  | 96,1                | 100                                      | 80              |
| No 16   | 1,18 | 28,0         | 1,8              | 5,7                  | 94,3                | 85                                       | 50              |
| No 30   | 0,6  | 79,0         | 5,1              | 10,8                 | 89,2                | 60                                       | 25              |
| No 50   | 0,3  | 793,0        | 51,1             | 61,9                 | 38,1                | 30                                       | 5               |
| No 100  | 0,15 | 534,0        | 34,4             | 96,3                 | 3,7                 | 10                                       | 0               |
| No 200  |      | 53,0         | 3,4              | 99,7                 | 0,3                 | 0  | 0               |
| Fondo   |      | 5,0          | 0,3              | 100,0                | 0,0                 |  |                 |
| TOTAL   |      | 1.552        | Módulo de finura | 1,81                 |                     | Tamaños standard de agregados procesados |                 |

Elaborado por: Villegas,2023

**Figura 40**

Curva granulométrica agregado fino- arena



Elaborado por: Villegas,2023


#### 4.1.12 Agregado Grueso – Ripio.

Figura 41

Agregado grueso - ripio

**SIKA ECUATORIANA S. A**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD  
Y ABSORCION DEL ARIDO FINO  
ASTM C-128 o INEN 856**



**Fecha :** 12-sep-19

**F. Del material :** Cantera Duran

**Tipo de material :** Arena del Rio (Lastre)

**DATOS :**

a.- 489,0 gm  
b.- 1309,0 gm  
c.- 1624,0 gm  
s.- 500,0 gm

**DENSIDAD y ABSORCION :**

ds.- 2,643 kg/m<sup>3</sup>  
dsss.- 2,703 kg/m<sup>3</sup>  
d.- 2,810 kg/m<sup>3</sup>  
po.- 2,25 %

**Nomenclatura y Formula :**

a.- Masa en el aire de la muestra secada al horno  
b.- Peso del pignometro lleno con agua  
c.- Peso del pignometro con muestra y agua hasta la marca de calibración  
s.- Peso en el aire de la muestra en estado saturado superficialmente seco  
ds.- Densidad del volumen de masa  
dsss.- Densidad del volumen saturado superficialmente seco  
d.- Densidad del volumen aparente del árido  
po.- Porcentaje de absorción del agua en el árido

**Visto Bueno** \_\_\_\_\_

Elaborado por: Villegas,2023

**Tabla 14:***Resultado de los Ensayo granulométrico del Agregado Grueso - Rípio.*

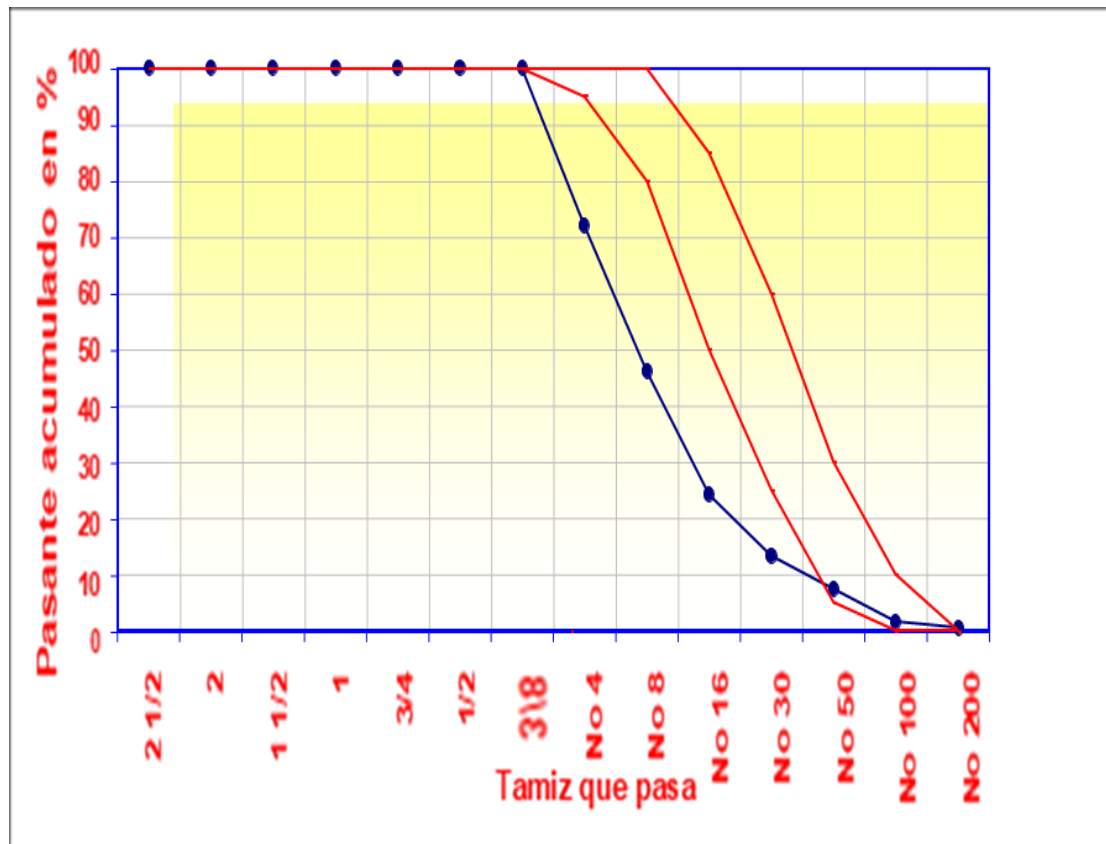
| Especificación para agregado ASTM C-33 Norma técnica Ecuatoriana INEN 696 |           |              |                  |                      |                     |  |                 |
|---|-----------|--------------|------------------|----------------------|---------------------|--|-----------------|
| Fecha   | 28-ago-19 |              |                  |                      |                     |  |                 |
| Tamiz   |           | Peso parcial | % Retenido       | % Retenido Acumulado | % Pasante Acumulado | especificación                           |                 |
| pulg  | mm        |              |                  |                      |                     | Límite Superior                          | Límite Inferior |
| 2 1/2   | 63,5      |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 2   | 50,0      |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 1 1/2   | 38,1      |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 1   | 25,0      |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 3/4   | 19,0      |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 1/2   | 12,5      |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 3/8   | 9,5       | 0,0          | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| No 4  | 4,75      | 622,0        | 27,9             | 27,9                 | 72,1                | 100                                      | 95              |
| No 8  | 2,36      | 578,0        | 26,0             | 53,9                 | 46,1                | 100                                      | 80              |
| No 16   | 1,18      | 485,0        | 21,8             | 75,7                 | 24,3                | 85                                       | 50              |
| No 30   | 0,6       | 243,0        | 10,9             | 86,6                 | 13,4                | 60                                       | 25              |
| No 50   | 0,3       | 131,0        | 5,9              | 92,5                 | 7,5                 | 30                                       | 5               |
| No 100  | 0,15      | 128,0        | 5,8              | 98,2                 | 1,8                 | 10                                       | 0               |
| No 200  |           | 24,0         | 1,1              | 99,3                 | 0,7                 | 0  | 0               |
| Fondo   |           | 15,0         | 0,7              | 100,0                | 0,0                 |  |                 |
| T O T A L   |           | 2.226        | Módulo de finura | 4,35                 |                     | Tamaños standard de agregados procesados |                 |

*Elaborado por: Villegas,2023*



Figura 42

Curva granulométrica agregado grueso – ripio



Elaborado por: Villegas,2023

Figura 43

Determinación densidad y absorción



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### DETERMINACION DE LA DENCIDAD Y ABSORCION DEL ARIDO GRUESO ASTM C-127 o INEN 857

**Fecha :** 11-sep-19  
**F. Del material :** Cantera Duran  
**Tipo de material :** Grava de 19 mm  
**Solicitante :** \_\_\_\_\_

#### DATOS :

a.- 1921,0 gm  
b.- 2000,0 gm  
c.- 1188,0 gm

#### DENSIDAD y ABSORCION :

ds.- 2,366 kg/m<sup>3</sup>  
dsss.- 2,463 kg/m<sup>3</sup>  
d.- 2,621 kg/m<sup>3</sup>  
po.- 4,1 %

#### Nomenclatura y Formula :

- a.- Masa en el aire de la muestra secada al horno
- b.- Masa en el aire del àrido en estado saturado superficialmente seco
- c.- Masa en el agua del àrido en estado saturado superficialmente seco
- ds.- Densidad del volumen de masa
- dsss.- Densidad del volumen saturado superficialmente seco
- d.- Densidad del volumen aparente del àrido
- po.- Porcentaje de absorción del agua en el àrido

Elaborado por: Villegas,2023

**Tabla 15**

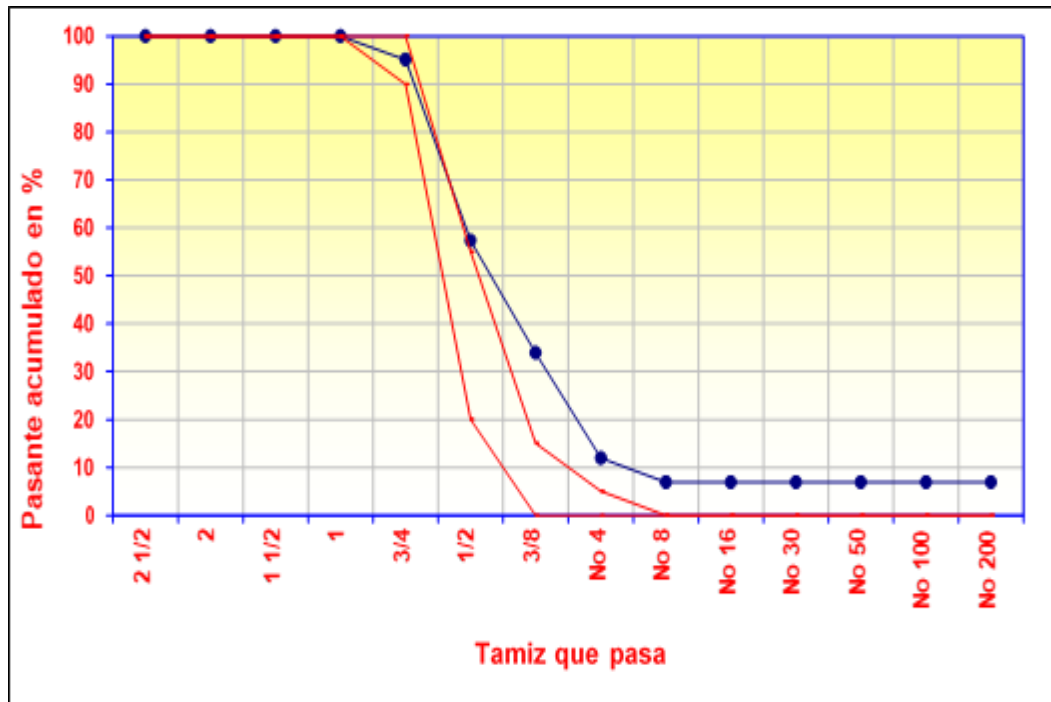
Ensayos granulométricos piedra triturada 19mm

