



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR – SEDE LOJA

FACULTA PARA LA CIUDAD, EL PAISAJE Y LA ARQUITECTURA

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

**ESTUDIO DE RESISTENCIA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH
EXTRAIDA DE FUENTES LOCALES DE LA PROVINCIA DE LOJA PARA
APLICACIÓN ESTRUCTURAL – ARQUITECTÓNICA**

Autor

Juan José Tacuri Bravo

Director

Arq. Fernando Vinicio Moncayo, Mgtr.

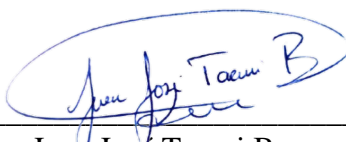
Loja – Ecuador

2021

Certificación

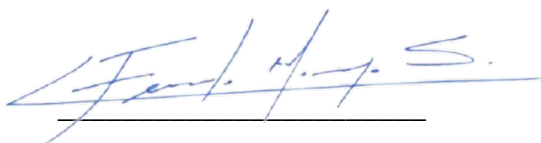
Yo, JUAN JOSÉ TACURI BRAVO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que ha sido respaldado con la respectiva bibliografía.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que el presente trabajo sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad intelectual, reglamentos y leyes.



Juan José Tacuri Bravo

Yo, FERNANDO MONCAYO SERRANO, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo representante exclusivo tanto en su originalidad, autoridad, como su contenido.



Arq. Fernando Moncayo Serrano, Mgtr.

DIRECTOR DE TESIS

Dedicatoria

*Cuando quieres realmente una cosa,
todo el Universo conspira para ayudarte a conseguirla.*

Paulo Coelho

*El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios,
por ser el inspirador y darme fuerza para continuar
en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.*

*A mis padres José, María y hermanos
Katty, Cristhian, Vanessa ya que con su amor,
paciencia y esfuerzo me han permitido llegar
a cumplir hoy un sueño más.*

A mi hijo Ismael Alejandro quien es el motor e iluminación de mi ser.

*A toda mi familia en general por haber sido mi apoyo
a lo largo de toda mi carrera universitaria
y a lo largo de mi vida.*

Agradecimiento

*Si un hombre no está agradecido por lo que tiene,
es probable que no sea agradecido por lo que tendrá.*

-Frank A. Clark

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes, gracias a mis padres, José y María, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en todas mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado. Agradezco profundamente a todos mis docentes, quienes establecieron parte de mi formación académica en la escuela de Arquitectura de la Universidad Internacional del Ecuador, de manera especial, al Mgs. Arq. Fernando Moncayo Serrano director del proyecto de investigación quien aportó además de su conocimiento, con su paciencia y su rectitud como docente.

Así mismo, quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al señor Juan Bravo y al Ingeniero Raúl Ramos, quienes fueron mentores durante el proceso de investigación, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo, finalmente a todos mis amigos, colegas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Resumen

El fin de esta investigación es la ampliación de conocimiento en cuanto a las propiedades físicas mecánicas de la caña *Guadua Angustifolia Kunth* provenientes de fuentes locales en la provincia de Loja - Ecuador, cuando está sometida a compresión paralela, compresión perpendicular, corte y flexión, una característica importante es la humedad que mantienen ya que la obtención de los materiales pertenece a la zona Interandina, esta presenta un ambiente diferente en estudios previos realizados como son en la Costa y en la Amazonía.

De tal manera que, en el estado del arte, se planteó y se delimitó el área de estudio desde un enfoque cualitativo, por otro lado, a través de la metodología experimental se pretendió delimitar los valores de la resistencia a compresión, corte y flexión, estos basados en las normas ISO 22156, ISO 22157-1, 22157-2, los cuales fueron comparados y corroborados con datos de investigaciones previas. Los ensayos se realizaron con probetas de caña *Guadua Angustifolia Kunth* obtenidas de dos zonas específicas, estas plantaciones fueron determinadas en base a entrevistas, normas vigentes, su morfología y características físicas, estos elementos son provenientes de Malacatos parroquia del cantón Loja y del cantón Cariamanga de la provincia de Loja. El trabajo se desarrolló desde un punto de vista empírico partiendo desde un enfoque cuantitativo, guiado en base a algunas variables independientes y ajustadas a través del estado del arte, en cuanto al diseño estructural arquitectónico, este se basó en los resultados de los ensayos de laboratorio lo cual permitió deducir su uso y aplicabilidad. Los resultados fueron explicados a través de tablas e información estadística, de tal manera que permitieron determinar los valores característicos del material para su ampliación de conocimiento y corroboración de datos con investigaciones previas. Con este aporte de investigación, se busca ampliar el tema en cuanto a guadua y su vez permita crear nuevas alternativas de aplicabilidad, además de estructural que este sea arquitectónico en la construcción.

Palabras claves: *Guadua Angustifolia Kunth, propiedades físicas-mecánicas, humedad relativa, diseño estructural-arquitectónico*

Abstract

The purpose of this research is the expansion of knowledge regarding the mechanical physical properties of *Guadua Angustifolia* Kunth cane from local sources in the province of Loja-Ecuador when it is subjected to parallel compression, perpendicular compression, cutting and bending, a characteristic important is the humidity that they maintain since the obtaining of the materials belongs to the Interandina zone, this presents a different environment in previous studies carried out as they are in the Coast and in the Amazon.

In such a way that, in the state of the art, the study area was raised and delimited from a qualitative approach, on the other hand, through the experimental methodology it was intended to delimit the values of resistance to compression, cutting and bending, these based on ISO 22156, ISO 22157-1, 22157-2 standards, which were compared and corroborated with data from previous research. The trials were conducted with *Guadua Angustifolia* Kunth cane specimens obtained from two specific areas, these plantations were determined based on interviews, current regulations, their morphology and physical characteristics, these elements are from Malacatos parish of the canton Loja and Cariamanga canton of the Loja province. The work was developed from an empirical point of view based on a quantitative approach, guided based on some independent variables and adjusted through the state of the art, in terms of architectural structural design, this was based on the results of the laboratory tests which allowed to deduce its use and applicability. The results were explained through tables and statistical information, in such a way that they allowed to determine the characteristic values of the material for its extension of knowledge and corroboration of data with previous investigations. With this contribution we seek to leave an open theme that allows us to create new alternatives and applicability as well as structural this is architectural in construction.

Keywords: *Guadua Angustifolia* Kunth, physical-mechanical properties, relative humidity, structural-architectural design.

**ESTUDIO DE RESISTENCIA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH
EXTRAIDA DE FUENTES LOCALES DE LA PROVINCIA DE LOJA PARA
APLICACIÓN ESTRUCTURAL-ARQUITECTÓNICA**

Índice de Contenido

Certificación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Contenido.....	vii
Índice de Tablas.....	x
Índice de Figuras.....	xii
CAPÍTULO 1	1
1.1. Problemática.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Estado del arte	3
1.4. Hipótesis.....	6
1.5. Objetivo general	6
1.5.1. <i>Objetivos específicos</i>	7
1.6. Metodología	8
1.6.1. <i>Etapa 1 (Observación)</i>	9
1.6.2. <i>Etapa 2 (Supuestos contrastables)</i>	9
1.6.3. <i>Etapa 3 (Experimentación)</i>	10
1.6.4. <i>Etapa 4 (Inferencias)</i>	10
1.6.5. <i>Etapa 5 (Diseño)</i>	10
CAPÍTULO 2	11
2.1. Bambú	11
2.2. El bambú en el Ecuador	12
2.3. Géneros y especies presentes en el Ecuador	12
2.3.1. <i>Guadua</i>	14
2.3.2. <i>Especie Guadua Angustifolia Kunth</i>	15

2.4.	Usos de acuerdo con las partes de la planta	15
2.5.	Características físico-mecánicas de la guadua <i>Angustifolia Kunth</i>	17
2.6.	Aplicación de la guadua <i>angustifolia kunth</i> desde el punto de vista de diseño arquitectónico y estructural	18
2.6.1.	<i>Simón Vélez estudio desde el punto de vista estructural</i>	18
2.6.2.	<i>Kengo Kuma estudio desde el punto de vista arquitectónico</i>	24
2.6.3.	<i>Conclusiones de análisis de referente</i>	27
2.7.	Marco Legal-Normativo y aplicabilidad en base estado del arte y revisión de literatura	28
2.8.	Sobre el corte y toma de muestras para ensayos en laboratorio de GAK	29
2.9.	Norma legal y aplicabilidad para ensayos de laboratorio con GAK.....	30
2.10.	Norma legal y aplicabilidad para diseño de vivienda con GAK	30
2.11.	Matriz.....	32
CAPÍTULO 3	28
3.1.	Esquema, materiales y métodos	28
3.2.	Determinación y delimitación de área de estudio	28
3.3.	Identificación de la Guadua <i>Angustifolia Kunth</i> para extracción	31
3.4.	Selección de ejemplares para extracción.....	32
3.5.	Corte de los especímenes en la zona de extracción.....	34
3.6.	Preservación por Avinagrado	35
3.7.	Tumbado o apeo de elementos	36
3.8.	Transporte de especímenes.....	38
3.9.	Secado, almacenamiento y registro de especímenes.....	39
CAPÍTULO 4	43
4.1.	Fase experimental.....	43
4.1.1.	<i>Corte y marcado de guadua para ensayos</i>	44
4.1.2.	<i>Secado artificial de elemento</i>	53
4.1.3.	<i>Contenido de humedad</i>	54
4.1.4.	<i>Compresión paralela y perpendicular a la fibra</i>	55
4.1.5.	<i>Corte paralelo a la fibra</i>	65
4.1.6.	<i>Flexión</i>	70
4.1.7.	<i>Análisis anatómico de guadua expuesta a ensayos</i>	73
4.2.	Resultados	75
4.2.1	<i>Contenido de humedad</i>	75

4.2.2 <i>Compresión paralela a la fibra</i>	75
4.2.3. <i>Compresión perpendicular a la fibra</i>	78
4.2.4. <i>Corte paralela a la fibra</i>	80
4.2.5. <i>Resistencia a flexión</i>	82
4.2.6. <i>Análisis de resultados</i>	84
CAPÍTULO 5	91
5.1. Fase de diseño	91
5.1.1. <i>Características de guadua para la construcción</i>	91
5.1.2. <i>Cálculo de esfuerzos admisibles en base a resultados</i>	92
5.1.3. <i>Aplicación de guadua en el diseño</i>	94
Conclusiones	108
Recomendaciones	109
Bibliografía	110
ANEXOS	113
Anexo 1.	113
Anexo 2.	119
Anexo 3.	124
Anexo 4.	128

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Especies destacadas en el mundo</i>	11
Tabla 2. <i>Facultades del bambú</i>	12
Tabla 3. <i>Género de bambú</i>	13
Tabla 4. <i>Géneros y especies</i>	13
Tabla 5. <i>Uso según sus partes</i>	16
Tabla 6. <i>Resultado de resistencia de guadua Agustofobia Kunth</i>	17
Tabla 7. <i>Resultado de última resistencia de guadua</i>	17
Tabla 8. <i>Estrategias en base a referentes</i>	27
Tabla 9. <i>Norma legal y aplicabilidad para ensayos de laboratorio</i>	30
Tabla 10. <i>Norma legal y aplicabilidad para el diseño de la vivienda</i>	31
Tabla 11. <i>Matriz de relación de diagnóstico</i>	32
Tabla 12. <i>Variables y condiciones de zona A</i>	30
Tabla 13. <i>Variables y condiciones de zona B</i>	31
Tabla 14. <i>Identificación de culmos idóneos</i>	31
Tabla 15. <i>Selección de guadua</i>	33
Tabla 16. <i>Corte de espécimen</i>	34
Tabla 17. <i>Preservación por avinagrado</i>	35
Tabla 18. <i>Tumbado y apeo de elementos</i>	37
Tabla 19. <i>Transporte de especímenes</i>	39
Tabla 20. <i>Secado</i>	40
Tabla 21. <i>Almacenamiento</i>	40
Tabla 22. <i>Registro de elementos Cuinuma-Cariamanga</i>	41
Tabla 23. <i>Registro elementos Ceibopamba-Malacatos</i>	42
Tabla 24. <i>Pruebas de resistencia</i>	43
Tabla 25. <i>Registro y medida de probetas B Ceibopamba/ medida (mm)</i>	47
Tabla 26. <i>Registro y medida de probetas M Ceibopamba/ medida (mm)</i>	48
Tabla 27. <i>Registro y medida de probetas A Ceibopamba/ medida (mm)</i>	49
Tabla 28. <i>Registro y medida de probetas B Cuinuma/ medida (mm)</i>	50
Tabla 29. <i>Registro y medida de probetas M Cuinuma/ medida(mm)</i>	51
Tabla 30. <i>Registro de resultados, contenido de humedad</i>	55
Tabla 31. <i>Registro de resultados parte baja, Cuinuma, compresión paralela a la fibra</i>	58
Tabla 32. <i>Registro de resultados parte media, Cuinuma, compresión paralela a la fibra</i>	58

Tabla 33. Registro de resultados parte alta, Cuinuma, compresión paralela a la fibra	59
Tabla 34. Registro de resultados parte baja, Ceibopamba, compresión paralela a la fibra ..	59
Tabla 35. Registro resultados parte media, Ceibopamba, compresión paralela a la fibra	60
Tabla 36. Registro de resultados parte alta, Ceibopamba, compresión paralela a la fibra ...	60
Tabla 37. Registro resultados parte baja, Cuinuma, compresión perpendicular a la fibra....	62
Tabla 38 Registro resultados parte media, Cuinuma, perpendicular paralela a la fibra	62
Tabla 39. Registro resultados parte alta, Cuinuma, compresión perpendicular a la fibra.....	63
Tabla 40. Registro resultados parte baja, Ceibopamba, compresión perpendicular fibra	63
Tabla 41. Registro resultados parte media, Ceibopamba, compresión perpendicular fibra ..	64
Tabla 42 Registro resultados parte alta, Ceibopamba, compresión perpendicular fibra	64
Tabla 43. Registro resultados parte baja sin nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra...	66
Tabla 44. Registro resultados parte media sin nudo, Ceibopambaa, corte paralelo a la fibra	67
Tabla 45. Registro resultados parte alta sin nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra....	67
Tabla 46. Registro resultados parte baja con nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra..	67
Tabla 47. Registro resultados parte media con nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra	68
Tabla 48. Registro resultados parte alta con nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra...	68
Tabla 49. Registro resultados parte baja sin nudo, Cuinuma, corte paralelo a la fibra.....	68
Tabla 50. Registro resultados parte media sin nudo, Cuinuma, corte paralelo a fibra	69
Tabla 51. Registro resultados parte alta sin nudo, Cuinuma, corte paralelo a la fibra.....	69
Tabla 52. Registro resultados parte baja con nudo, Cuinuma, corte paralelo a la fibra.....	69
Tabla 53. Registro resultados parte media con nudo, Cuinuma, corte paralelo a fibra	70
Tabla 54. Registro resultados parte alta con nudo, Cuinuma, corte paralelo a la fibra	70
Tabla 55. Registro resultados ensayo a flexión, Cuinuma.....	72
Tabla 56. Registro resultados ensayo a flexión, Ceibopamba.....	72
Tabla 57. Comparativa basada al estado del arte y resultados de investigación	84
Tabla 58. Resultados expuestos para diseño	91
Tabla 59. Conicidad para el diseño	92
Tabla 60. Conicidad para el diseño	93
Tabla 61. Esfuerzos admisibles finales obtenidos.....	94
Tabla 62. Tabla comparativa de esfuerzos admisibles	94

Índice de Figuras

Figura 1. Metodología.....	8
Figura 2. <i>Mapa de distribución del bambú en el mundo</i>	11
Figura 3. <i>Guadua</i>	14
Figura 4. <i>Guadua Angustifolia Kunth</i>	15
Figura 5. <i>Partes de la Guadua</i>	16
Figura 6. <i>Iglesia Privada</i>	19
Figura 7. <i>Pabellón ZERI</i>	19
Figura 8. <i>Iglesia Privada</i>	20
Figura 9. <i>Casa latifundio islas del Rosario Simón Vélez-1977</i>	21
Figura 10. <i>Museo Nómada en el Zócalo</i>	22
Figura 11. <i>Uniones tradicionales en guadua</i>	23
Figura 12. <i>Unión mecánica en guadua Simón Vélez</i>	23
Figura 13. <i>Proceso de armado y montaje de la estructura en guadua</i>	24
Figura 14. <i>Commune by the Great Wall Hotel</i>	24
Figura 15. <i>Commune by the Great Wall Hotel</i>	25
Figura 16. <i>Commune by the Great Wall Hotel</i>	26
Figura 17. <i>Sector Calvas, km 2 vía Cuinuma</i>	29
Figura 18. <i>Calvas km 2 vía Cuinuma</i>	30
Figura 19. <i>Parroquia Malcatos km 10 vía Celopamba</i>	30
Figura 20. <i>Parroquia Malcatos km 10 vía Celopamba</i>	31
Figura 21. <i>Identificación de material</i>	32
Figura 22. <i>Identificación de material</i>	32
Figura 23. <i>Selección de guadua Calvas</i>	33
Figura 24. <i>Selección de guadua Malacatos</i>	33
Figura 25. <i>Corte de elementos</i>	35
Figura 26. <i>Preservación por avinagrado, Calvas</i>	36
Figura 27. <i>Preservación por avinagrado, Malacatos</i>	36
Figura 28. <i>Tumbado y apeo de elementos, Cuinuma</i>	37
Figura 29. <i>Tumbado y apeo de elementos, Cuinuma</i>	37
Figura 30. <i>Tumbado y apeo de elementos, Ceibopamba</i>	38
Figura 31. <i>Tumbado y apeo de elementos</i>	38
Figura 32. <i>Trasporte de elementos</i>	39
Figura 33. <i>Almacenamiento de elementos</i>	41

Figura 34. <i>Toma de medidas</i>	42
Figura 35. <i>Corte de probetas</i>	45
Figura 36. <i>Marcado y orden de probetas</i>	46
Figura 37. <i>Registro y medida de probetas</i>	46
Figura 38. <i>Control de humedad de elementos</i>	53
Figura 39. <i>Secado artificial de probetas</i>	54
Figura 40. <i>Pesaje de probetas, contenido de humedad</i>	54
Figura 41. <i>Secado para pesaje posterior de probetas, contenido de humedad</i>	55
Figura 42. <i>Esquema de resistencia a compresión paralelo</i>	56
Figura 43. <i>Ensayo a compresión paralelo a la fibra</i>	57
Figura 44. <i>Probetas expuestas a compresión paralela a la fibra</i>	57
Figura 45. <i>Esquema de resistencia a compresión perpendicular</i>	61
Figura 46. <i>Ensayo a compresión perpendicular a la fibra</i>	61
Figura 47. <i>Probetas expuestas a compresión perpendicular a la fibra</i>	61
Figura 48. <i>Esquema de resistencia a corte</i>	65
Figura 49. <i>Ensayo a corte paralelo a la fibra</i>	66
Figura 50. <i>Probetas expuestas a corte paralelo a la fibra</i>	66
Figura 51. <i>Esquema de ensayo a flexión</i>	71
Figura 52. <i>Ensayo a flexión</i>	71
Figura 53 <i>Probetas expuestas a flexión</i>	71
Figura 54. <i>Partes analizadas en microscopio</i>	73
Figura 55. <i>Análisis anatómico de elementos</i>	73
Figura 56. <i>Elementos expuestos a 20x de microscopio</i>	74
Figura 57. <i>Resultado de humedad relativa de los elementos estudiados</i>	75
Figura 58. <i>Resultado Compresión paralela a la fibra Ceibopamba-Malacatos</i>	76
Figura 59. <i>Resultado límite elástico, Compresión paralela a la fibra Ceibopamba-Malacatos</i>	76
Figura 60. <i>Resultado Compresión paralela a la fibra Cuinuma-Cariamanga</i>	77
Figura 61. <i>Resultado límite elástico, Compresión paralela a la fibra Cuinuma-Cariamanga</i>	77
Figura 62. <i>Resultado Compresión perpendicular a la fibra Ceibopamba-Malacatos</i>	78
Figura 63. <i>Resultado límite elástico, Compresión perpendicular a la fibra Ceibopamba-Malacatos</i>	78
Figura 64. <i>Resultado Compresión perpendicular a la fibra Cuinuma-Cariamanga</i>	79

Figura 65. <i>Resultado límite elástico, Compresión perpendicular a la fibra Cuinuma-Cariamanga</i>	79
Figura 66. <i>Resultado corte probeta paralela a la fibra sin nudo Ceibopamba-Malacatos</i>	80
Figura 67. <i>Resultado Corte probeta paralela a la fibra con nudo Ceibopamba-Malacatos</i> ...	81
Figura 68. <i>Resultado Corte probeta paralela a la fibra sin nudo Cuinuma-Cariamanga</i>	81
Figura 69. <i>Resultado Corte probeta paralela a la fibra con nudo Cuinuma-Cariamanga</i>	82
Figura 70. <i>Resultado probeta a flexión Ceibopamba-Malacatos</i>	83
Figura 71. <i>Resultado probeta a flexión Cuinuma-Carimanga</i>	83
Figura 72. <i>Resultado compresión paralela a la fibra</i>	87
Figura 73. <i>Resultado a corte paralelo a la fibra</i>	88
Figura 74. <i>Resultado a flexión</i>	89
Figura 75. <i>Detalle cimienta</i>	95
Figura 76. <i>Uniones de guadua</i>	96
Figura 77. <i>Detalle de uniones empernadas y reforzamiento en vigas simples</i>	97
Figura 78. <i>Cálculo y análisis cercha</i>	99
Figura 79. <i>Cercha tipo howe</i>	102
Figura 80. <i>Resultados de esfuerzos en cercha tipo howe</i>	102
Figura 81. <i>Detalle, refuerzo cercha</i>	103
Figura 82. <i>Detalle, uniones de elementos (guadua)</i>	104
Figura 83. <i>Detalle unión, vista frontal escala 1:10</i>	104
Figura 84. <i>Detalle, refuerzo cercha</i>	105
Figura 85. <i>Detalle, uniones de elementos (guadua)</i>	105
Figura 86. <i>Detalle unión, vista frontal escala 1:10</i>	106
Figura 87. <i>Detalle Uniones longitudinales</i>	106

CAPÍTULO 1

1.1. Problemática

El estudio de la *Guadua Angustifolia Kunth* ha sido abordado de manera limitada en la construcción, Cardenas y Rincón (2018) manifiesta que “la guadua es un material endémico que fue utilizado por las culturas ancestrales hasta la actualidad, por lo que es muy familiar en nuestro entorno”. Sin embargo, es lamentable que esté asociada al paradigma negativo de que “la construcción en guadua es para pobres y es temporal”, esto basado a su uso recurrente en asentamientos informales en la costa ecuatoriana y en las periferias urbanas de ciudades latinoamericanas.

De igual manera Poveda et al., (2016) menciona, “La incorrecta utilización de la caña guadua en la construcción, también ha contribuido a que este material sea sinónimo de miseria, atraso ante la opinión pública y en especial ante los profesionales de la construcción”, debido a que existe un total desconocimiento de las características botánicas, y mecánicas del vegetal, así como de su adecuada utilización.

Por otro lado, la construcción mantiene una gran actividad, Gónzales (2006) expone que, “La demanda mundial de construcción busca nuevas alternativas, para así poder controlar el déficit de vivienda y mantener un ahorro económico debido a los ingresos o capacidad de ahorro de las personas”, por lo cual se han generado alternativas a nuevos mercados con perspectivas gigantes de industrializar productos novedosos; entre ellos están los productos con *Guadua Angustifolia Kunth*, la misma que sobresale no solo por sus condiciones y propiedades físico-mecánicas sino por la diversidad de aplicaciones que tienen el desarrollo social y económico de muchos países tropicales.

Por lo tanto se presenta este problema, el bambú se propaga principalmente en los trópicos, sus propiedades están relacionadas con las condiciones de allí, Ugarte y Habusta (2011) determina que:

El clima tropical favorece el crecimiento rápido de la guadua, que puede ser de hasta más de un metro en 24 horas, pero por otro lado el clima húmedo afecta al bambú una vez cortado y lo convierte en un objetivo para los insectos destructivos, esto se traduce en que la mayoría de las estructuras constructivas de bambú sólo duran un período de uno o dos años”, la excepción a la regla parece ser la *Guadua Angustifolia Kunth* que se informó ser muy resistente a insectos y enfermedades, por lo que las estructuras hechas de este tipo de bambú pueden durar hasta 60 años.

“La *Guadua Angustifolia Kunth* tienen aspectos físicos diferentes, debido a que son ecotipos que responden a condiciones climáticas, por las procedencias de las plantas madres” (Añazco y Rojas, 2015), por lo tanto, debido a que no existen investigaciones con respecto a pruebas de resistencia de este material en el área local, la misma que mantiene diferentes condiciones climáticas, se busca proporcionar resultados mediante pruebas de laboratorio, para así determinar su resistencia, dando lugar a que permita ser aplicado en las construcciones locales, a fin de potenciar esta alternativa.

1.2. Justificación

La *Guadua Angustifolia Kunth* se encuentra entre las clases de bambú que han sido reconocidas en la tierra, es un bambú fibrosos que generan aportes económicos y productivos. La *Guadua Angustifolia Kunth* es reconocida como material para la fabricación de varias estructuras, en la actualidad es reconocida por su durabilidad ya que aún existen edificaciones realizadas a base de esta guadua. En países como Colombia, Ecuador y Perú existe el hábito de hacer uso de este material para la creación de viviendas. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI], 2016)

Actualmente la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 11, 2011), capítulo 17, presenta a la *Guadua Angustifolia Kunth* como el único material alternativo aprobado y normalizado para su empleo, este trabajo pretende evidenciar características y bondades que

tiene este material alternativo, pero desde un estudio e investigación local, en donde el factor climático determina un punto importante.

En Ecuador no existen datos confirmados sobre la superficie de bambúes que poseen, Añazco y Rojas (2015) señala que, “El país cuenta con aproximadamente 10.000 has de bambú, de las cuales, se estiman que 5.000 has provienen de plantaciones”, plantadas mayoritariamente con las especies *Guadua Angustifolia* Kunth y *Dendrocalamus Asper*, estos atributos han convertido al bambú en una planta protagonista del siglo XXI y a la *Guadua Angustifolia* por sus condiciones únicas de resistencia, rápido crecimiento y gran versatilidad en una especie con mucho potencial para ser incorporada en planes, programas y/o proyectos.

Por encima de todas estas razones, se encuentra el hecho de que el bambú es el material de construcción con un costo más efectivo, que además cumple fácilmente requerimientos ambientales y del International Building Code (IBC). De modo que no es ninguna exageración afirmar que la guadua, bambú nativo de América, es la especie vegetal del futuro.

Finalmente, el proceso de estudio de la resistencia de material que se utilizará será basado en normas ISO/TR 22157-1, ISO/TR 22157-2, dando paso a que la investigación concluya con una comparación y análisis de resultados de resistencia con estudios realizados previamente en otros sectores, para así poder determinar si cumplen con los estándares de construcción y seguridad para ser incorporada en planes, programas y/o proyectos en cualquier sector de la provincia de Loja.

1.3. Estado del arte

Desde un análisis general en el Ecuador, sobre el tema de resistencia de *Guadua Angustifolia* Kunth, se encuentra realizada de manera limitada, en su mayoría por autores de la región litoral y amazónica, los mismos que han dado paso a que sean aprobados ya en la Norma Ecuatoria de la Construcción, este análisis del material ha sido trabajado en base al Proyecto

Normativo de Guadua expuesto por la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR), y elaborado por el arquitecto ecuatoriano Jorge Morán Ubidia reconocido internacionalmente por la construcción en bambú, y se tomó de referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para el diseño y cálculo de resistencia y el estudio de estructuras de Guadua Angustifolia Kunth en el año 2016, como también el manual para diseño en maderas del grupo andino. De igual forma, como parte de recepción de información con respecto al material, la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) ha receptado tesis de grado desarrolladas por varias universidades ecuatorianas, tales como: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Universidad de las Fuerzas Armadas, Universidad Industrial de Santander, Universidad Nacional de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Universidad de Cuenca, Universidad de Loja y la Universidad Técnica Particular de Loja; destacando la información generada por universidades de la región costa en donde se evidencia que ha desarrollado varios ensayos de caracterización físico-mecánica de la Guadua Angustifolia Kunth.

En cuanto a los métodos de diseño con guadua, la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) de la misma forma bajo la recopilación de varios estudios realizados por universidades, ha realizado una metodología de diseño basado en la medición, la cual busca el buen desempeño de las construcciones y determina mediante el método de esfuerzos admisibles deben ser diseñados los elementos empleando las cargas especificadas en el capítulo NEC-SE-CG, así como las cargas sísmicas especificadas en el capítulo NEC-SE-DS.

Por consiguiente, delimitando el campo de estudio en la provincia de Loja con respecto a estudios de resistencia de Guadua Angustifolia Kunth, se encuentran dos estudios dirigidos por docentes de la Universidad Técnica Particular de Loja entre los años 2016-2017 en donde se muestra el estudio de la Guadua Angustifolia Kunth en Malacatos en la provincia de Loja y en el cantón Puyango parroquia el Arenal, en el cual se han realizado pruebas de laboratorio

en base a las normativas ISO 22157 e ISO 22156 y a las normas internacionales para ensayos de bambú como es INBAR, Standard For Determination Of Physical And Mechanical Properties Of Bamboo respectivamente, de esta manera se pudo determinar y comparar valores, con datos enfocadas a la construcción de caña guadua, como lo menciona la norma ecuatoriana de la construcción con valores promedio, 44.37 Mpa en el esfuerzo ultimo a compresión, un esfuerzo ultimo a corte de 6.11 Mpa y un esfuerzo último a flexión de 56.9 MPa, en donde se presenta el caso de la parroquia el arenal el mismo que presento, un esfuerzo ultimo a la compresión de 26.35 Mpa, un esfuerzo ultimo a corte de 3.48 Mpa y un esfuerzo último a flexión de 49.34 MPa, por otro lado en la parroquia de Malacatos presenta, un esfuerzo ultimo a la compresión de 61.62 Mpa, un esfuerzo ultimo a corte de 5.87 Mpa y un esfuerzo último a flexión de 85.34 Mpa, la cual argumenta la capacidad de la planta para sustituir materiales actuales de construcción, y el uso que se puede emplear a la guadua de acuerdo a los resultados de laboratorio de material, así mismo estas investigaciones mencionan los métodos de corte, secado y mantenimiento de la Guadua Angustifolia Kunth en base a la NEC 11, del capítulo 17 (Utilización de la Guadua angustifolia Kunth en la construcción), en las investigaciones se presentan propuestas de diseño por medio de software de modelación estructural fundado por el estudio de elementos finitos.

En el caso de las investigaciones locales, sobre la metodología de diseño empleada, ambas se basan en el método de esfuerzos admisibles planteado por la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), como también, emplean dos métodos diferentes a través de softwares para el diseño estructural, una de ellas se basa al método de los elementos finitos mediante el programa Ansys Workbench la cual posibilita facilidad en la configuración de cualquier problema, consintiendo efectuar modelaciones de una manera fácil mediante elementos finitos, sus resultados dependerán de la exactitud que presenten tanto en la exactitud de los parámetros a los que será sometido los elementos estudiados, en el segundo caso se utiliza el

método dinámico espectral el cual produce esfuerzos menores dentro de los miembros disminuyendo lo que requiere la sección sobre ellos permitiendo economizar y incorporar materiales nuevos con sus respectivas propiedades.

Finalmente, se concluye que la guadua *angustifolia kunth* en las investigaciones en áreas locales, las mismas que fueron realizadas en Puyango y Malacatos por la universidad Técnica particular de Loja, cumplen con los requisitos para su empleo y ejecución, pero cabe recalcar que los resultados de resistencia varían según el sitio de extracción del material, lo cual deja un tema abierto a posibles investigaciones en cuanto a resistencia en sectores diferentes en donde el factor climatológico es un factor importante en el desarrollo del material, por otro lado; se puede mencionar que los estudios realizados se centran al diseño estructural y no a un diseño arquitectónico por lo que de la misma manera deja un estado incompleto en cuanto a diseño arquitectónico o posibles empleos además del diseño estructural, para así poder clasificar el material según su resistencia o valores de acuerdo al sitio de extracción.

1.4. Hipótesis

La resistencia de la Guadua *Angustifolia Kunth* en la provincia de Loja cumple con las normas ISO/TR 22157-1, ISO/TR 22157-2 y normativas ecuatorianas para aplicación estructural-arquitectónica.

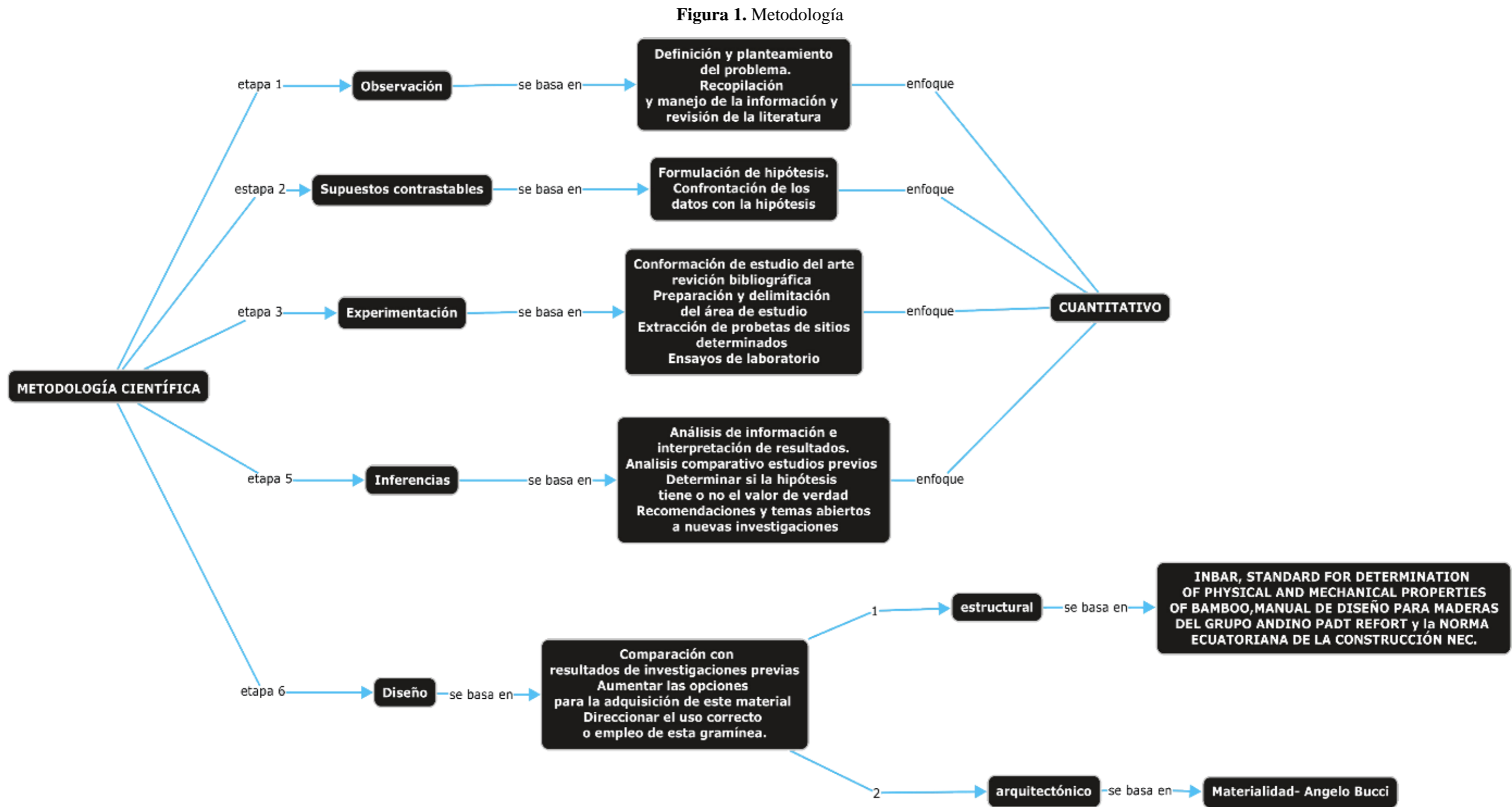
1.5. Objetivo general

Analizar las propiedades físicas-mecánicas de la Guadua *Angustifolia Kunth* en la provincia de Loja de tal manera que cumplan con las normativas para la construcción ISO/TR 22157-1, ISO/TR 22157-2, para posterior aplicación estructural-arquitectónica en vigas y columnas.

1.5.1. Objetivos específicos

- Determinar los sitios de cultivo y acopio de *Guadua Angustifolia* Kunth en la provincia de Loja en donde se extraerá la selección de ejemplares para su posterior estudio de campo y laboratorio.
- Examinar e identificar las propiedades físicas-mecánicas mediante estudio de campo y laboratorio a la *Guadua Angustifolia* Kunth en la provincia de Loja.
- Comparar y clasificar los resultados de laboratorio de *Guadua Angustifolia* Kunth proveniente de la provincia de Loja con estudios de resistencia ya existentes, para determinar su uso y aplicación bajo estándares de construcción.
- Diseñar una alternativa estructural arquitectónica de vigas y columnas de tal manera que cumpla con los estándares de construcción y seguridad para su aplicabilidad en la construcción.

1.6. Metodología



Fuente: Fernández, Lucio y Hernández (2015), Bucci, Angelo (2016), NEC (2017)
 Elaborado por: El autor

La metodología aplicada al trabajo de investigación es científica ya que se someterá a pruebas experimentales, los mismos que se determinarán mediante medición numérica, conteo y frecuentemente el uso de estadística para establecer con exactitud los resultados para contestar preguntas de investigación y probar la hipótesis establecida previamente, ya que será fundamentada en lo empírico y en la medición de resistencia de la *Guadua Angustifolia* Kunth de la provincia de Loja; abordaremos el tema desde un enfoque cuantitativo, éste de acuerdo con López, (2012), consiste en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio. Por lo tanto, para la ejecución del tema, será indispensable contar con investigaciones previas o teorías ya construidas.

1.6.1. Etapa 1 (Observación)

En esta etapa se recopila información en base a la recopilación de investigaciones para lograr obtener una matriz y de esta manera explorar la bibliografía y plantear la problemática. Así mismo poder determinar el estado del arte con investigaciones previas de tal manera que además de revisar la metodología empleadas y los resultados obtenidos podemos determinar o anticipar a obtener una hipótesis más clara.

1.6.2. Etapa 2 (Supuestos contrastables)

En esta etapa se determina la hipótesis acercándose a la certeza, con la finalidad de realizar la investigación y deducir la hipótesis planteada, para ello es de importancia el estado de arte para determinar los resultados obtenidos en las investigaciones análogas. Así mismo el estado de arte es la guía principal para preparar el marco teórico de la investigación a realizar.

1.6.3. Etapa 3 (Experimentación)

La tercera etapa es en su totalidad experimental, estudiará la resistencia física y mecánica de la guadua angustifolia kunth, esto se basará a norma ISO y normativas establecidas las mismas que ayudan al cálculo mediante datos y formulas, finalmente se obtendrán resultados en cuanto a sus resistencias para así poder determinar su uso o aplicación.

1.6.4. Etapa 4 (Inferencias)

Esta etapa será análisis de los resultados obtenidos mediante la experimentación de laboratorio y de esta manera realizar las conclusiones las cuales compararán, clasificarán y corroborarán con estudios previos además de eso se determinará si los datos obtenidos contrastan la hipótesis de manera positiva o negativa. Cumpliendo así los objetivos planteados tanto general como específicos.

1.6.5. Etapa 5 (Diseño)

La última etapa será el diseño, esta fase se determinará en base a los resultados obtenidos en laboratorio, guiado por INBAR, Standard for determination of Physical And Mechanical Properties Of Bamboo, Manual de diseño para maderas del Grupo Andino Padt Refort y la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, para el diseño estructural y según Angelo Bucci la parte arquitectónica.

CAPÍTULO 2

2.1. Bambú

Añazco y Rojas, (2015), indica que, “El nombre bambú (bambúes en plural) se denomina a una categoría paraguas, la misma que abarca cerca de 1.600 especies disímiles repartidas en todo el mundo”, entre las más destacables tenemos:

Tabla 1. *Especies destacadas en el mundo*

Especies destacadas distribuidas en el mundo	
Guadua angustifolia	Guadua weberbaueri
Guadua chacoensis	Bambusa vulgaris
Bambusa aculeata	Bambusa textiles
Phyllostachys bambusoides f. tanakae	Dendrocalamus asper
Dendrocalamus giganteus	Chusquea spp
Chusquea spp	Gynerium sagittatum

Fuente: INBAR

Elaborado por: El autor

Figura 2. *Mapa de distribución del bambú en el mundo*



Fuente: INBAR

Presentan una amplia distribución geográfica, esto según su adaptabilidad para ello nacen como componentes valiosos la flora natural de las regiones subtropical, tropical y templado-medio del mundo, entre el nivel del mar hasta el límite de las nieves. Se distribuye en el mundo desde los 51° latitud Norte (Japón) hasta los 45° latitud Sur (Chile) y desde el nivel

del mar, hasta los 4300 metros de altura lograda en los Andes ecuatoriales en la formación conocida como Páramo (Londoño, 2002).

Tabla 2. Facultades del bambú

FACULTADES DEL BAMBÚ	
Es una de las gramíneas más altas y de más rápido crecimiento.	Cubre el 3% de los bosques del mundo
<i>Phyllostachys edulis</i> en el Japón, crece aproximadamente de 75 a 400 mm por día.	Su Área total es de 31,5 millones de hectáreas, representa el 0,79% de la superficie total de bosques del mundo.
En América latina existen áreas cubiertas naturales y de producción tales como: Colombia, Ecuador, Nicaragua y Venezuela.	En la frontera entre el estado de Acre en Brasil, Madre de Dios en Perú y Pando en Bolivia, el área cubierta puede ser de unos 180.000 km ² .
Existen como mínimo 11 millones de hectáreas cubiertas de bambú en Latinoamérica.	

Fuente: FAO (2010).

Elaborado por: El autor.

2.2. El bambú en el Ecuador

Las disimiles especies de bambúes se encuentran ubicadas en todas las regiones del país, desde los 4300 m.s.n.m. se pueden observar especies originarias y exóticas en donde se han localizado individuos de la clase Neurolepis. Se caracterizan por los siguientes generos; guadua, chusquea, y arthrostylidium.

De estos, la guadua es la especie más significativa en el Ecuador y en el hemisferio occidental, en la cordillera oriental con un 74% de especies, con un 38% le sigue la cordillera occidental (Acosta y Solís, 1982).

2.3. Géneros y especies presentes en el Ecuador

Según Londoño (1998), “En el Ecuador se han reconocido seis géneros y 44 especies nativas de bambú, de las cuales 11 son endémicas”, los géneros son:

Tabla 3. Género de bambú

Especie	Número de especies
Arthrostylidium	3
Aulonemia	5
Chusquea	18
Guadua	5
Neurolepis	11
Phipidocladum	1
Rhipidocladum	1

Fuente: FAO (2010).

Elaborado por: El autor.

Constan de mayor diversidad de bambú leñoso las provincias de Chimborazo, Napo, Azuay y Loja en donde destaca el género chusque ya que cuenta con el 47% de especies (INBAR, 2015)

Tabla 4. Géneros y especies

No.	Especie	No.	Especie	No.	Especie
01.	<i>Arthrostylidium ecuadorensis</i> Judziewicz & L.G. Clark	18.	<i>C. neurophulla</i> L.G. Clark	35.	<i>N. elata</i> (Kunth) Pilger
02.	<i>A. simpliciusculum</i> (Pilger) McClure	19.	<i>C. perligulata</i> (Pilger) McClure	36.	<i>N. fimbriatigulata</i> ssp. <i>Fimbriatigulata</i> L.G. Clark
03.	<i>A. youngianum</i> L.G. Clark & Judziewicz	20.	<i>C. aff. Polyclados</i> Pilger	37.	<i>N. nana</i> L.G. Clark
04.	<i>Aulonemia Haenkei</i> (Ruprecht) McClure	21.	<i>C. scandens</i> Kunth	38.	<i>N. nobilis</i> (Munro) Pilger
05.	<i>A. hirtula</i> (Pilger) McClure	22.	<i>C. serpens</i> L.G. Clark	39.	<i>N. rigida</i> L.G. Clark
06.	<i>A. longiaristata</i> L.G. Clark & X. Londoño	23.	<i>C. simpliciflora</i> Munro	40.	<i>N. stuebelii</i> (Pilger) Pilger
07.	<i>Apatula</i> (Pilger) McClure	24.	<i>C. subulata</i> L.G. Clark	41.	<i>N. villosa</i> L.G. Clark
08.	<i>A. queko</i> Goudot	25.	<i>C. tessellata</i> Munro	42.	<i>N. weberbaueri</i> Pilger
09.	<i>Chusquea albilanata</i> L.G. Clark & X. Londoño	26.	<i>C. uniflora</i> Steudel	43.	<i>Phipidocladum harmonicum</i> (Parodi) McClure
10.	<i>C. exasperata</i> L.G. Clark	27.	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	44.	<i>Rhipidocladum racemiflorum</i> (Steudel) McClure
11.	<i>C. falcata</i> L.G. Clark	28.	<i>G. superba</i> Huber		
12.	<i>C. lehmannii</i> ssp. <i>Lehmannii</i> Pilger	29.	<i>G. weberbaueri</i> Pilger		
13.	<i>C. Lehmannii</i> ssp. <i>Farinosa</i> L.G. Clark & X. Londoño	30.	<i>G. latifolia</i>		
14.	<i>C. loenardiorum</i> L.G. Clark	31.	<i>G. perligulata</i>		
15.	<i>C. londoniae</i> L.G. Clark	32.	<i>Neurolepis aperta</i> (Munro) Pilger		
16.	<i>C. loxensis</i> L.G. Clark	33.	<i>N. aristata</i> (Munro) A. Hitchcock		
17.	<i>C. macclurei</i> L. G. Clark	34.	<i>N. asymmetrica</i> L.G. Clark		

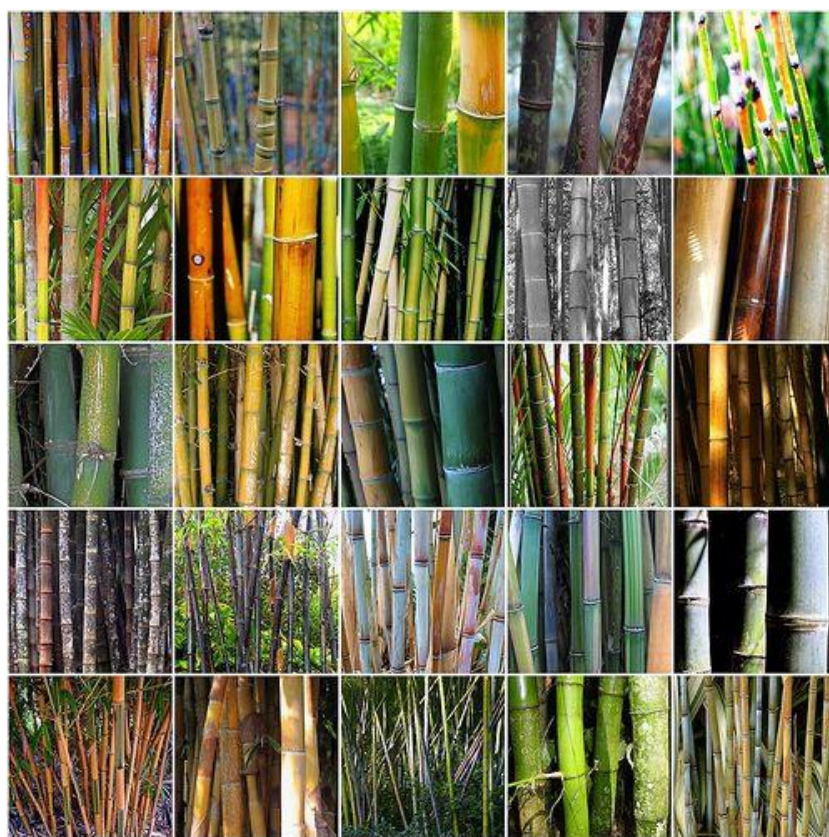
Fuente: INBAR

Elaborado por: El autor.

2.3.1. *Guadua*

Según estudios el guadua es un bambú leñoso que pertenece a la Familia Poaceae, la misma que fue identificada como “guadua” por los botánicos Alexander Von Humboldt y Amadeo Bonpland en el año 1806, con este nombre fue reconocido en Ecuador y Colombia por sociedades indígenas posteriormente Kunth lo renombra como *Guadua angustifolia*, que significa “hoja angosta” (Añazco, Mario; Rojas, 2015).

Figura 3. *Guadua*



Fuente: INBAR

“La especie *Guadua Angustifolia* destaca dentro del género por sus culmos con medidas de 30 m. de altura y 25 cm. de diámetro, se encuentra emplazado geográficamente desde México hasta Argentina; exceptuando Chile y las Islas del Caribe” (INBAR, 2015).

2.3.2. *Especie Guadua Angustifolia Kunth*

La *Guadua Angustifolia* se considera como nativa de Colombia, Venezuela y Ecuador. En la costa ecuatoriana se ha encontrado una sola especie nativa de bambú arborescente (*Guadua Angustifolia*). “En el país tiene varios nombres como: caña brava, caña mansa, cebolla, macana, cotuda o castilla. A pesar de que todos son la misma especie (*G. Angustifolia*) presentan aspectos físicos disímiles, debido a que son ecotipos que responden a condiciones climáticas y por las orígenes de las plantas madres” (Stern 2001).

Figura 4. *Guadua Angustifolia Kunth*



Fuente: INBAR (2015)

2.4. Usos de acuerdo con las partes de la planta

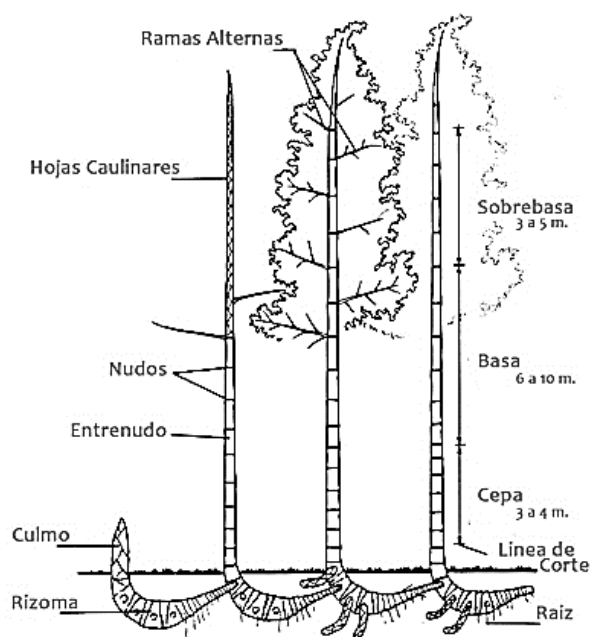
Según Añazco y Rojas (2015), “El uso de los árboles de guadua mantiene el 20 y 30% del tamaño total para su empleo de cada elemento”. En la siguiente tabla se expresa el uso y función de cada una de sus partes como:

Tabla 5. Uso según sus partes

USO SEGÚN LAS PARTES DE LA GUADUA	
Rizoma	Debido a la morfología de los rizomas y al sistema de red que se constituyen en los primeros 50 - 100 cm del suelo. <i>Guadua angustifolia</i> (tipo de rizoma: paquimorfo) permite más la percolación del agua, ayuda también a controlar la erosión amarrando el suelo y los barrancos a la orilla de ríos y carreteras.
Culmos jóvenes	Los culmos jóvenes de <i>Guadua angustifolia</i> se usan para la fabricación de canastos rústicos, esteras y artesanías.
Culmos maduros	Se han reportado más de mil usos como: material de construcción, labores agropecuarias, fabricación de muebles y artesanías, producción de carbón vegetal y elaboración de productos industrializados tales como paneles, aglomerados, tablas de encofrado, entre otros.
Culmos secos	Se utilizan como material de combustión en los fogones domésticos, en los trapiches paneleros y en las fábricas de ladrillo.
Yema	Son muy útiles para la propagación “in vitro”, además son importantes en los estudios taxonómicos.
Ramas	Las ramas secas se utilizan en las labores agrícolas para tutorar cultivos de fréjol, arveja, habichuela y tomate a pequeña escala.
Hoja caulinar	Da origen a las ramas y al follaje. Se utilizan para la fabricación de objetos artesanales y como elemento decorativo.
Follaje	Los géneros <i>Aulonemia</i> y <i>Chusquea</i> son utilizados como alimento de animales menores y la <i>G angustifolia</i> se mezcla con barro en la construcción de las paredes de viviendas.

Fuente: Bambusa

Elaborado: Por el autor

Figura 5. Partes de la Guadua

Fuente: Bambusa

2.5. Características físico-mecánicas de la guadua *Angustifolia Kunth*

La Guadua se ha destacado por dimensiones y propiedades físico-mecánicas, ha sido seleccionada como una de las veinte especies sobresalientes de bambúes del mundo puesto que poseen la aptitud para absorber energía y brindar una mayor flexión, estas cualidades la convierten en un elemento idóneo para construcciones sismo-resistentes. Llega a medir hasta 30 m. de altura y 22 cm. de diámetro, es considerada el tercer bambú más grande del mundo (CORPEI, 2005).

Basados en estudios realizados por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC la misma que abarcó la determinación de las propiedades mecánicas de Guadua angustifolia en función de edad, altura y contenido de humedad al 12% del culmo, con el objetivo de evaluar si es posible su utilización como refuerzo en materiales compuestos se procede al estudio y valoración experimental de la guadua, empleando ensayos según a la norma ecuatoriana de construcción y de normalización, en la cual se obtuvieron los siguientes resultados: resistencia a último esfuerzo a flexión de 45 MPa, último esfuerzo a tracción de 117 MPa, esfuerzo ultimo a compresión de 37 MPa y último esfuerzo a corte de 7 MPa.

Tabla 6. Resultado de resistencia de guadua *Agustofobia Kunth*

Fb Flexión (Mpa)	Ft Tracción (Mpa)	Fc Compresión Paralela (Mpa)	Fp* Compresión Perpendicular (Mpa)	Fv Corte (Mpa)
15	19	14	1.4	1.2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Tabla 7. Resultado de ultima resistencia de guadua

Fb Flexión (Mpa)	Ft Tracción (Mpa)	Fc Compresión Paralela (Mpa)	Fv Corte (Mpa)
45	117	37	7

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

2.6. Aplicación de la guadua angustifolia kunth desde el punto de vista de diseño arquitectónico y estructural

El objetivo de generar un análisis de la obra es obtener no solo una visión panorámica de su arquitectura sino también enseñanzas que puedan ser transmitidas y faciliten el desarrollo de la propuesta. Se presenta entonces el análisis de dos referentes a escala residencial seleccionadas, los mismos que presentan obras construidas y habitadas en la actualidad.

Los proyectos fueron seleccionados en función a: lógica estructural y formal expresivo. En cuanto a la lógica estructural se considera necesario analizar la flexibilidad espacial, incidencia de la estructura en la forma final del edificio y la innovación o avance tecnológico existente, de acuerdo con el criterio expresivo se considera la materialidad como punto importante, así como la composición volumétrica que conforma cada proyecto.

Finalmente, la Lógica Estructural y lo Expresivo se encuentran en íntima relación, y dan como resultado la Forma Final de una obra arquitectónica, sin embargo, para el análisis se ha decidido el análisis de la forma siguiente:

- Simón Vélez estudio desde el punto de vista estructural
- Kengo Kuma estudio desde el punto de vista arquitectónica

2.6.1. Simón Vélez estudio desde el punto de vista estructural

El diseño elaborado por el arquitecto Simón Vélez (Fig. 6) busca integrar la construcción al paisaje circundante y utiliza la estructura de guadua como un material orgánico, que deja a la vista la forma e imperfección de un crecimiento vegetal; es una estructura sismo resistente que viste el espacio y lo hace particular, son características que se han tomado con relevancia para ser aprovechadas para el proyecto, el análisis de este referente se basa a la lógica estructural en cuanto a su flexibilidad espacial, agrupación de áreas húmedas, incidencia en su formalización e innovación tecnológica.

Figura 6. *Iglesia Privada*



Fuente: Plataforma Arquitectura

2.6.1.1. Lógica estructural, flexibilidad espacial.

Figura 7. *Pabellón ZERI*



Fuente: Plataforma Arquitectura.

Podemos analizar en la figura 7, los espacios de organización en base al sistema estructural y podemos determinar que libera parte o todo el espacio de la obra facilitando diferentes posibilidades de organización espacial, la solución espacial en planta lo resuelve con un planteamiento sencillo adoptando la simetría como primer elemento de composición, se refleja una cierta búsqueda espacial mucho más elaborada.

2.6.1.2. Lógica estructural, incidencia en la formalización.

Figura 8. *Iglesia Privada*



Fuente: Plataforma Arquitectura

Las decisiones formales de la obra se visualizan previamente en la estructura, por lo tanto, la forma final depende totalmente de la estructura de la vivienda. (Fig. 8)

El módulo estructural determina la organización de los espacios de la casa la misma que se puede identificar mediante los puntos estructurales que se distribuyen en el diseño formando un volumen final. Para el arquitecto con los proyectos exploró nuevas formas de construir con este material, utilizando algunas ideas como el diseño de conexiones ensambles en seco para no debilitar el bambú perforándolo o rellenándolo con cemento, y también para permitir la sustitución de culmos de bambú, si es necesario.

Figura 9. *Casa latifundio islas del Rosario Simón Vélez-1977*



Fuente: Simón Vélez

En la figura 9, podemos observar que son estructuras con un sistema arriostrado, que transmiten las cargas a la cimentación, generalmente a través de pedestales de hormigón o en su caso, la misma naturaleza hacía de cimentación con grandes piedras de la zona, construidas todas con materiales autóctonos, por la imposibilidad de contar con medios de transporte.

Por lo tanto, se puede concluir que estas parten de planos reticulares y triangulaciones a nivel de fachada y corte, al mismo tiempo aprovechaba esta estabilidad proyectando voladizos a manera de balcones o terrazas, a los que imprimía su sello personal, causando así una sensación de “vértigo espacial” término que conllevan todas sus obras. Una característica común de todas estas es el reflejo de consecuencia e intencionalidad de su propuesta: las estructuras de sus obras se podían percibir, casi tanto a nivel de volumetría o fachada como en su distribución simétrica en planta.

2.6.1.3. Lógica estructural, innovación tecnológica.

Figura 10. *Museo Nómada en el Zócalo*



Fuente: Plataforma Arquitectura

Al utilizar la guadua desde un punto de vista estructural en los proyectos del arquitecto Simón Vélez se pudo evidenciar y garantizar mayor control de calidad debido a las variables y a la experimentación que realiza en las obras con este material, por lo tanto, podemos analizar la implementación de esta tecnología mediante el juego con la ubicación del material, es decir el movimiento de la guadua de manera ilimitada experimentando y creando nuevas alternativas para el diseño con su estructura las mismas que buscan diseñar elementos modulares con el objetivo de crear un innovador sistema de construcción en guadua (Fig. 10).

En el aspecto tecnológico, radica el enorme aporte realizado por Simón Vélez, en el mejoramiento y tecnificación de las uniones en la construcción con guadua. Vélez menciona que en los sistemas constructivos con guadua siempre han existido diferentes tipos de uniones. Las más tradicionales, se hacían primero realizando los respectivos cortes a la guadua complementados éstos con amarres, pasadores y clavos, siendo su trabajo de resistencia muy modesto (Fig. 11).

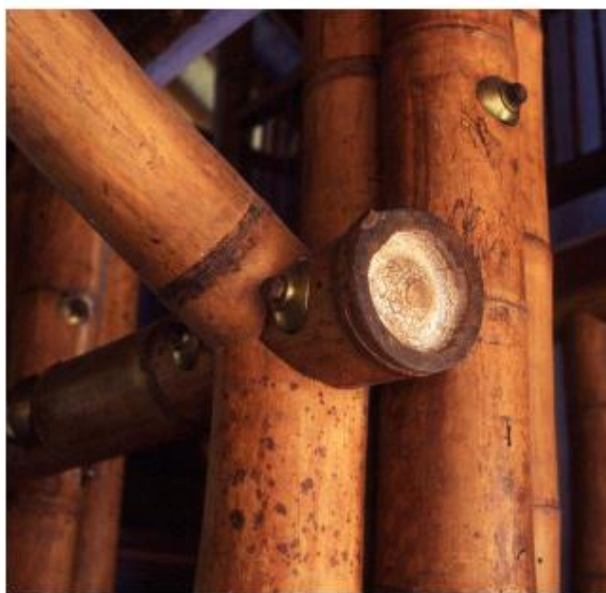
Figura 11. *Uniones tradicionales en guadua*



Fuente: INBAR

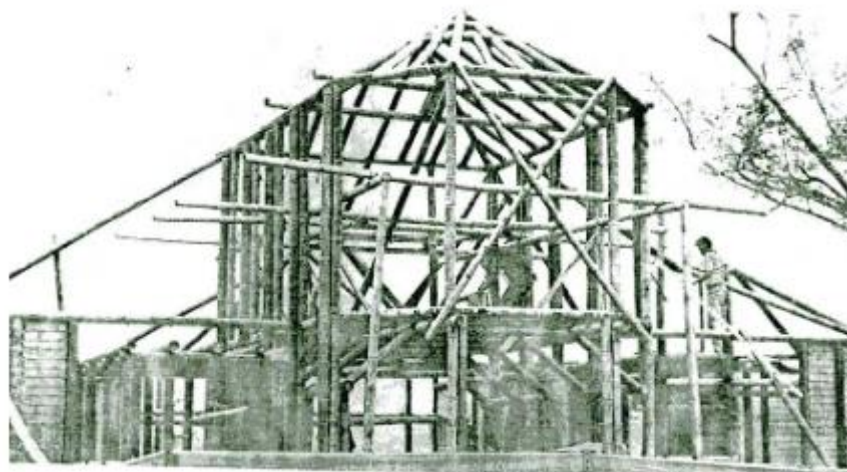
De tal manera que Simón Vélez en cuanto a las uniones en bambú (Fig. 11) toma como el punto más relevante para tener en cuenta en la construcción con este material, determinado cómo funcionan y como se plantearán los distintos tipos de uniones en sus obras. Cabe anotar que el tema de uniones es un tema un “poco inexplorado”, por lo que Vélez es un constructor empírico, trabaja en campo y crea nuevas alternativas en base a comprobación y experimentación en el lugar de construcción (Fig.12).

Figura 12. *Unión mecánica en guadua Simón Vélez*



Fuente: Simón Vélez

Figura 13. *Proceso de armado y montaje de la estructura en guadua*



Fuente: Simón Vélez

2.6.2. Kengo Kuma estudio desde el punto de vista arquitectónico

Esta obra (Fig. 14) es analizada por promover uso de los elementos naturales, como el sol, el agua, las plantas, la tierra, el viento, así como también la fácil obtención de materiales económicamente accesibles, en este caso el bambú, elemento natural presente que es utilizado como elemento con un uso principal al diseño arquitectónico para la casa, así como para los interiores y exteriores, desde el punto de vista arquitectónico podemos analizar la obra desde el aspecto formal expresivo en cuanto a material y composición volumétrica.

Figura 14. *Commune by the Great Wall Hotel*



Fuente: Plataforma Arquitectura

2.6.2.1. Formal expresivo, material.

Figura 15. *Commune by the Great Wall Hotel*



Fuente: Plataforma Arquitectura

El proyecto comprende la materialización de cada elemento presente, de manera que, en este caso, el bambú como elemento principal se utiliza como separador de ambientes y como material determinante desde el punto de vista estético para la casa, así como para los interiores y exteriores, se presenta también el uso de vidrio en ventanas y puertas, concreto en su cimentación y metal aluminio como accesorio de unión del bambú en el sistema estructural. Es necesario valorar que tiene la previsibilidad de utilizar materiales que pudiesen ser reutilizados posteriormente (Fig. 15).

El diseño comprende en este caso la flexibilidad y ligereza de la guadua, el velo del policarbonato, los reflejos del vidrio, la contención del hormigón. Una casa expuesta y dispuesta: expuesta al clima, al tiempo, y al habitar; dispuesta a aprovechar los recursos naturales y reciclar aquello que se consume.

2.6.2.2. Formal expresivo, composición volumétrica

Figura 16. *Commune by the Great Wall Hotel*



Fuente: Plataforma Arquitectura.

La composición volumétrica se encuentra vinculada de manera que se integra al adaptarse al terreno y contexto, parte del punto y la línea, estos se originan en el sistema estructural, se unen mediante líneas en este caso mediante el bambú formando un volumen a partir de la estructura, que le otorga la formalidad final a la edificación, así como también su composición, configurada a través de la interacción de volúmenes y planos que dan la forma final al proyecto (Fig. 16). Se puede mencionar también que forma planos en las fachadas de acuerdo con las pendientes que presenta internamente en los corredores, así como también la composición está configurada a través de la interacción de volúmenes que se presentan internamente en el recorrido a través de las pendientes dejando espacios pequeños que se conectan unos con otros.

2.6.3. Conclusiones de análisis de referente

Tabla 8. Estrategias en base a referentes

Estrategias	Simón Vélez	Kengo Kuma
Lógica estructural	<p>Elementos estructurales modulados</p> <p>Puntos de apoyo centralizados</p> <p>Nuevas tecnologías en cuanto a uniones</p> <p>Elementos estructurales que determinan su forma final</p> <p>Terreno plano</p> <p>Dinamismo mediante corredores</p> <p>Accesibilidad</p> <p>Buscando mejorar el sistema constructivo tradicional el arquitecto además de sujetar las cañas guaduas con piezas metálicas empezó a rellenar los empalmes con mortero, aumentando así la resistencia de las uniones ante esfuerzos por aplastamiento</p> <p>Como innovación al sistema constructivo aplico platinas de acero hacia los puntos de mayor esfuerzo de la estructura logrando reforzar elementos sometidos a tracción.</p> <p>En conclusión, Simón Vélez es un arquitecto empírico, experimenta en la ejecución de proyectos</p>	<p>Elementos estructurales modulados</p> <p>Múltiples accesos</p> <p>Relación interior con exterior</p> <p>Separación de ambientes</p> <p>Uso de material alternativo para terminaciones.</p> <p>Los muros pueden ser de dos tipos: estructurales y no estructurales.</p> <p>Existen muchas soluciones que se pueden realizar para construir con este material, como por ejemplo paredes conformadas por la colocación de una esterilla abierta sobre una cara de la estructura del bambú.</p> <p>Utilizado también para separación de ambiente, detalles estéticos o acabados, estas aplicaciones son determinadas en base a la parte de la planta</p>
Expresivo	<p>Ligereza en la composición</p> <p>Composición volumétrica</p> <p>Volúmenes modulados interconectados</p> <p>Material: madera, vidrio, bambú, hormigón.</p>	<p>Dinamismo en la composición, el bambú y el hormigón como elementos principales.</p> <p>Volúmenes modulados interconectados</p> <p>Material: madera, vidrio, bambú, hormigón.</p> <p>Este material utilizado para impermeabilizar los espacios.</p>

Fuente: S.V/K.K

Elaborado por: El autor

2.7. Marco Legal-Normativo y aplicabilidad en base estado del arte y revisión de literatura

La revisión de bibliografía se determina en base a temas específicos, en este caso estos son abarcados y relacionados con el estudio de resistencia de la guadua angustifolia kunth a nivel nacional y local, por lo cual los documentos seleccionados para el estudio se basan preferiblemente en metodologías empleadas para la práctica en ensayos y posterior a eso un análisis comparativo de resultados con todas las bibliografías investigadas y seleccionadas, la investigación es pertinente gracias a la base de datos de repositorios de universidades tales como Universidad Técnica Particular de Loja, Universidad Internacional del Ecuador, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, estas entre sus principales a más de algunos repositorios añadidos de varios países los mismos que nos permiten complementar nuestro tema abordado, por otro lado la base de datos de biblioteca virtual y física de la Universidad internacional y Universidad Técnica Particular de Loja ayudo a la revisión de información disponible en diferentes tipos de archivos (reportes, conferencias, artículos científicos, etc.) todo esto delimitado al tema de investigación.

Por otro lado, la recolección de información no solo se basa en una investigación virtual, de tal manera que se procedió a entrevistas a profesionales los mismos que están sujetos al tema y mantienen una actual actividad con respecto a la guadua angustifolia kunth, tal es el caso del Ing. Raúl Ramos, asesor comercial Para Loja y Zamora de la empresa AGRIPAC empresa de insumos agrícolas, pecuarios y acuícolas en Ecuador, quien mantiene un registro de plantaciones de guadua, procesos e incentivos a productores agrícolas de este material en la provincia de Loja, por otro lado el Ing. Bolívar Maza docente universitario quien ha realizado artículos científicos en cuanto a guadua angustifolia kunth en un punto del área local, así como también a entidades gubernamentales, tales como el Ministerio del ambiente y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Finalmente, toda la información recolectada de las distintas plataformas virtuales se ha ingresado y relacionado al programa Mendeley, el mismo que organiza, clasifica y facilita las referencias y citas conforme a las normas APA solicitadas para el presente trabajo de investigación.