| Especificación para agregado ASTM C-33 Norma técnica Ecuatoriana INEN 696 |      |              |                  |                      |                     |  |                 |
|---|------|--------------|------------------|----------------------|---------------------|--|-----------------|
| Fecha   |      | 09-sep-19    |                  |                      |                     |  |                 |
| Tamiz   |      |              |                  |                      |                     | ESPECIFICACIÓN                           |                 |
| Pulg  | mm   | Peso parcial | %Retenido        | % Retenido Acumulado | % Pasante Acumulado | Límite Superior                          | Límite Inferior |
| 2 1/2   | 63,5 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 2   | 50,0 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 1 1/2   | 38,1 |              | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 1   | 25,0 | 0            | 0,0              | 0,0                  | 100,0               | 100                                      | 100             |
| 3/4   | 19,0 | 127          | 4,9              | 4,9                  | 95,1                | 100                                      | 90              |
| 1/2   | 12,5 | 984          | 37,8             | 42,7                 | 57,3                | 55                                       | 20              |
| 3/8   | 9,5  | 608          | 23,4             | 66,1                 | 33,9                | 15                                       | 0               |
| No 4  | 4,75 | 572          | 22,0             | 88,1                 | 11,9                | 5  | 0               |
| No 8  | 2,36 | 130          | 5,0              | 93,1                 | 6,9                 | 0  | 0               |
| No 16   | 1,18 | 0            | 0,0              | 93,1                 | 6,9                 | 0  | 0               |
| No 30   | 0,6  | 0            | 0,0              | 93,1                 | 6,9                 | 0  | 0               |
| No 50   | 0,3  | 0            | 0,0              | 93,1                 | 6,9                 | 0  | 0               |
| No 100  | 0,15 | 0            | 0,0              | 93,1                 | 6,9                 | 0  | 0               |
| No 200  |      | 0            | 0,0              | 93,1                 | 6,9                 | 0  | 0               |
| Fondo   |      | 180          | 6,9              | 100,0                | 0,0                 |  |                 |
| TOTAL   |      | 2.601        | Módulo de finura | 6,24                 |                     | Tamaños standard de agregados procesados |                 |

Elaborado por: Villegas,2023

**Figura 44**

*Curva granulométrica*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### 4.1.13 Ensayo de Resistencia a Compresión. Hormigón Simple y Ripio.

Mediante el ensayo de resistencia a compresión se cumple el control de calidad que se realiza mediante cilindros para calcular la resistencia del hormigón en las estructuras, estos procedimientos se realizan bajo las especificaciones técnicas de la NORMA ASTM C31 “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros para ensayos de concreto.” (NORMA ASTM C31, 2001).

El ensayo de resistencia a la compresión consiste en elaborar cilindros de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura. Primero, se realiza la mezcla del hormigón simple con el ripio; luego se coloca el mortero en los moldes de los cilindros una vez cubierta toda la superficie de los moldes se procede a cubrirlos con plástico o tapa por 24 horas.

Luego de terminado el curado inicial se realiza el desmolde, para luego realizar el curado por inmersión el cual consiste en sumergir completamente los cilindros en agua durante 48 horas, luego de esto se realiza el curado final es decir que se coloca

los especímenes en un lugar totalmente nivelados donde no estén expuestos directamente al sol y se debe protegerlos de climas extremos.

*Figura 45*

*Cilindro compuesto por hormigón simple y ripio*



*Elaborado por: Villegas,2023*

Una vez terminado el curado de los cilindros se procede a realizar el ensayo de resistencia a la compresión en la prensa hidráulica a los 7, 14, 21 y 28 días. Este tipo de ensayo tiene la finalidad de establecer la resistencia del concreto en las estructuras. En la siguiente tabla se detalla las fechas en que se realizó el ensayo, el peso de los especímenes, las fechas de rotura y el valor de carga que soporta antes de sufrir roturas o fisuras.

Como resultado de este ensayo, se puede señalar que a pesar de que los especímenes se realizaron con las mismas dimensiones y dosificaciones presentaron pesos distintos. Además de que a más días que pase para realizar el ensayo de resistencia a la rotura mayor es la resistencia del material de las estructuras. Cabe

mencionar que se realizaron tres pruebas con la finalidad de comparar valores las cuales se colocan como anexos.

#### 4.1.14 Hormigón Simple y Piedra Triturada de 19 mm.

Al igual que en el ensayo anterior se realiza un cilindro de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, con la diferencia de los materiales en este caso se utilizó hormigón simple y piedra triturada de 19mm. Se realizaron los mismos procedimientos de curado y pasos en la realización de la prueba en el laboratorio. En la siguiente tabla se detallan los valores de resistencia obtenidos en diferente tiempo.

Al igual que en la prueba anterior los resultados obtenidos, presentan mejor comportamiento al realizar el ensayo de rotura a los 28 días después de haber terminado el curado final. Además, los valores de resistencia obtenidos y la carga que soportaron antes de que sufran deformaciones o rotura los especímenes son de mayor resistencia.

**Figura 46**

*Cilindro de hormigón simple y piedra triturada 19mm*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1.15 Ensayo de Resistencia a Flexión.Hormigón Simple y Ripio.**

Para realizar el ensayo de resistencia a flexión con hormigón simple con adición de ripio, se realizó un molde de una viga de 0.15m X 0.15m X 0.60 m. posterior a esto se realiza la mezcla de los componentes con sus respectivas dosificaciones hasta obtener una mezcla homogénea, luego se deja secar por 24 horas, para luego realizar el proceso de curado por 28 días para alcanzar la resistencia indicada.

Una vez terminado el proceso de curado, se procede a realiza el ensayo a flexión el cualevalúa el comportamiento esfuerzo-compresión de la viga. Este proceso consiste en colocarel espécimen en la máquina universal de manera horizontal con apoyos repartidos en los extremos, luego coloca una carga concentrada en un punto medio a una velocidad mínimahasta que la viga sufra las deformaciones.

Una vez terminado la prueba se puede acotar que como resultado según los datos obtenidos en los ensayos se verificó que el comportamiento de resistencia y durabilidad deuna viga ensayada después los 28 días de ser fabricada soportó mayor peso antes de sufrir deformaciones y rotura que una viga ensayada a los 7 días después de ser fabricada.

**Figura 47**

*Viga compuesta de Hormigón simple con agregado grueso ripio*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1.16 Hormigón Armado con Ripio y Caña Guadúa.**

Para la realización de este ensayo se elaboraron vigas de 0.15m X 0.15m X 0.60 m con mortero mezclado con ripio y tiras de caña guadúa de 0,04 m x 0.50 m las cuales se colocaron en la parte inferior de la viga de forma horizontal. Una vez finalizado el proceso de elaboración se realiza el desmolde después de 24 horas y se procede a trasladarlos a un lugar fresco por 28 días para que realice el curado final y logre alcanzar la resistencia indicada.



Una vez terminado el proceso de elaboración y curado se procede a realizar el ensayo en el laboratorio. Este proceso consiste en colocar en la Máquina de Ensayo Universal la viga de forma horizontal con apoyos puntuales en los extremos, para luego aplica la precarga en el punto central de carga a una velocidad mínima constante, antes y durante el ensayo se registraron las fechas de roturas peso del elemento y los valores de las cargas de rotura.

Como resultado de este ensayo se puede acotar que al unir la caña guadúa en tiras y que al formar un solo cuerpo con la brea y el sisco, se adhiere y actúa de excelente manera con el hormigón ya que al momento de realizar el ensayo a flexión los especímenes no presentaron roturas; sin embargo, se hicieron presentes varias fisuras tal como se muestra en la ilustración.

**Figura 48**

*Viga compuesta de hormigón armado ripio -con caña guadua*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### 4.1.17 Hormigón Simple y Piedra Triturada de 19 mm.

Del mismo modo que en el caso anterior del Ensayo de Resistencia a Flexión del Hormigón Simple con agregado grueso, se realizó el proceso de elaboración y curado de las vigas; cabe aclarar y mencionar que se agregó piedra triturada de 19 mm según la dosificación descrita en la tabla anterior.

**Figura 49**

*Ensayo de resistencia a flexión de viga simple con piedra triturada*



*Elaborado por: Villegas,2023*

Una vez finalizado el ensayo se puede agregar que como resultado según los datos obtenidos en la prueba se comprobó que el comportamiento de resistencia a flexión de unaviga al igual que en el caso del Ensayo de Resistencia a Flexión del Hormigón Simple con agregado grueso ensayada después los 28 días de ser fabricada soportó mayor peso. antes de sufrir deformaciones y rotura que una viga ensaya a los 7 días después de ser fabricada.

#### 4.1.18 Hormigón Armado con Arena, Piedra Triturada de 19 mm y Caña Guadúa.

Del mismo modo que en el caso anterior del Hormigón Armado con Ripio y Caña Guadúa, se realizó el proceso de elaboración y curado de las vigas; cabe acotar que se agregó piedra triturada de 19 mm según la dosificación descrita en la tabla anterior. Ya finalizado el trabajo de curado y realizara el ensayo de la misma manera descrita anteriormente.

Como resultado de este ensayo se puede acotar que al unir la caña guadúa en tiras y que al formar un solo cuerpo con la brea y el sisco, se adhiere y actúa de excelente manera con el hormigón ya que al momento de realizar el ensayo a flexión los especímenes no presentaron roturas. Sin embargo, el hormigón armado compuesto con ripio se comporta de mejor manera al ser combinado con la caña guadúa.