2.8. Sobre el corte y toma de muestras para ensayos en laboratorio de GAK

En cuanto al proceso de selección y delimitación de área de estudio para la obtención de probetas, para su análisis y experimentación mediante ensayos en laboratorio, se realizó una investigación previa a entidades y a estudios que se han realizado, (Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Universidad de las Fuerzas Armadas, Universidad Industrial de Santander, Universidad Nacional de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Universidad de Cuenca, Universidad de Loja, Universidad Técnica Particular de Loja), cuyos resultados pudieron ayudar a la determinación del lugar en donde se encuentran plantaciones de guadua angustifolia kunth en estado natural o bien en zonas donde mantiene condiciones climáticas correctas para su empleo en el presente estudio; determinando así la zona de toma de muestras, gracias a su cercanía y clima se obtuvo las siguientes zonas: en el cantón Loja parroquia Malacatos y el cantón Calvas parroquia Cuinuma.

En cuanto al corte de culmos, este se ha basado según la sugerencias propuestas por expertos en el tema y apoyándose en la Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC-11 - Utilización de la Guadua Angustifolia Kunth en la construcción realizado por el Ministerio de Urbanismo y Vivienda en conjunto con Universidades del Litoral y apoyo de la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR), que presenta varias recomendaciones al momento de identificar y extraer la toma de muestra.

2.9. Norma legal y aplicabilidad para ensayos de laboratorio con GAK

En cuanto a la normativa para que cumpla con toda la caracterización de parámetros físicos y mecánicos que será aplicada en la presente investigación, esta se guiará en base a estudios previos realizados sobre la guadua en la provincia de Loja, cuyos resultados nos ayudaran a realizar un análisis comparativo, de clasificación y ampliación de conocimiento, estas investigaciones previas son guiadas por las normativas internacionales (Tabla 9).

Tabla 9. Norma legal y aplicabilidad para ensayos de laboratorio

Norma legal y aplicabilidad para ensayos de laboratorio	
ISO 22156. (2017)	Bamboo — Structural design
ISO 22157-1. (2017)	Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements.
ISO/TR 22157-2. (2017)	Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 2: Laboratory Manual
NEC-INEN Norma Ecuatoriana de la Construcción-Servicio Ecuatoriano de Normalización	Caracterización y obtención de parámetros físicos
DIN 52186 Testing of wood; bending test	Manual de laboratorio sobre métodos de ensayo para la determinación de propiedades físicas y mecánicas del bambú
MTE INEN 2 (2017)	Determinación de propiedades físicas y mecánicas del bambú
NTE INEN-ISO(DIS) 22157 (2017)	Diseño estructural en bambú
NTE INEN-ISO(DIS) 22156 (2017)	INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO)

Fuente: INEN-ISO-NEC

Elaborado por: El autor

2.10. Norma legal y aplicabilidad para diseño de vivienda con GAK

Por otro lado, el diseño de vivienda debe ser sujeta a requerimientos arquitectónicos, estructurales, técnicos de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC), así mismo, también se debe seguir la misma guía realizada por estudios previos en cuanto a la guadua *angustifolia kunth*, ya que la Norma Ecuatoriana de la Construcción presenta un estudio limitado de este material, por lo que se analizará en base a:

Tabla 10. *Norma legal y aplicabilidad para el diseño de la vivienda*

Norma legal y aplicabilidad par diseño de vivienda	
NSR-10 (2010)	Reglamento Colombiano De Construcción Sismorresistente
NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción	Capítulo 12 – estructuras con GAK procedimientos y lineamientos que han de considerarse para el diseño de los elementos estructurales
NSR-10	Diseño de los elementos con GAK Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (1984.) Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT NEC-SE-MD (2015) NT E. 100 Bambú. (2011)

Fuente: INEN-ISO-NEC

Elaborado por: El autor

2.11. Matriz

Tabla 11. Matriz de relación de diagnóstico

CONTENIDOS	MATRIZ DE RELACIÓN		EXPERIMENTACIÓN
	DIAGNÓSTICO		
	MATERIALES	MÉTODOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la zona de extracción de muestras • Corte de los especímenes • Preservación de los culmos • Apeo y Tumbado • Transporte y secado de los culmos. • Corte y etiquetado de probetas • Ensayos de laboratorio • Contenido de humedad • Compresión paralela a la fibra • Corte Paralelo a la fibra • Flexión • Determinación de esfuerzos admisibles 	Guadua angustifolia kunth, delimitación de área de estudio e identificación morfológica y selección de especímenes.	Extracción de especímenes basados a la Norma Ecuatoriana de la construcción capítulo 17	Reconocer guaduales repartidos en distintas zonas, proceder a selección de culmos y análisis de campo.
	Accesorios y herramientas para corte, preservación, apeo, tumbado, transporte secado.	NEC-INEN Norma Ecuatoriana de la Construcción-Servicio Ecuatoriano de Normalización Capítulo 12 – estructuras con GAK procedimientos y lineamientos que han de considerarse para el diseño de los elementos estructurales	Para el corte de los especímenes y procedimientos en base a la preparación de probetas, este será netamente un trabajo de campo basado en las normativas planteadas.
	Herramientas de laboratorio para ensayos de laboratorio para cálculo de resistencia.	Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements. ISO 22157-1. (2017) Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 2: Laboratory Manual ISO/TR 22157-2. (2017) Manual de laboratorio sobre métodos de ensayo para la determinación de propiedades físicas y mecánicas del bambú.	Tomando en cuenta la normativa planteada, se procederá a una fase experimental en donde se empleará herramientas de laboratorio expuestas a distintas fuerzas para llegar a medir sus resistencias, tales como: compresión, flexión y corte.
Fórmulas para determinación de propiedades físicas y mecánicas del bambú	MTE INEN 2 (2017) Reglamento Colombiano De Construcción Sismorresistente Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT NEC-SE-MD (2015) NT E. 100 Bambú. (2011)	Finalmente, luego de la experimentación y análisis en laboratorio se calculará los esfuerzos últimos en base a resultados de ensayos los mismo que estarán guiados por formulas establecidas de acuerdo con la normativa para llegar a resultados finales.	

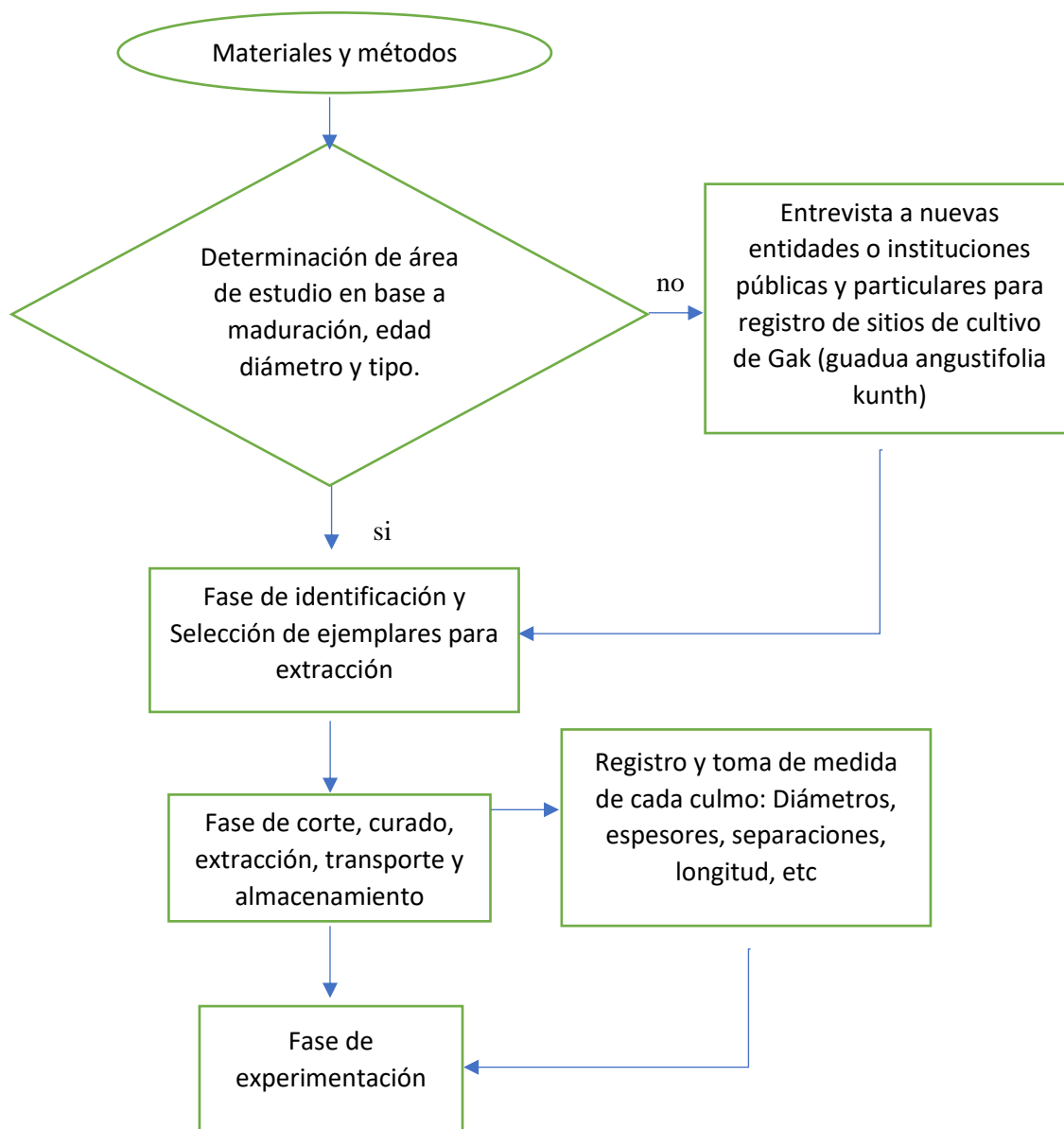
Fuente: INEN-ISO-NEC

Elaborado por: El autor

CAPÍTULO 3

3.1. Esquema, materiales y métodos

Imagen 1. Diagrama del proceso de selección de materiales



Realizado por: El autor

3.2. Determinación y delimitación de área de estudio

Para la determinación de las zonas de extracción se utilizó información sobre guaduales existentes en la provincia de Loja para su análisis, esta información se obtuvo a través de entrevistas realizada a entidades públicas como lo es el Ministerio del ambiente, como

también la ayuda del Ing. Raúl Ramos, asesor comercial para Loja y Zamora de AGRIPAC empresa de insumos agrícolas, quien nos ayudó a determinar las zonas de extracción tomando en cuenta los requerimientos solicitados, las características físicas que mantienen los guaduales basados en: maduración, edad, diámetro y libres de patologías.

Una vez seleccionado el lugar, se tomó en cuenta el número de elementos (12) basados en la normativa NTE INEN-ISO/DIS 22157 para ensayos de guadua con similares características, para su posterior experimentación, por otro lado una zona de investigación fue determinada en base a corroboración de datos ya que en la actualidad se presenta un estudio realizado en una zona explícita, la misma que establece resultados elevados (62 MPa) en comparación con resultados promedio de estudios realizados por la Norma Ecuatoriana (37 MPa) y algunas universidades del Ecuador tales como la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (37,76 MPa), Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (21.78MPa), entre otras; por lo tanto la investigación se realizará en dos zonas lo cual busca la ampliación de conocimiento, expandir alternativas en cuanto a selección de guadua y la comprobación de resultados, de esta manera la investigación presenta dos sectores.

En cuanto a la ampliación de conocimiento, basados al cumplimiento de características establecidas por la norma, determinamos la zona “A” (Fig. 17) de investigación ubicada en el cantón Calvas, en el kilómetro 2 vía al barrio Cuinuma, zona 17 en las coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) 658537.64 m. Este, 9522002.89 m. Sur.

Figura 17. Sector Calvas, km 2 vía Cuinuma



Elaborado por: El autor

Figura 18. Calvas km 2 vía Cuinuma



Elaborado: Por el autor

Tabla 12. Variables y condiciones de zona A

Variables	Condición zona A
Temperatura	17 °C
Altitud	1800 m.s.n.m
Precipitación	9-264 mm
Suelo	Arenoso/Arcilloso

Fuente: Gad Municipal de Calvas

Elaborado por: El autor

Por otro lado, con respecto a corroboración de resultados, basados al estudio previo existente, determinamos la zona “B” (Fig. 19) de investigación ubicada en la parroquia Malacatos, en el kilómetro 10 vía al barrio Ceibopamba, zona 17 en las coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) 689384.55 m Este y 9531616.52 m Sur.

Figura 19. Parroquia Malcatos km 10 vía Celopamba.



Elaborado por: El Autor.

Figura 20. Parroquia Malcatos km 10 vía Celopamba

Elaborado: Por el Autor

Tabla 13. Variables y condiciones de zona B

Variables	Condición zona A
Temperatura	22 °C
Altitud	1100 m.s.n.m
Precipitación	9-164 mm
Suelo	Arenoso/limoso

Fuente: Gad Municipal Calvas

Elaborado por: El Autor

3.3. Identificación de la *Guadua Angustifolia* Kunth para extracción

Para la identificación de culmos idóneos para la construcción, además de los requerimientos normalizados nos basaremos en procesos empíricos y experiencia laboral por parte de agricultores y profesionales con respecto a la *Guadua Angustifolia* Kunth (Fig. 21), en cuanto a las normas estas se deben realizar revisando las siguientes propiedades y cualidades morfológicas:

Tabla 14. Identificación de culmos idóneos

Identificación de culmos idóneos	Características/Aspectos
Culmo tierno	El color es verde claro con franjas blancas en las proximidades de los nudos.
<i>Guadua Angustifolia</i> kunth GaK	Presenta espinas en las ramas.
Hoja caulinar de <i>Guadua Angustifolia</i> Kunth	Presenta forma triangular, tiene líneas rectas que asemejan la punta de una lanza, y en la parte inmediata a su vértice posee un triángulo de textura y color diferentes al resto de la hoja.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Figura 21. *Identificación de material*



Elaborado por: El Autor

Figura 22. *Identificación de material*



Elaborado por: El Autor

3.4. Selección de ejemplares para extracción

Regidos por la Norma Ecuatoriana de la construcción, seleccionamos los culmos que tienen una edad entre 4 y 6 años ya que a esa edad son idóneos para la construcción, debido a que las plantaciones no mantienen un registro de crecimiento, esta edad la determinamos basados en experimentación y experiencia de agricultores (Fig. 23), en este caso el propietario y un profesional calificado, así como también nos basaremos en especificaciones normalizadas para determinar su edad la cual menciona las siguientes características:

Tabla 15. Selección de guadua

Guadua Gak	Descripción
Color verde oscuro	Cuyas bandas blancas en los nudos son apenas perceptibles
Manchas espaciadas de líquenes en el culmo	En forma de motas de color blanquecino que son indicativos de que es un culmo maduro y apto para su aprovechamiento en la construcción.
Culmo está totalmente cubierto de líquenes	Es indicativo de que es un culmo viejo o sobre maduro, no apto para ser usado en construcción
Los culmos con agujeros producidos por aves e insectos	Serán desechados por presencia de patología, no apto para la construcción.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Figura 23. Selección de guadua Calvas

Elaborado por: El Autor

Figura 24. Selección de guadua Malacatos

Elaborado por: El Autor

3.5. Corte de los especímenes en la zona de extracción

Para el corte se tomó en consideración además de la norma ecuatoriana de la construcción, las experiencias empíricas realizadas por profesionales en el campo de la agricultura, este punto fue supervisado por el Ing. Raúl Ramos, asesor comercial para Loja y Zamora de la empresa AGRIPAC empresa de insumos agrícolas, quien ha realizado control en plantaciones y cosecha de guadua.

De manera que, el procedimiento se lo realizó en fase menguante lunar, ya que en ésta el movimiento de líquidos en la tierra es de menor cantidad lo cual ayuda a que el elemento evite la subida de líquidos por su tallo y así mantenga un estado óptimo para su cosecha, también se tomó en cuenta la hora para la extracción del material, la cual se realizó a las 4:30 am (Fig. 25), esto debido a que es una planta fotosintética, lo cual determina que, con ausencia de la luz solar la presencia de líquidos en el elemento disminuyen debido a que una parte del agua regresa al rizoma o al suelo.

Finalmente, el numero o cantidad de elementos que se cortarán para su análisis debe ser doce, el mismo que predice la población total con un margen de error de 10.6%, esto basados en NTE INEN-ISO/DIS 22157 determinando el número mínimo de especímenes de ensayo, una vez seguido cada mención con respecto al corte se realizará el siguiente procedimiento:

Tabla 16. *Corte de espécimen*

Paso	Procedimiento
1	Cortar a ras del primer nudo inferior, con el fin de evitar que en el tocón se acumule agua y prevenir la pudrición del sistema radicular de la planta.
2	El corte se realizará con machete, sierra o segueta de manera limpia para evitar daño en el sistema radicular de la planta.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Figura 25. Corte de elementos

Elaborado por: El Autor

3.6. Preservación por Avinagrado

Posterior al proceso de corte, se realiza el avinagrado (Fig. 26), este tipo de preservación es un método natural que evita el uso de aditivos el cual se lo realizó en base a casos estudiado de cosecha de guadua la cual consiste en:

Tabla 17. Preservación por avinagrado

Paso	Procedimiento
1	Tras el corte del elemento mantener el culmo con sus respectivas ramas y hojas, apoyado al resto de culmos de forma vertical, por el lapso de tres semanas antes del apeo o tumbado.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Figura 26. *Preservación por avinagrado, Calvas*



Elaborado por: El Autor

Figura 27. *Preservación por avinagrado, Malacatos*



Elaborado por: El Autor

3.7. Tumbado o apeo de elementos

Al haber transcurrido las 3 semanas del avinagrado se procede al apeo de culmos, este proceso se basará en especificaciones realizadas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo 17, esta se basa en:

Tabla 18. *Tumbado y apeo de elementos*

Paso	Procedimiento
1	Para evitar que en su caída esta provoque alguna lesión, fisura o rompa. Se recomienda usar un horcón u horqueta, que permita el apeo con caída segura del culmo.
2	Se realizará el corte de ramas, con machete o sierra en sentido del crecimiento de la planta para evitar desgarre de fibra o lesión del culmo
3	Se extraerá el culmo evitando el arrastre, para evitar daños o lesiones en los extremos del mismo

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Figura 28. *Tumbado y apeo de elementos, Cuinuma*

Elaborado por: El Autor

Figura 29. *Tumbado y apeo de elementos, Cuinuma*

Elaborado por: El Autor

Figura 30. *Tumbado y apeo de elementos, Ceibopamba*



Elaborado por: El Autor

Figura 31. *Tumbado y apeo de elementos*



Elaborado por: El Autor

3.8. Transporte de especímenes

Una vez terminado el proceso de apeo del elemento se procede al transporte de la guadua hacia el espacio donde se almacenará (Fig. 32), los culmos son transportados adecuadamente y para cumplir con esto seguiremos los siguientes pasos:

Tabla 19. Transporte de especímenes

Paso	Descripción
1	El transporte de material, se realizará mediante vehículo cuya longitud de carga es de 6m, cumpliendo además con regulaciones establecidas por los Ministerios competentes (MAGAP y MAE) y la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.
2	El material será fijado para evitar el desplazamiento de los culmos, este paso evitará que algún movimiento o impacto brusco durante el transporte provoque daños al material
3	Se evitará el sobrecargo, y se realiza la ubicación del material en el vehículo de forma ordenada para evitar aplastamientos y daños.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Figura 32. Transporte de elementos

Elaborado por: El Autor

3.9. Secado, almacenamiento y registro de especímenes

En cuanto al secado nos regiremos de la misma manera a la norma en el punto donde determina el secado a aire libre o secado natural, el mismo que consiste en:

Tabla 20. Secado

Secado Natural o al aire libre	
Paso	Descripción
1	Se realizará en un espacio que se encuentra cubierto libre de lluvia, con ventilación natural y protegido de la lluvia y humedad
2	Los culmos serán colocados en caballetes, tal cual se lo expone en la norma 17.M.10.1, además de eso estos deben evitar el contacto directo con el suelo.
3	El contenido de humedad, mediante este sistema alcanza entre 12% y 15% del CH, en función de las características del clima

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado: Por el Autor

Posterior al secado se realizará el almacenamiento de manera vertical en un espacio abierto el mismo que cuenta con un área de 12 m² y una altura de 2.5 m (Fig. 33), cuenta con protección a la radiación solar y mantiene ventilación natural, añadido a esto se procurará que el material quede alejado de la humedad del suelo como lo determina la norma, finalmente seguiremos las siguientes estipulaciones para su almacenamiento:

Tabla 21. Almacenamiento

Almacenamiento horizontal	
Paso	Descripción
1	Las parrillas del material serán colocadas sobre soportes de madera dura y preservada, para evitar que la primera parrilla se apoye en el suelo.
2	Los culmos se colocarán en tendidos de capas ortogonales, cuya altura no excederá a 1.5m
3	Cada culmo debe estar separado entre sí, de 2 a 3 cm, para facilitar la circulación del aire.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Figura 33. Almacenamiento de elementos

Elaborado por: El Autor

Finalmente, se a registrado cada elemento de acuerdo con la normativa y con ayuda de instrumento de medida (calibrador Vernier) (Fig. 34), el mismo que ayudo con la toma de medidas de la parte baja, media y alta, así como también su espesor en cada una de sus partes, teniendo como resultado:

Tabla 22. Registro de elementos Cuinuma-Cariamanga

# Culmo	∅ Bajo mm	∅ Medio mm	∅ Alto mm	Espesor Bajo mm	Espesor medio mm	Espesor alto mm	# divisiones
1	92	82	81	14	9	10	20
2	90	85	80	15	10	10	17
3	93	85	84	16	10	10	18
4	93	86	83	15	8	9	19
5	91	86	75	24	10	11	17
6	90	85	75	21	10	9	17
7	94	86	74	19	10	11	18
8	94	86	78	18	9	10	19
9	91	84	80	15	8	11	17
10	90	88	84	18	13	8	18
11	91	83	74	16	11	11	19
12	93	88	82	16	11	9	18
Prom.	92	85	79	17	10	10	18

Elaborado por: El Autor

Tabla 23. Registro elementos Ceibopamba-Malacatos

#	Ø	Ø	Ø	Espesor	Espesor	Espesor	#
Culmo	Bajo	Medio	Alto	Bajo	medio	alto	divisiones
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1	78	68	66	18	7	9	19
2	75	66	66	14	8	7	20
3	76	69	64	16	9	7	17
4	76	68	66	20	8	8	19
5	79	70	68	21	11	9	17
6	76	65	64	16	11	9	19
7	78	70	60	18	11	8	19
8	78	69	69	18	9	9	19
9	75	63	61	18	7	7	20
10	76	65	65	16	9	9	17
11	77	68	67	18	9	9	19
12	78	70	68	20	9	8	20
Prom.	77	67	65	18	9	8	19

Elaborado por: El Autor

Figura 34. Toma de medidas

Elaborado por: El Autor

CAPÍTULO 4

4.1. Fase experimental

Los ensayos que se ejecutarán en la presente investigación se regirán de acuerdo con la Organización Internacional de Normalización ISO, la cual determina la caracterización de los parámetros físico-mecánicos de la guadua, así como una serie de lineamientos para el uso adecuado en la construcción, de modo que en esta fase experimental nos regiremos a las siguientes normativas:

- ISO 22157-1. (2017). Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements.
- ISO/TR 22157-2. (2017). Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 2: Laboratory Manual
- Norma DIN EN 52 186 [2] para maderas.

Estas normativas son las encargadas de regir el correcto desarrollo de los ensayos, determinando y explicando detalladamente cada paso y método que se empleará para la fase experimental, en base a esto, el estudio se delimitará en los siguientes puntos:

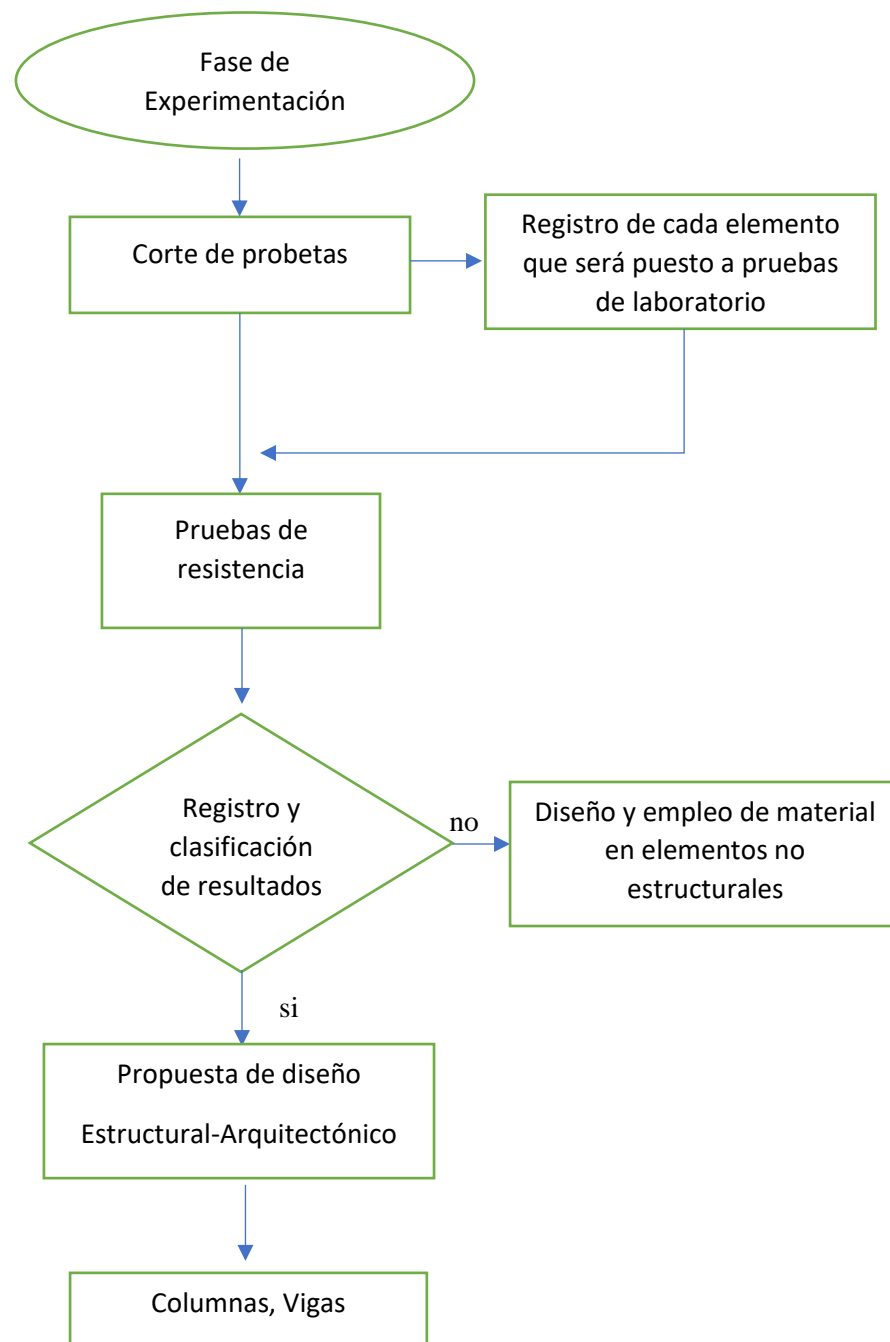
Tabla 24. Pruebas de resistencia

ISO 22157 2017 parte 1-2	
Extracto	Titulo
4.7.1.	Contenido de humedad
4.7.2.	Compresión paralela a la fibra
4.7.3.	Compresión perpendicular a la fibra
4.7.3.	Corte Paralelo a la fibra.
4.7.4.	Flexión

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Elaborado por: El Autor

Imagen 2. Diagrama de experimentación en laboratorio



Realizado por: El Autor

4.1.1. Corte y marcado de guadua para ensayos

El corte y marcado de especímenes se basarán a las solicitudes planteadas según el tipo de ensayo al que se van a ejecutar, las mismas que regirán al ISO 22157-1 (2017) y Norma DIN EN 52 186 [2] para maderas, para realizar este paso se procederá a utilizar una máquina de

corte para madera con sierra sujeta y guía compuesta con el fin de evitar imprecisión manteniendo el elemento recto y sin ningún movimiento al momento del corte para así lograr que las dos áreas en donde se emplearan las cargas sean paralelas entre sí, como se mencionó en el punto de corte y extracción, se determinó la cantidad de 12 culmos basados al NTE INEN-ISO/DIS 22157 como la cantidad mínima y adecuada para empleo en ensayos, posterior a eso se extraerán cortes de tres partes del espécimen para emplearlo en la experimentación (cepa, basa y sobre basa), obteniendo así 3 probetas para prueba, compresión paralela a la fibra; 1 de la parte baja (B), 1 de la parte media(M) y 1 de la parte alta (A), así mismo 1 a compresión perpendicular a la fibra por cada parte (B, M, A), 1 a flexión de la parte (M) y 1 para prueba a corte por cada parte (B, M, A) añadiendo a esta prueba 1 probetas más con nudo de cada parte (B, M, A) basados en la normativa para pruebas ISO 22157-1, obteniendo así 13 probetas de cada elemento de GaK (*Guadua angustifolia kunth*) (Fig. 36).

Figura 35. *Corte de probetas*



Elaborado por: El Autor

Figura 36. *Marcado y orden de probetas*



Elaborado por: El Autor

Figura 37. *Registro y medida de probetas*



Elaborado por: El Autor

Tabla 25. Registro y medida de probetas B Ceibopamba/ medida (mm)

GEOMETRÍAS PARTE BAJA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS CEIBOPAMBA-LOJA																			
Muestra	Diáme. Exterior A			Diáme. Exterior B			Diáme. Interior A			Diáme. Interior B			Diáme. Promedio		Espesor			Longitud	Área mm ²
	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Exterior	Interior	Superior	Inferior	Promedio		
1	71	69	70	70	68	69	42	40	41	41	40	40.5	69.5	40.75	15	16	15.5	70	2489.47
2	69	68	68.5	68	68	68	47	48	47.5	46	47	46.5	68.25	47	12	13	12.5	69	1923.49
3	74	73	73.5	73	73	73	43	42	42.5	43	43	43	73.25	42.75	12	14	13	75	2778.75
4	80	79	79.5	79	79	79	47	46	46.5	46	48	47	79.25	46.75	16	17	16.5	80	3216.21
5	72	75	73.5	72	73	72.5	40	43	41.5	41	42	41.5	73	41.5	16	16	16	75	2832.74
6	74	73	73.5	73	74	73.5	42	42	42	42	43	42.5	73.5	42.25	15	14	14.5	75	2840.94
7	72	73	72.5	72	73	72.5	45	45	45	45	46	45.5	72.5	45.25	15	15	15	74	2520.10
8	69	71	70	70	71	70.5	53	53	53	53	55	54	70.25	53.5	9	9	9	72	1627.99
9	70	69	69.5	70	68	69	41	40	40.5	41	40	40.5	69.25	40.5	14	15	14.5	70	2478.18
10	73	73	73	71	74	72.5	41	42	41.5	42	43	42.5	72.75	42	12	13	12.5	74	2771.33
11	74	72	73	73	73	73	41	43	42	41	43	42	73	42	15	14	14.5	73	2799.95
12	69	70	69.5	70	72	71	54	51	52.5	53	55	54	70.25	53.25	9	10	9.5	72	1648.95

Elaborado por: El Autor

Tabla 26. Registro y medida de probetas M Ceibopamba/ medida (mm)

GEOMETRÍAS PARTE MEDIA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS CEIBOPAMBA-LOJA																			
Muestra	Diáme. Exterior A			Diáme. Exterior B			Diáme. Interior A			Diáme. Interior B			Diáme. Promedio		Espesor			Longitud	Área mm ²
	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Exterior	Interior	Superior	Inferior	Promedio		
1	67	66	66.5	68	66	67	49	48	48.5	48	48	48	66.75	48.25	9	10	9.5	67	1670.94
2	72	73	72.5	69	72	70.5	55	54	54.5	53	54	53.5	71.5	54	8	9	8.5	72	1724.93
3	69	68	68.5	70	71	70.5	52	53	52.5	54	53	53.5	69.5	53	8	9	8.5	71	1587.49
4	71	72	71.5	71	72	71.5	50	51	50.5	50	50	50	71.5	50.25	10	10	10	72	2031.98
5	68	69	68.5	68	69	68.5	51	53	52	52	53	52.5	68.5	52.25	9	9	9	70	1541.10
6	65	64	64.5	64	63	63.5	49	48	48.5	48	49	48.5	64	48.5	9	9	9	65	1369.54
7	68	67	67.5	68	67	67.5	51	50	50.5	51	50	50.5	67.5	50.5	8	9	8.5	70	1575.51
8	68	67	67.5	69	65	67	58	55	56.5	58	55	56.5	67.25	56.5	6	6	6	70	1044.83
9	67	66	66.5	67	66	66.5	48	49	48.5	47	48	47.5	66.5	48	9	9	9	67	1663.67
10	68	68	68	70	70	70	53	52	52.5	53	53	53	69	52.75	8	9	8.5	70	1553.86
11	64	64	64	63	64	63.5	48	48	48	48	49	48.5	63.75	48.25	9	8	8.5	65	1363.45
12	67	68	67.5	68	67	67.5	56	58	57	57	56	56.5	67.5	56.75	6	7	6.5	67	1049.05

Elaborado por: El Autor

Tabla 27. Registro y medida de probetas A Ceibopamba/ medida (mm)

GEOMETRÍAS PARTE ALTA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS CEIBOPAMBA-LOJA																			
Muestra	Diáme. Exterior A			Diáme. Exterior B			Diáme. Interior A			Diáme. Interior B			Diáme. Promedio		Espesor			Longitud	Área mm ²
	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Exterior	Interior	Superior	Inferior	Promedio		
1	66	65	65.5	64	65	64.5	50	51	50.5	52	50	51	65	50.75	7	8	7.5	65	1295.47
2	68	69	68.5	68	67	67.5	54	55	54.5	53	55	54	68	54.25	7	7	7	67	1320.21
3	66	64	65	66	64	65	53	51	52	53	51	52	65	52	7	6	6.5	66	1194.59
4	69	70	69.5	71	70	70.5	52	53	52.5	54	54	54	70	53.25	8	8	8	70	1621.41
5	66	65	65.5	66	67	66.5	54	54	54	53	52	52.5	66	53.25	7	7	7	68	1194.15
6	60	59	59.5	59	58	58.5	48	46	47	47	45	46	59	46.5	7	6	6.5	60	1035.75
7	63	63	63	62	62	62	48	49	48.5	49	50	49.5	62.5	49	8	7	7.5	65	1182.22
8	67	65	66	66	65	65.5	54	53	53.5	53	51	52	65.75	52.75	7	7	7	60	1209.91
9	65	65	65	64	65	64.5	51	50	50.5	51	51	51	64.75	50.75	7	8	7.5	65	1269.99
10	65	66	65.5	65	66	65.5	53	51	52	53	51	52	65.5	52	6	7	6.5	66	1245.84
11	60	58	59	59	59	59	46	47	46.5	47	46	46.5	59	46.5	7	7	7	60	1035.75
12	67	65	66	65	66	65.5	54	53	53.5	47	52	51	65.75	52.25	6	7	6.5	60	1251.14

Elaborado por: El Autor

Tabla 28. Registro y medida de probetas B Cuinuma/ medida (mm)

GEOMETRÍAS PARTE BAJA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS, CUINUMA-CALVAS																			
Muestra	Diáme. Exterior A			Diáme. Exterior B			Diáme. Interior A			Diáme. Interior B			Diáme. Promedio		Espesor			Longitud	Área mm ²
	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Exterior	Interior	Superior	Inferior	Promedio		
1	86	87	86.5	86	87	86.5	62	63	62.5	63	63	63	86.5	62.75	12	11	11.5	88	2784.00
2	86	88	87	87	86	86.5	59	61	60	60	60	60	86.75	60	15	14	14.5	87	3083.14
3	89	88	88.5	87	89	88	64	63	63.5	63	64	63.5	88.25	63.5	14	15	14.5	90	2949.82
4	95	93	94	91	93	92	67	68	67.5	67	67	67	93	67.25	15	14	14.5	94	3240.90
5	89	85	87	88	84	86	66	66	66	65	61	63	86.5	64.5	12	14	13	88	2609.10
6	83	84	83.5	84	85	84.5	61	62	61.5	62	63	62.5	84	62	12	11	11.5	85	2522.70
7	89	88	88.5	91	88	89.5	66	64	65	66	63	64.5	89	64.75	11	15	13	90	2928.31
8	88	88	88	89	90	89.5	63	64	63.5	63	64	63.5	88.75	63.5	14	16	15	90	3019.32
9	87	86	86.5	86	86	86	62	63	62.5	63	62	62.5	86.25	62.5	11	11	11	88	2774.67
10	88	89	88.5	87	88	87.5	63	64	63.5	63	63	63	88	63.25	14	13	13.5	88	2940.10
11	85	86	85.5	84	85	84.5	63	64	63.5	62	63	62.5	85	63	11	12	11.5	85	2557.26
12	87	88	87.5	89	88	88.5	64	63	63.5	63	64	63.5	88	63.5	14	15	14.5	88	2915.21

Elaborado por: El Autor

Tabla 29. Registro y medida de probetas M Cuinuma/ medida(mm)

GEOMETRÍAS PARTE MEDIA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS, CUINUMA-CALVAS																			
Muestra	Diáme. Exterior A			Diáme. Exterior B			Diáme. Interior A			Diáme. Interior B			Diáme. Promedio		Espesor			Longitud	Área mm ²
	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Exterior	Interior	Superior	Inferior	Promedio		
1	88	87	87.5	88	88	88	69	69	69	70	69	69.5	87.75	69.25	9	9	9	90	2281.19
2	90	88	89	89	84	86.5	69	65	67	69	63	66	87.75	66.5	11	11	11	89	2574.39
3	90	89	89.5	89	92	90.5	71	73	72	70	69	69.5	90	70.75	9	10	9.5	85	2430.37
4	92	93	92.5	93	86	89.5	71	72	71.5	73	65	69	91	70.25	10	10	10	95	2627.90
5	80	78	79	79	77	78	63	61	62	61	60	60.5	78.5	61.25	9	9	9	80	1893.35
6	84	86	85	83	86	84.5	66	68	67	66	68	67	84.75	67	10	9	9.5	85	2115.52
7	82	83	82.5	81	81	81	63	65	64	64	63	63.5	81.75	63.75	10	9	9.5	83	2056.96
8	87	85	86	87	84	85.5	67	65	66	66	65	65.5	85.75	65.75	10	9	9.5	88	2379.76
9	87	88	87.5	88	87	87.5	69	68	68.5	70	69	69.5	87.5	69	9	9	9	88	2273.93
10	89	89	89	89	90	89.5	71	72	71.5	70	70	70	89.25	70.75	9	10	9.5	90	2324.78
11	84	85	84.5	84	85	84.5	66	67	66.5	67	66	66.5	84.5	66.5	10	9	9.5	85	2134.72
12	86	87	86.5	87	85	86	66	67	66.5	66	68	67	86.25	66.75	9	9	9	88	2343.24

Elaborado por: El Autor

Tabla 30. Registro y medida de probetas A Cuinuma/ medida(mm)

GEOMETRÍAS PARTE ALTA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS, CUINUMA-CALVAS																			
Muestra	Diáme. Exterior A			Diáme. Exterior B			Diáme. Interior A			Diáme. Interior B			Diáme. Promedio		Espesor			Longitud	Área M m2
	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Dir. X	Dir. Y	Promedio	Exterior	Interior	Superior	Inferior	Promedio		
1	88	86	87	87	84	85.5	69	68	68.5	68	67	67.5	86.25	68	8	8	8	88	2210.95
2	77	75	76	76	75	75.5	59	61	60	60	61	60.5	75.75	60.25	8	7	7.5	78	1655.62
3	86	84	85	84	85	84.5	68	67	67.5	67	69	68	84.75	67.75	9	10	9.5	86	2036.15
4	81	84	82.5	83	84	83.5	63	66	64.5	65	68	66.5	83	65.5	9	8	8.5	85	2041.06
5	71	72	71.5	72	73	72.5	57	56	56.5	57	56	56.5	72	56.5	8	9	8.5	74	1564.32
6	82	86	84	84	86	85	65	69	67	68	69	68.5	84.5	67.75	9	10	9.5	86	2002.92
7	74	74	74	72	74	73	59	58	58.5	58	59	58.5	73.5	58.5	8	7	7.5	75	1555.09
8	85	85	85	85	85	85	68	67	67.5	67	68	67.5	85	67.5	9	9	9	86	2096.04
9	88	86	87	86	86	86	69	68	68.5	66	66	66	86.5	67.25	8	7	7.5	88	2324.54
10	84	86	85	85	85	85	67	68	67.5	67	68	67.5	85	67.5	9	9	9	85	2096.04
11	86	83	84.5	84	86	85	68	66	67	67	66	66.5	84.75	66.75	9	10	9.5	85	2141.79
12	85	86	85.5	85	84	84.5	66	67	66.5	67	66	66.5	85	66.5	9	8	8.5	85	2201.28

Elaborado por: El Autor

4.1.2. Secado artificial de elemento

Debido al contenido de humedad que mantienen los elementos posterior al proceso de almacenamiento y secado natural, el mismo que fue controlado cada día desde su almacenamiento por medio de instrumento de medida de humedad para madera (higrómetro) marca Holdpeak HP-2GD, se procedió a realizar el secado artificial a través de horno ya que mantenía un rango de humedad entre 15% y 19% (Fig. 38), buscando así un rango de humedad basado en norma ecuatoriana de la construcción NEC 11 la cual rige una humedad del 8% al 14 % en los elementos de construcción maderables, el proceso de secado se lo realizó durante 12 horas en horno a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una revisión y control constante hasta determinar la humedad idónea para proceder a la fase de ensayos de resistencia.

Figura 38. Control de humedad de elementos



Elaborado por: El Autor

Figura 39. *Secado artificial de probetas*



Elaborado por: El Autor

4.1.3. Contenido de humedad

Para obtener el contenido de humedad nos basaremos a la normativa NEN-ISO 22157-1 la misma que determina el tamaño de muestra y de donde se debe extraer, añadido a esto cada pieza debe ser pesada y registrada para el cálculo se empleara la siguiente fórmula:

$$MC = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

Donde:

MC = contenido de humedad

m = es la masa de la pieza de ensayo antes del secado

m₀ = masa de la pieza de ensayo después de secado

Figura 40. *Pesaje de probetas, contenido de humedad*



Elaborado por: El Autor

Figura 41. *Secado para pesaje posterior de probetas, contenido de humedad*

Elaborado por: El Autor

Tabla 30. *Registro de resultados, contenido de humedad*

PROMEDIO HUMEDAD RELATIVA CUINUMA			Contenido de humedad CM	PROMEDIO HUMEDAD RELATIVA CEIBOPAMBA			Contenido de humedad CM
Probeta	Pieza de ensayo antes del secado (gr)	Pieza de ensayo después del secado (gr)		Probeta	Pieza de ensayo antes del secado (gr)	Pieza de ensayo después del secado (gr)	
1	14.00	12.50	12.00	1	12.00	11.00	9.09
2	13.50	12.50	8.00	2	11.50	10.00	15.00
3	16.00	14.50	10.34	3	8.50	7.50	13.33
4	15.00	13.50	11.11	4	7.00	6.50	7.69
5	18.00	16.00	12.50	5	10.00	9.00	11.11
6	17.50	16.00	9.38	6	7.00	6.50	7.69
7	20.50	18.50	10.81	7	13.50	12.00	12.50
8	23.50	21.00	11.90	8	14.00	13.00	7.69
9	17.50	16.00	9.38	9	9.50	8.50	11.76
10	13.50	12.50	8.00	10	8.50	7.50	13.33
11	14.00	12.50	12.00	11	13.50	12.00	12.50
12	16.00	14.50	10.34	12	5.00	4.50	11.11
PROMEDIO			10.48	PROMEDIO			11.07

Elaborado por: El Autor

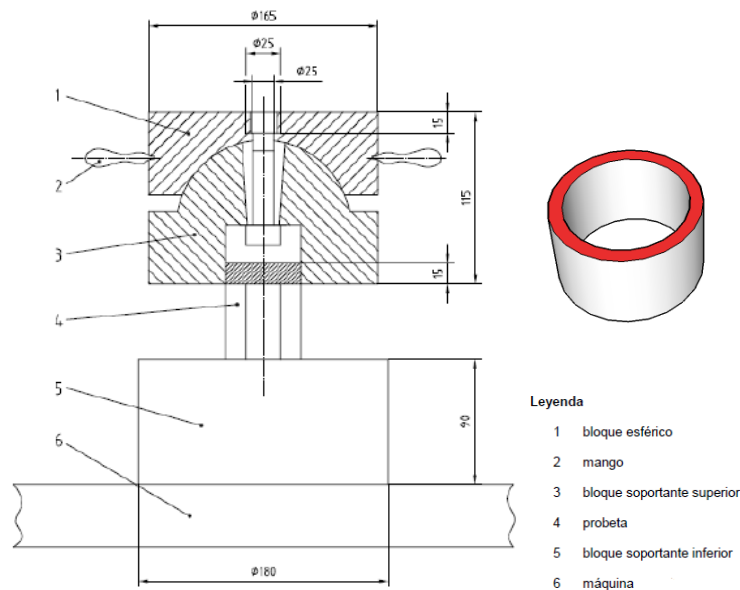
4.1.4. *Compresión paralela y perpendicular a la fibra*

El ensayo permitirá determinar el esfuerzo último a compresión de la *Guadua Angustifolia* Kunth proveniente de estos 2 sectores, el equipo utilizado será una prensa de hormigón para prueba a compresión la misma estará calibrada y adaptada según la norma ISO 22157-1 (Fig.

42) para el registro y fase experimental, se controlará y verificará cada ensayo de tal modo que cada probeta abarque toda el área de la cara ya sea en la parte superior e inferior.

Como se mencionó anteriormente del espécimen se extrajo 3 probetas (cepa, basa y sobrebasa) del tallo de la guadua y fueron marcadas con las letras B, M, A, basados en la norma para su correcta identificación y clasificación, de acuerdo norma ISO 22157-1 (Fig. 42), los ensayos a compresión paralela y perpendicular a la fibra, esta se deben llevar a cabo en probetas sin nudos y cuya longitud sea igual al diámetro externo, en este caso las probetas tienen un rango de diámetro de 70 mm en el caso de probetas provenientes de Ceibopamaba-Malacatos-Loja y 90mm en el caso de las probetas provenientes de Cuinuma-Calvas-Loja. Finalmente, el procedimiento, métodos de ensayo y cálculo de esfuerzo último se basará al ISO 22157-1. (2017).

Figura 42. Esquema de resistencia a compresión paralelo



Fuente: ISO 22157-1

Figura 43. *Ensayo a compresión paralelo a la fibra*



Elaborado por: El Autor

Figura 44. *Probetas expuestas a compresión paralela a la fibra*



Elaborado por: El Autor

Tabla 31. Registro de resultados parte baja, Cuinuma, compresión paralela a la fibra

PROMEDIO PARTE BAJA COMPRESIÓN PARALELA CUINUMA			
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad
1B	30.69	30.50	1136.81
2B	34.51	34.50	3175.21
3B	32.02	32.00	2520.94
4B	24.87	25.00	2383.9
5B	36.7	36.50	1861.73
6B	42.79	43.00	1577.73
7B	29.56	29.50	3100.55
8B	30.74	30.50	3737.99
9B	32.53	32.50	1158.53
10B	33.55	33.50	2549.96
11B	33.85	34.00	3353.18
12B	31.84	32.00	3785.46
PROMEDIO		32.79	2528.50

Fuente: El Autor

Tabla 32. Registro de resultados parte media, Cuinuma, compresión paralela a la fibra

PROMEDIO PARTE MEDIA COMPRESIÓN PARALELA CUINUMA			
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad
1B	44.79	45.00	3233.04
2B	40.25	40.50	2907.33
3B	36.92	37.00	1989.972
4B	50.34	50.50	1786.101
5B	55.12	55.00	2475.805
6B	54.47	54.50	1874.953
7B	38.13	38.00	4051.525
8B	48.72	48.50	3333.725
9B	46.74	46.50	3178.322
10B	41.31	41.50	2221.415
11B	49.58	49.50	2256.738
12B	49.62	49.50	2896.642
PROMEDIO		46.33	2683.80

Fuente: El Autor

Tabla 33. Registro de resultados parte alta, Cuinuma, compresión paralela a la fibra

PROMEDIO PARTE ALTA COMPRESIÓN PARALELA CUINUMA			
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad
1B	39.52	39.50	4219.269
2B	47.31	47.50	4125.086
3B	20.70	20.50	3899.675
4B	46.47	46.50	6542.828
5B	34.23	34.00	13768.13
6B	25.25	25.50	4294.982
7B	39.39	39.50	16548.23
8B	31.24	31.00	3971.956
9B	45.95	46.00	3266.948
10B	20.10	20.00	3895.597
11B	27.00	27.00	3994.547
12B	33.48	33.50	4180.696
PROMEDIO		34.21	6059.00

Fuente: El autor

Tabla 34. Registro de resultados parte baja, Ceibopamba, compresión paralela a la fibra

PROMEDIO PARTE BAJA COMPRESIÓN PARALELA CEIBOPAMBA			
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad
1B	40.63	40.50	606.76
2B	45.08	45.00	2382.93
3B	44.46	44.50	634.16
4B	48.9	49.00	3064.44
5B	37.62	37.50	474.17
6B	47.15	47.00	573.89
7B	42.66	42.50	1904.19
8B	54.6	54.50	2620.73
9B	37.45	37.50	604.14
10B	43.85	44.00	907.90
11B	35.46	35.50	1540.73
12B	51.47	51.50	2007.21
PROMEDIO		44.08	1443.44

Fuente: El autor

Tabla 35. Registro resultados parte media, Ceibopamba, compresión paralela a la fibra

PROMEDIO PARTE MEDIA COMPRESIÓN PARALELA CEIBOPAMBA			
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad
1M	61.58	61.50	3616.947
2M	55.65	55.50	3415.959
3M	71.75	72.00	4192.325
4M	65.00	65.00	4785.304
5M	71.83	72.00	5769.544
6M	68.52	68.50	3191.817
7M	69.09	69.00	3117.332
8M	70.53	70.50	3581.982
9M	58.79	59.00	2013.151
10M	74.43	74.50	4510.129
11M	61.56	61.50	2665.217
12M	56.14	56.00	4319.531
PROMEDIO		65.42	3764.94

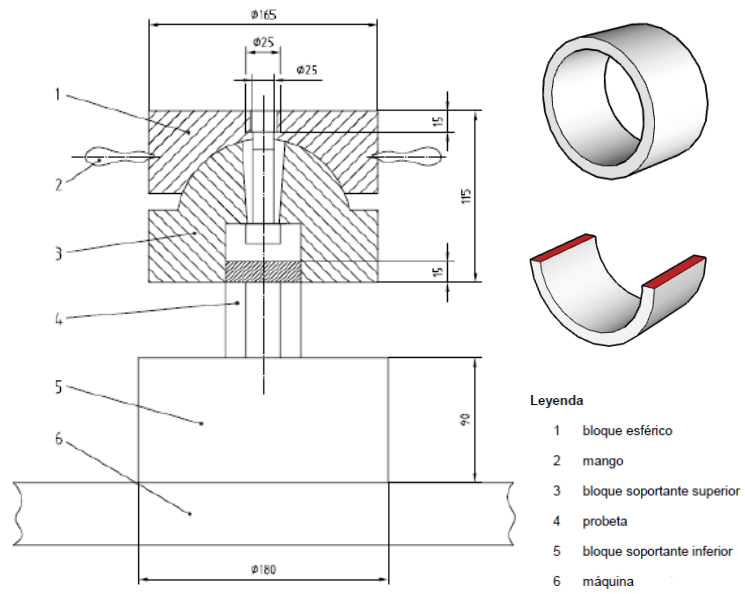
Fuente: El autor

Tabla 36. Registro de resultados parte alta, Ceibopamba, compresión paralela a la fibra

Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad
1A	58	58.00	2009.367
2A	69.68	69.50	2740.825
3A	75.64	75.50	2770.102
4A	63.4	63.50	2462.271
5A	74.68	74.50	3847.016
6A	74.93	75.00	4696.244
7A	54.08	54.00	2755.835
8A	69.92	70.00	3330.333
9A	58.35	58.50	2460.881
10A	63.09	63.00	2954.42
11A	70.49	70.50	3129.433
12A	51.1	51.00	2604.027
PROMEDIO		65.25	2980.06

Fuente: El autor

Figura 45. Esquema de resistencia a compresión perpendicular



Fuente: ISO 22157-1

Figura 46. Ensayo a compresión perpendicular a la fibra



Fuente: El autor

Figura 47. Probetas expuestas a compresión perpendicular a la fibra



Fuente: El autor

Tabla 37. Registro resultados parte baja, Cuinuma, compresión perpendicular a la fibra

PROMEDIO PARTE BAJA COMPRESIÓN PERPENDICULAR CUINUMA			
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad
1B	0.79	1.00	33.49328
2B	0.77	1.00	25.45218
3B	0.51	0.50	21.02119
4B	0.65	0.50	22.75057
5B	0.72	0.50	30.78205
6B	0.63	0.50	31.3529
7B	0.57	0.50	22.232118
8B	0.49	0.50	28.92815
9B	0.82	1.00	33.04111
10B	0.57	0.50	22.10041
11B	0.68	0.50	30.46522
12B	0.48	0.50	30.52644
PROMEDIO		0.63	27.68

Fuente: El autor

Tabla 38 Registro resultados parte media, Cuinuma, perpendicular paralela a la fibra

PROMEDIO PARTE MEDIA COMPRESIÓN PERPENDICULAR CUINUMA			
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad
1B	0.89	1.00	26.28517
2B	0.77	1.00	22.02699
3B	0.51	0.50	24.07018
4B	1.13	1.00	23.95556
5B	0.57	0.50	17.68537
6B	0.63	0.50	23.29936
7B	0.85	1.00	22.83895
8B	0.98	1.00	37.49216
9B	0.84	1.00	29.21204
10B	0.53	0.50	31.07632
11B	0.83	1.00	21.02877
12B	1.01	1.00	37.09784
PROMEDIO		0.83	26.34

Fuente: El autor

Tabla 39. Registro resultados parte alta, Cuinuma, compresión perpendicular a la fibra

PROMEDIO PARTE ALTA COMPRESIÓN PERPENDICULAR CUINUMA				
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa	Módulo de elasticidad	
		aproximación 0.5		
1B	0.95	1.00	39.21083	
2B	1.13	1.00	40.15278	
3B	0.63	0.50	44.50833	
4B	1.21	1.00	44.96791	
5B	0.58	0.50	30.98529	
6B	0.44	0.50	27.72368	
7B	0.63	0.50	19.79095	
8B	0.79	1.00	17.44667	
9B	1.05	1.00	39.52222	
10B	0.74	0.50	45.39306	
11B	0.52	0.50	17.72105	
12B	0.85	1.00	21.19059	
PROMEDIO		0.75	32.38	

Fuente: El autor

Tabla 40. Registro resultados parte baja, Ceibopamba, compresión perpendicular fibra

PROMEDIO PARTE BAJA COMPRESIÓN PERPENDICULAR CEIBOPAMBA				
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa	Módulo de elasticidad	
		aproximación 0.5		
1PB	1.18	1.00	131.9292	
2PB	1.11	1.00	96.95	
3PB	0.79	1.00	43.34578	
4PB	0.82	1.00	47.69783	
5PB	0.81	1.00	70.64199	
6PB	0.47	0.50	108.4759	
7PB	0.65	0.50	70.17339	
8PB	1.06	1.00	99.0909796	
9PB	1.13	1.00	100.6639	
10PB	0.83	1.00	47.80321	
11PB	0.49	0.50	68.18966	
12PB	1.04	1.00	55.51732	
PROMEDIO		0.88	78.37	

Fuente: El autor

Tabla 41. Registro resultados parte media, Ceibopamba, compresión perpendicular fibra

PROMEDIO PARTE MEDIA COMPRESIÓN PERPENDICULAR CEIBOPAMBA				
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad	
1PM	1.37	1.50	87.44701	
2PM	0.84	1.00	74.55448	
3PM	0.84	1.00	63.74648	
4PM	0.93	1.00	54.24131	
5PM	1.06	1.00	0.01571	
6PM	0.88	1.00	75.82211	
7PM	1.29	1.50	79.13295	
8PM	1.23	1.00	71.48346	
9PM	1.45	1.50	92.3051	
10PM	0.86	1.00	66.30817	
11PM	1.39	1.50	81.53	
12PM	1.54	1.50	69.52961	
PROMEDIO		1.21	68.01	

Fuente: El autor

Tabla 42 Registro resultados parte alta, Ceibopamba, compresión perpendicular fibra

PROMEDIO PARTE ALTA COMPRESIÓN PERPENDICULAR CEIBOPAMBA				
Probeta	Esfuerzo Mpa	Esfuerzo Mpa aproximación 0.5	Módulo de elasticidad	
1PA	1.06	1.00	35.96523	
2PA	0.88	1.00	23.40432	
3PA	0.96	1.00	27.76607	
4PA	0.92	1.00	77.45938	
5PA	0.97	1.00	35.3313	
6PA	0.83	1.00	26.81171	
7PA	1.06	1.00	39.31943	
8PA	0.61	0.50	26.29969	
9PA	1.11	1.00	36.79578	
10PA	1.09	1.00	31.04783	
11PA	1.23	1.00	42.1279	
12PA	0.65	0.50	28.32275	
PROMEDIO		0.92	35.89	

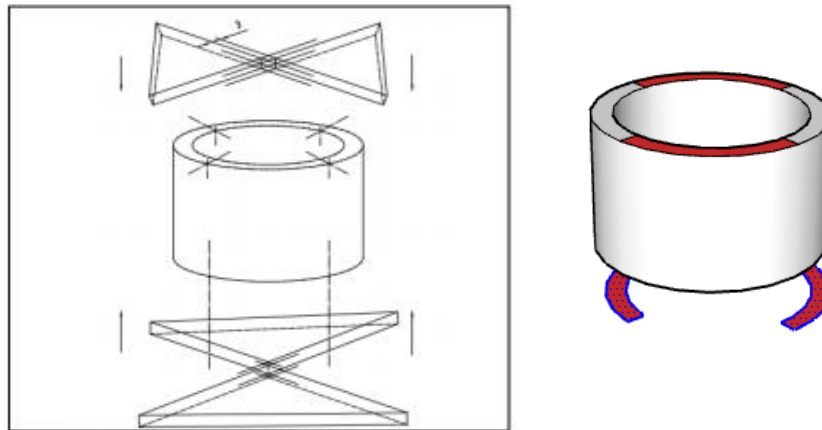
Fuente: El autor

4.1.5. Corte paralelo a la fibra

En cuanto a la determinación del esfuerzo cortante paralelo a las fibras en probetas de culmos de guadua se desarrollará en la misma prensa utilizada en el ensayo a compresión esto basado a la norma 22157-1 (Fig. 48), las probetas para los ensayos a corte, serán tomados de los mismos sectores del elemento al igual que en los ensayos a compresión paralelo, es decir de la cepa, basa y sobre basa del culmo de guadua y posterior estos serán rotulados para su identificación. Se debe ensayar las probetas de tal manera que un 50% de las probetas tengan nudo y el 50% restante no deben tener nudo. La longitud de la probeta debe ser igual al diámetro externo. El espesor de la pared t y la altura L de la probeta se deben tomar en las cuatro áreas de corte (Fig. 48).

La probeta debe estar centrada con respecto al cabezal móvil y también respecto a los cuartos de soporte de carga, para lograr una distribución uniforme de la carga. Finalmente, la resistencia última de corte se debe calcular con la formula establecida por la norma.

Figura 48. Esquema de resistencia a corte



Fuente: ISO 22157-1

Para cálculo de resistencia final, se debe emplear la siguiente fórmula:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\sum(t \times L)}$$

En donde:

τ_{ult} = Esfuerzo último a corte, en MPa (N/mm²)

F_{ult} = Carga ultima de rotura de probeta, en N

$\sum(t \times L)$ = Sumatoria de los cuatro productos de t y L, en mm²

Figura 49. *Ensayo a corte paralelo a la fibra*



Fuente: El autor

Figura 50. *Probetas expuestas a corte paralelo a la fibra*



Fuente: El autor

Tabla 43. *Registro resultados parte baja sin nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra*

GEOMETRÍAS PARTE BAJA SIN NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CEIBOPAMBA																	
Muestra	ESPESOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	15	16	16	16	70	70	71	71	1050	1120	1136	1136	4442	3535	34.643	7.799	
2	13	13	13	12	69	69	69	69	897	897	897	828	3519	3840	37.632	10.694	
3	13	14	13	14	75	75	75	74	975	1050	975	1036	4036	3611	35.3878	8.768	
4	16	17	17	16	79	78	78	79	1264	1326	1326	1264	5180	3262	31.9676	6.171	
5	13	12	12	13	69	70	70	69	897	840	840	897	3474	3254	31.8892	9.179	
6	16	16	17	16	78	78	79	78	1248	1248	1343	1248	5087	3425	33.565	6.598	
PROMEDIO																8.20	

Fuente: El autor

Tabla 44. Registro resultados parte media sin nudo, Ceibopambaa, corte paralelo a la fibra

GEOMETRÍAS PARTE MEDIA SIN NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CEIBOPAMBA																	
Muestra	ESPEJOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	9	10	9	9	67	66	67	67	603	660	603	603	2469	2255	22.099	8.951	
2	8	9	9	8	72	72	71	72	576	648	639	576	2439	2276	22.3048	9.145	
3	8	9	9	8	71	75	74	74	568	675	666	592	2501	2916	28.5768	11.426	
4	10	10	9	10	72	71	71	71	720	710	639	710	2779	2496	24.4608	8.802	
5	9	9	8	9	71	72	71	71	639	648	568	639	2494	2198	21.5404	8.637	
6	9	10	10	9	70	71	71	71	630	710	710	639	2689	2487	24.3726	9.064	
PROMEDIO																9.34	

Fuente: El autor

Tabla 45. Registro resultados parte alta sin nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra

GEOMETRÍAS PARTE ALTA SIN NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CEIBOPAMBA																	
Muestra	ESPEJOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	7	8	8	7	65	66	66	66	455	528	528	462	1973	2235	21.903	11.101	
2	7	7	7	8	67	66	65	66	469	462	455	528	1914	2224	21.7952	11.387	
3	7	6	6	8	66	66	66	65	462	396	396	520	1774	1657	16.2386	9.154	
4	8	8	8	9	70	71	71	71	560	568	568	639	2335	2450	24.01	10.283	
5	7	7	7	7	66	65	65	66	462	455	455	462	1834	1785	17.493	9.538	
6	8	8	8	9	70	71	71	71	560	568	568	639	2335	2315	22.687	9.716	
PROMEDIO																10.20	

Fuente: El autor.

Tabla 46. Registro resultados parte baja con nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra

GEOMETRÍAS PARTE BAJA CON NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CEIBOPAMBA																	
Muestra	ESPEJOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	16	16	16	16	75	75	74	75	1200	1200	1184	1200	4784	3210	31.458	6.576	
2	14	14	14	14	75	74	74	74	1050	1036	1036	1036	4158	2937	28.7826	6.922	
3	15	15	14	14	74	75	75	74	1110	1125	1050	1036	4321	3283	32.1734	7.446	
4	9	9	10	10	72	72	71	71	648	648	710	710	2716	3031	29.7038	10.937	
5	15	14	15	14	74	75	75	74	1110	1050	1125	1036	4321	3054	29.9292	6.926	
6	10	9	10	9	70	70	71	70	700	630	710	630	2670	2548	24.9704	9.352	
PROMEDIO																8.03	

Fuente: El autor

Tabla 47. Registro resultados parte media con nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra

GEOMETRÍAS PARTE MEDIA CON NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CEIBOPAMBA																	
Muestra	ESPESOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	9	9	9	9	70	70	71	71	630	630	639	639	2538	2769	27.1362	10.692	
2	9	9	9	8	65	64	64	65	585	576	576	520	2257	2328	22.8144	10.108	
3	8	9	9	8	70	70	71	70	560	630	639	560	2389	2801	27.4498	11.490	
4	6	6	6	7	70	71	71	71	420	426	426	497	1769	1269	12.4362	7.030	
5	9	9	8	9	65	65	64	64	585	585	512	576	2258	2345	22.981	10.178	
6	7	7	6	6	70	70	71	71	490	490	426	426	1832	1566	15.3468	8.377	
PROMEDIO																9.65	

Fuente: El autor

Tabla 48. Registro resultados parte alta con nudo, Ceibopamba, corte paralelo a la fibra

GEOMETRÍAS PARTE ALTA CON NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CEIBOPAMBA																	
Muestra	ESPESOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	7	7	7	8	68	67	68	68	476	469	476	544	1965	1741	17.0618	8.683	
2	7	7	7	7	60	60	61	60	420	420	427	420	1687	1573	15.4154	9.138	
3	8	7	7	8	65	66	66	65	520	462	462	520	1964	1741	17.0618	8.687	
4	7	7	8	8	60	60	60	61	420	420	480	488	1808	1102	10.7996	5.973	
5	7	8	7	7	66	65	65	66	462	520	455	462	1899	1685	16.513	8.696	
6	8	7	8	7	70	71	71	71	560	497	568	497	2122	1389	13.6122	6.415	
PROMEDIO																7.93	

Fuente: El autor

Tabla 49. Registro resultados parte baja sin nudo, Cuinuma, corte paralelo a la fibra

GEOMETRÍAS PARTE BAJA SIN NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CUINUMA																	
Muestra	ESPESOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	12	11	11	12	88	89	88	89	1056	979	968	1068	4071	3524	34.5352	8.483	
2	15	14	15	14	87	88	88	88	1305	1232	1320	1232	5089	3021	29.6058	5.818	
3	14	15	14	14	90	90	91	90	1260	1350	1274	1260	5144	2811	27.5478	5.355	
4	15	14	15	15	94	95	94	94	1410	1330	1410	1410	5560	3293	32.2714	5.804	
5	15	14	15	15	88	87	88	88	1320	1218	1320	1320	5178	3120	30.576	5.905	
6	15	16	15	16	94	94	94	95	1410	1504	1410	1520	5844	3487	34.1726	5.847	
PROMEDIO																6.20	

Fuente: El autor

Tabla 50. Registro resultados parte media sin nudo, Cuinuma, corte paralelo a fibra

GEOMETRÍAS PARTE MEDIA SIN NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CUINUMA																	
Muestra	ESPELOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	9	10	9	9	67	66	67	67	603	660	603	603	2469	3157	30.9386	12.531	
2	8	9	9	8	72	72	71	72	576	648	639	576	2439	2465	24.157	9.904	
3	8	9	9	8	71	75	74	74	568	675	666	592	2501	3168	31.0464	12.414	
4	10	10	9	10	72	71	71	71	720	710	639	710	2779	2675	26.215	9.433	
5	9	9	8	9	71	72	71	71	639	648	568	639	2494	2198	21.5404	8.637	
6	9	10	10	9	70	71	71	71	630	710	710	639	2689	2487	24.3726	9.064	
PROMEDIO																10.33	

Fuente: El autor

Tabla 51. Registro resultados parte alta sin nudo, Cuinuma, corte paralelo a la fibra

GEOMETRÍAS PARTE ALTA SIN NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CUINUMA																	
Muestra	ESPELOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	8	8	8	9	88	90	90	90	704	720	720	810	2954	2444	23.9512	8.108	
2	8	7	8	8	79	80	79	80	632	560	632	640	2464	2412	23.6376	9.593	
3	9	10	10	10	86	85	85	85	774	850	850	850	3324	2832	27.7536	8.349	
4	9	8	9	9	85	85	84	85	765	680	756	765	2966	2056	20.1488	6.793	
5	8	8	8	8	79	79	79	80	632	632	632	640	2536	2548	24.9704	9.846	
6	9	8	8	9	85	85	85	85	765	680	680	765	2890	1984	19.4432	6.728	
PROMEDIO																8.24	

Fuente: El autor

Tabla 52. Registro resultados parte baja con nudo, Cuinuma, corte paralelo a la fibra

GEOMETRÍAS PARTE BAJA CON NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CUINUMA																	
Muestra	ESPELOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	12	11	12	12	88	90	90	89	1056	990	1080	1068	4194	3566	34.9468	8.333	
2	12	11	12	12	85	85	84	84	1020	935	1008	1008	3971	2559	25.0782	6.315	
3	14	15	14	14	90	91	90	90	1260	1365	1260	1260	5145	3231	31.6638	6.154	
4	15	16	15	15	90	90	89	90	1350	1440	1335	1350	5475	3860	37.828	6.909	
5	15	14	15	14	85	85	85	85	1275	1190	1275	1190	4930	3684	36.1032	7.323	
6	10	11	10	11	89	89	90	90	890	979	900	990	3759	2359	23.1182	6.150	
PROMEDIO																6.86	

Fuente: El autor

Tabla 53. Registro resultados parte media con nudo, Cuinuma, corte paralelo a fibra

GEOMETRÍAS PARTE MEDIA CON NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CUINUMA																	
Muestra	ESPESOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	10	9	10	9	80	80	81	80	800	720	810	720	3050	2675	26.215	8.595	
2	10	9	10	9	85	84	84	85	850	756	840	765	3211	1605	15.729	4.898	
3	10	9	10	10	81	80	80	80	810	720	800	800	3130	2685	26.313	8.407	
4	10	9	10	10	90	90	90	89	900	810	900	890	3500	2381	23.3338	6.667	
5	11	11	10	10	85	85	84	84	935	935	840	840	3550	2854	27.9692	7.879	
6	11	10	10	11	90	90	89	90	990	900	890	990	3770	3154	30.9092	8.199	
PROMEDIO																7.44	

Fuente: El autor

Tabla 54. Registro resultados parte alta con nudo, Cuinuma, corte paralelo a la fibra

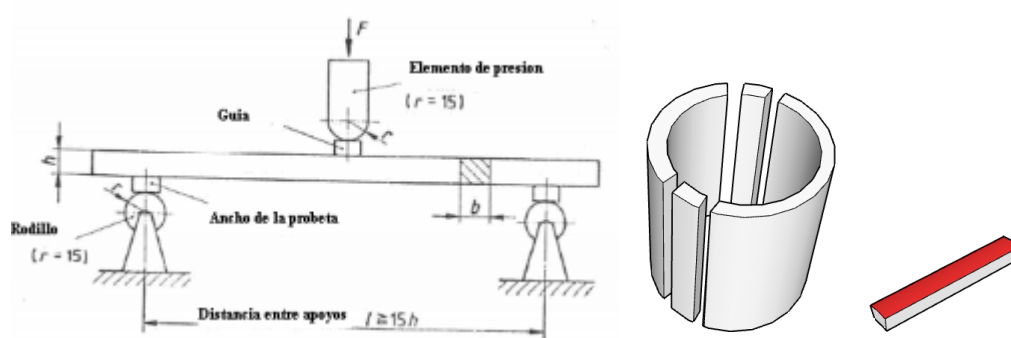
GEOMETRÍAS PARTE ALTA CON NUDO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A CORTE PARALELO A LA FIBRA CUINUMA																	
Muestra	ESPESOR mm				LONGITUD mm				ÁREAS mm ²				ÁREA TOTAL (mm ²)	CARGA (kgf)	CARGA (KN)	ESFUERZO (Mpa)	
	E1	E2	E3	E4	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4					
1	7	7	7	8	68	67	68	68	476	469	476	544	1965	2056	20.1488	10.254	
2	7	7	7	7	60	60	61	60	420	420	427	420	1687	1952	19.1296	11.339	
3	8	7	7	8	65	66	66	65	520	462	462	520	1964	2224	21.7952	11.097	
4	7	7	8	8	60	60	60	61	420	420	480	488	1808	2266	22.2068	12.283	
5	7	8	7	7	66	65	65	66	462	520	455	462	1899	2154	21.1092	11.116	
6	8	7	8	7	70	71	71	71	560	497	568	497	2122	2351	23.0398	10.858	
PROMEDIO																11.16	

Fuente: El autor

4.1.6. Flexión

Con respecto a la obtención del esfuerzo a flexión, debido a que se carece del equipo necesario en el laboratorio donde se realizan todas las pruebas de resistencia, se basará de acuerdo con la norma DIN 52 186 (Fig. 51) para pruebas de madera a flexión, de tal manera que se adaptaran piezas a las maquinas existentes para realizar los ensayos, se extraeran dos muestras por probeta, la misma que se extraerá de la parte media (basa), las muestras serán de la parte superior e inferior, todo esto cumpliendo los estandares y guias para ensayos a flexión.