**Figura 50**

*Rotura de viga a flexión*



Elaborado por: Villegas,2023

#### 4.1.19 Resultado de los ensayos de Resistencia a Compresión y Flexión.

**Tabla 16**

Ensayo de resistencia a compresión y flexión

| Ensayo |  | fecha | F'c de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> ) | parámetros físico geométricos de los especímenes |             |          |                                |            |                           |             |    |                                |
|--------|--|-------|-------------------------------------|--|-------------|----------|--------------------------------|------------|---------------------------|-------------|----|--------------------------------|
| #      |  |       |                                     | Diámetro (cm)                                    | Altura (cm) | Peso(gr) | Densidad (gr/cm <sup>3</sup> ) | Fuerza(KN) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | % alcanzado | ad | Observaciones                  |
|        |  |       |                                     | 10,1   | 19,9        | 3956     |                                | 208,4      | 5                         | 5           |    |                                |
|        |  |       |                                     | 10,0   | 20,0        | 3972     |                                | 205,6      | 7                         | 5           |    | Diseño Patrón con Ripio        |
|        |  |       |                                     | 10,1   | 19,9        | 3880     |                                | 235,8      | 0                         | 07          |    |                                |
|        |  |       |                                     | 10,1   | 19,9        | 3877     |                                | 239,2      | 4                         | 09          |    |                                |
|        |  |       |                                     | 10,0   | 20,0        | 3961     |                                | 251,0      | 6                         | 16          |    |                                |
|        |  |       |                                     | 10,0   | 20,0        | 3933     |                                | 251,0      | 6                         | 16          |    |                                |
|        |  |       |                                     | 10,1   | 19,9        | 3912     |                                | 177,4      | 6                         | 1           |    |                                |
|        |  |       |                                     | 10,0   | 20,0        | 3923     |                                | 178,3      | 1                         | 3           |    | Diseño con Ripio y Caña Guadúa |
|        |  |       |                                     | 10,1   | 19,9        | 3942     |                                | 198,1      | 2                         | 0           |    |                                |
|        |  |       |                                     | 10,1   | 19,9        | 3970     |                                | 228,6      | 1                         | 04          |    |                                |
|        |  |       |                                     | 10,0   | 20,0        | 3875     |                                | 294,0      | 2                         | 36          |    |                                |


|   |   |          |     |      |      |      |       |       |  |   |   |                                  |
|---|---|----------|-----|------|------|------|-------|-------|--|---|---|----------------------------------|
|   | 6 |          |     | 10,0 | 20,0 | 3890 | 2,476 | 295,6 |  | 7 | 8 |                                  |
| 2 | 1 |          |     | 10,1 | 20,0 | 3935 | 2,456 | 193,7 |  |   | 7 |                                  |
|   | 2 | 20/09/19 |     | 10,1 | 19,9 | 3975 | 2,493 | 197,5 |  |   | 7 | Diseño con Ripioy<br>Caña Guadúa |
|   | 3 |          |     | 10,1 | 20,0 | 3945 | 2,462 | 247,4 |  | 2 | 4 |                                  |
|   | 4 |          |     | 10,1 | 20,0 | 3904 | 2,436 | 265,8 |  | 1 | 1 |                                  |
|   | 5 |          |     | 10,0 | 20,0 | 3920 | 2,496 | 263,1 |  | 2 | 8 |                                  |
|   | 6 |          |     | 10,0 | 20,0 | 3985 | 2,537 | 331,4 |  | 4 | 8 |                                  |
| 3 | 1 |          |     | 10,1 | 19,9 | 3660 | 2,296 | 131,9 |  |   | 7 |                                  |
|   | 2 | 25/09/19 |     | 10,1 | 19,9 | 3846 | 2,412 | 143,4 |  |   | 7 | Diseño con Ripioy<br>Caña Guadúa |
|   | 3 |          |     | 10,2 | 19,9 | 3861 | 2,374 | 156,7 |  |   | 4 |                                  |
|   | 4 |          |     | 10,0 | 19,9 | 3885 | 2,486 | 156,7 |  |   | 1 |                                  |
|   | 5 |          |     | 10,0 | 20,0 | 3949 | 2,514 | 218,0 |  | 1 | 8 |                                  |
|   | 6 |          |     | 10,0 | 20,0 | 4139 | 2,635 | 211,6 |  |   | 8 |                                  |
| P | 1 |          |     | 10,0 | 20,0 | 3745 | 2,384 | 127,0 |  |   | 7 |                                  |
|   | 2 | 09/09/19 |     | 10,0 | 20,0 | 3630 | 2,311 | 118,0 |  |   | 7 | Diseño con P. T.<br>19 mm"       |
|   | 3 |          |     | 10,0 | 20,0 | 3670 | 2,336 | 143,1 |  |   | 4 |                                  |
|   | 4 |          |     | 10,0 | 20,0 | 3695 | 2,352 | 163,7 |  |   | 1 |                                  |
|   | 5 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3716 | 2,366 | 195,0 |  |   | 8 |                                  |
|   | 6 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3714 | 2,364 | 185,4 |  |   | 8 |                                  |
| 6 | 1 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3550 | 2,260 | 105,5 |  |   | 7 |                                  |

|   |   |          |     |      |      |      |       |        |       |    |  |                                      |
|---|---|----------|-----|------|------|------|-------|--------|-------|----|--|--------------------------------------|
|   | 2 | 11/09/19 | 280 | 10,0 | 20,0 | 3625 | 2,308 | 104,6  |       |    |  | Diseño con P. T.19 mm y Caña Guadúa  |
|   | 3 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3852 | 2,452 | 136,5  |       |    |  |                                      |
|   | 4 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3806 | 2,423 | 163,8  |       |    |  |                                      |
|   | 5 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3797 | 2,417 | 185,1  |       |    |  |                                      |
|   | 6 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3753 | 2,389 | 169,6  |       |    |  |                                      |
|   | 7 | 1        |     | 280  | 10,0 | 20,0 | 3636  | 2,315  | 122,0 |    |  |                                      |
| 2 |   | 14/09/19 | 280 | 10,0 | 20,0 | 3633 | 2,313 | 92,1   |       |    |  | Diseño con P. T.19 mm" y Caña Guadúa |
| 3 |   |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3660 | 2,330 | 148,9  |       |    |  |                                      |
| 4 |   |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3521 | 2,242 | 147,1  |       |    |  |                                      |
| 5 |   |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3636 | 2,315 | 161,0  |       |    |  |                                      |
| 6 |   |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3633 | 2,313 | 170,2  |       |    |  |                                      |
| 8 | 1 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3645 | 2,320 | 140,14 |       |    |  |                                      |
|   | 2 | 18/09/19 | 280 | 10,0 | 20,0 | 3640 | 2,317 | 129,33 |       |    |  | Diseño con P. T.19 mm y Caña Guadúa  |
|   | 3 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3743 | 2,383 | 202,64 |       |    |  |                                      |
|   | 4 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3661 | 2,331 | 207,37 |       |    |  |                                      |
|   | 5 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3675 | 2,340 | 215,63 |       | 0  |  |                                      |
|   | 6 |          | 280 | 10,0 | 20,0 | 3665 | 2,333 | 220,24 |       | 02 |  |                                      |

Elaborado por: Villegas,2023

**Tabla 17**

*Ensayo de resistencia a flexión*

|  |           |                |                    | SIKA ECUATORIANA S.A.                                    |            |          |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
|---|-----------|----------------|--------------------|--|------------|----------|-------------|-------------|------------|----------|----------|-------------|---------------|------------------------------|----------------------------|
|   |           |                |                    | DEPARTAMENTO TÉCNICO                                     |            |          |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
|   |           |                |                    | LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES L/E/M                |            |          |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
|   |           |                |                    | Ensayo a la flexión en conformidad con la Norma ASTM C78 |            |          |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
| Ensayo  | # muestra | Proyecto       | MR de diseño (MPA) | parámetros físico geométricos de los especímenes         |            |          |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
|   |           |                |                    | Alto (cm)  | Ancho (cm) | luz (cm) | Fuerza (Kn) | Fuerza (Kg) | □ (kg/cm2) | MR (Mpa) | promedio | % alcanzado | Día de rotura | observaciones                |                            |
| 1   | 1         | Viga con Ripio |                    | 15,0   |            | 45,0     |             |             |            |          |          |             |               |                              | Viga Patrón solo con Ripio |
|   | 2         |                |                    | 15,0   |            | 45,0     |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
| 2   | 1         | Viga con Ripio |                    | 15,0   |            | 45,0     |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
|   | 2         |                |                    | 15,0   |            | 45,0     |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
| 3   | 1         | Viga con Ripio |                    | 15,0   |            | 45,0     |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
|   | 2         |                |                    | 15,0   |            | 45,0     |             |             |            |          |          |             |               |                              |                            |
| 4   | 1         | Viga con Ripio | 4                  | 15,0   | 15,0       | 45,0     | 57,172      | 5829,9      | 77,732     | 7,62     | 7,17     | 191         | 7             | Viga con Ripio y Caña Guadúa |                            |
|   | 2         |                | 4                  | 15,0   | 15,0       | 45,0     | 50,364      | 5135,7      | 68,476     | 6,72     |          | 168         | 7             |                              |                            |
| 5   | 1         | Viga con Ripio | 4                  | 15,0   | 15,0       | 45,0     | 51,070      | 5207,7      | 69,436     | 6,81     | 7,01     | 170         | 14            |                              |                            |

|    | 2 |                | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 54,053 | 5511,9 | 73,492  | 7,21  |       | 180 | 21 |                                       |
|----|---|----------------|---|------|------|------|--------|--------|---------|-------|-------|-----|----|---------------------------------------|
| 6  | 1 | Viga con Ripio | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 60,815 | 6201,4 | 82,685  | 8,11  | 8,18  | 203 | 28 |                                       |
|    | 2 |                | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 61,908 | 6312,9 | 84,171  | 8,25  |       | 206 | 28 |                                       |
| 7  | 1 | Viga con Ripio | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 82,400 | 8402,5 | 112,033 | 10,99 | 9,86  | 275 | 7  | Viga con Ripio y CañaGuadúa           |
|    | 2 |                | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 65,483 | 6677,4 | 89,032  | 8,73  |       | 218 | 7  |                                       |
| 8  | 1 | Viga con Ripio | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 37,614 | 3835,6 | 51,141  | 5,02  | 7,72  | 125 | 14 |                                       |
|    | 2 |                | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 78,142 | 7968,3 | 106,244 | 10,42 |       | 260 | 21 |                                       |
| 9  | 1 | Viga con Ripio | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 78,985 | 8054,2 | 107,390 | 10,53 | 10,74 | 263 | 28 |                                       |
|    | 2 |                | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 82,081 | 8369,9 | 111,599 | 10,94 |       | 274 | 28 |                                       |
| 10 | 1 | Viga con Ripio | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 43,714 | 4457,6 | 59,434  | 5,83  | 6,44  | 146 | 7  | Viga con Ripio y CañaGuadúa           |
|    | 2 |                | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 52,892 | 5393,5 | 71,913  | 7,05  |       | 176 | 7  |                                       |
| 11 | 1 | Viga con Ripio | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 74,431 | 7589,8 | 101,198 | 9,92  | 8,38  | 248 | 14 |                                       |
|    | 2 |                | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 51,252 | 5226,2 | 69,683  | 6,83  |       | 171 | 21 |                                       |
| 12 | 1 | Viga con Ripio | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 38,525 | 3928,5 | 52,379  | 5,14  | 6,67  | 128 | 28 |                                       |
|    | 2 |                | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 61,521 | 6273,4 | 83,645  | 8,20  |       | 205 | 28 |                                       |
| 13 | 1 | Viga con P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 17,896 | 1824,9 | 24,332  | 2,39  | 2,49  | 60  | 7  | Diseño con P. T. 19 mm" y Caña Guadúa |
|    | 2 | 19 mm.         | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 19,513 | 1989,8 | 26,530  | 2,60  |       | 65  | 7  |                                       |
| 2  | 1 | Viga con P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 21,896 | 2232,8 | 29,770  | 2,92  | 2,96  | 73  | 14 |                                       |






|    |   |                   |   |      |      |      |        |        |         |      |      |     |    |   |
|----|---|-------------------|---|------|------|------|--------|--------|---------|------|------|-----|----|---|
|    | 2 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 22,513 | 2295,7 | 30,609  | 3,00 |      | 75  | 21 |   |
| 3  | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 27,322 | 2786,1 | 37,148  | 3,64 | 3,53 | 91  | 28 |   |
|    | 3 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 25,638 | 2614,3 | 34,858  | 3,42 |      | 85  | 28 |   |
| 4  | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 46,630 | 4754,9 | 63,399  | 6,22 | 6,30 | 155 | 7  | Diseño con P.<br>T. 19 mm" y Caña<br>Guadúa |
|    | 2 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 47,860 | 4880,4 | 65,071  | 6,38 |      | 160 | 7  |   |
| 5  | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 50,638 | 5163,6 | 68,849  | 6,75 | 7,33 | 169 | 14 |   |
|    | 2 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 59,290 | 6045,9 | 80,612  | 7,91 |      | 198 | 21 |   |
| 6  | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 55,806 | 5690,6 | 75,875  | 7,44 | 7,71 | 186 | 28 |   |
|    | 2 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 59,813 | 6099,2 | 81,323  | 7,98 |      | 199 | 28 |   |
| 7  | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 49,658 | 5063,7 | 67,516  | 6,62 | 6,42 | 166 | 7  | Diseño con P.<br>T. 19 mm" y Caña<br>Guadúa |
|    | 2 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 46,699 | 4762,0 | 63,493  | 6,23 |      | 156 | 7  |   |
| 8  | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 58,880 | 6004,1 | 80,055  | 7,85 | 7,62 | 196 | 14 |   |
|    | 2 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 55,487 | 5658,1 | 75,441  | 7,40 |      | 185 | 21 |   |
| 9  | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 71,015 | 7241,5 | 96,554  | 9,47 | 9,68 | 237 | 28 |   |
|    | 2 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 74,203 | 7566,6 | 100,888 | 9,89 |      | 247 | 28 |   |
| 10 | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 46,676 | 4759,6 | 63,462  | 6,22 | 6,55 | 156 | 7  | Diseño con P.<br>T. 19 mm" y Caña<br>Guadúa |
|    | 2 | 19 mm.            | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 51,548 | 5256,4 | 70,086  | 6,87 |      | 172 | 7  |   |
| 11 | 1 | Viga con<br>P. T. | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 49,180 | 5015,0 | 66,866  | 6,56 | 8,24 | 164 | 14 |   |

|   |   |          |   |      |      |      |        |        |         |      |      |     |    |  |
|---|---|----------|---|------|------|------|--------|--------|---------|------|------|-----|----|--|
| 1 |   |          |   |      |      |      |        |        |         |      |      |     |    |  |
| 1 | 2 | 19 mm.   | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 74,431 | 7589,8 | 101,198 | 9,92 |      | 248 | 21 |  |
| 1 |   | Viga con |   |      |      |      |        |        |         |      |      |     |    |  |
| 2 | 1 | P. T.    | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 74,681 | 7615,3 | 101,538 | 9,96 | 9,49 | 249 | 28 |  |
|   | 2 | 19 mm.   | 4 | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 67,714 | 6904,9 | 92,065  | 9,03 |      | 226 | 28 |  |

Elaborado por: Villegas,2023

**Tabla 18**

Correlación entre resistencia a compresión ( $f'c$ ) y el módulo de rotura (MR)

|    |                   |                 |               | <b>SIKA ECUATORIANA S.A.</b><br><b>DEPARTAMENTO TÉCNICO</b><br><b>LABORATORIO DE ENSAYO DE</b><br><b>MATERIALES L/E/M</b><br><b>Cálculo correlación entre resistencia a compresión (<math>f'c</math>) y el</b><br><b>módulo de rotura (MR)</b> |               |                             |          |                    |
|---|-------------------|-----------------|---------------|--|---------------|-----------------------------|----------|--------------------|
| Fecha de elaboración  | # muestra         | Tipo de muestra | cilindro/viga | fecha de rotura  | tiempo (días) | $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | MR (Mpa) | Factor correlación |
| 28  | Patrón con Ripio. | viga            | 1,1           | 25/09/19   | 28            |                             | 4,08     | 0,128              |
| 28  |                   | viga            | 1,2           | 25/09/19   | 28            |                             |          |                    |
| 28  |                   | cilindro        | 1,2           | 25/09/19   | 28            | 325,88                      |          |                    |
| 28  |                   | cilindro        | 1,3           | 25/09/19   | 28            |                             |          |                    |
| 06  | 1                 | viga            | 2,1           | 07/10/19   | 31            |                             | 8,18     | 0,285              |
| 06  |                   | viga            | 2,2           | 07/10/19   | 31            |                             |          |                    |
| 06  |                   | cilindro        | 2,2           | 07/10/19   | 31            | 293,00                      |          |                    |
| 06  |                   | cilindro        | 2,3           | 07/10/19   | 31            |                             |          |                    |

|    |                              |          |     |          |    |        |       |       |
|----|------------------------------|----------|-----|----------|----|--------|-------|-------|
|    |                              |          |     |          |    |        |       |       |
| 20 | 2                            | viga     | 3,1 | 18/10/19 | 28 |        | 10,74 | 0,284 |
| 20 |                              | viga     | 3,2 | 18/10/19 | 28 |        |       |       |
| 20 |                              | cilindro | 3,2 | 18/10/19 | 28 | 385,99 |       |       |
| 20 |                              | cilindro | 3,3 | 18/10/19 | 28 |        |       |       |
| 25 | 3                            | viga     | 4,1 | 24/10/19 | 29 |        | 9,06  | 0,331 |
| 25 |                              | viga     | 4,2 | 24/10/19 | 29 |        |       |       |
| 25 |                              | cilindro | 4,2 | 23/10/19 | 28 | 278,98 |       |       |
| 25 |                              | cilindro | 4,3 | 23/10/19 | 28 |        |       |       |
| 09 | Patrón con<br>P.T. 19<br>mm. | viga     | 1,1 | 07/10/19 | 28 |        | 3,53  | 0,146 |
| 09 |                              | viga     | 1,2 | 07/10/19 | 28 |        |       |       |
| 09 |                              | cilindro | 1,2 | 07/10/19 | 28 | 247,03 |       |       |
| 09 |                              | cilindro | 1,3 | 07/10/19 | 28 |        |       |       |
| 11 | 1                            | viga     | 2,1 | 09/10/19 | 28 |        | 7,71  | 0,351 |
| 11 |                              | viga     | 2,2 | 09/10/19 | 28 |        |       |       |
| 11 |                              | cilindro | 2,2 | 09/10/19 | 28 | 223,86 |       |       |
| 11 |                              | cilindro | 2,3 | 09/10/19 | 28 |        |       |       |
| 14 | 2                            | viga     | 3,1 | 12/10/19 | 28 |        | 9,68  | 0,459 |
| 14 |                              | viga     | 3,2 | 12/10/19 | 28 |        |       |       |

|    |   |          |     |          |    |        |      |       |
|----|---|----------|-----|----------|----|--------|------|-------|
| 14 |   | cilindro | 3,2 | 12/10/19 | 28 | 215,00 |      |       |
| 14 |   | cilindro | 3,3 | 12/10/19 | 28 |        |      |       |
| 18 | 3 | viga     | 4,1 | 16/10/19 | 28 |        | 9,49 | 0,342 |
| 18 |   | viga     | 4,2 | 16/10/19 | 28 |        |      |       |
| 18 |   | cilindro | 4,2 | 16/10/19 | 28 | 283,02 |      |       |
| 18 |   | cilindro | 4,3 | 16/10/19 | 28 |        |      |       |

Elaborado por: Villegas,2023

#### 4.1.20 Análisis y Diseño del Refuerzo Estructural.

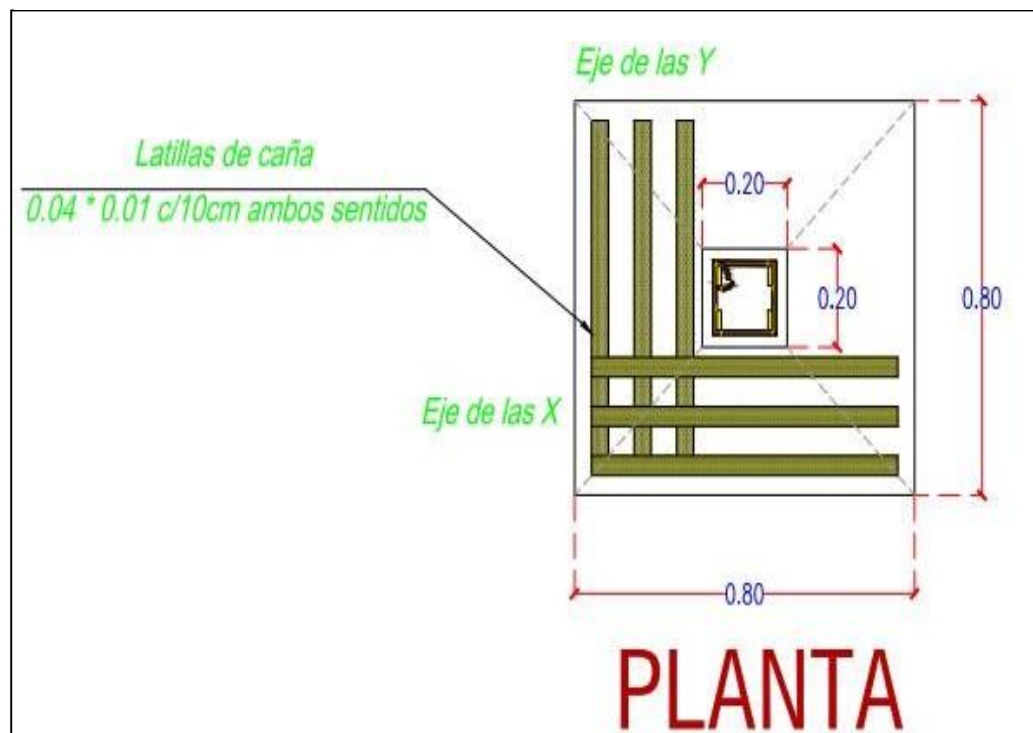
Este proyecto de investigación surge de la idea de reemplazar el acero estructural por la caña guadúa en una vivienda de interés social que tiene un área constructiva de 49 m<sup>2</sup>, en la cual se seguirá las especificaciones y requerimientos de la norma NEC SE-VIVIENDA DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5m parte 4 (NEC SE-VIVIENDA, 2014).

#### 4.1.21 Plintos.

Son elementos estructurales donde descansa o se asienta la base de la columna. Para construirlo un plinto se procede a elaborar una malla longitudinal en sentido X y Y con un área de sección de 0,80m x 0,80m, está compuesta por 12 latillas de caña guadúa de 4 cm con un espesor de 0,008m ubicadas cada 0,14m al eje; además tendrá un recubrimiento de 0,03m de cada lado. Quedando compuesta por 6 cañas en el sentido X y 6 cañas en el sentido Y.