Figura 51. Esquema de ensayo a flexión



Fuente: DIN 52 186

Figura 52. Ensayo a flexión



Fuente: El autor

Figura 53 Probetas expuestas a flexión



Fuente: El autor

Para la determinación del último esfuerzo de rotura a flexión Según DIN 52 186. se calcula con la ecuación:

$$\sigma_{ult} = \frac{3 * F * l_{apoyo}}{2 * l_2 * l_1^2}$$

Donde:

σ_{ult} : Esfuerzo de rotura en flexión en N/mm² o en MPa.

F : La máxima carga de rotura aplicada en N. (el total de carga aplicada en dos puntos de apoyo). (fig. 51)

l_{apoyo} : longitud entre apoyos de la probeta en mm. Se recomienda mayor o igual a 15 veces la altura de la probeta.

l₁ : altura de la probeta en mm.

l₂ : ancho de la probeta en mm.

La longitud total de la probeta de flexión es de 200 ± 1mm, con l₁ = l₂ = 10 ± 1mm. (Fig. 52)

Tabla 55. Registro resultados ensayo a flexión, Cuinuma

GEOMETRÍAS Y RESULTADOS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A FLEXIÓN CUINUMA														
Muestra	Altura			Ancho			Longitud	Sección superior			Sección inferior			Promedio muestra completa
	l1	l1'	Promedio l1	l2	l2'	Promedio l2		Carga (lbf)	Carga (N)	ESFUERZO Mpa	Carga (lbf)	Carga (N)	ESFUERZO Mpa	
1	12	11	11.5	11	11	11	200	168	747.6	120.88	169	752.05	121.60	121.244
2	15	14	14.5	15	15	15	200	175	778.75	53.71	180	801	55.24	54.474
3	14	15	14.5	15	15	15	200	231	1027.95	70.89	206	916.7	63.22	67.057
4	15	14	14.5	14	14	14	200	220	979	77.51	232	1032.4	81.73	79.621
5	12	14	13	12	12	12	200	189	841.05	101.09	204	907.8	109.11	105.099
6	12	11	11.5	12	12	12	200	164	729.8	99.16	127	565.15	76.79	87.972
7	11	12	11.5	12	12	12	200	130	578.5	78.60	135	600.75	81.62	80.112
8	14	15	14.5	15	15	15	200	177	787.65	54.32	175	778.75	53.71	54.014
9	11	11	11	11	11	11	200	156	694.2	117.35	167	743.15	125.63	121.489
10	14	13	13.5	14	14	14	200	220	979	83.25	208	925.6	78.71	80.978
11	11	12	11.5	12	12	12	200	165	734.25	99.76	155	689.75	93.72	96.739
12	14	15	14.5	15	15	15	200	155	689.75	47.57	163	725.35	50.02	48.797
PROMEDIO													80.35	

Fuente: El autor.

Tabla 56. Registro resultados ensayo a flexión, Ceibopamba

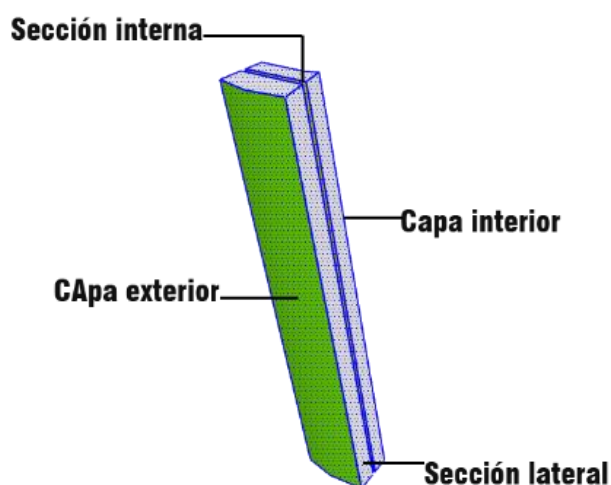
GEOMETRÍAS Y RESULTADOS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA ENSAYOS A FLEXIÓN CEIBOPAMBA														
Muestra	Altura			Ancho			Longitud	Sección superior			Sección inferior			Promedio muestra completa
	l1	l1'	Promedio l1	l2	l2'	Promedio l2		Carga (lbf)	Carga (N)	ESFUERZO Mpa	Carga (lbf)	Carga (N)	ESFUERZO Mpa	
1	9	10	9.5	10	10	10	200	108	480.6	113.83	119	529.55	125.42	119.623
2	10	9	9.5	9	10	9.5	200	81	360.45	94.59	51	226.95	59.56	77.075
3	10	10	10	10	9	9.5	200	87	387.15	96.52	52	231.4	57.69	77.105
4	10	10	10	10	9	9.5	200	74	329.3	82.10	120	534	133.13	107.614
5	9	9	9	10	10	10	200	77	342.65	85.66	117	520.65	130.16	107.913
6	9	10	9.5	10	9	9.5	200	85	378.25	99.26	80	356	93.42	96.344
7	10	9	9.5	10	10	10	200	89	396.05	93.80	74	329.3	77.99	85.897
8	6	7	6.5	6	7	6.5	200	24	106.8	87.50	19	84.55	69.27	78.386
9	9	9	9	10	9	9.5	200	76	338.2	93.68	82	364.9	101.08	97.382
10	8	9	8.5	9	9	9	200	58	258.1	84.35	75	333.75	109.07	96.708
11	9	8	8.5	9	8	8.5	200	60	267	97.82	54	240.3	88.04	92.931
12	6	7	6.5	6	6	6	200	21	93.45	89.86	25	111.25	106.97	98.413
PROMEDIO													91.62	

Fuente: El autor

4.1.7. Análisis anatómico de guadua expuesta a ensayos

Para el análisis anatómico por el motivo que en el laboratorio donde se realizaron las pruebas de resistencia no existe equipo necesario para las observaciones pertinentes, este se lo realizó en los laboratorios del área de Geología de la Universidad Nacional de Loja con ayuda de personal calificado, Ing. Luis Angamarca encargado del laboratorio, para este análisis, se realizó capturas fotográficas del elemento de la , (Fig. 54) con un acercamiento de 20x con ayuda de microscopio estéreo marca NIKON Japones 236368. (Fig. 55)

Figura 54. Partes analizadas en microscopio



Fuente: El autor

Figura 55. Análisis anatómico de elementos



Fuente: El autor

Figura 56. *Elementos expuestos a 20x de microscopio*

Ceibopamba-Malacatos



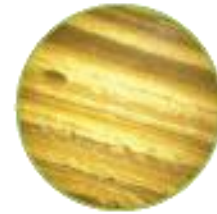
Capa exterior



Capa interior



Sección lateral



Sección interior

Cuinuma-Cariamanga



Capa exterior



Capa interior



Sección lateral



Sección interior

Fuente: El autor

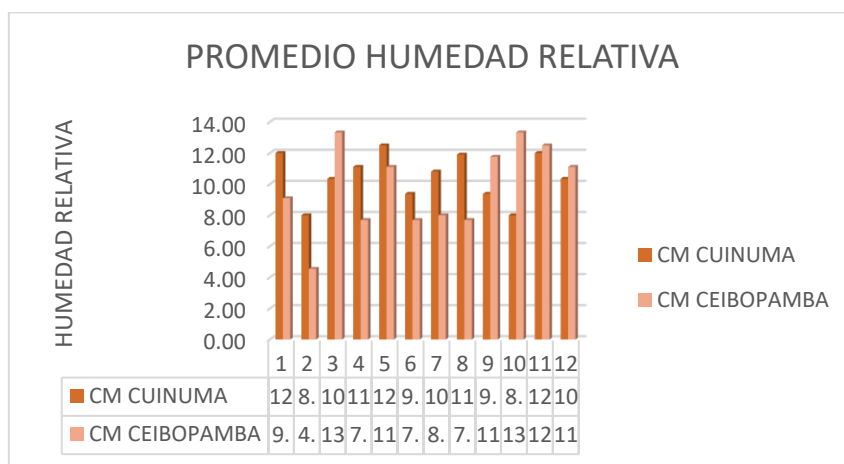
Posterior al análisis, además de lo observado en el microscopio podemos determinar en base a Londoño (2002), “Que los elementos expuestos a observación contienen células parenquimatosas las mismas que son células alargadas con abundantes cloroplastos, su función es llenar espacios libres que dejan otros órganos y tejidos estos conectados entre sí”, por otro lado se presentan las fibras de tal manera que por este motivo estos elementos tienen como característica su flexibilidad gracias a su celulosa, se puede observar también que las dos muestras presentan haces vasculares, los mismos que se caracterizan por mantener, xilema, metaxilema y floema las cuales son células conductoras que acompañan hasta el final del elemento, cuando el crecimiento en longitud del órgano ha terminado, por otro lado existe una diferencia en cuanto al contenido de almidón en la muestra proveniente de Cuinuma con la muestra de Ceibopamba (Fig. 56), evidenciando notablemente la presencia de este entre las fibras del elemento, dando como resultado que este sea factor que incide en la resistencia de los elementos, provocando que este sea más frágil.

4.2. Resultados

4.2.1 Contenido de humedad

Los resultados del contenido de humedad fueron basados a la normativa NEN-ISO DIS 22157-1 los mismos que fueron de cada pieza de ensayo por cada culmo posterior a cada ensayo obteniendo como resultado una humedad relativa promedio de 10.48 % en el sector de Cuinuma-Cariamanga y de 9.82% en el sector de Ceibopamba-Malacatos concluyendo que las probetas para ensayo mantuvieron la humedad idónea para exponerlos a ensayos de laboratorio cumpliendo con las normas planteadas para el estudio.

Figura 57. Resultado de humedad relativa de los elementos estudiados

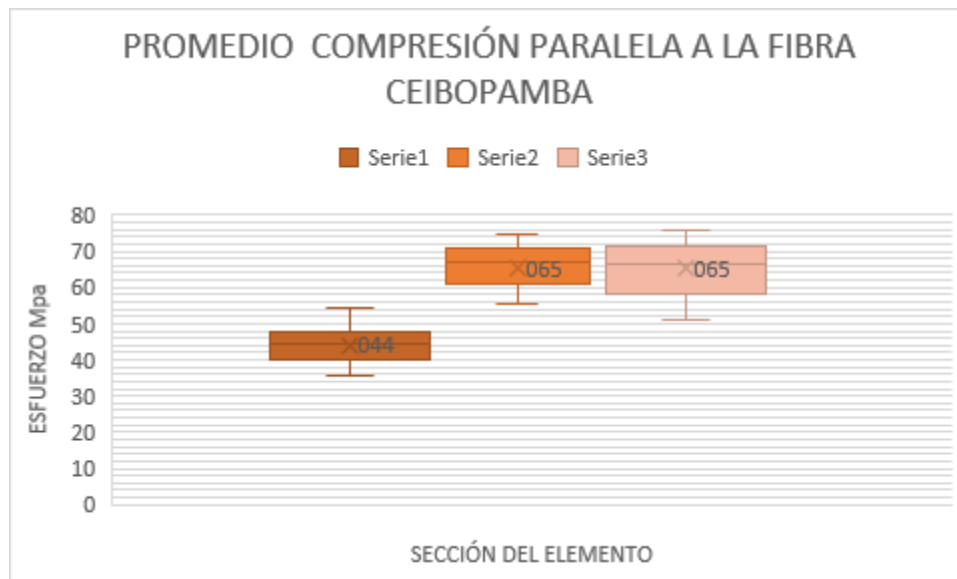


Fuente: El Autor

4.2.2 Compresión paralela a la fibra

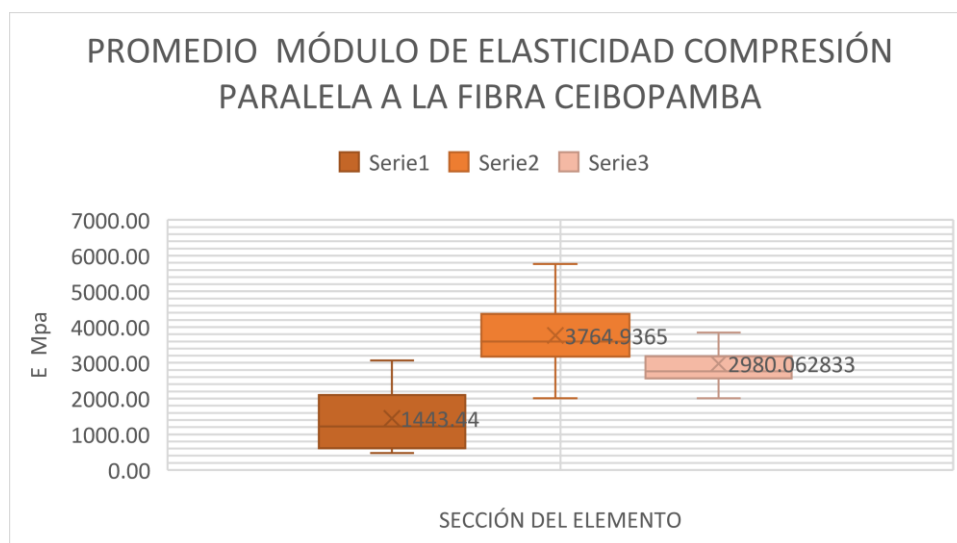
En base a los resultados se pudo determinar el esfuerzo último a compresión paralela a la fibra de la *Guadua Angustifolia Kunth* del sector Ceibopamba, obteniendo una variación entre 44-65 Mpa (Fig. 58), entre la parte baja, media y alta, así también una variación de 1.44-3.76 Gpa (Fig. 59), en cuanto al Módulo de elasticidad obtenida de las tres partes del culmo y como resultado promedio del elemento completo un valor de 58.25 Mpa, con un límite elástico 2.72 Gpa, cumpliendo así como material idóneo para empleo en la construcción según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Figura 58. Resultado Compresión paralela a la fibra Ceibopamba-Malacatos



Fuente: El Autor

Figura 59. Resultado límite elástico, Compresión paralela a la fibra Ceibopamba-Malacatos

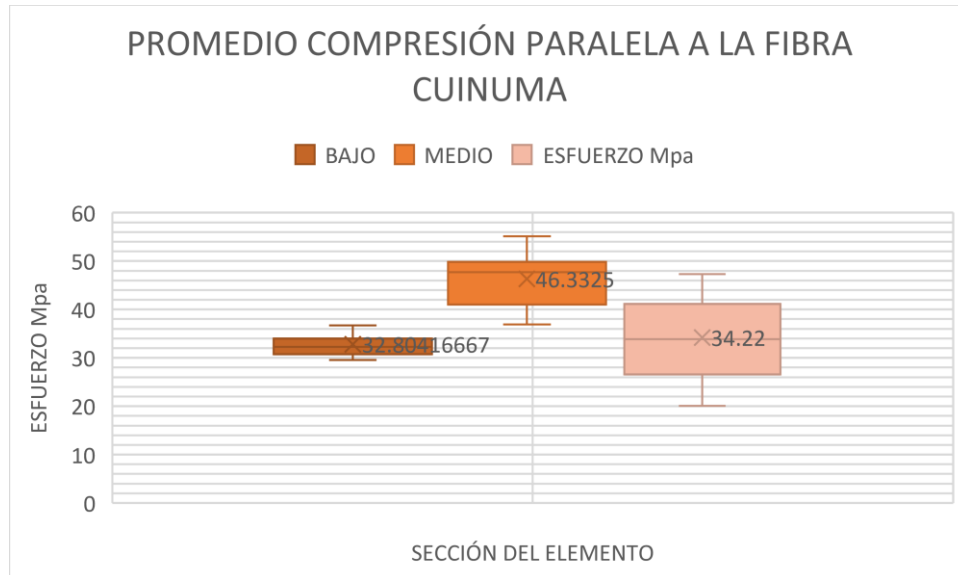


Fuente: El Autor

De la misma forma los resultados obtenidos en el esfuerzo último a compresión paralela de la *Guadua Angustifolia Kunth* del sector Cuinuma, mantienen variación entre 32-46 Mpa (Fig. 60), entre la parte baja, media y alta, así también una variación de 2.52-4.15 Gpa (Fig. 61), en cuanto al Módulo de elasticidad obtenida de las tres partes del culmo y como resultado promedio del elemento completo un valor de 37.77 Mpa, con un límite elástico

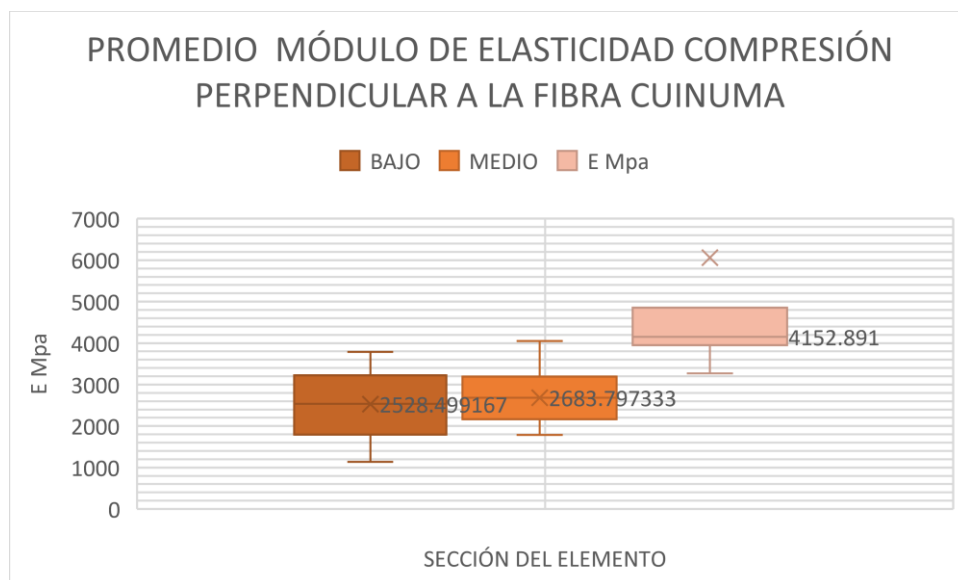
3.71 Gpa, cumpliendo así como material idóneo para empleo en la construcción según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Figura 60. Resultado Compresión paralela a la fibra Cuinuma-Cariamanga



Fuente: El Autor

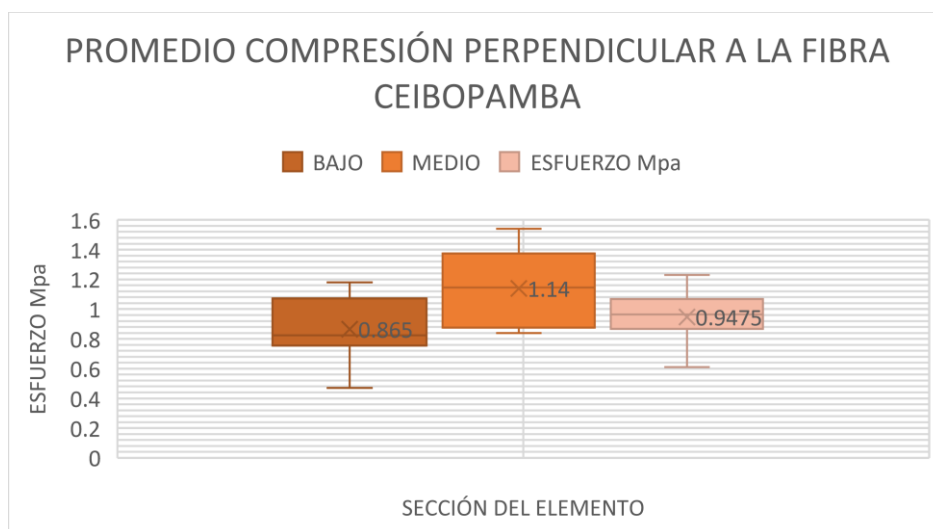
Figura 61. Resultado límite elástico, Compresión paralela a la fibra Cuinuma-Cariamanga



Fuente: El Autor

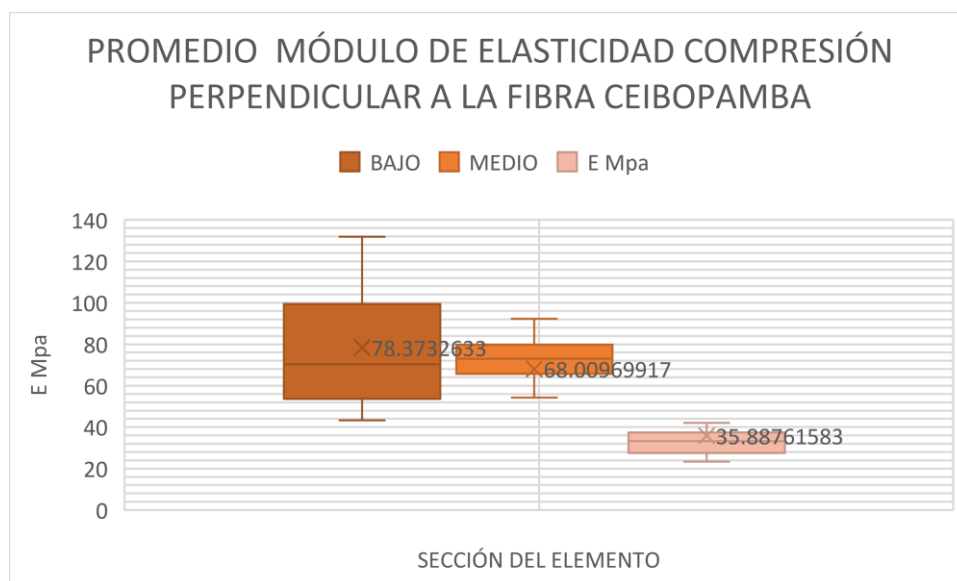
4.2.3. Compresión perpendicular a la fibra

Figura 62. Resultado Compresión perpendicular a la fibra Ceibopamba-Malacatos



Fuente: El Autor

Figura 63. Resultado límite elástico, Compresión perpendicular a la fibra Ceibopamba-Malacatos

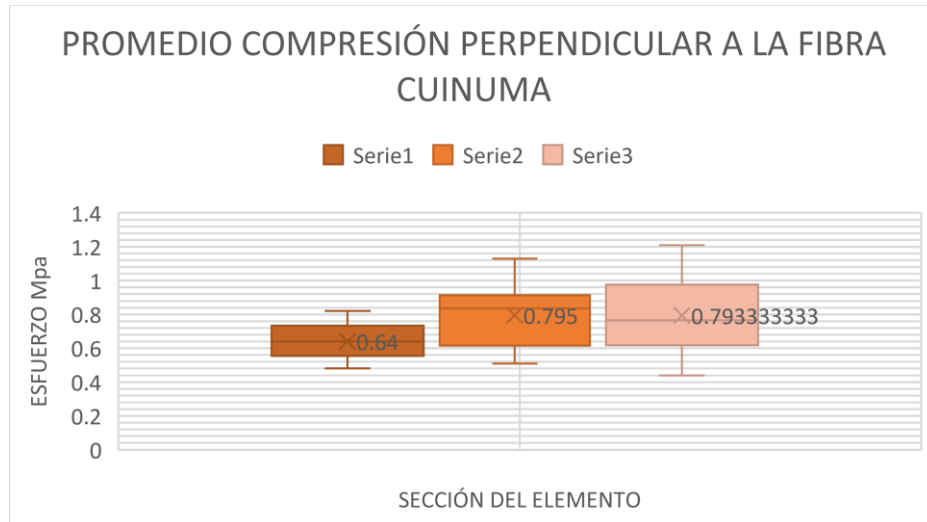


Fuente: El Autor

En cuanto a los resultados obtenidos en el esfuerzo último a compresión perpendicular a la fibra de la Guadua Angustifolia Kunth del sector Ceibopamba, mantienen variación entre 0.86-1.14 Mpa (Fig. 62), entre la parte baja, media y alta, así también una variación de 0.078-0.035 Gpa (Fig. 63), en cuanto al Módulo de elasticidad obtenida de las tres partes del culmo

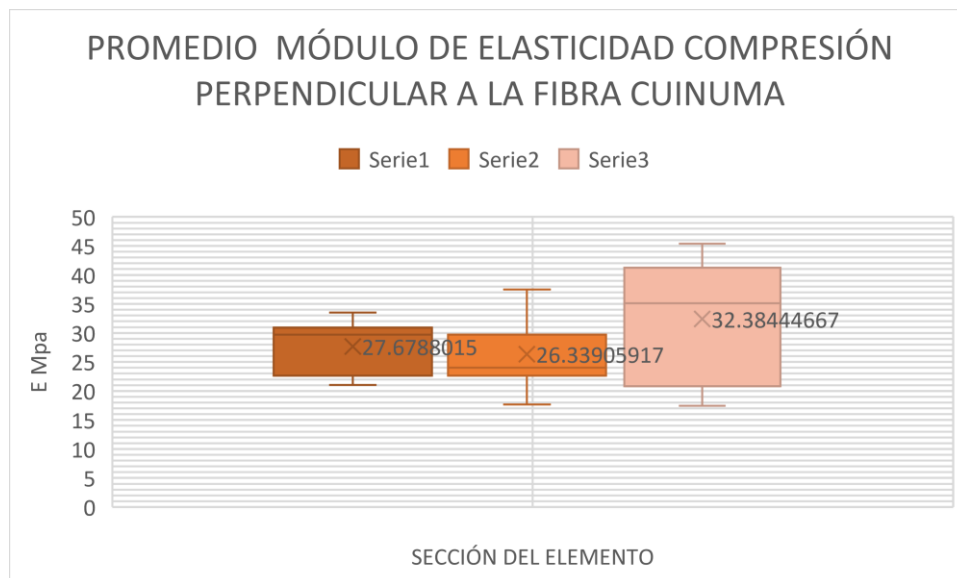
y como resultado promedio del elemento completo un valor de 1 Mpa, con un límite elástico 0.063 Gpa, determinando que es un elemento frágil a este esfuerzo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Figura 64. Resultado Compresión perpendicular a la fibra Cuinuma-Cariamanga



Fuente: El Autor

Figura 65. Resultado límite elástico, Compresión perpendicular a la fibra Cuinuma-Cariamanga



Fuente: El Autor

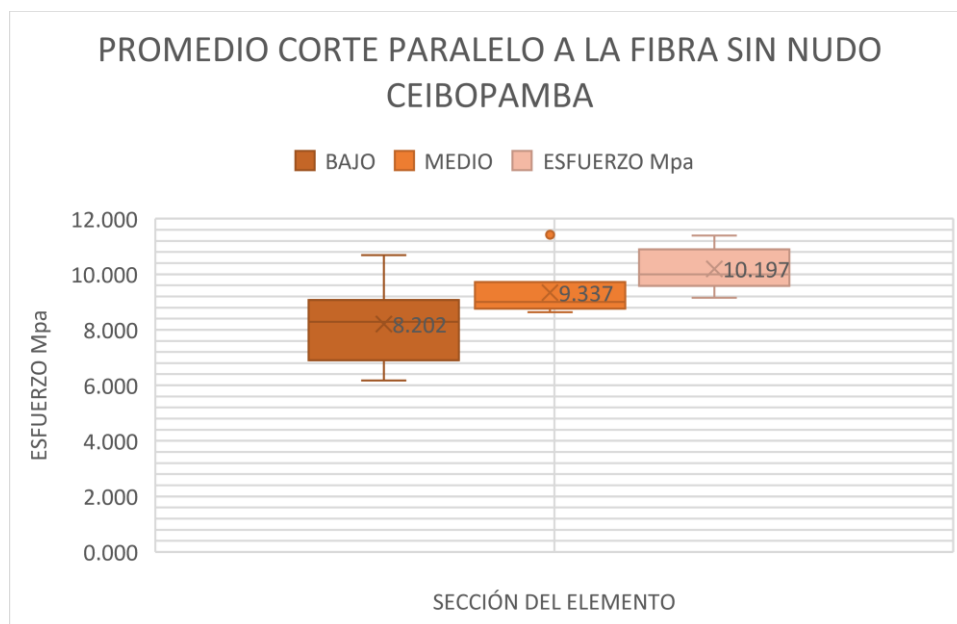
Así mismo se obtuvo resultados del esfuerzo último a compresión perpendicular a la fibra de la Guadua Angustifolia Kunth del sector Cuinuma, dando como respuesta que mantienen

variación entre 0.64-0.69 Mpa (Fig. 64), entre la parte baja, media y alta, así también una variación de 0.026-0.032 Gpa (Fig. 65), en cuanto al Módulo de elasticidad obtenida de las tres partes del culmo y como resultado promedio del elemento completo un valor de 0.73 Mpa, con un límite elástico 0.032 Gpa, determinando que es un elemento frágil a este esfuerzo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

4.2.4. Corte paralela a la fibra

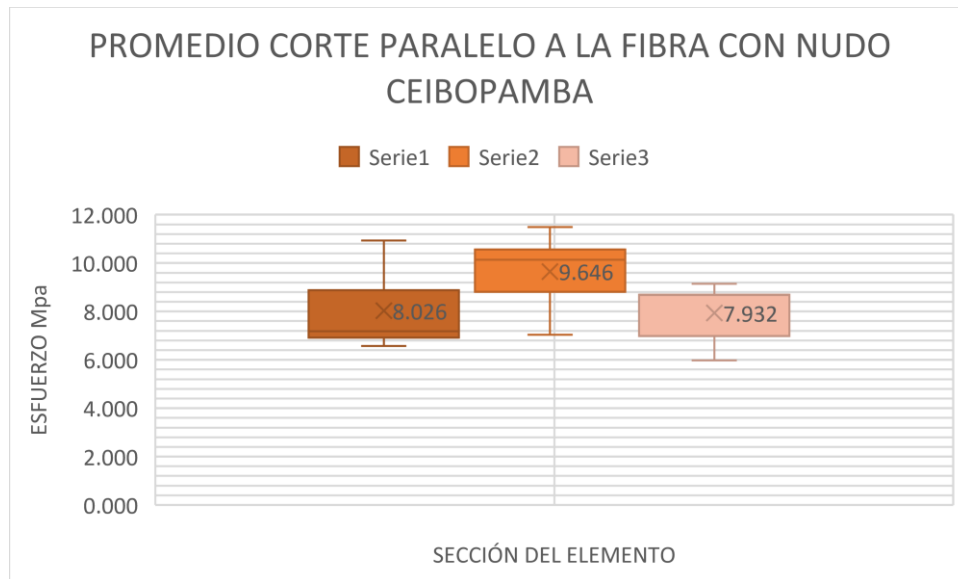
Sobre los resultados a corte del elemento se pudo determinar que el esfuerzo último a corte paralela a la fibra de la Guadua Angustifolia Kunth del sector Ceibopamba tienen una variación entre 8-10 Mpa sin nudo (Fig. 66) y 7-9 Mpa con nudo (Fig. 67), entre la parte baja, media y alta y como resultado promedio del elemento completo un valor de 8.29 Mpa.