**Figura 51**

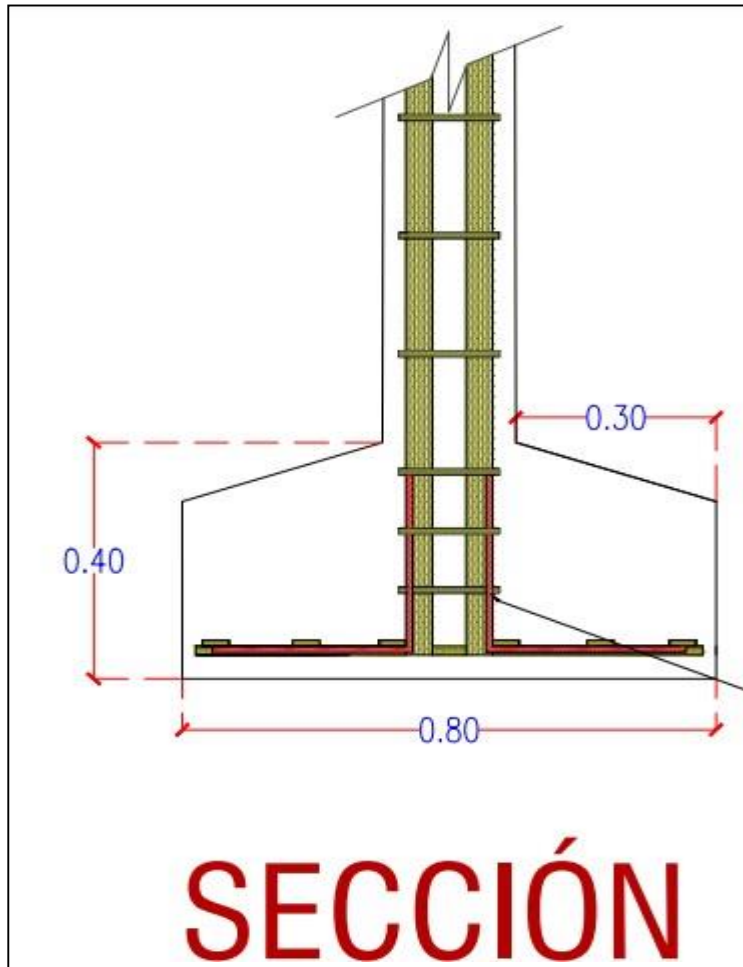
*Detalle planta de plinto tipo*



*Elaborado por: Villegas, 2023*

**Figura 52**

*Fachada plinto tipo*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### **4.1.22 Vigas riostras y Columnas.**

Una vez curada y obtenida la adherencia óptima de la caña guadúa con el mortero además de haber realizado el proceso de armado los estribos, se procede a realizar el armado de las columnas y de las vigas riostras, las cuales tiene el mismo procedimiento con la única diferencia que al momento de colocarlas estructuralmente las primeras se colocan de forma vertical y las segundas de manera horizontal.

La estructura de las columnas y las vigas riostras el área de la sección será de 0,20m x 0,20m las cuales están compuesta por 4 latillas longitudinales de 3,5m ubicada en cada extremo. Los estribos de la caña guadúa se colocarán cada 0,20m de espaciamiento y amarrado con alambre recocado número 18 de tal manera que las latillas longitudinales tengan un soporte lateral proporcionado.

**Figura 53**

*Carga de resistencia a compresión*

| CONCRETO               | APORTACIÓN DEL CONCRETO | APORTACIÓN DE LA CAÑA GUADÚA | RESISTENCIA TOTAL |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|
| SIMPLE                 | $0,85 f'c Ag$           | 0                            | 71,40 Tn.         |
| REFORZADO CON ESTRIBOS | $0,85 f'c Ag$           | $As Fk$                      | 86,76 Tn          |

*Elaborado por: Villegas,2023*

$$R = 0,85 f'c X Ag$$

$$R = 0,85 X 210 \frac{Kg}{cm^2} x 400cm^2$$

$$R = 71400 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$R = 71,40 Tn.$$

$$R = 0,85 f'c X Ag + AsFk$$

$$R = 0,85 X 210 \frac{Kg}{cm^2} x 400cm^2 + 12,28 x 1200Kg$$

$$R = 71400 \frac{Kg}{cm^2} + 15360 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$R = 86760 \frac{Kg}{cm^2}$$



$$R = 86,76 \text{ Tn}$$

Donde:

$F'c$ = Resistencia del Concreto.

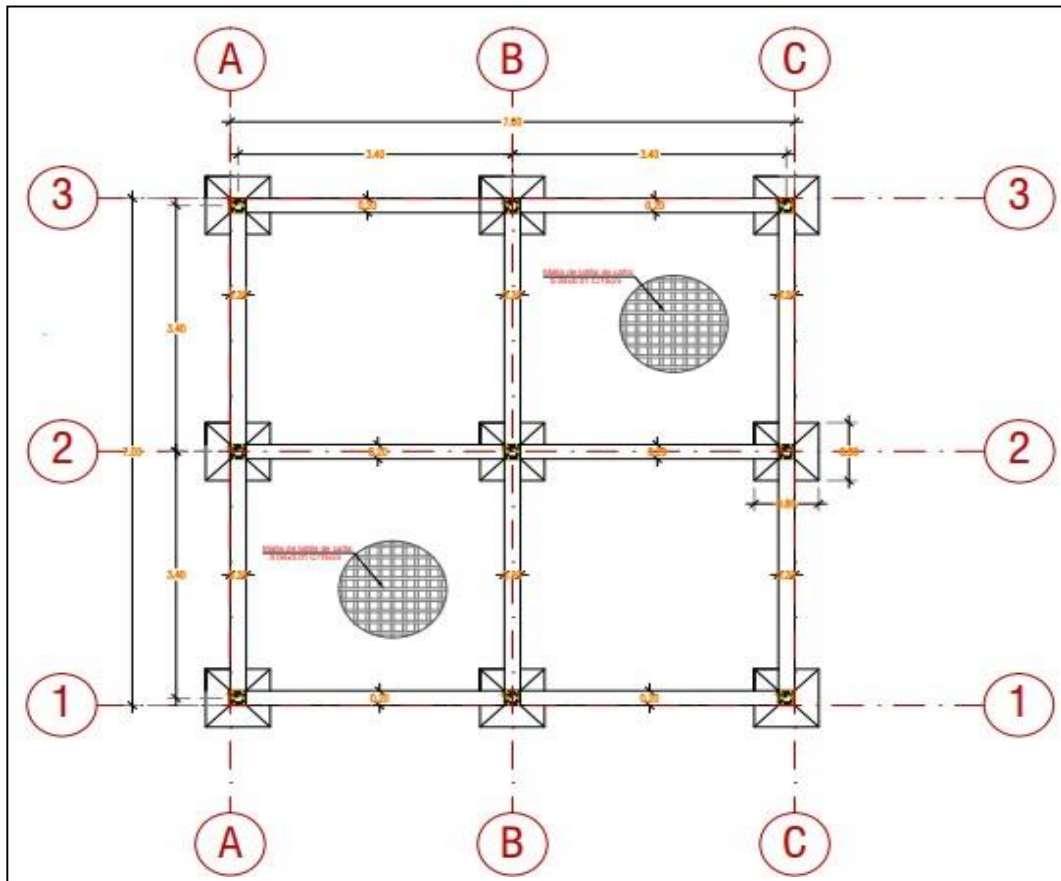
$A_g$ = Área total de Hormigón de la Columna.

$A_s$ = Área de la Caña Guadúa

$F_k$ = Esfuerzo de Fluencia de la Caña Guadúa.

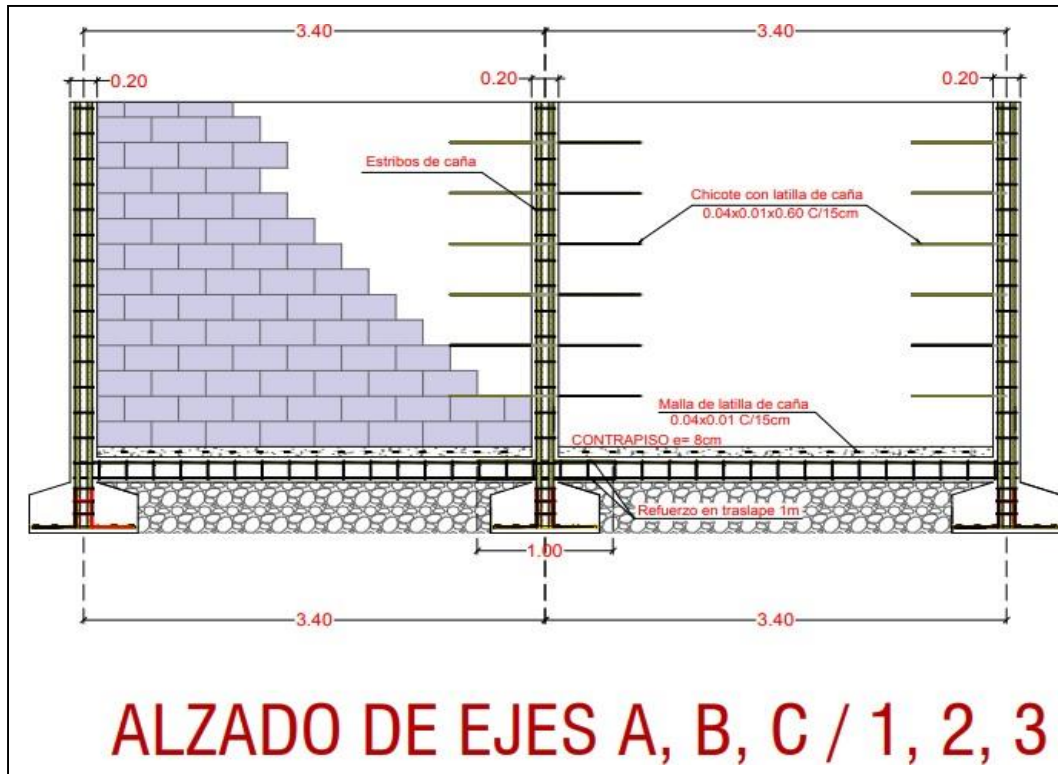
**Figura 54**

*Plano de cimentación*



*Elaborado por: Villegas,2023*

**Figura 55**  
*Alzado de ejes.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

#### 4.1.22 Análisis Comparativo de Precio Unitario con acero de refuerzo

**Tabla 19**

Análisis comparativo de precios Unitarios.