Figura 66. Resultado corte probeta paralela a la fibra sin nudo Ceibopamba-Malacatos



Fuente: El Autor

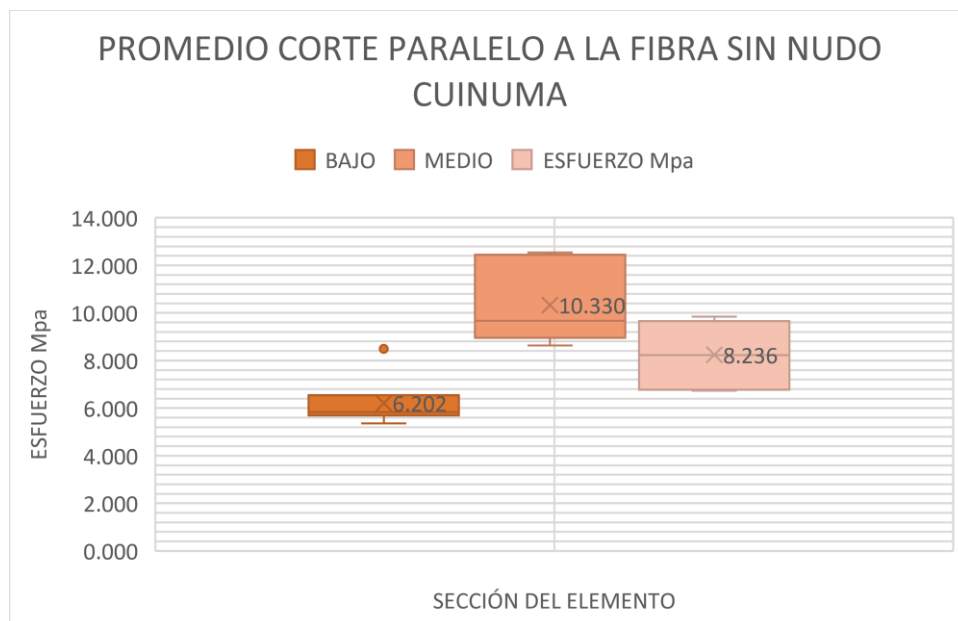
Figura 67. Resultado Corte probeta paralela a la fibra con nudo Ceibopamba-Malacatos



Fuente: El Autor

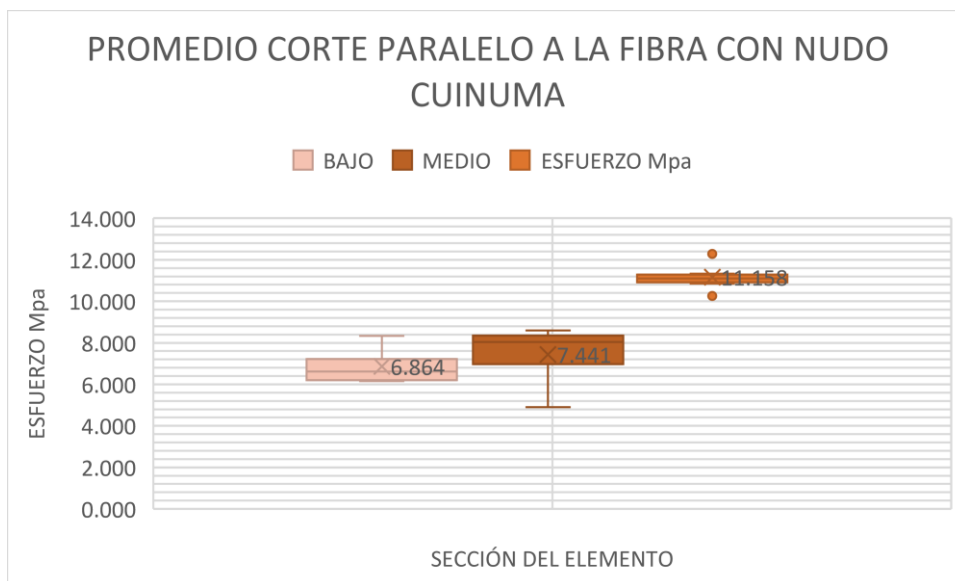
Por otro lado en el sector Cuinuma se obtuvo una variación entre 6-10 Mpa sin nudo (Fig. 68) y 6-11 Mpa con nudo (Fig. 69), entre la parte baja, media y alta y como resultado promedio del elemento completo un valor de 8.37 Mpa, cumpliendo así como material idóneo para empleo en la construcción según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Figura 68. Resultado Corte probeta paralela a la fibra sin nudo Cuinuma-Cariamanga



Fuente: El Autor

Figura 69. Resultado Corte probeta paralela a la fibra con nudo Cuinuma-Cariamanga

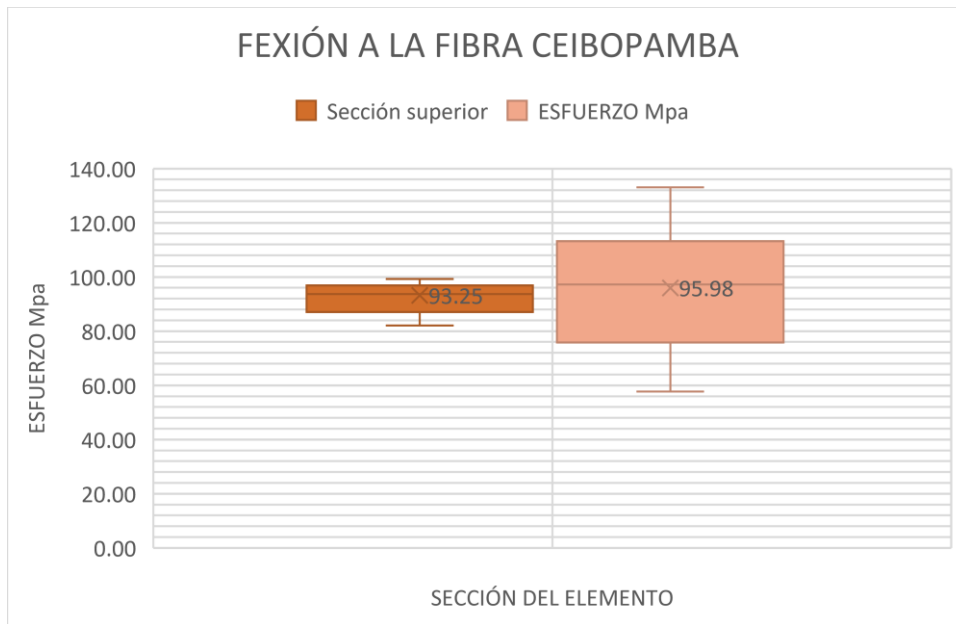


Fuente: El autor.

4.2.5. Resistencia a flexión

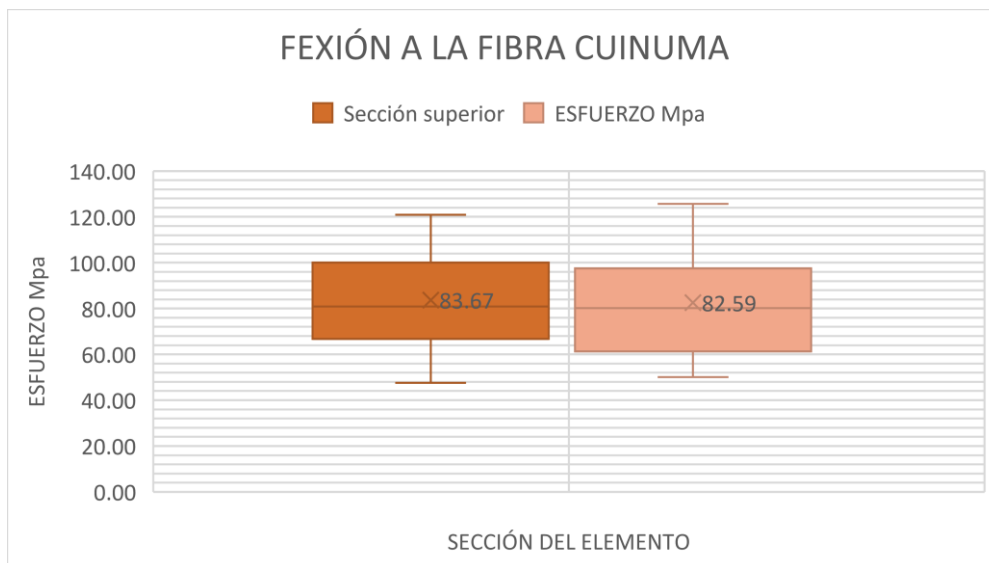
Finalmente en cuanto a los resultados a flexión del elemento se pudo determinar que el esfuerzo último a flexión de la *Guadua Angustifolia Kunth* del sector Ceibopamba tienen una variación entre 47-120 Mpa (Fig. 70), en la parte superior y 50-121 Mpa (Fig. 70), en la parte inferior y como resultado promedio del elemento completo un valor de 91.62 Mpa, de la misma forma en el sector Cuinuma determina un resultado con una variación entre 82-113 Mpa (Fig. 71), en la parte superior y 57-125 Mpa (Fig. 71), en la parte inferior y como resultado promedio del elemento completo un valor de 80.35 Mpa, cumpliendo así como material idóneo para empleo en la construcción según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Figura 70. Resultado probeta a flexión Ceibopamba-Malacatos



Fuente: El Autor

Figura 71. Resultado probeta a flexión Cuinuma-Carimanga



Fuente: El Autor

4.2.6. Analisis de resultados

Tabla 57. Comparativa basada al estado del arte y resultados de investigación

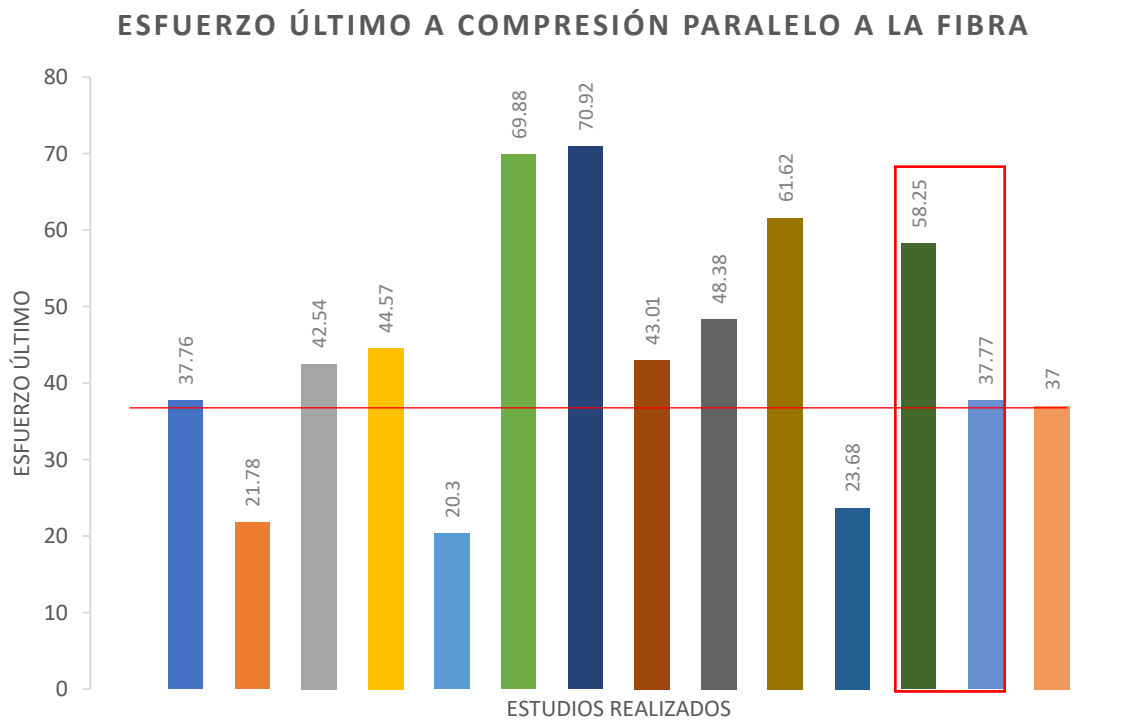
DOCUMENTO	AÑO/PAIS	ÁREA DE ESTUDIO	REGIÓN DE DONDE PROVIENE EL MATERIAL (m.s.n.m)	UNIVERSIDAD	Resistencia última a la compresión paralela de la caña guadua Mpa	Módulo de Elasticidad de compresión paralela (Gpa)	Resistencia última a la compresión perpendicular de la caña guadua Mpa	Módulo de Elasticidad de compresión perpendicular (Gpa)	Resistencia última a la tensión de la caña guadua Mpa	Módulo de Elasticidad de tensión (Gpa)	Resistencia última a la flexión de la caña guadua Mpa	Módulo de Elasticidad de flexión (Gpa)	Resistencia última al esfuerzo cortante de la caña guadua Mpa
Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la Caña Guadua angustifolia Kunth del Ecuador.	2014/ECUADOR	Valencia, provincia de Los Ríos	COSTA 110 m s. n. m.	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. UCSG	37,76	14,35			117,60	8,31	45,85	12,16	7.17
Diseño de puentes peatonales utilizando caña guadua como elemento de construcción	2005/ECUADOR	***	COSTA	Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE	21,78								
Optimización de Unión en Guadua ante Solicitud de Fuerza Sísmica	2004/COLOMBIA	Santander/ Colombia	ORIENTE 1230 m s. n. m.	Univ. Industrial de Santander	42,94				161,47				6,76
Uniones Estructurales con Bambú (Guadua Angustifolia).	2010/PERÚ	Departamento de Amazonas, provincia de Bagua	COSTA	Universidad Nacional de Ingeniería	44,37				107,69				6,41
Metodología de Diseño de Estructuras en Guadua Angustifolia como Material Estructural por el Método de Esfuerzos Admisibles.	2011/COLOMBIA	***	***	Universidad nacional de Colombia	20,30				40,70		37,40		3,50
El Uso de la Guadua como Madera Alternativa para la Construcción y su Aplicación en la Elaboración de Tablas para Encofrado	2011/ECUADOR	***	COSTA	Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL	69,88				258,49		172,70		6,76
Uso de la Caña guadua en la Vivienda Modular.	2014/ECUADOR	Manabí / Portoviejo	COSTA 53 m s. n. m.	Universidad de Cuenca	70,92						33,31		
Diseño de un Modelo de Vivienda Ecológica con Bambú para la Zona Rural de Yantzaza	2016/ECUADOR	Yantzaza	ORIENTE 887 m.s.n.m	Universidad de Loja	43,01				52,46		17,16		6,74
Propiedades Físicas-Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II	2007/ECUADOR	***	***	Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE	48,38				242,43		34,98	10.36	5,46
Guadua, material sostenible para Viviendas de Interés Social (VIS)	2017/ECUADOR	Malacatos/Loja	SIERRA 1.470 m.s.n.m	Universidad Técnica Particular de Loja	61.62						85.34	11.57	5.87
Estudio de las propiedades Físico Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth de Loja, e implementación de este como material de construcción.	2016/ECUADOR	El Arenal/ Puyango/ Loja	SIERRA 820 m.s.n.m	Universidad Técnica Particular de Loja	26.68						49.34	8.44	3.38

Análisis de resistencia de Guadua angustifolia kunth extraída de fuentes locales de la provincia de Loja para aplicación estructural-arquitectónica	2019/ECUADOR	Malacatos/Loja	SIERRA 1.470 m.s.n.m	Universidad Internacional del Ecuador sede Loja	58.25	2.72	1	0.0607	91.62	8.89	
Análisis de resistencia de Guadua angustifolia kunth extraída de fuentes locales de la provincia de Loja para aplicación estructural-arquitectónica	2019/ECUADOR	Cariamanga/Loja	SIERRA 1950 m s. n. m.	Universidad Internacional del Ecuador sede Loja	37.77	3.71	0.73	0.0323	80.35	8.37	
NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción	2017/ECUADOR	Guayaquil	COSTA	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, INBAR Universidad Católica Santiago de Guayaquil	37				117	45	7

Fuente: El Autor

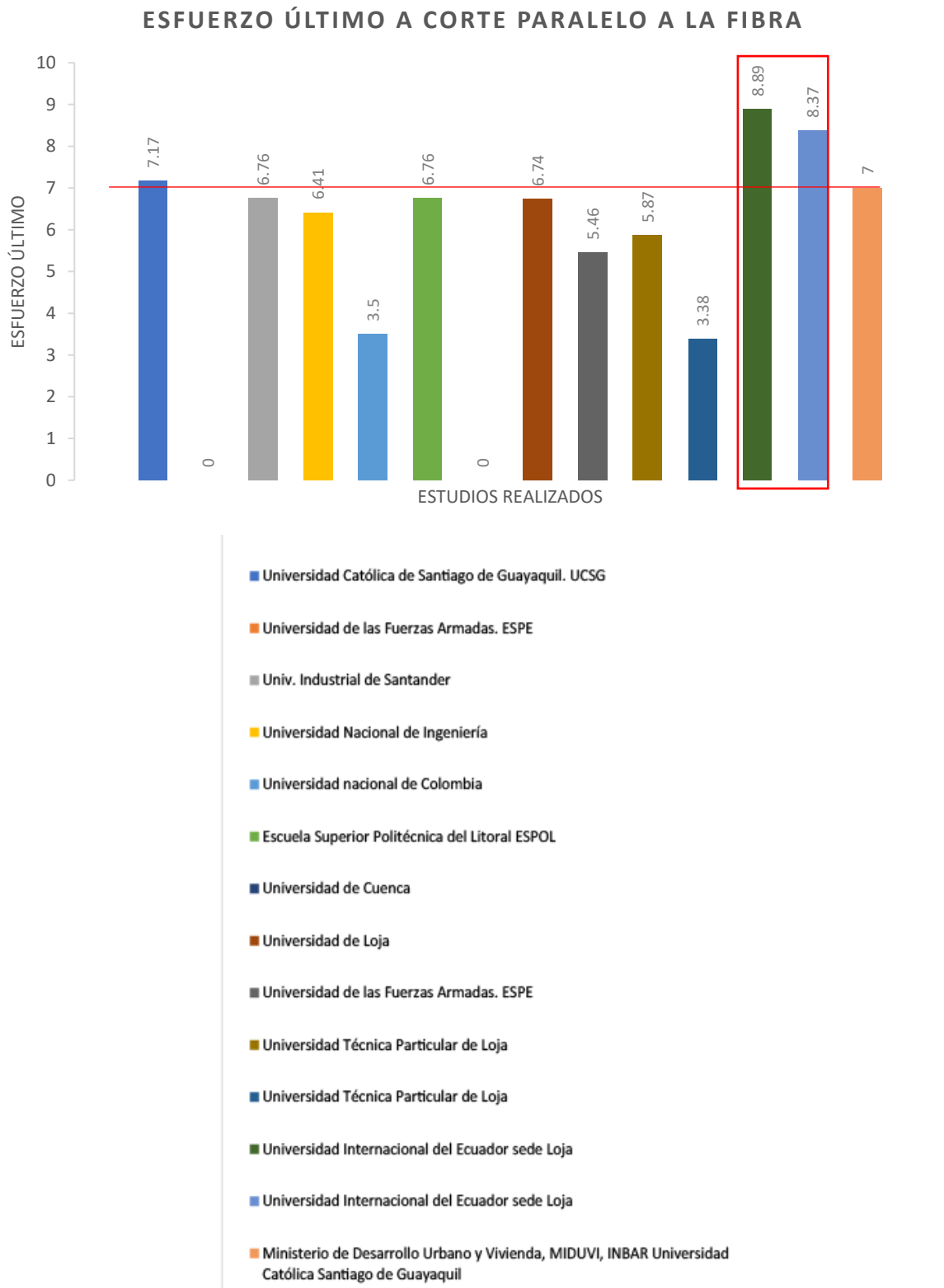
Basados en la recopilación de resultados obtenidos en el estado del arte, existen investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional, en donde se registra similitud en cuanto a la experimentación y metodología planteada en la presente aporte, con algunas diferencias, como : las partes del elemento expuestas a ensayos, su edad, región y estudio de resistencia determinada, por consiguiente se puede evidenciar que la presente investigación plantea los ensayos del elemento a comprensión perpendicular a la fibra la misma que no se evidencia en los trabajos anteriores, incorporando así un aporte en el tema de guadua, por otro lado en su mayoría de estudios, estos son realizados en regiones tropicales o en lugares donde la altura varían entre 0 a 1000 m.s.n.m, de manera que, dan como aporte nuevos sectores en donde hay una variable de 1400 a 1945 m.s.n.m, determinando así que el elemento cumple con los estándares para su empleo siendo un material extraído de un sector perteneciente a la región sierra.

Figura 72. Resultado compresión paralela a la fibra



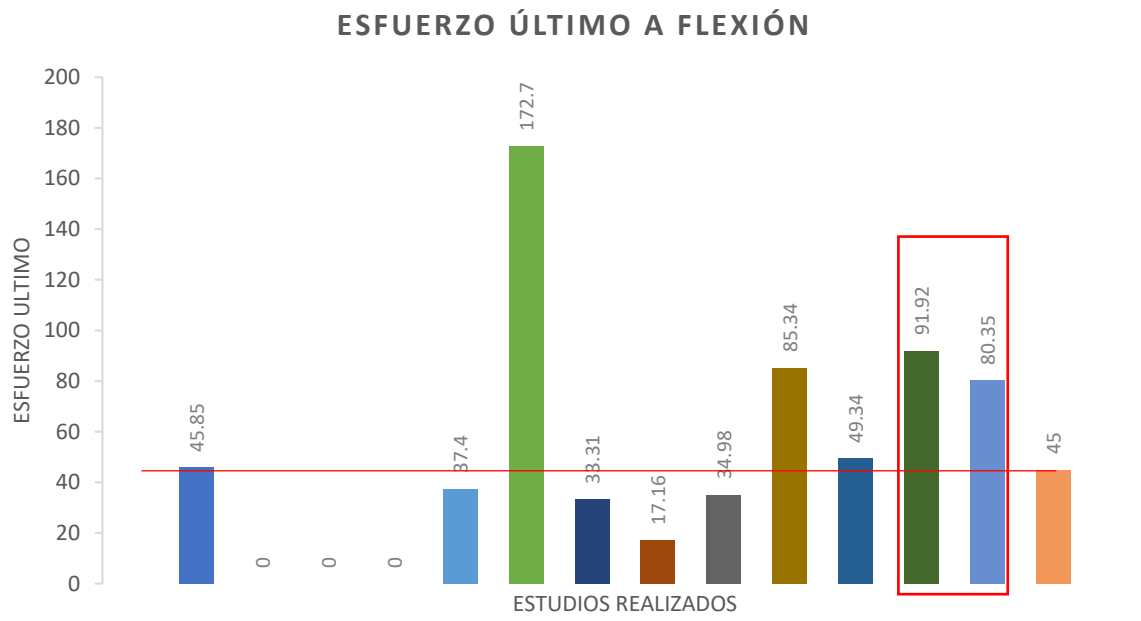
Fuente: El Autor

Figura 73. Resultado a corte paralelo a la fibra



Fuente: El Autor

Figura 74. Resultado a flexión



- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. UCSG
- Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE
- Univ. Industrial de Santander
- Universidad Nacional de Ingeniería
- Universidad nacional de Colombia
- Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL
- Universidad de Cuenca
- Universidad de Loja
- Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE
- Universidad Técnica Particular de Loja
- Universidad Técnica Particular de Loja
- Universidad Internacional del Ecuador sede Loja
- Universidad Internacional del Ecuador sede Loja
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, INBAR Universidad Católica Santiago de Guayaquil

Fuente: El Autor

Finalmente, en cuanto a los resultados promedio, se puede evidenciar que las resistencias a compresión paralela a la fibra, corte paralelo a la fibra y flexión, provenientes de la presente investigación en comparación con las investigaciones realizadas por otras universidades; tales como: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Universidad de las Fuerzas Armadas, Universidad Industrial de Santander, Universidad Nacional de Ingeniería, Escuela Superior politécnica del Litoral, Universidad de Cuenca, Universidad Nacional de Loja, y Universidad Técnica Particular de Loja; cumplen con los estándares establecidos, con los resultados a compresión paralela (58.25 Mpa Malacatos/37.77 Mpa Cariamanga), corte (8.89 Mpa Malacatos /8.37 Mpa Cariamanga) y flexión (91.62 Mpa Malacatos / 80.35 Mpa Cariamanga), de tal manera que, estos resultados se ven por encima de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC los mismos que presentan (37 MPa) en compresión paralela, (7 MPa) en resistencia a corte y (45 Mpa) en resistencia a flexión, concluyendo que los elementos puestos a prueba mantienen excelentes resultados para su empleo estructural y arquitectónico.

CAPÍTULO 5

5.1. Fase de diseño

En este punto, el diseño se basará en los resultados de propiedades físicas y mecánicas obtenidos en los ensayos de laboratorio, como también se regirá en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, capítulo 11, Manual de diseño para guadua, por lo tanto, la aplicabilidad de la guadua se lo planteará en el predimensionamiento de vivienda de una planta que tenga como característica: una superficie no excedente a 200 m², luces de 3 m como máximo, ya que nos regiremos a la norma y esta nos menciona que para edificaciones con estas características no requerirá de diseño estructural, de tal manera que el siguiente diseño podrá ser empleado por profesionales de ingeniería, profesionales de arquitectura o a fines, siguiendo correctamente los requerimientos siguientes.

5.1.1. Características de guadua para la construcción

Posterior al proceso realizado en el capítulo 3 donde menciona todo el proceso de obtención y cuidado de los elementos, como también el capítulo 4 en el cual se expuso a pruebas de resistencia a la guadua encontrando valores de esfuerzo último, se puede determinar que, el elemento ha pasado por el proceso idóneo para su empleo, por otro lado, en cuanto a su uso y aplicación se concluye que:

Tabla 58. Resultados expuestos para diseño

	Cuinuma/ Cariamanga	Ceibopamba/ Malacatos	El arenal/ Puyango
Compresión II	37.77	58.25	26.68
Compresión L	0.73	1	x
Flexión	80.35	91.62	49.34
Corte	8.37	8.89	3.38

Fuente: El autor

La aplicabilidad de los elementos está basada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (Tab. 57), estableciendo así; el empleo del material en presente diseño, por lo cual los valores expuestos determinan su uso dependiendo su resistencia anteriormente planteada.

Por otro lado, para el empleo en la construcción, la deformación de los elementos en cuanto al eje longitudinal no excede al 0.33% cumpliendo así otra característica para su empleo. En cuanto a su conicidad se puede mencionar que considerando que el elemento tiene una característica física en la cual se evidencia que su diámetro va disminuyendo a lo largo de su tallo, este se tiene que determinar mediante la fórmula de porcentaje de conicidad para su empleo de la siguiente manera:

$$\%con = \frac{(D_+ - D_-)}{L} * 100$$

Dónde:

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

Tabla 59. Conicidad para el diseño

	Cuinuma/ Cariamanga	Ceibopamba/ Malacatos	El arenal/ Puyango
Cepa	87.58	72.16	96.67
Basa	86.54	67.75	87.92
Sobrebasa	82.25	64.83	78.23
Conicidad	0.12	0.16	0.40

Fuente: El autor

Por lo tanto, se puede evidenciar que los elementos cumplen con un porcentaje de conicidad admisible dentro del rango establecido, el mismo que indica, que los elementos deben tener una conicidad no excedente a 0.5.

5.1.2. Cálculo de esfuerzos admisibles en base a resultados

Para el diseño se debe relacionar los valores experimentales de modo que, a partir del valor obtenido en los ensayos se determine el valor característico y posterior a este los esfuerzos admisibles, los mismos que se obtendrán con el empleo de las siguientes fórmulas:

$$f_{kt} = f_{0.05t} \left[1 - \frac{2.7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right]$$

Donde:

- f_{ki} Valor característico de sollicitación i
- $f_{0.05i}$ Valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio en la sollicitación i
- m Valor promedio de los datos de pruebas de laboratorio
- s Desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio
- n Número de ensayos (36 en este caso, a compresión, corte, a diferencia de flexión un total de 24 ensayos)

Tabla 60. Conicidad para el diseño

Factor	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión \perp	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
Fs	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

Fuente: Norma Ecuatoria de la Construcción .

$$F_i = \frac{FC}{F_s \cdot FDC} f_{ki}$$

- F_i Esfuerzo admisible en la sollicitación
- f_{ki} Valor característico del esfuerzo en la sollicitación
- FC Factor de reducción por calidad tomando en cuenta las diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de las cargas aplicadas a la estructura
- F_s Factor de servicio y seguridad tomando en cuenta varias incertidumbres como los defectos no detectados, posibles variaciones en las propiedades del material
- FDC Factor de duración de la carga tomando en cuenta los esfuerzos de rotura de la GaK

Tabla 61. *Esfuerzos admisibles finales obtenidos*

		Compresión Mpa	Compresión L Mpa	Flexión Mpa	Corte Mpa
Malacatos/ Ceibopamba	Esfuerzo ultimo	58.25	1	91.62	8.89
	Percentil 0.05	46.19	0.88	77.09	7.95
	Desviación Estándar	6.01	0.19	7.24	1.16
	Valor característico de solicitud	44.05	0.80	73.73	7.48
	Esfuerzo admisible	35.24	0.54	55.30	2.74
Cariamanga/Cuinuma	Esfuerzo ultimo	37.77	0.73	80.35	8.37
	Percentil 0.05	32.93	0.64	51.66	6.36
	Desviación Estándar	6.88	0.23	15.7	1.12
	Valor característico de solicitud	30.23	0.55	46.10	5.98
	Esfuerzo admisible	24.18	0.37	34.57	2.19

Fuente: El autor

Tabla 62. *Tabla comparativa de esfuerzos admisibles*

Estudio	Fb Flexión (Mpa)	Ft Tracción (Mpa)	Fc Compresión (Mpa)	Fp* Compresión ⊥ (Mpa)	Fv Corte (Mpa)
NEC	15	19	14	1.4	1.2
Ceibopamba Malacatos	55.30	X	35.24	0.54	2.74
Cuinuma Cariamanga	34.57	X	24.18	0.37	2.19

Fuente: El autor

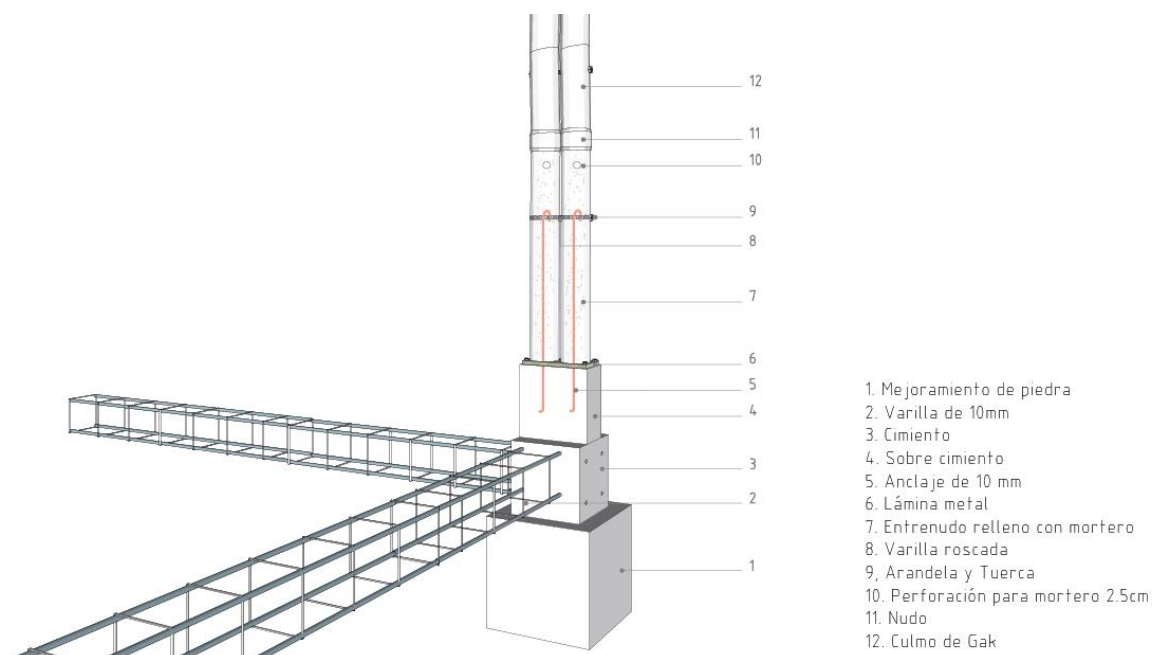
5.1.3. Aplicación de guadua en el diseño

En cuanto a la aplicación del material tomaremos principalmente como punto principal que es un material poroso e higroscópico, es decir si este acumula humedad en su interior afectará sus propiedades físico-mecánicas dando paso a que esta sea atacada por bacterias y llegar a su

deterioro, de tal modo que para proteger a los elementos de la humedad se realizará la siguiente propuesta:

Se evitará que las columnas estén en contacto directo con el suelo, apoyadas en sobre cimiento debidamente impermeabilizado, basados en la norma los elementos no deben estar enterrados en la cimentación, los elementos deben evitar el contacto directo con los factores climatológicos del lugar, por otro lado todos los elementos estructurales deben mantener buena ventilación y cada elemento debidamente impermeabilizado, se aplicará una plancha metálica de 2 mm de espesor que cubra la parte superior del sobre cimiento, esto con el fin de evitar la presencia de termitas (Fig. 75).

Figura 75. Detalle cimiento



Fuente: El autor

Por otro lado en cuanto a los sobre cimientos (Fig.75) de acuerdo con la norma ecuatoriana de la construcción la altura será de 20 cm sobre el nivel del terreno natural para el posterior empleo de elementos para columnas, el anclaje que se utilizará en base a los resultados será mediante varillas de acero para evitar perforaciones, roturas de gran magnitud y que los esfuerzos no se apliquen en el elemento directamente con el fin de cuidar el

elemento y mantenerlo en optimas y originales condiciones, las varillas iniciarán en el cimientto y terminarán sobresaliendo en el sobrecimiento para su posterior anclaje con el elemento la medida de estas no serán menores a 10 mm ni mayores a 18 mm, posterior a esto se colocarán los culmos, pero estos deben estar apoyados con una distancia de 20 cm bajo el nudo eliminado previamente el diafragma para el empleo de hormigón como refuerzo de cada elemento, el empleo de este se lo realizará en el nudo completo donde actuará la varilla, la relación del compuesto de mortero será de 1:3, pero en este caso para mejorar la resistencia del motero se utilizará una parte de arena, una de cemento y una de residuo de piedra triturada.