| <b>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE</b> |          |          |                |             |                    |
|---|----------|----------|----------------|-------------|--------------------|
| FECHA:                                      |          |          | UNIDAD: m3     |             |                    |
| RUBRO: PLINTO CON ACERO                     |          |          | RENDIMIEN 0,13 |             |                    |
| <b>EQUIPOS</b>                              |          |          |                |             |                    |
| DESCRIPCION                                 | CANTIDAD | TARIFA   | COSTO          | RENDIMIENTO | COSTO              |
| herramienta menor 5% concretera             | 8,00     | 4,38     | 35,00          | 1,00        | 35,00              |
| Vibrador de aguja fina                      | 8,00     | 4,38     | 35,00          | 1,00        | 35,00              |
| <b>SUBTOTAL (M)</b>                         |          |          |                |             | <b>76,31153846</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |          |                |             |                    |
| DESCRIPCION                                 | CANTIDAD | JORNAL   | COSTO          | RENDIMIENTO | COSTO              |
| Carpintero                                  | 1,00     | 2,97     | 2,97           | 0,13        | 22,85              |
| Albañil                                     | 1,00     | 2,97     | 2,97           | 0,13        | 22,85              |
| Oficial                                     | 3,00     | 2,50     | 7,50           | 0,13        | 57,69              |
| Fierrero                                    | 1,00     | 2,97     | 2,97           | 0,13        | 22,85              |
| <b>SUBTOTAL (N)</b>                         |          |          |                |             | <b>126,23</b>      |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |          |                |             |                    |
| DESCRIPCION                                 | UNIDAD   | CANTIDAD | P. UNITARIO    | COSTO       |                    |
| Tabla semidura                              | u        | 4,42     | 4,00           | 17,68       |                    |
| Cuartón semiduro                            | u        | 1,47     | 3,00           | 4,41        |                    |
| Acero de refuerzo 4200 kg/cm2               | qq       | 0,83     | 45,00          | 37,35       |                    |
| Clavo                                       | libra    | 0,49     | 1,25           | 0,61        |                    |
| Alambre recocido #18                        | libra    | 5,90     | 1,00           | 5,90        |                    |
| Cemento                                     | saco     | 7,00     | 7,50           | 52,50       |                    |
| Ripio                                       | m3       | 1,00     | 9,29           | 9,29        |                    |
| Agua  | m3       | 0,21     | 3,00           | 0,63        |                    |
| <b>SUBTOTAL (O)</b>                         |          |          |                |             | <b>128,37</b>      |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |          |                |             |                    |
| DESCRIPCION                                 | UNIDAD   | CANTIDAD | TARIFA         | COSTO       |                    |
| Transportes materiales                      | Viaje    | 1        | 10             | 10          |                    |
| <b>SUBTOTAL (P)</b>                         |          |          |                |             |                    |
| <b>COSTO DIRECTO</b>                        |          |          |                |             | <b>340,91</b>      |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES:</b>             |          |          |                |             |                    |
| <b>COSTO TOTAL DEL</b>                      |          |          |                |             | <b>340,91</b>      |

Elaborado por: Villegas,2023

**Tabla 20**

Análisis de precios de riostras con acero de refuerzo.

| <b>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE</b>      |                 |                        |                    |                  |               |
|--|-----------------|------------------------|--------------------|------------------|---------------|
| <i>FECHA:</i>                                    |                 | <i>UNIDAD: m3</i>      |                    |                  |               |
| <i>RUBRO: RIOSTRA CON ACERO</i>                  |                 | <i>RENDIMIEN 0,096</i> |                    |                  |               |
| <i>O:</i>  |                 |                        |                    |                  |               |
| <b>EQUIPOS</b>                                   |                 |                        |                    |                  |               |
| <i>DESCRIPCION</i>                               | <i>CANTIDAD</i> | <i>TARIFA</i>          | <i>COSTO</i>       | <i>RENDIMIEN</i> | <i>COSTO</i>  |
|  |                 |                        | <i>HORA</i>        | <i>O</i>         |               |
| <i>herramienta menor 5% M/O</i>                  |                 |                        |                    |                  | <i>8,55</i>   |
| <i>concretera</i>                                | <i>8,00</i>     | <i>4,38</i>            | <i>35,00</i>       | <i>1,00</i>      | <i>35,00</i>  |
| <i>Vibrador de aguja fina</i>                    | <i>8,00</i>     | <i>4,38</i>            | <i>35,00</i>       | <i>1,00</i>      | <i>35,00</i>  |
| <i>SUBTOTAL (M)</i>                              |                 |                        |                    |                  | <i>78,55</i>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>                              |                 |                        |                    |                  |               |
| <i>DESCRIPCION</i>                               | <i>CANTIDA</i>  | <i>JORNAL</i>          | <i>COSTO</i>       | <i>RENDIMIEN</i> | <i>COSTO</i>  |
|  | <i>D</i>        | <i>/HR</i>             | <i>HORA</i>        | <i>O</i>         |               |
| <i>Carpintero</i>                                | <i>1,00</i>     | <i>2,97</i>            | <i>2,97</i>        | <i>0,096</i>     | <i>30,94</i>  |
| <i>Albañil</i>                                   | <i>1,00</i>     | <i>2,97</i>            | <i>2,97</i>        | <i>0,096</i>     | <i>30,94</i>  |
| <i>Oficial</i>                                   | <i>3,00</i>     | <i>2,50</i>            | <i>7,50</i>        | <i>0,096</i>     | <i>78,13</i>  |
| <i>Fierrero</i>                                  | <i>1,00</i>     | <i>2,97</i>            | <i>2,97</i>        | <i>0,096</i>     | <i>30,94</i>  |
| <i>SUBTOTAL (N)</i>                              |                 |                        |                    |                  | <i>170,94</i> |
| <b>MATERIALES</b>                                |                 |                        |                    |                  |               |
| <i>DESCRIPCION</i>                               | <i>UNIDAD</i>   | <i>CANTIDA</i>         | <i>P. UNITARIO</i> | <i>COSTO</i>     |               |
|  |                 | <i>D</i>               |                    |                  |               |
| <i>Alquiler de encofrado metálico deriostras</i> | <i>m3</i>       | <i>1,00</i>            | <i>19,48</i>       | <i>19,48</i>     |               |
| <i>Cuartón semiduro</i>                          | <i>u</i>        | <i>3,90</i>            | <i>3,00</i>        | <i>11,70</i>     |               |
| <i>Tiras semiduras</i>                           | <i>u</i>        | <i>1,30</i>            | <i>2,00</i>        | <i>2,60</i>      |               |
| <i>Clavo</i>                                     | <i>libra</i>    | <i>1,30</i>            | <i>1,25</i>        | <i>1,63</i>      |               |
| <i>Acero de refuerzo longitudinal 4200</i>       | <i>qq</i>       | <i>2,34</i>            | <i>45,00</i>       | <i>105,30</i>    |               |
| <i>kg/cm2</i>                                    |                 |                        |                    |                  |               |
| <i>Acero de refuerzo transversal 4200</i>        | <i>2,34</i>     | <i>1,03</i>            | <i>45,00</i>       | <i>46,35</i>     |               |
| <i>kg/cm2</i>                                    |                 |                        |                    |                  |               |
| <i>Alambre recocido #18</i>                      | <i>libra</i>    | <i>6,49</i>            | <i>1,00</i>        | <i>6,49</i>      |               |
| <i>Cemento Holcim</i>                            | <i>saco</i>     | <i>7,00</i>            | <i>7,50</i>        | <i>52,50</i>     |               |

|                                 |               |                |               |                |
|---------------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| <i>Ripio</i>                    | <i>m3</i>     | <i>1,00</i>    | <i>9,29</i>   | <i>9,29</i>    |
| <i>Agua</i>                     | <i>m3</i>     | <i>0,21</i>    | <i>3,00</i>   | <i>0,63</i>    |
| <i>SUBTOTAL (O)</i>             |               |                |               | <i>255,965</i> |
| <i>TRANSPORTE</i>               |               |                |               |                |
| <i>DESCRIPCION</i>              | <i>UNIDAD</i> | <i>CANTIDA</i> | <i>TARIFA</i> | <i>COSTO</i>   |
|                                 |               | <i>D</i>       |               |                |
| <i>Transporte de materiales</i> | <i>Viaje</i>  | <i>1,00</i>    | <i>10,00</i>  | <i>10,00</i>   |
| <i>SUBTOTAL (P)</i>             |               |                |               |                |
| <i>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</i>  |               |                |               | <i>515,45</i>  |
| <i>INDIRECTOS Y UTILIDADES:</i> |               |                |               |                |
| <i>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</i>   |               |                |               | <i>515,45</i>  |

*Elaborado por: Villegas,2023*

**Tabla 21**

Análisis de precios de columnas con acero de refuerzo

| UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE       |          |                   |             |                   |        |
|--|----------|-------------------|-------------|-------------------|--------|
| FECHA:                                     |          |                   | UNIDAD: m3  |                   |        |
| RUBRO:                                     |          | COLUMNA CON ACERO |             | RENDIMIENTO 0,079 |        |
|  |          |                   |             | O:                |        |
| EQUIPOS                                    |          |                   |             |                   |        |
| DESCRIPCION                                | CANTIDAD | TARIFA            | COSTO       | RENDIMIENTO       | COSTO  |
|  | AD       |                   | HORA        | O                 |        |
| herramienta menor 5% M/O                   |          |                   |             |                   | 10,39  |
| concretera                                 | 8,00     | 4,38              | 35,00       | 1,00              | 35,00  |
| Vibrador de aguja fina                     | 8,00     | 4,38              | 35,00       | 1,00              | 35,00  |
| SUBTOTAL (M)                               |          |                   |             |                   | 80,39  |
| MANO DE OBRA                               |          |                   |             |                   |        |
| DESCRIPCION                                | CANTIDAD | JORNAL            | COSTO       | RENDIMIENTO       | COSTO  |
|  | D        | /HR               | HORA        | O                 |        |
| Carpintero                                 | 1,00     | 2,97              | 2,97        | 0,079             | 37,59  |
| Albañil                                    | 1,00     | 2,97              | 2,97        | 0,079             | 37,59  |
| Oficial                                    | 3,00     | 2,50              | 7,50        | 0,079             | 94,94  |
| Ferrero                                    | 1,00     | 2,97              | 2,97        | 0,079             | 37,59  |
| SUBTOTAL (N)                               |          |                   |             |                   | 207,72 |
| MATERIALES                                 |          |                   |             |                   |        |
| DESCRIPCION                                | UNIDAD   | CANTIDAD          | P. UNITARIO | COSTO             |        |
|  |          | D                 |             |                   |        |
| Alquiler de encofrado metálico de columna  | m3       | 1                 | 35,71       | 35,71             |        |
| Acero de refuerzo longitudinal 4200 kg/cm2 | qq       | 2,26              | 45          | 101,7             |        |
| Acero de refuerzo transversal 4200 kg/cm2  | qq       | 0,94              | 45          | 42,3              |        |
| acero de refuerzo Chicote 4200 kg/cm2      | qq       | 0,74              | 45          | 33,3              |        |
| Alambre recocido #18                       | libra    | 18,73             | 1           | 18,73             |        |
| Cemento Holcim                             | saco     | 7                 | 7,5         | 52,5              |        |
| Ripio                                      | m3       | 1                 | 9,29        | 9,29              |        |
| Agua                                       | m3       | 0,21              | 3           | 0,63              |        |

|                          |        |              |                             |               |
|--------------------------|--------|--------------|-----------------------------|---------------|
| SUBTOTAL ( O )           |        |              |                             | 294,16        |
| TRANSPORTE               |        |              |                             |               |
| DESCRIPCION              | UNIDAD | CANTIDA<br>D | TARIFA                      | COSTO         |
| Transporte de materiales | Viaje  | 1            | 10                          | 10            |
| SUBTOTAL (P)             |        |              |                             |               |
|                          |        |              | COSTO DIRECTO<br>(M+N+O+P)  | 592,27        |
|                          |        |              | INDIRECTOS Y<br>UTILIDADES: |               |
|                          |        |              | COSTO TOTAL DEL RUBRO:      | <b>592,27</b> |

Elaborado por: Villegas,2023



4.1.23 **Análisis de precios Unitarios de elementos estructurales con sustitutivo de Caña Guadúa.**

**Tabla 22**

Análisis de precios de plintos

|   |                        |                  |             |             |        |
|---|------------------------|------------------|-------------|-------------|--------|
| FECHA:  |                        | UNIDAD: m3       |             |             |        |
|   |                        | RENDIMIENTO 0,13 |             |             |        |
| RUBRO   | PLINTO CON CAÑA GUADÚA |                  |             |             | O:     |
| EQUIPOS   |                        |                  |             |             |        |
| DESCRIPCION                                     | CANTIDAD               | TARIFA           | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO  |
|   |                        |                  |             | O           |        |
| herramienta menor 5% M/O                        |                        |                  |             |             | 5,17   |
| concretera                                      | 8,00                   | 4,38             | 35,00       | 1,00        | 35,00  |
| Vibrador de aguja fina                          | 8,00                   | 4,38             | 35,00       | 1,00        | 35,00  |
| SUBTOTAL (M)                                    |                        |                  |             |             | 75,17  |
| MANO DE OBRA                                    |                        |                  |             |             |        |
| DESCRIPCION                                     | CANTIDAD               | JORNAL /HR       | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO  |
|   |                        |                  |             | O           |        |
| Carpintero                                      | 1,00                   | 2,97             | 2,97        | 0,13        | 22,85  |
| Albañil   | 1,00                   | 2,97             | 2,97        | 0,13        | 22,85  |
| Oficial   | 3,00                   | 2,50             | 7,50        | 0,13        | 57,69  |
| SUBTOTAL (N)                                    |                        |                  |             |             | 103,38 |
| MATERIALES                                      |                        |                  |             |             |        |
| DESCRIPCION                                     | UNIDAD                 | CANTIDAD         | P. UNITARIO | COSTO       |        |
| Tabla semidura                                  | u                      | 4,42             | 4,00        | 17,68       |        |
| Cuartón semiduro                                | u                      | 1,47             | 3,00        | 4,41        |        |
| Caña guadúa                                     | u                      | 0,98             | 2,00        | 1,96        |        |
| Clavo   | libra                  | 0,49             | 1,25        | 0,61        |        |
| Alambre recocido #18                            | libra                  | 5,90             | 1,00        | 5,90        |        |
| Cemento Holcim                                  | saco                   | 7,00             | 7,50        | 52,50       |        |
| Ripio   | m3                     | 1,00             | 9,29        | 9,29        |        |
| Agua  | m3                     | 0,21             | 3,00        | 0,63        |        |
| Brea para impermeabilizar y adherir el material | ml                     | 34,69            | 0,32        | 11,10       |        |
| SUBTOTAL ( O)                                   |                        |                  |             |             | 104,08 |
| TRANSPORTE                                      |                        |                  |             |             |        |

| DESCRIPCION              | UNIDAD                      | CANTIDAD | TARIFA | COSTO  |
|--------------------------|-----------------------------|----------|--------|--------|
| Transporte de materiales | Viaje                       | 1,00     | 10,00  | 10,00  |
| SUBTOTAL (P)             |                             |          |        |        |
|                          | COSTO DIRECTO<br>(M+N+O+P)  |          |        | 292,64 |
|                          | INDIRECTOS Y<br>UTILIDADES: |          |        |        |
|                          | COSTO TOTAL DEL<br>RUBRO:   |          |        | 292,64 |

Elaborado por: Villegas,2023

**Tabla 23**

Análisis de precios de riostras

| ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS                 |              |               |                   |                  |        |
|---|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------|
| PROYECTO:                                     |              |               |                   |                  |        |
| FECHA:  |              |               | UNIDAD: m3        |                  |        |
|   |              |               | RENDIMIENTO 0,096 |                  |        |
| RUBRO: RIOSTRA CON CAÑA GUADÚA                |              |               | O:                |                  |        |
| EQUIPOS                                       |              |               |                   |                  |        |
| DESCRIPCION                                   | CANTIDA<br>D | TARIFA        | COSTO<br>HORA     | RENDIMIEN<br>T O | COSTO  |
| herramienta menor 5%<br>M/O                   |              |               |                   |                  | 7,00   |
| concretera                                    | 8,00         | 4,38          | 35,00             | 1,00             | 35,00  |
| Vibrador de aguja fina                        | 8,00         | 4,38          | 35,00             | 1,00             | 35,00  |
| SUBTOTAL (M)                                  |              |               |                   |                  | 77,00  |
| MANO DE OBRA                                  |              |               |                   |                  |        |
| DESCRIPCION                                   | CANTIDA<br>D | JORNAL<br>/HR | COSTO<br>HORA     | RENDIMIEN<br>T O | COSTO  |
| Carpintero                                    | 1,00         | 2,97          | 2,97              | 0,096            | 30,94  |
| Albañil                                       | 1,00         | 2,97          | 2,97              | 0,096            | 30,94  |
| Oficial                                       | 3,00         | 2,50          | 7,50              | 0,096            | 78,13  |
| SUBTOTAL (N)                                  |              |               |                   |                  | 140,00 |
| MATERIALES                                    |              |               |                   |                  |        |
| DESCRIPCION                                   | UNIDAD       | CANTIDAD      | P. UNITARIO       | COSTO            |        |
| Alquiler de encofrado metálico de<br>riostras | m3           | 1,00          | 19,48             | 19,48            |        |
| Cuartón<br>semiduro                           | u            | 3,90          | 3,00              | 11,70            |        |
| Tiras semiduras                               | u            | 1,30          | 2,00              | 2,60             |        |
| Clavo   | libra        | 1,30          | 1,25              | 1,63             |        |
| Caña guadúa                                   | u            | 5,19          | 2,00              | 10,38            |        |
| Estribo de rama de caña                       | u            | 136,36        | 0,25              | 34,09            |        |
| Alambre recocido #18                          | libra        | 6,49          | 1,00              | 6,49             |        |
| Cemento<br>Holcim                             | saco         | 7,00          | 7,50              | 52,50            |        |
| Ripio   | m3           | 1,00          | 9,29              | 9,29             |        |

|   |        |          |        |        |
|---|--------|----------|--------|--------|
| Agua  | m3     | 0,21     | 3,00   | 0,63   |
| Brea para impermeabilizar y adherir el material | ml     | 121,32   | 0,32   | 38,82  |
| SUBTOTAL ( O )                                  |        |          |        | 187,61 |
| TRANSPORTE                                      |        |          |        |        |
| DESCRIPCION                                     | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO  |
| Transporte de materiales                        | Viaje  | 1,00     | 10,00  | 10,00  |
| SUBTOTAL ( P )                                  |        |          |        |        |
| COSTO DIRECTO<br>(M+N+O+P)                      |        |          |        | 414,61 |
| INDIRECTOS Y<br>UTILIDADES:                     |        |          |        |        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO:                          |        |          |        | 414,61 |

Elaborado por: Villegas,2023

**Tabla 24**

Análisis de precios de columna

|  |              |               |                   |                  |        |
|--|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------|
| UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE         |              |               |                   |                  |        |
| ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS                |              |               |                   |                  |        |
| PROYECTO:                                    |              |               |                   |                  |        |
| FECHA:                                       |              |               | UNIDAD: m3        |                  |        |
| RUBRO: COLUMNA CON CAÑA GUADÚA               |              |               | RENDIMIENTO 0,079 |                  |        |
| O:   |              |               |                   |                  |        |
| EQUIPOS                                      |              |               |                   |                  |        |
| DESCRIPCION                                  | CANTIDA<br>D | TARIFA        | COSTO<br>HORA     | RENDIMIEN<br>T O | COSTO  |
| herramienta menor 5%<br>M/O                  |              |               |                   |                  | 8,51   |
| concretera                                   | 8,00         | 4,38          | 35,00             | 1,00             | 35,00  |
| Vibrador de aguja fina                       | 8,00         | 4,38          | 35,00             | 1,00             | 35,00  |
| SUBTOTAL (M)                                 |              |               |                   |                  | 78,51  |
| MANO DE OBRA                                 |              |               |                   |                  |        |
| DESCRIPCION                                  | CANTIDAD     | JORNAL<br>/HR | COSTO<br>HORA     | RENDIMIEN<br>T O | COSTO  |
| Carpintero                                   | 1,000        | 2,97          | 2,97              | 0,079            | 37,59  |
| Albañil                                      | 1,000        | 2,97          | 2,97              | 0,079            | 37,59  |
| Oficial                                      | 3,000        | 2,50          | 7,5               | 0,079            | 94,94  |
| SUBTOTAL (N)                                 |              |               |                   |                  | 170,13 |
| MATERIALES                                   |              |               |                   |                  |        |
| DESCRIPCION                                  | UNIDAD       | CANTIDAD      | P. UNITARIO       | COSTO            |        |
| Alquiler de encofrado metálico de<br>columna | m3           | 1,00          | 35,71             | 35,71            |        |
| Caña guadúa                                  | u            | 1,39          | 2,00              | 2,78             |        |
| Estribo de rama de caña                      | u            | 125,00        | 0,25              | 31,25            |        |
| Chicote de caña<br>L=90CM                    | u            | 2,06          | 2,00              | 4,12             |        |
| Alambre recocido #18                         | libra        | 18,73         | 1,00              | 18,73            |        |
| Cemento<br>Holcim                            | saco         | 7,00          | 7,50              | 52,50            |        |
| Ripio  | m3           | 1,00          | 9,29              | 9,29             |        |

|   |        |          |        |        |
|---|--------|----------|--------|--------|
| Agua  | m3     | 0,21     | 3,00   | 0,63   |
| Brea para impermeabilizar y adherir el material | ml     | 197,14   | 0,32   | 63,08  |
| SUBTOTAL ( O)                                   |        |          |        | 218,09 |
| TRANSPORTE                                      |        |          |        |        |
| DESCRIPCION                                     | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO  |
| Transporte de materiales                        | Viaje  | 1        | 10     | 10     |
| SUBTOTAL ( P)                                   |        |          |        |        |
| COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                         |        |          |        | 476,73 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES:                        |        |          |        |        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO:                          |        |          |        | 476,73 |

Elaborado por: Villegas,2023

#### 4.1.24 Análisis Comparativo de Precio Unitario entre el Acero de Refuerzo y la Caña Guadúa

**Tabla 25**

Análisis de precios unitarios

| TABLA DE CANTIDADES, UNIDADES, RUBROS Y PRECIOS CON ACERO - CAÑA GUADÚA |               |        |          |          |                |             |               |
|---|---------------|--------|----------|----------|----------------|-------------|---------------|
| CÓDIGO  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD | ACERO    | Subtotal Acero | CAÑA GUADÚA | Subtotal Caña |
| 1,02  | Plinto 80*80  | m3     | 2,03     | \$340,91 | \$693,41       | \$292,64    | \$595,23      |
| 1,03  | Riostra 20*20 | m3     | 1,54     | \$515,45 | \$793,79       | \$414,61    | \$638,50      |
| 1,04  | Columna 20*20 | m3     | 1,26     | \$592,27 | \$746,26       | \$476,73    | \$600,68      |
| AS  |               |        |          |          | \$2.233,46     | AK          | \$1.834,41    |
|   |               |        |          |          | Diferencia     | \$399,06    |               |
|   |               |        |          |          | Porcentaje     | 18%         |               |

Elaborado por: Villegas,2023

## CONCLUSIONES

Como conclusión general se puede decir que en este proyecto de investigación se logró establecer una evaluación diagnóstica experimental de la caña guadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social, en la cual se utilizó la caña guadúa como una alternativa de refuerzo, brindando una opción de vivienda segura a bajo costo cumpliendo con las normas y parámetros establecidos.