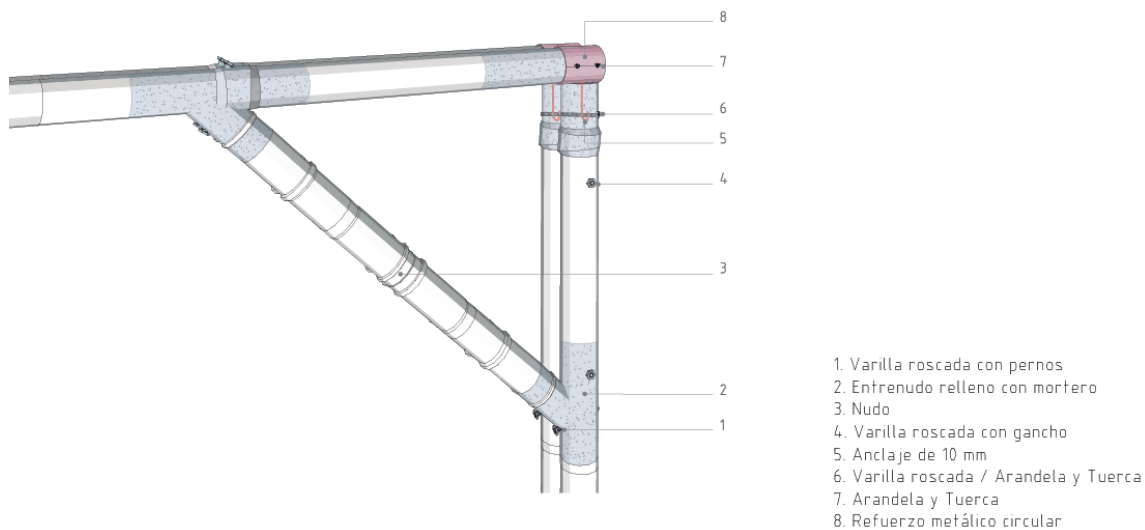
Figura 76. *Uniones de guadua*



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

En cuanto a las uniones, nos guiaremos en las establecidas en la norma estos cortes serán, boca de pez, pico de flauta, corte recto y bisel (Fig. 76), los cortes deben realizarse a 6 cm del nudo evitando daños mayores, desgarros o cualquier deformación.

Figura 77. *Detalle de uniones empernadas y reforzamiento en vigas simples*



Fuente: El autor

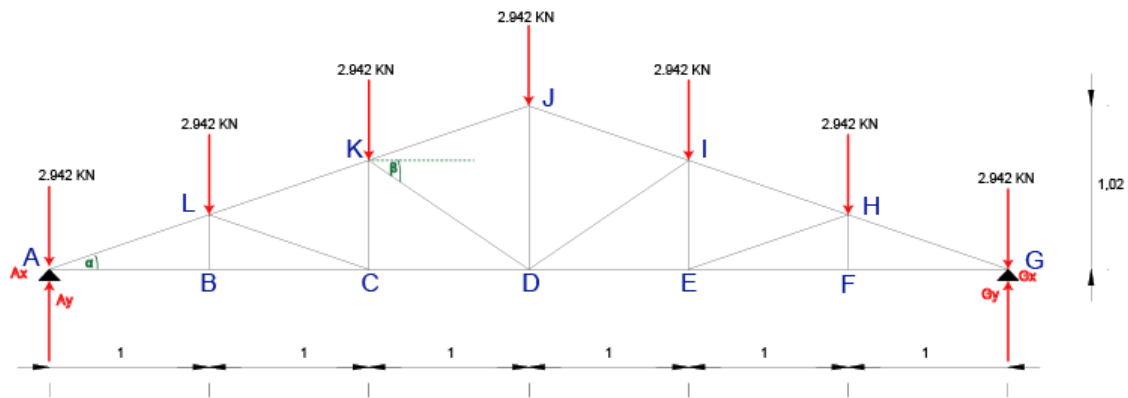
Basados en los resultados obtenidos en el estudio de la resistencia perpendicular a la fibra, las mismas que marcan un valor bajo a lo admisible, dando como resultado que estas sean frágiles al emplearla en sentido perpendicular a la fibra, provocando que las cargas puntuales provoquen laseraciones en el elemento, se plantea una alternativa para el diseño de vigas simple, esta alternativa consta de la implementación de accesorios metálicos mas la inyección de hormigon para fortalecer y evitar daños en las partes donde existe mayor concentración de cargas, de tal modo que como alternativa tenemos que: las uniones que se utilizaran requieran el uso de pernos los mismos que no serán de menos de 10 mm y las platinas de refuerzo un mínimo de espesor de 3 mm, de igual forma el diametro para la inyección de mortero debe tener 2,5 cm, el diseño de la platina de acero más la inyección de mortero entre nudos busca el mejoramiento del elemento y así evitar el aplastamiento o falla a compresión perpendicular a la fibra, así mismo la union de entre viga y columna mediante corte de boca de flauta buscando evitar la separación y deslizamiento entre estos (Fig. 77), en cuanto al diseño de cercha este a sido tomando en cuenta debido a la baja resistencia perpendicular a la fibra de la guadua buscando que presente esfuerzos minimos en el elemento, éste se planteará a partir de cálculo de fuerzas de cada uno de los elementos internos de la cecha a traves del

método de nodos, buscando que las cargas aplicadas puedan ser distribuidas y no alteren física, ni mecánicamente a la guadua, se procederá a calcular una cercha tipo Howe, la cual está formada por elementos horizontales superiores e inferiores entre los cuales se encuentran dispuestas las barras verticales y diagonales, donde los elementos trabajan a tensión y compresión lo cual nos ayudará a determinar la solución idónea o la mejor alternativa para la aplicación de guadua en el diseño de cercha.

Cálculo y análisis de cercha tipo howe; para el siguiente cálculo se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- El cálculo se basará bajo a esfuerzos generados debido a las cargas de servicio; los mismos que se encuentran en transmisión de momentos a través de carga distribuida, de tal modo que según NEC-SE-CG en donde menciona las combinaciones de cargas de servicio, tomaremos como carga viva $0,7 \text{ kN/m}$ la misma que está estandarizada en cubiertas planas, inclinadas y curvas, a esto sumado 2 kN/m de carga muerta más el factor de seguridad, dando como resultado una carga distribuida en cada punto de 2.942 KN .
- Se plantea una pendiente al 17% la misma que se mantiene en el rango para cubiertas en edificaciones pequeñas (12% - 25%) según la norma ecuatoriana de la construcción.

Figura 78. Cálculo y análisis cercha



Fuente: NEC-SE-CG

$$\alpha = 18^\circ 46' 40.92''$$

$$\beta = 34^\circ 12' 56.53''$$

$$\text{Pendiente} = 17\%$$

$$h = 1.02 \text{ m}$$

Reacciones

$$\Sigma F(x) = 0$$

$$\Sigma F(y) = 0$$

$$A_y + G_y = 20.594 \text{ KN}$$

$$A_y = 20.594 \text{ KN} - 10.297 \text{ KN}$$

$$A_y = 10.297 \text{ KN}$$

$$\Sigma m_o = 0$$

$$2.942 \text{ KN} (1+2+3+4+5) + 2.942 \text{ KN} * (6) - G_y * (6) = 0$$

$$44.13 \text{ KN} + 17.652 \text{ KN} - G_y * (6) = 0$$

$$61.782 \text{ KN} - G_y * (6) = 0$$

$$- G_y = -10.297 \text{ KN}$$

$$G_y = 10.297 \text{ KN}$$

Nudo A

en x

$$AB + AL \cos \alpha = 0$$

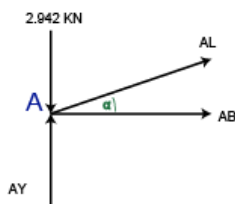
$$AB = 21.63 \text{ KN} \rightarrow \text{TENSIÓN}$$

en y

$$10.297 \text{ KN} - 2.942 \text{ KN} + AL \sin \alpha = 0$$

$$7.355 \text{ KN} + AL \sin \alpha = 0$$

$$AL = -22.848 \text{ KN} \rightarrow \text{COMPRESIÓN}$$



Nudo B

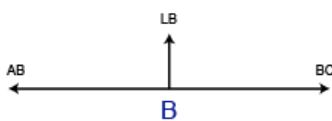
en x

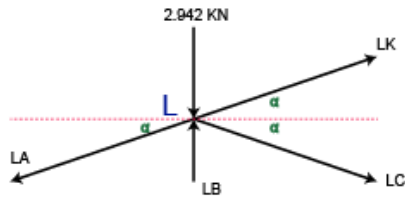
$$BC - AB = 0$$

$$BC = 21.63 \text{ KN} \rightarrow \text{TENSIÓN}$$

en y

$$LB = 0$$





Nudo L

en x

$$LK \cos \alpha + LC \cos \alpha - LA \cos \alpha = 0$$

$$LK + LC = -22.848 \text{ KN} \quad (1)$$

$$LC = -4.569 \text{ KN} \rightarrow \text{COMPRESIÓN}$$

en y

$$LK \operatorname{sen} \alpha - LC \operatorname{sen} \alpha - LA \operatorname{sen} \alpha + 0 - 2.942 \text{ KN} = 0$$

$$\operatorname{sen} \alpha (LK - LC) - LA \operatorname{sen} \alpha - 2.942 \text{ KN} = 0$$

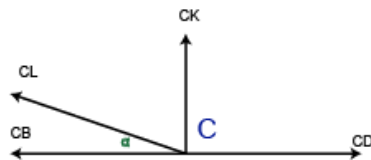
$$LK - LC = -13.709 \text{ KN} \quad (2)$$

$$(1) \quad LK + LC = -22.848 \text{ KN}$$

$$(2) \quad LK - LC = -13.709 \text{ KN}$$

$$\hline 2LK = -36.557 \text{ KN}$$

$$LK = -18.279 \rightarrow \text{COMPRESIÓN}$$



Nudo C

en x

$$CD - CB - CL \cos \alpha = 0$$

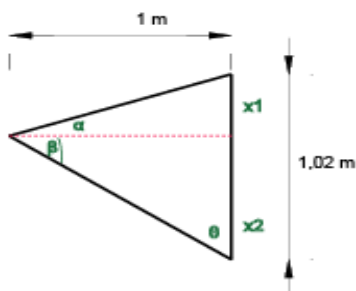
$$CD - 21.63 \text{ KN} + 4.569 \text{ KN} \cos \alpha$$

$$CD = 17.304 \text{ KN} \rightarrow \text{TENSIÓN}$$

en y

$$CL \operatorname{sen} \alpha + CK = 0$$

$$CK = 1.471 \text{ KN} \rightarrow \text{TENSIÓN}$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1 \text{ m}}{x1}$$

$$x1 = \frac{1 \text{ m}}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$x1 = 0.34 \text{ m}$$

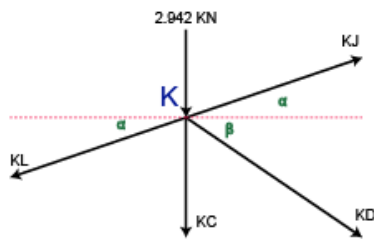
$$x1 + x2 = 1.02 \text{ m}$$

$$x2 = 0.68 \text{ m}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{1 \text{ m}}{x2}$$

$$\theta = 55^{\circ}47'3.47''$$

$$\beta = 34^{\circ}12'56.53''$$



Nudo K

en x

$$KJ \cos\alpha + KD \cos\beta - LK \cos\alpha = 0$$

$$KJ \cos\alpha + KD \cos\beta = -17.306 \text{ KN} \quad (1)$$

$$-13.014 \text{ KN} + KD \cos\beta = -17.306 \text{ KN}$$

$$KD = -5.191 \text{ KN} \rightarrow \text{COMPRESIÓN}$$

en y

$$KJ \operatorname{sen}\alpha - KD \operatorname{sen}\beta - 2.942 \text{ KN} - KC - LK \operatorname{sen}\alpha + 0 - 2.942 \text{ KN} = 0$$

$$KJ \operatorname{sen}\alpha - KD \operatorname{sen}\beta - 4.413 \text{ KN} = -5.884 \text{ KN}$$

$$KJ \operatorname{sen}\alpha - KD \operatorname{sen}\beta = -1.471 \text{ KN} \quad (2)$$

$$(1) \quad (0.5623)$$

$$KJ \cos\alpha + KD \cos\beta = -17.306 \text{ KN}$$

$$(2) \quad (0.8289)$$

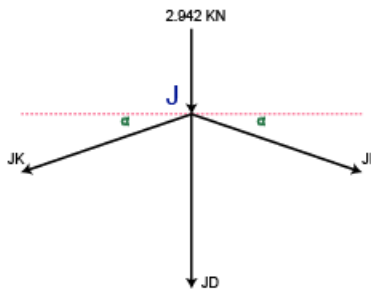
$$KJ \operatorname{sen}\alpha - KD \operatorname{sen}\beta = -1.471 \text{ KN}$$

$$0.5324 KJ + 0.4649 KD = -9.731 \text{ KN}$$

$$0.2662 KJ - 0.4649 KD = -1.2464 \text{ KN}$$

$$0.7986 KJ = -10.9774 \text{ KN}$$

$$KJ = -13.746 \text{ KN} \rightarrow \text{COMPRESIÓN}$$



Nudo J

en x

$$JI \cos\alpha - JK \cos\alpha = 0$$

$$JI = JK$$

$$CD = -13.746 \text{ KN} \rightarrow \text{COMPRESIÓN}$$

en y

$$-JI \operatorname{sen}\alpha - JK \operatorname{sen}\alpha - 2.942 \text{ KN} - JD = 0$$

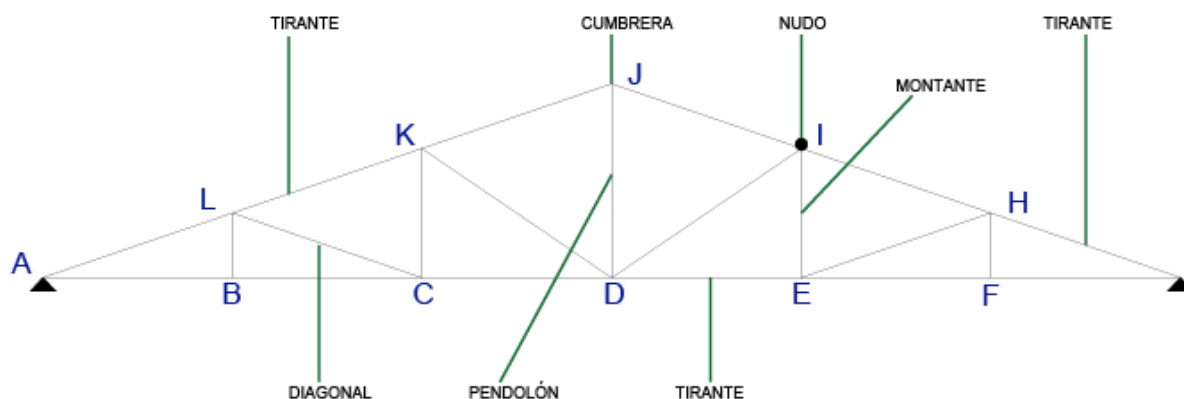
$$4.425 \text{ KN} + 4.425 \text{ KN} - 2.942 \text{ KN} - JD = 0$$

$$5.908 \text{ KN} - JD = 0$$

$$JD = -5.908 \text{ KN} \rightarrow \text{COMPRESIÓN}$$

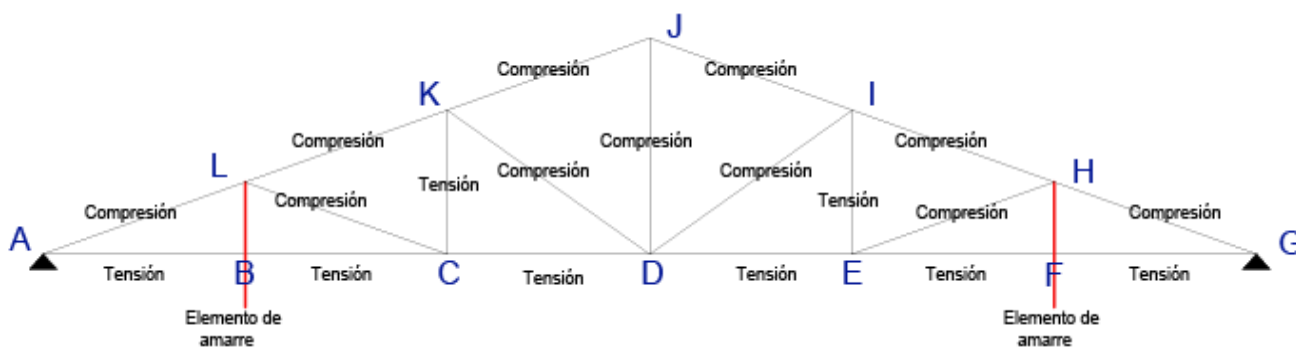
Debido a que la cercha mantiene simetría se procedió a realizar el cálculo a la mitad del diseño, de tal manera que una vez resuelto el cálculo podemos determinar que las cargas y reacciones aplicadas en la estructura se transmiten axialmente a lo largo de los tirantes (Fig. 79) transmitiendo reacciones en cada uno de sus componentes (nodos), por lo cual los resultados obtenidos a tensión y compresión nos ayudan a analizar que alternativa será la más adecuada para el diseño de cercha, basados en el análisis según su dirección del esfuerzo.

Figura 79. Cercha tipo howe



Fuente: El autor.

Figura 80. Resultados de esfuerzos en cercha tipo howe

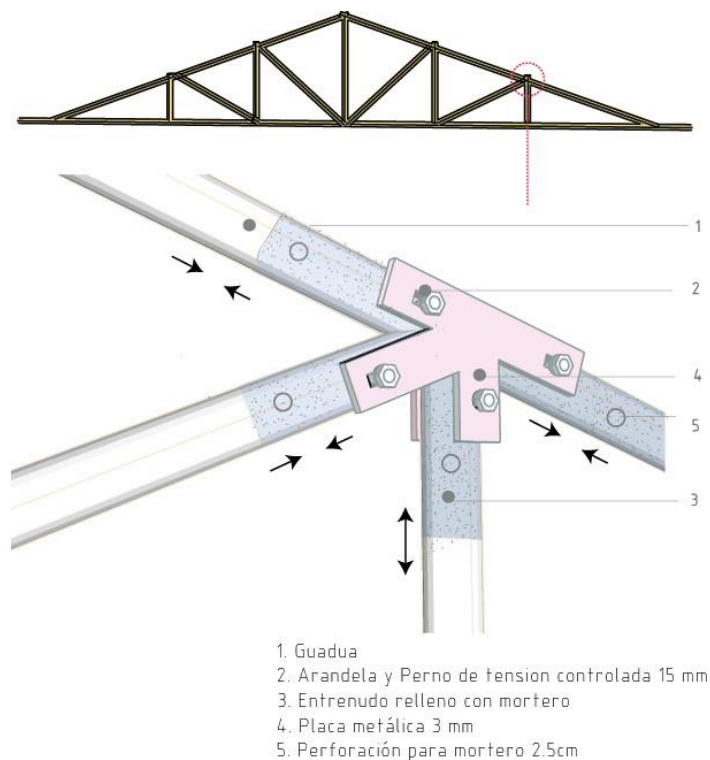


Fuente: El autor.

Podemos determinar que se presentan esfuerzos a compresión en todos los elementos diagonales sumado a esto también se presenta esfuerzo a compresión en el pendolón (sección JD del elemento) (Fig. 80), con valores de 22.848 KN en AL, -4.569 KN en LC, 18.279 KN en LK, 5.191 KN en KD, 13.746 KN en KJ, 13.746 KN en CD, 5.908 KN en JD, cumpliendo con esto estar dentro del esfuerzo admisible para el diseño del elemento (35.24 Ceibopamba-Malacatos y 24.18 KN Cuinuma-Cariamanga), en cuanto a la tensión, esta se presenta con 21.63 KN en AB, 21.63 KN en BC, 17.304 KN en KC, 1.471 KN en CD, cumpliendo así estar dentro del esfuerzo admisible según la norma ecuatoriana de construcción (19 Mpa).

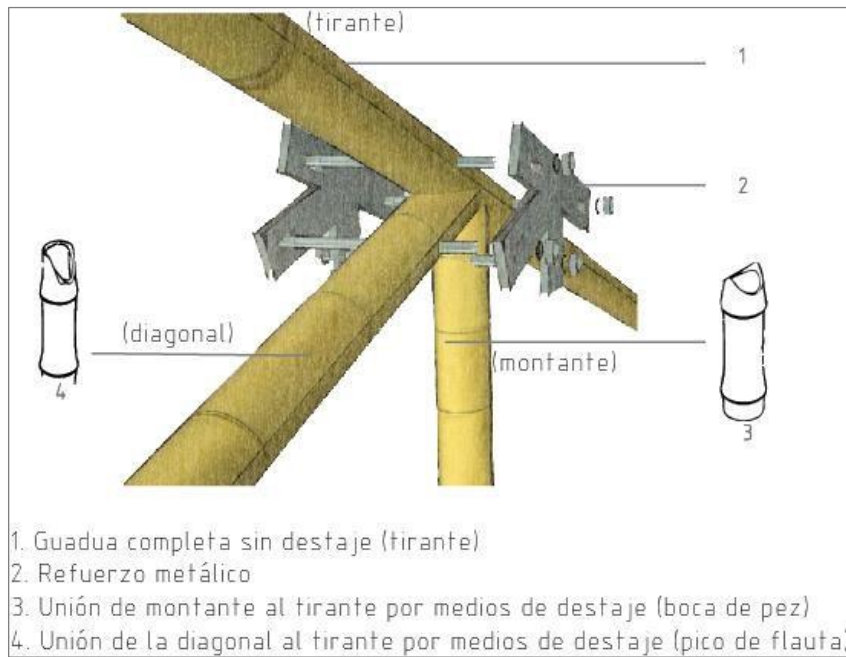
Finalmente, para el diseño de cercha tipo howe se planteara que: las uniones que se utilizaran tienen que sujetarse y reforzarse con platina y pernos con una resistencia mayor o igual a los resultados obtenidos, de tal modo que para el diseño; los pernos no deben tener menos de 10 mm. en este caso se empleará, perno de tensión controlada ASTM A-325 TC 15 mm, con una resistencia de 724 Mpa y las platinas (de acero ASTM A36) un mínimo de espesor de 3 mm. que mantienen una resistencia de 40 KN, de igual forma el diametro para la inyección de mortero debe tener 2,5 cm, en cuanto a las perforaciones de la platina esta debe ser de acuerdo al sentido del esfuerzo que se presenta en cada nudo (Fig. 79), de tal manera que los esfuerzos que se presenten en la estructura se contraresten y mantenga estabilidad y evite fracturas, laseraciones al elemento, a esto sumado la inyección de mortero entre nudos buscando el mejoramiento del elemento y así evitar el aplastamiento o falla a compresión perpendicular a la fibra, así mismo las uniones se plantean mediante corte en forma de boca de pez y pico de flauta buscando evitar la separación y deslizamiento entre estos (Fig. 80).

Figura 81. *Detalle, refuerzo cercha*



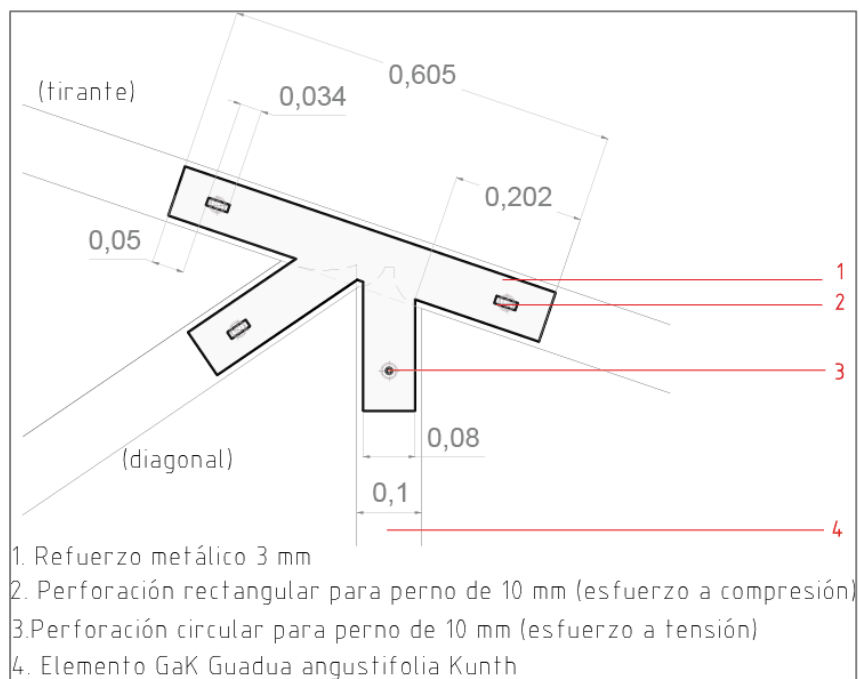
Fuente: El autor.

Figura 82. *Detalle, uniones de elementos (guadua)*



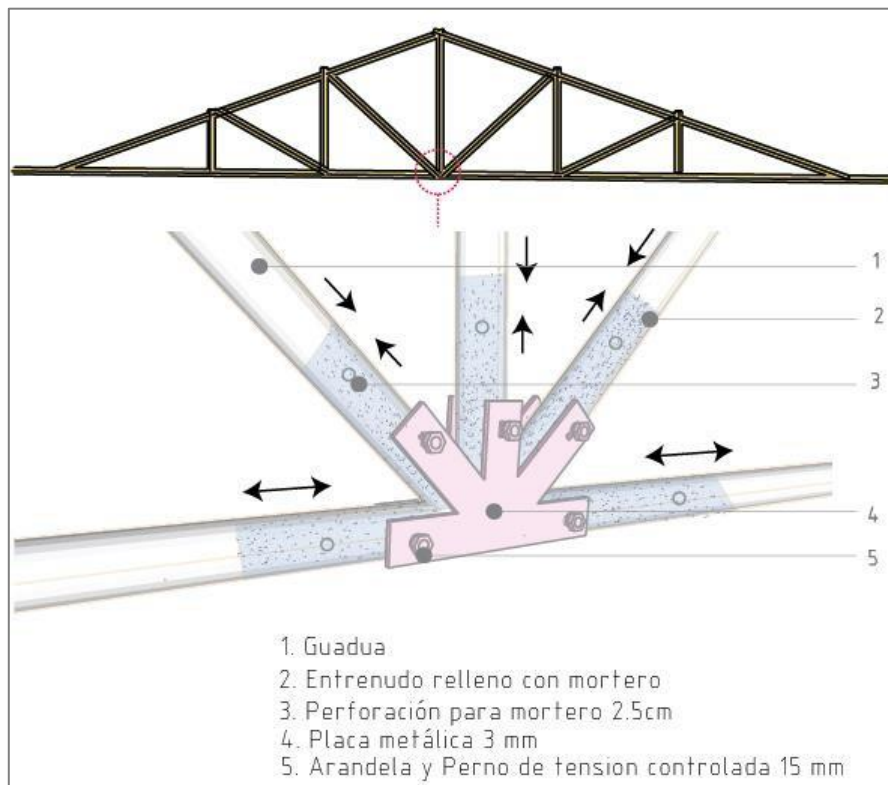
Fuente: El autor.

Figura 83. *Detalle unión, vista frontal escala 1:10*



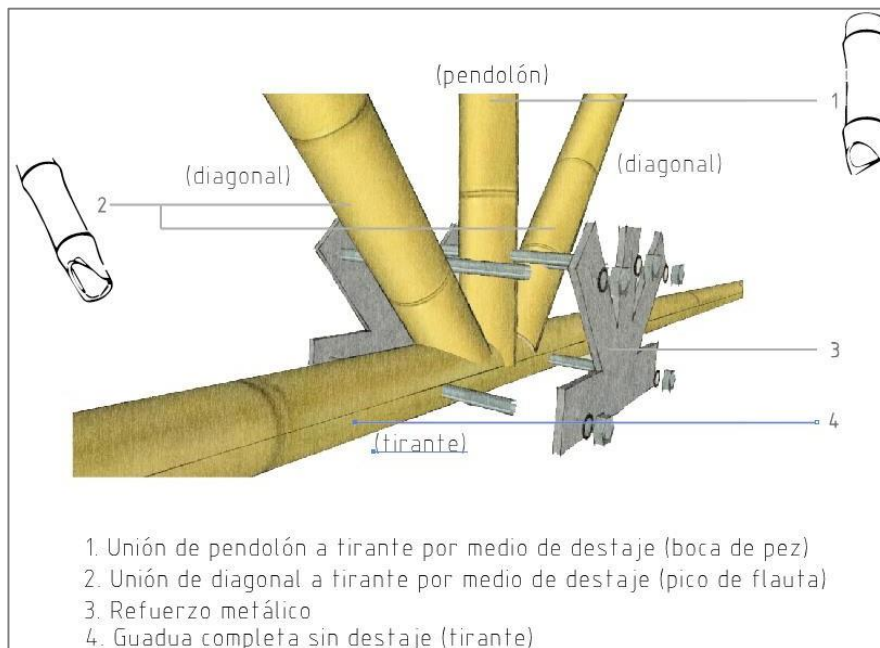
Fuente: El autor

Figura 84. Detalle, refuerzo cercha



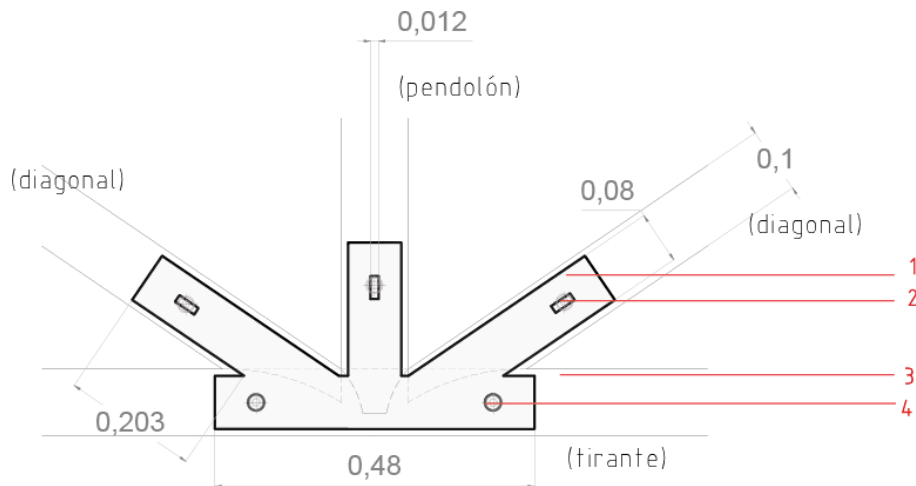
Fuente: El autor

Figura 85. Detalle, uniones de elementos (guadua)



Fuente: El autor

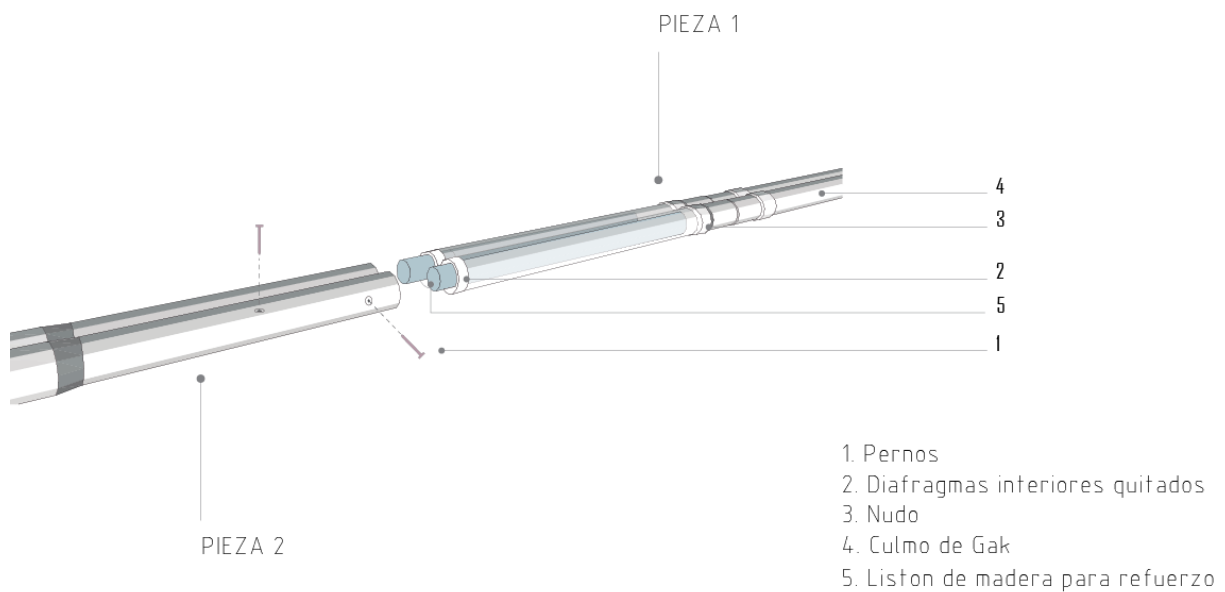
Figura 86. Detalle unión, vista frontal escala 1:10



1. Refuerzo metálico 3 mm
2. Perforación rectangular para perno de 10 mm (esfuerzo a compresión)
3. Elemento GaK *Guadua angustifolia* Kunth
4. Perforación circular para perno de 10 mm (esfuerzo a tensión)

Fuente: El autor

Figura 87. Detalle Uniones longitudinales



1. Pernos
2. Diafragmas interiores quitados
3. Nudo
4. Culmo de Gak
5. Liston de madera para refuerzo

Fuente: El autor

Manteniendo el mismo criterio, para evitar en lo mínimo las fracturas en cuanto a extensiones del elemento, se conectarán o unirán elementos mediante una pieza de madera interna en la guadua (Fig.87) unidos por pernos de 10 mm como mínimo perpendiculares a la

pieza y a 3 cm. de los nudos, dando como resultado una unión segura y reforzada para evitar daños y mejorando así de resistencia a compresión perpendicular a la fibra del elemento.