Con respecto al primer objetivo de la investigación se logró analizar el comportamiento mecánico de la caña guadúa como alternativa de refuerzo estructural con hormigón hidráulico para la construcción de vivienda de interés social, resultando un elemento estructural con alta resistencia tanto a la compresión como a la flexión en cada elemento ensayado.

Como resultado en el ensayo de adherencia el espécimen compuesto con ripio y refuerzo de caña guadúa se puede acotar que al unir la caña guadúa en tiras y que al formar un solo cuerpo con la brea y el sisco, se adhiere en un 70% y actúa de excelente manera con el hormigón ya que al momento de realizar los ensayos de flexión y compresión las latillas de caña guadúa no presentaron roturas o agrietamiento.

Durante los ensayos granulométricos que se realizaron a cada uno de los materiales que se utilizan dentro del proceso de elaboración se logró determinar el módulo de finura dando como resultado que para la arena es de 1,81%, del ripio es 4,35% y de la piedra triturada de 19 mm es de 6,25%. Así mismo se realizó la curva granulométrica con los resultados obtenidos.

En cuanto a los ensayos de compresión se obtuvo resultado que a pesar de que los especímenes se realizaron con las mismas dimensiones y dosificaciones presentaron pesos distintos. Además de que a más días que pase para realizar el ensayo de resistencia a la rotura mayor es la resistencia del material de los moldes ensayados.

Con respecto a los especímenes compuestos con hormigón simple y ripio se les realizó el ensayo a flexión en el cual se puede agregar que como resultado según los datos obtenidos en la prueba se comprobó que el comportamiento de resistencia de una viga ensayada después los 28 días de ser fabricada soportó mayor peso antes de sufrir deformaciones y rotura que una viga ensayada a los 7 días después de ser fabricada.



Como resultado en el ensayo de adherencia el espécimen compuesto con ripio y refuerzo de caña guadúa se puede acotar que al unir la caña guadúa en tiras y que al formar un solo cuerpo con la brea y el sisco, se adhiere en un 70% y actúa de excelente manera con el hormigón ya que al momento de realizar los ensayos de flexión y compresión los especímenes no presentaron roturas.

Con relación al análisis de precios unitarios entre la caña guadúa y el acero se puede concluir que, al sustituir el acero por la materia prima, dentro de la relación costo-beneficio se define en un porcentaje representativo de un 18%, resultando más beneficioso construir una vivienda con este tipo de material ecológico ya que está enfocada para lugares de bajo recursos económicos.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda en este proyecto de titulación utilizar la caña Guadúa como materia prima dentro de un diseño estructural en una vivienda de interés social, con la finalidad reutilizar es material ecológico ya que brindar características que mejoran las resistencia y durabilidad de las viviendas además de que el costo- benéfico resulta favorable.

Se invita a incentivar el uso de la caña guadúa como material de refuerzo para lograr reducir el uso del acero de refuerzo dentro del proceso de construcción de una vivienda, logrando disminuir la contaminación del medio ambiente.

Se recomienda realizar un análisis más exhaustivo de la materia prima, para asílograr analizar con más profundidad el comportamiento mecánico de la caña guadúa como elemento de refuerzo, para lograr ser implementado como un material en la construcción de una vivienda de interés social dentro del territorio nacional como el internacional.

Se recomienda que durante el proceso de adherencia entre el hormigón y la caña guadúa, se logre establecer un mecanismo más útil e innovador en el cual la materia prima no pase por varios procesos de experimentación; dentro de los cuales pueden resultar desperdicios del material. Logrando así sustituir el acero de refuerzo en la construcción de una vivienda de interés social.

Finalmente, se recomienda que la construcción de este tipo de vivienda elaborada con la caña guadúa como sustituto del acero de refuerzo, sea destinada a lugares de interés social ya que el diseño constructivo contribuye a la sostenibilidad ambiental y no demanda de un diseño arquitectónico especial para ser comercializada dentro de la matriz productiva ecuatoriana

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2020, N. T. (2020). *NORMAS INEN DE LA CONSTRUCCION* .
- Ávalos, I. (2022). *ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y EFICIENCIA TÉRMICA* . Ambato.
- Burgos. (2019). *CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS CON CAÑA GUADUA*. Ecuador.
- Castillo. (2019). *El bambú en construcción un material inmejorable* . República Dominicana: Universidad O&M .
- Cevallos, & Cristhian. (2020). *La caña Guadua y su uso en la arquitectura: Intervención en la arquitectura vernácula y la arquitectura contemporánea en varios cantones de la Provincia de Manabí, Ecuador*. Valladolid.
- CONSTRUCCIÓN, N. E. (2016). *Estructuras de Hormigón Armado. NEC NEC-SEHM*.
- Dalal, A. (2021). *ESTRATEGIA PARA EL USO ALTERNATIVO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL*. Bogota.
- Erick, & KLEBER. (2019). *Diseño estructural de una vivienda residencial con material tipo bambú*.
- Franco, P. (2020). *Análisis estructural de casas modulares realizadas en Guadua Angustièr Quint (G.A.K.) en dos ciudades diferentes, Manta y Quito, Ecuador*.
- Giuseppina, Briones, Zevallos, & Delgado. (2021). *Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth*. Ecuador.
- Gonzalez. (2019). *Agrotendencia*. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-bambu/>.
- Gonzalo, & Nolivos. (2023). *Construir con guadua: Tendencias en estudios a nivel de Latinoamérica*. Colombia.
- GUADÚA, C. N. (2016). *NEC-SE-GUADUA*.
- Guevara, García, Lucas, & Daza. (2020). *SISMO-RESISTENCIA: LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS DE CAÑA GUADÚA* . Portoviejo.
- Herrera, & Nayarid. (2021). *La caña guadúa como sistema constructivo prefabricado. Propuesta para vivienda en el Cantón Yantzaza – Provincia Zamora Chinchipe*. Cuenca.
- Huerto en casa , H. (2022). *flores de la caña guadua*.

- Huerto en casa. (2022). *flores de la caña guadua*. Obtenido de <https://huerto-en-casa.com/wp-content/uploads/2022/04/flor-de-bambu.jpg>
- Intriago, Andree, Chevez, & Rolando. (2021). *Factibilidad técnica de unidades habitacionales sociales con materiales no tradicionales como la Caña Guadúa*. Manabi.
- Jardin, M. (2021). *semilla de la caña guadua*. Obtenido de <http://jardin-mundani.blogspot.com/2015/01/dendrocalamus-giganteus-el-bambu-mas.html>
- Lopez. (09 de 11 de 2019). *Morfología, partes de la caña Guadua* . Obtenido de modulo 2: Morfología, partes de la Caña Guadua.: <https://es.scribd.com/document/61128145/GUADUA- MORFOLOGIA>
- Maiztegui, B. (2020). *El bambú en Ecuador: proyectos contemporáneos construidos en caña*. Ecuador.
- MATERQ. (2019). Obtenido de <https://materarq.wixsite.com/materarq/concreto-armado>
- Morocho. (2019). *Universidad Central del Ecuador*. Ecuador.
- NORMAS INEN . (2020). *NORMAS NACIONALES INEN*.
- Paco, & Calderón. (2021). *Identificar Fallas en Infraestructura de Adobe Para Evaluar Alternativas* . Puno.
- Pin, Coque, & Ayala. (2019). *Materiales nobles de la naturaleza: caso caña guadúa del Sector de Olón provincia de Santa Elena, Ecuador*. Santa Elena.
- Proyectos. (2019). *Bambú Guadua*. Obtenido de <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>.
- Tacuri, J. (2021). *ESTUDIO DE RESISTENCIA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA* . Loja.
- Terraguadua. (2019). *Sembrando conciencia cultivando futuro*.
- U.L.V.R DE GUAYAQUIL. (2019). *Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil*. Obtenido de Líneas de investigación institucional: <http://www.ulvr.edu.ec/academico/unidadtitulacion/proyecto-deinvestigación>
- Vargas, & Carvajal. (2019). *EVALUACIÓN DE UN BIOCOSMETO ELABORADO CON RESIDUOS*. Bogota.
- Villao, R. (2021). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, UTILIZANDO HOTMIGÓN*. IA IIBERTAD.

- Villegas. (2023). *Evaluación diagnóstica experimental de la cañaguadua como alternativa de refuerzo estructural en viviendas de interés social*. Guayaquil: Universidad Laica de Guayaquil.
- Zambrano, & Villacreces. (2021). *Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social*. Manabi.
- Zevallos, I. (2021). *Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth*. Manabi.

## ANEXOS

Anexo 1

*Recolección de materia prima.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

Anexo 2

*Preparación de moldes metálicos para curado de caña, al calor.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

Anexo 3

*Enchapado con brea y cisco para mejorar la adherencia.*



*Elaborado por: Villegas,2023*



Anexo 4

Proceso de ensayo granulométrico



Elaborado por: Villegas,2023

Anexo 5

*Proceso de elaboración de moldes.*



*Elaborado por: Villegas,2023*

Anexo 6

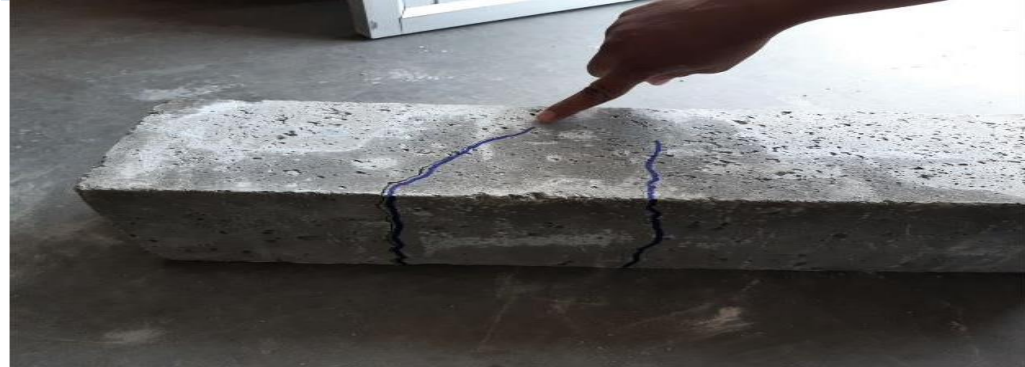
Proceso de ensayo a compresión.



Elaborado por: Villegas,2023

Anexo 7

Proceso de ensayo a flexión



Elaborado por: Villegas, 2023