Conclusiones

- El proceso de corte y secado del elemento influencia en la resistencia del material determinando así valores diferentes entre cepa, basa y sobre basa.
- La resistencia última a flexión tanto en elementos extraídos de Cariamanga (80.35 Mpa) como de Malacatos (91.62 Mpa) son excepcionales debido a que estos mantienen células largas en su mayoría, aunque posee poca cantidad de células cortas, estas se presentan entre las largas formando un buen tejido conductivo.
- La resistencia última a flexión de los dos sectores confirma, en base a comparación con investigaciones previas, tales como la Universidad católica de Santiago de Guayaquil, Universidad Nacional de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Universidad de Cuenca, NEC (Norma Ecuatoriana de la construcción, en donde el factor climatológico es diferente, que la temperatura o ambiente de crecimiento del elemento influye en su resistencia a flexión.
- Las pruebas de resistencia a compresión paralela (58.25 Mpa Malacatos/37.77 Mpa Cariamanga), corte (8.89 Mpa Malacatos /8.37 Mpa Cariamanga) y flexión (91.62 Mpa Malacatos / 80.35 Mpa Cariamanga) cumplen con los estándares establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, los mismos que presentan (37 MPa) en compresión paralela, (7 MPa) en resistencia a corte y (45 Mpa) en resistencia a flexión, concluyendo que los elementos puestos a prueba mantienen excelentes resultados.
- Los elementos Gak (*Guandua Angustifolia* Kunth) provenientes de la provincia de Loja en cuanto a la resistencia perpendicular a la fibra presenta un valor bajo (1 Mpa Malacatos / 0.73 Mpa Cariamanga) en cuanto a lo establecido por la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) con un valor de (1.4 Mpa) por lo cual necesita alternativas de mejoramiento mediante diseño de cargas puntuales y distribuidas.

Recomendaciones

- El proceso de corte debe seguir todas las especificaciones en base a la Norma ecuatoriana de construcción ya que la hora, fase lunar y el tipo corte del elemento influyen directamente en la resistencia del material.
- Dado que la resistencia a compresión perpendicular a la fibra es baja a lo admisible se recomienda plantear investigaciones con respecto a mejoras o nuevas alternativas para el diseño con respecto a cargas puntuales y distribuidas.
- Realizar pruebas mecánicas en uniones y en los diseños planteados, ya que el diseño de vigas y columnas es hipotético, basado en los resultados de resistencia admisible de Malacatos y Cariamanga.
- Realizar calculo estructural cuando la superficie supere los 200 m² de construcción y luces mayores a 3 metros y a su vez que estos resultados cumplan con cada una de las combinaciones establecidas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Determinar nuevas alternativas de diseño en base a los resultados aprovechando la información obtenida al máximo, de tal manera que esta alternativa de construcción se potencialice en el área local.
- Determinar el área de estudio en donde se pueda solucionar problemas con el aporte de este material como alternativa para el diseño y construcción en base a esta investigación.
- En ninguna circunstancia se recomienda realizar perforaciones o laceraciones para adaptar instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, electrónicas, mecánicas o para realizar cualquier tipo de adaptación, como también evitar el aplastamiento o maltrato de los elementos para posterior empleo, ya que los elementos perderán propiedades en sus aspectos físicos mecánicos comprometiendo así el sistema estructural.

Bibliografía

- Acosta Solis, M. (1982). *Bambúes y Pseudobambúes del Ecuador*.
- Alfredo, L., Moreno, C., Geovany, W., & Rojas, H. (2012). Caracterización de la *Guadua Angustifolia* Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10. *Revista Facultad de Ingeniería UPTC*, 21(33), 53–71.
- American Psychological Association. (2019). *Publication Manual of the American Psychological Association* (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Ángulo López, E. (2012). *Política fiscal y estrategia como factor de desarrollo de la mediana empresa comercial Sinaloense*.
- Añazco, M. y Rojas, S. (2015). Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua Angustifolia*.
- Baxter, R., Hastings, N., Law, a., & Glass, E. J. . (2008). *Animal Genetics*, 39(5), 561–563.
- Bustamante, O. (2016). *Análisis de nuevos mercados para la exportación de caña (Guadua Angustifolia) para incrementar la rentabilidad*. Asociación Agropecuaria Río7.
- Cardenas, C. y Rincón, C. (2018). *La caña guadua como material de construcción sostenible*. <http://numbersmagazine.com/articulo.php?tit=la-caña-guadua-como-material-de-construccion-sostenible>
- Casta, H., y Rodr, J. A. (n.d.). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos, (61), 26–31.
- Cedeño Valdiviezo, A., y Irigoyen Castillo, J. (2011). El bambú en México. *Biotecnología Vegetal*, 11(3), 223–243. http://www.usjt.br/arq.urb/numero_06/arqurb6_06_ponto_de_vista_03_alberto_cedeno.pdf
- Colombiano, E. B., Guadua, L. A., El, A., y Colombiano, B. (n.d.). *La Guadua Angustifolia. El Bambú Colombiano*.
- Diseño de tabiques modulares en caña guadua. (2012).

- Econ, C. (2004). "El acero vegetal" Una alternativa para la construcción y la promoción turística del Ecuador, *20*(3).
- Economic contributions customs basic in the bamboo cane of Jipijapa - Manabí. (2018).
- Edici, T., Mor, J., & Internacional, U. R. (2015). *Construir con Bambú*.
- Fernández, C., Lucio, P. B. y Hernández, R. (2015). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- González, H., Montoya, J. A., y Bedoya, J. (2008). Comportamiento de muestras de Guadua angustifolia Kunth con diafragma y sin diafragma sometidas a esfuerzos de compresión. *Scientia et Technica*, *XIV*(38), 449–454.
- González, H. (2006). Metodología de preparación de muestras experimentales en procesos, (31), 279–284.
- Kunth, G. (2014). *Ambiente y la altura a lo largo del tramo en la especie de bambú*.
- La, A. D. E., En, C., y En, G. (n.d.). Actualidad de la construcción de guadua en Colombia.
- Luna, P., Takeuchi, C., Granados, G., Lamuns, F., & Lozano, J. (2011). Guadua angustifolia como material estructural design methodology for structures that use guadua. *Revista Educación En Ingeniería*, *11*(August 2008), 66–75.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Estructuras de Guadua* (GaK). <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>
- Molano Cetina, L. G. (2011). *Biomédica* [Tesis de grado]. Archivo digital <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.530>
- Norma Ecuatorina de la Construcción (2011). *Utilización de la Guadua Angustifolia Kunth En La Construcción*. NEC 1.
- Ordoñez Candelaria, V.R. (1999). Perspectivas del bambú para la construcción en México. *XXV*(50), 1982.

- Poveda, G., Franco, Z., Pilco, M., Suriaga, M., Rivera, G. y Sacoto, D. (2016). *Construcción de Viviendas con Caña Guadua en el Ecuador, una realidad amigable y sustentable*, 108–115. <http://www.eumed.net/libros-gratis/actas/2016/filosofia/construccion-viviendas-guido-poveda.pdf>
- Proyecto Corpei-CBI. (2005). Expansión de la oferta exportable del Ecuador. *Perfil de producto: Bambú*, 1–25.
- Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR. (2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua Angustifolia*. <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccioc81n-al-consumo-del-bmabucc81-en-ecuador.pdf>
- Rodríguez, N., Dill, W. O., Bidegaray, P., y Botero, R. (2006). Utilización del bambú (*Guadua Angustifolia* Kunth, Bambusoideae: gramineae), como una alternativa sostenible de construcción de viviendas en la zona atlántica de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 2(1), 77–85.
- Rodríguez, J. I., Tecnológico C., Mateos, A. L., Fracc, O., y Gens, B. (2006). El Bambú como material de construcción, (31), 2006.
- Ugarte, J. y Habusta, M. (2011). *Bamboo the vegetal miracle bambú el milagro vegetal*.
- Zaragoza Hernández, I., Ordóñez Candelaria, V. R., Bárcenas Pazos, G. M., Borja de la Rosa, A. M., y Zamudio Sánchez, F. J. (2015). Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 17(ahead), 0–0. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000045>

ANEXOS

Anexo 1.

Registro de valores en pruebas de resistencia a compresión paralela a la fibra de cada probeta del elemento (cepa, basa, sobrebasa), mediante prensa de hormigón calibrada y adaptada según la norma ISO 22157-1 sector Cuinuma-Cariamanga

➤ Cepa

Prubeta					
Área					
2784,00					
Longitud					
88					
Lectura deformación: metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.51	0.18	0.00114	161.03046
20	0.2	1.55	0.56	0.00227	244.71829
30	0.3	3.58	1.28	0.00341	376.88697
40	0.4	6.59	2.37	0.00455	520.41379
50	0.5	8.62	3.10	0.00568	545.1954
60	0.6	12.72	4.93	0.00682	722.79693
70	0.7	18.72	6.72	0.00795	845.22939
80	0.8	25.53	9.17	0.00909	1008.6889
90	0.9	33.96	12.20	0.01023	1192.6149
100	1	43.61	15.66	0.01136	1378.477
110	1.1	52.04	18.69	0.01250	1495.3448
120	1.2	59.88	21.51	0.01364	1577.2462
130	1.3	61.94	22.25	0.01477	1505.9593
140	1.4	76.10	27.33	0.01591	1718.1178
150	1.5	80.46	28.90	0.01705	1695.4751
160	1.6	82.47	29.62	0.01818	1629.1972
170	1.7	84.70	30.42	0.01932	1574.9077
180	1.8	85.42	30.68	0.02045	1499.9757
190	1.9	85.94	30.87	0.02159	1429.6706
200	2	85.95	30.87	0.02273	1358.342
210	2.1	85.97	30.88	0.02386	1293.954
220	2.2	85.94	30.84	0.02500	1235.4165

Prubeta					
Área					
3083,14					
Longitud					
87					
Lectura deformación: metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	11.76	3.81	0.00115	3318.4351
20	0.2	22.54	7.31	0.00230	3180.167
30	0.3	30.48	9.89	0.00345	2866.7592
40	0.4	47.04	15.26	0.00460	3318.4351
50	0.5	61.94	20.09	0.00575	3495.4183
60	0.6	75.66	24.54	0.00690	3558.0999
70	0.7	89.28	28.96	0.00805	3598.9219
80	0.8	97.22	31.53	0.00920	3429.0496
90	0.9	102.90	33.38	0.01034	3226.2563
100	1	104.13	33.77	0.01149	2938.1977
110	1.1	104.13	33.77	0.01264	2671.0889
120	1.2	106.39	34.51	0.01379	2501.7314

Prubeta					
Área					
2949,82					
Longitud					
90					
Lectura deformación: metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.91	1.33	0.00111	1193.0152
20	0.2	11.91	4.04	0.00222	1816.4329
30	0.3	21.78	7.38	0.00333	2214.6029
40	0.4	30.48	10.33	0.00444	2324.7351
50	0.5	44.16	14.97	0.00556	2694.5997
60	0.6	60.07	20.37	0.00667	3054.7966
70	0.7	73.79	25.02	0.00778	3216.3996
80	0.8	82.61	28.01	0.00889	3150.7261
90	0.9	90.36	30.83	0.01000	3063.1022
100	1	92.76	31.44	0.01111	2830.0473
110	1.1	93.75	31.78	0.01222	2600.224
120	1.2	94.26	31.95	0.01333	2396.4954
130	1.3	94.46	32.02	0.01444	2216.9796

Prubeta					
Área					
3240,90					
Longitud					
94					
Lectura deformación: metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	10.88	3.36	0.00106	3155.0866
20	0.2	21.78	6.72	0.00213	3157.929
30	0.3	33.37	10.30	0.00319	3226.1471
40	0.4	43.17	13.32	0.00426	3130.2154
50	0.5	52.04	16.06	0.00532	3018.6504
60	0.6	59.42	18.33	0.00638	2872.2657
70	0.7	65.86	20.32	0.00745	2728.7235
80	0.8	72.74	22.44	0.00851	2637.0554
90	0.9	77.29	23.85	0.00957	2490.9077
100	1	78.43	24.20	0.01064	2274.789
110	1.1	79.05	24.39	0.01170	2084.2692
120	1.2	79.56	24.55	0.01277	1922.8972
130	1.3	79.87	24.64	0.01383	1781.9789
140	1.4	80.08	24.71	0.01489	1658.9582
150	1.5	80.38	24.80	0.01596	1554.2354
160	1.6	80.39	24.80	0.01702	1457.2734
170	1.7	80.59	24.87	0.01809	1374.8954

Prubeta					
Área					
2609.10					
Lunquid					
88					
Lectura deformí metru	Deform ación mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.56	1.36	0.00114	1199.8436
20	0.2	7.06	2.70	0.00227	1189.9276
30	0.3	11.20	4.29	0.00341	1259.34
40	0.4	18.64	7.14	0.00455	1571.696
50	0.5	22.74	8.71	0.00568	1533.6844
60	0.6	31.31	12.00	0.00682	1760.1012
70	0.7	40.23	15.42	0.00795	1938.3542
80	0.8	48.12	18.44	0.00909	2028.6612
90	0.9	54.88	21.03	0.01023	2056.6649
100	1	65.66	25.17	0.01136	2214.5874
110	1.1	74.68	28.62	0.01250	2289.7091
120	1.2	80.46	30.84	0.01364	2261.4133
130	1.3	84.33	32.32	0.01477	2187.8903
140	1.4	88.20	33.80	0.01591	2124.8706
150	1.5	94.37	36.17	0.01705	2122.0375
160	1.6	95.39	36.56	0.01818	2010.8949
170	1.7	95.76	36.70	0.01932	1899.801

Prubeta					
Área					
2928.31					
Lunquid					
90					
Lectura deformí metru	Deform ación mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	11.09	3.79	0.00111	3409.557
20	0.2	21.56	7.36	0.00222	3313.1738
30	0.3	26.46	9.04	0.00333	2710.7786
40	0.4	44.10	15.06	0.00444	3388.4732
50	0.5	53.21	18.17	0.00556	3271.0061
60	0.6	67.72	23.13	0.00667	3468.7926
70	0.7	76.54	26.14	0.00778	3360.5049
80	0.8	82.61	28.21	0.00889	3173.8699
90	0.9	85.94	29.35	0.01000	2934.6688
100	1	86.45	29.52	0.01111	2656.8642
110	1.1	86.55	29.56	0.01222	2418.3431

Prubeta					
Área					
2774.67					
Lunquid					
88					
Lectura deformí metru	Deform ación mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.53	0.19	0.00114	167.83824
20	0.2	1.76	0.64	0.00227	279.73056
30	0.3	3.72	1.34	0.00341	393.69487
40	0.4	7.35	2.65	0.00455	582.77201
50	0.5	8.33	3.00	0.00568	528.37995
60	0.6	14.70	5.30	0.00682	777.02934
70	0.7	24.50	8.83	0.00795	1110.0419
80	0.8	27.44	9.89	0.00909	1087.8411
90	0.9	34.30	12.36	0.01023	1208.7123
100	1	43.61	15.72	0.01136	1383.1122
110	1.1	52.04	18.75	0.01250	1500.373
120	1.2	59.88	21.58	0.01364	1582.5498
130	1.3	64.17	23.13	0.01477	1565.8348
140	1.4	77.40	27.90	0.01591	1753.4222
150	1.5	78.45	28.27	0.01705	1658.6986
160	1.6	79.38	28.61	0.01818	1573.4844
170	1.7	80.36	28.96	0.01932	1499.2096
180	1.8	81.34	29.32	0.02045	1433.1875
190	1.9	85.94	30.97	0.02159	1434.478
200	2	85.26	30.73	0.02273	1352.0311
210	2.1	87.02	31.36	0.02386	1314.2896
220	2.2	90.27	32.53	0.02500	1301.3122

Prubeta					
Área					
2522.70					
Lunquid					
85					
Lectura deformí metru	Deform ación mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.17	1.25	0.00118	1066.5517
20	0.2	6.21	2.46	0.00235	1046.7396
30	0.3	10.78	4.27	0.00353	1210.7398
40	0.4	14.99	5.94	0.00471	1263.0218
50	0.5	18.72	7.42	0.00588	1261.3708
60	0.6	23.81	9.44	0.00706	1337.3172
70	0.7	32.67	12.95	0.00824	1572.7038
80	0.8	36.46	14.45	0.00941	1535.4382
90	0.9	41.26	16.35	0.01059	1544.6105
100	1	46.35	18.37	0.01176	1561.8544
110	1.1	51.06	20.24	0.01294	1563.9556
120	1.2	58.11	23.04	0.01412	1631.7471
130	1.3	66.28	26.27	0.01529	1717.8112
140	1.4	72.77	28.84	0.01647	1751.2487
150	1.5	84.57	33.53	0.01765	1899.7608
160	1.6	91.43	36.24	0.01882	1925.4891
170	1.7	99.96	39.62	0.02000	1981.2106
180	1.8	104.19	41.30	0.02118	1950.3918
190	1.9	107.93	42.78	0.02235	1913.9537
200	2	107.95	42.79	0.02353	1818.5862

Prubeta					
Área					
3019.32					
Lunquid					
90					
Lectura deformí metru	Deform ación mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	13.72	4.54	0.00111	4089.6626
20	0.2	28.42	9.41	0.00222	4235.722
30	0.3	43.12	14.28	0.00333	4284.4084
40	0.4	59.88	19.83	0.00444	4462.114
50	0.5	73.50	24.34	0.00556	4381.7813
60	0.6	82.61	27.36	0.00667	4104.2685
70	0.7	89.28	29.57	0.00778	3801.7169
80	0.8	91.85	30.42	0.00889	3422.1712
90	0.9	92.32	30.58	0.01000	3057.5096
100	1	92.71	30.70	0.01111	2763.4434
110	1.1	92.82	30.74	0.01222	2515.1425

Prubeta					
Área					
2940.10					
Lunquid					
88					
Lectura deformí metru	Deform ación mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.91	1.33	0.00114	1170.3602
20	0.2	11.91	4.04	0.00222	1816.4329
30	0.3	24.60	8.34	0.00333	2501.6442
40	0.4	30.48	10.33	0.00444	2324.7351
50	0.5	42.14	14.29	0.00556	2571.4111
60	0.6	61.74	20.93	0.00667	3139.5136
70	0.7	73.79	25.02	0.00778	3216.3996
80	0.8	82.61	28.01	0.00889	3150.7261
90	0.9	90.36	30.63	0.01000	3063.1022
100	1	92.76	31.44	0.01111	2830.0473
110	1.1	93.75	31.78	0.01222	2600.224
120	1.2	96.04	32.56	0.01333	2441.8439
130	1.3	98.98	33.55	0.01444	2323.0101

Prubata	11B					
Área	2887.26					
Longitud	88					
Lectura deformi metru	Deform acián mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform acián unitaria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	11.09	4.34	0.00110	3687.3688	
20	0.2	21.54	8.43	0.00238	3893.1319	
30	0.3	26.46	10.38	0.00383	2931.6534	
40	0.4	44.10	17.28	0.00471	3664.8660	
50	0.5	53.21	20.81	0.00580	3837.8204	
60	0.6	67.72	26.40	0.00706	3751.4306	
70	0.7	76.54	29.93	0.00824	3634.3198	
80	0.8	82.61	32.31	0.00941	3432.4778	
90	0.9	88.94	33.60	0.01059	3173.7863	
100	1	86.48	33.80	0.01176	2873.3461	
110	1.1	86.58	33.88	0.01294	2418.3902	

Prubata	12B					
Área	2915.21					
Longitud	88					
Lectura deformi metru	Deform acián mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform acián unitaria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	13.72	4.71	0.00114	4141.8884	
20	0.2	28.42	9.75	0.00227	4289.5023	
30	0.3	43.12	14.79	0.00341	4338.8069	
40	0.4	59.88	20.54	0.00455	4518.7688	
50	0.5	73.50	25.21	0.00568	4437.4162	
60	0.6	82.61	28.34	0.00682	4156.3798	
70	0.7	89.28	30.62	0.00795	3849.9868	
80	0.8	91.85	31.51	0.00909	3465.622	
90	0.9	92.32	31.67	0.01023	3096.3304	
100	1	92.71	31.80	0.01136	2798.5305	
110	1.1	92.82	31.84	0.01250	2547.0769	

➤ Basa

Prubata	1M					
Área	2281.19					
Longitud	90					
Lectura deformi metru	Deform acián mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform acián unitaria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	6.17	2.71	0.00111	2435.8339	
20	0.2	14.70	6.44	0.00222	2899.8023	
30	0.3	22.83	10.01	0.00333	3002.9064	
40	0.4	22.93	10.05	0.00444	2261.8458	
50	0.5	40.47	17.74	0.00556	3193.6489	
60	0.6	56.58	24.79	0.00667	3718.1909	
70	0.7	66.28	29.05	0.00778	3735.4977	
80	0.8	75.78	33.21	0.00889	3735.912	
90	0.9	86.24	37.30	0.01000	3780.483	
100	1	90.16	39.52	0.01111	3857.0908	
110	1.1	92.41	40.51	0.01222	3314.5619	
120	1.2	100.16	43.91	0.01333	3292.8866	
130	1.3	102.17	44.79	0.01444	3100.8553	

Prubata	2M					
Área	2574.39					
Longitud	89					
Lectura deformi metru	Deform acián mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform acián unitaria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	3.91	1.52	0.00112	1351.8068	
20	0.2	11.91	4.63	0.00225	2058.2021	
30	0.3	24.60	9.55	0.00337	2834.6158	
40	0.4	30.48	11.84	0.00449	2634.1599	
50	0.5	42.14	16.37	0.00562	2912.6689	
60	0.6	61.74	23.98	0.00674	3557.3864	
70	0.7	73.79	28.66	0.00787	3644.5061	
80	0.8	82.61	32.09	0.00899	3570.0914	
90	0.9	90.36	35.10	0.01011	3470.8045	
100	1	92.76	36.03	0.01124	3206.7297	
110	1.1	93.75	36.42	0.01236	2946.3167	
120	1.2	98.98	38.45	0.01348	2951.5558	
130	1.3	103.62	40.25	0.01461	2755.4759	

Prubata	3M					
Área	2430.37					
Longitud	85					
Lectura deformi metru	Deform acián mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform acián unitaria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	3.26	1.34	0.00118	1141.3447	
20	0.2	5.19	2.14	0.00235	908.27734	
30	0.3	11.07	4.56	0.00353	1291.0106	
40	0.4	14.70	6.05	0.00471	1285.2981	
50	0.5	26.56	10.93	0.00588	1857.6842	
60	0.6	26.66	10.97	0.00706	1953.7828	
70	0.7	48.02	19.76	0.00824	2399.2232	
80	0.8	55.96	23.02	0.00941	2446.3508	
90	0.9	64.97	26.73	0.01059	2524.8968	
100	1	75.78	31.17	0.01176	2649.4279	
110	1.1	80.65	33.19	0.01294	2564.3645	
120	1.2	85.94	35.36	0.01412	2504.6176	
130	1.3	88.91	36.58	0.01529	2391.8409	
140	1.4	89.63	36.88	0.01647	2239.1117	
150	1.5	89.7388	36.92	0.01765	2092.3511	

Prubata	4M					
Área	2627.90					
Longitud	95					
Lectura deformi metru	Deform acián mm	Carga KN	Esfuezu Mpa	Deform acián unitaria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	6.86	2.61	0.00105	2479.9269	
20	0.2	11.07	4.21	0.00211	2001.6553	
30	0.3	11.10	4.23	0.00316	1337.9796	
40	0.4	11.41	4.34	0.00421	1030.9411	
50	0.5	11.76	4.48	0.00526	850.26066	
60	0.6	14.70	5.59	0.00632	885.68819	
70	0.7	24.50	9.32	0.00737	1265.2688	
80	0.8	27.44	10.44	0.00842	1239.9635	
90	0.9	34.30	13.05	0.00947	1377.7372	
100	1	43.61	16.59	0.01053	1576.525	
110	1.1	52.04	19.80	0.01158	1710.1834	
120	1.2	59.88	22.79	0.01263	1803.8516	
130	1.3	68.85	26.20	0.01368	1914.4491	
140	1.4	83.71	31.85	0.01474	2161.5853	
150	1.5	93.51	35.58	0.01579	2253.6631	
160	1.6	100.27	38.16	0.01684	2265.5904	
170	1.7	110.33	41.98	0.01789	2346.1359	
180	1.8	121.11	46.09	0.01895	2432.2966	
190	1.9	125.99	47.94	0.02000	2397.1384	
200	2	132.29	50.34	0.02105	2391.181	

Prubata					
Área					
1893.35					
Lunqitud					
80					
Lectura deforma/ metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.92	2.07	0.00125	1656.3234
20	0.2	5.77	3.05	0.00250	1219.4681
30	0.3	6.17	3.26	0.00375	869.56981
40	0.4	14.90	7.87	0.00500	1573.5073
50	0.5	27.44	14.49	0.00625	2318.8528
60	0.6	38.22	20.19	0.00750	2691.5256
70	0.7	44.10	23.29	0.00875	2661.9484
80	0.8	57.82	30.54	0.01000	3053.8464
90	0.9	64.66	34.15	0.01125	3035.6728
100	1	74.13	39.15	0.01250	3132.1076
110	1.1	82.87	43.77	0.01375	3183.1525
120	1.2	96.49	50.96	0.01500	3397.5335
130	1.3	104.36	55.12	0.01625	3391.9593

Prubata					
Área					
2056.96					
Lunqitud					
83					
Lectura deforma/ metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	11.07	5.38	0.00120	4468.4486
20	0.2	21.58	10.49	0.00241	4353.7716
30	0.3	26.56	12.91	0.00361	3572.1226
40	0.4	40.28	19.58	0.00482	4063.1247
50	0.5	62.72	30.49	0.00602	5061.6055
60	0.6	64.97	31.59	0.00723	4369.5991
70	0.7	71.83	34.92	0.00843	4140.8
80	0.8	76.24	37.07	0.00964	3845.6338
90	0.9	77.52	37.69	0.01084	3475.46
100	1	78.43	38.13	0.01205	3164.6897

Prubata					
Área					
2273.93					
Lunqitud					
88					
Lectura deforma/ metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	7.84	3.45	0.00114	3034.0424
20	0.2	17.64	7.76	0.00222	3490.8726
30	0.3	24.50	10.77	0.00333	3232.2895
40	0.4	27.44	12.07	0.00444	2715.1232
50	0.5	33.31	14.87	0.00556	2676.3357
60	0.6	44.10	19.29	0.00667	2909.0605
70	0.7	53.60	23.57	0.00778	3030.4099
80	0.8	64.11	28.19	0.00889	3171.8457
90	0.9	72.04	31.68	0.01000	3168.0747
100	1	94.59	41.60	0.01111	3743.767
110	1.1	100.47	44.18	0.01222	3614.9925
120	1.2	100.16	44.05	0.01333	3303.3998
130	1.3	106.28	46.74	0.01444	3235.7704

Prubata					
Área					
2115.52					
Lunqitud					
85					
Lectura deforma/ metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	6.86	3.24	0.00118	2756.2963
20	0.2	11.07	5.23	0.00235	2224.7249
30	0.3	11.10	5.25	0.00353	1487.0875
40	0.4	11.41	5.39	0.00471	1145.8318
50	0.5	11.76	5.56	0.00588	945.01588
60	0.6	14.70	6.95	0.00706	984.39154
70	0.7	24.50	11.58	0.00824	1406.2736
80	0.8	27.44	12.97	0.00941	1378.1482
90	0.9	34.30	16.21	0.01059	1531.2757
100	1	43.61	20.61	0.01176	1752.2169
110	1.1	52.04	24.60	0.01294	1900.7706
120	1.2	59.88	28.30	0.01412	2004.8774
130	1.3	68.85	32.54	0.01529	2127.8002
140	1.4	83.71	39.57	0.01647	2402.4779
150	1.5	93.51	44.20	0.01765	2504.8171
160	1.6	103.49	48.92	0.01882	2598.7937
170	1.7	115.23	54.47	0.02000	2723.4061

Prubata					
Área					
2379.76					
Lunqitud					
88					
Lectura deforma/ metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	6.68	2.81	0.00114	2471.4963
20	0.2	12.05	5.07	0.00227	2228.6953
30	0.3	22.05	9.27	0.00341	2717.9211
40	0.4	34.50	14.50	0.00455	3189.0275
50	0.5	45.37	19.07	0.00568	3355.7266
60	0.6	53.90	22.45	0.00682	3321.9036
70	0.7	69.78	29.32	0.00795	3636.0188
80	0.8	83.30	35.00	0.00909	3850.3883
90	0.9	93.10	39.12	0.01023	3825.2223
100	1	106.04	44.56	0.01136	3921.0542
110	1.1	114.95	48.30	0.01250	3864.3897
120	1.2	115.94	48.72	0.01364	3572.3593

Prubata					
Área					
2324.78					
Lunqitud					
90					
Lectura deforma/ metro	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.26	1.40	0.00111	1263.3712
20	0.2	5.19	2.23	0.00222	1005.3855
30	0.3	11.07	4.76	0.00333	1429.0384
40	0.4	14.70	6.32	0.00444	1422.7153
50	0.5	26.56	11.42	0.00556	2056.2978
60	0.6	26.66	11.47	0.00667	1719.9047
70	0.7	48.02	20.66	0.00778	2655.7352
80	0.8	55.96	24.07	0.00889	2707.9014
90	0.9	64.97	27.95	0.01000	2794.8451
100	1	75.75	32.59	0.01111	2932.6904
110	1.1	80.65	34.69	0.01222	2838.5325
120	1.2	85.94	36.97	0.01333	2772.3978
130	1.3	89.18	38.36	0.01444	2655.7352
140	1.4	93.59	40.26	0.01556	2587.9868
150	1.5	96.04	41.31	0.01667	2478.6862

Prubete					
Área					
2134.72					
Lunquidá					
85					
Lectura deformí metru	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuezu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	7.84	3.67	0.00118	3121.7209
20	0.2	11.96	5.60	0.00235	2380.3122
30	0.3	12.74	5.97	0.00253	1690.9321
40	0.4	14.70	6.89	0.00471	1463.3067
50	0.5	17.64	8.26	0.00588	1404.7744
60	0.6	18.82	8.81	0.00706	1248.6884
70	0.7	24.50	11.48	0.00824	1393.6254
80	0.8	27.44	12.85	0.00941	1365.7529
90	0.9	37.24	17.44	0.01059	1647.5749
100	1	47.04	22.04	0.01176	1873.0325
110	1.1	52.04	24.38	0.01294	1883.6748
120	1.2	66.64	31.22	0.01412	2211.219
130	1.3	74.48	34.89	0.01529	2281.2576
140	1.4	83.30	39.02	0.01647	2369.1632
150	1.5	96.04	44.99	0.01765	2549.4054
160	1.6	99.96	46.82	0.01882	2487.6213
170	1.7	105.84	49.58	0.02000	2479.0136

Prubete					
Área					
2343.24					
Lunquidá					
88					
Lectura deformí metru	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuezu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	8.04	3.43	0.00114	2017.9068
20	0.2	15.68	6.69	0.00227	2944.2993
30	0.3	22.93	9.79	0.00341	2870.6919
40	0.4	37.73	16.10	0.00455	3542.3602
50	0.5	47.24	20.16	0.00568	3547.8807
60	0.6	55.08	23.50	0.00682	3447.2838
70	0.7	77.32	33.00	0.00795	4148.3075
80	0.8	96.65	41.25	0.00909	4536.9813
90	0.9	97.02	41.40	0.01023	4048.4116
100	1	102.75	43.85	0.01136	3858.8723
110	1.1	112.70	48.10	0.01250	3847.6639
120	1.2	116.28	49.62	0.01364	3638.97

➤ Sobrebasa

Prubete					
Área					
2210.95					
Lunquidá					
88					
Lectura deformí metru	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuezu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	12.74	5.76	0.00114	5070.7614
20	0.2	23.81	10.77	0.00227	4739.2117
30	0.3	31.85	14.41	0.00341	4225.6345
40	0.4	46.26	20.92	0.00455	4602.6912
50	0.5	56.84	25.71	0.00568	4524.6794
60	0.6	65.66	29.70	0.00682	4355.6541
70	0.7	76.07	34.40	0.00795	4325.1923
80	0.8	82.53	37.33	0.00909	4105.854
90	0.9	86.86	39.29	0.01023	3841.2101
100	1	86.93	39.32	0.01136	3459.8195
110	1.1	87.37	39.52	0.01250	3161.2474

Prubete					
Área					
1655.62					
Lunquidá					
78					
Lectura deformí metru	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuezu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	12.94	7.81	0.00128	6094.442
20	0.2	22.93	13.95	0.00256	5401.8917
30	0.3	32.34	19.53	0.00385	5078.7016
40	0.4	44.30	26.75	0.00513	5217.2117
50	0.5	58.02	35.04	0.00641	5466.5298
60	0.6	63.70	38.48	0.00769	5001.7516
70	0.7	65.95	39.84	0.00897	4438.9171
80	0.8	77.71	46.94	0.01026	4576.6027
90	0.9	78.32	47.31	0.01154	4099.8973

Prubete					
Área					
2036.15					
Lunquidá					
86					
Lectura deformí metru	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuezu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	12.74	6.26	0.00116	5380.9395
20	0.2	23.52	11.55	0.00233	4967.0211
30	0.3	32.34	15.88	0.00349	4553.1027
40	0.4	32.34	15.88	0.00465	3414.827
50	0.5	41.45	20.36	0.00581	3501.7499
60	0.6	41.73	20.49	0.00698	2937.4411
70	0.7	42.14	20.70	0.00814	2542.6418

Prubete					
Área					
2041.06					
Lunquidá					
85					
Lectura deformí metru	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuezu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	15.68	7.63	0.00118	6529.9403
20	0.2	31.85	15.60	0.00235	6631.9706
30	0.3	47.33	23.19	0.00353	6570.7525
40	0.4	65.86	32.27	0.00471	6856.4373
50	0.5	84.58	41.44	0.00588	7044.9894
60	0.6	93.98	46.05	0.00706	6523.1383
70	0.7	94.84	46.47	0.00824	5642.5681

Prubete					
Área					
1564.72					
Lunquidá					
74					
Lectura deformí metru	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuezu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	43.41	27.75	0.00125	20531.699
20	0.2	52.14	33.32	0.00250	13327.88
30	0.3	53.57	34.23	0.00375	9129.0966

Prubete					
Área					
2002.92					
Lunquidá					
86					
Lectura deformí metru	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuezu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	14.70	7.34	0.00116	6311.7848
20	0.2	26.75	13.36	0.00233	5743.7242
30	0.3	32.73	16.34	0.00349	4684.7469
40	0.4	40.47	20.21	0.00465	4344.6119
50	0.5	46.26	23.09	0.00581	3972.2166
60	0.6	48.90	24.42	0.00698	3499.534
70	0.7	50.36	25.14	0.00814	3089.1678
80	0.8	50.57	25.25	0.00930	2714.0675

Prubeta					
7A					
Área					
1555.09					
Lunquid					
75					
Lectura deformí metro	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	52.14	33.53	0.00133	25144.525
20	0.2	60.76	39.07	0.00267	14651.885
30	0.3	61.26	39.39	0.00400	9848.2724

Prubeta					
9A					
Área					
2324.54					
Lunquid					
88					
Lectura deformí metro	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	6.86	2.95	0.00114	2596.9869
20	0.2	17.64	7.59	0.00227	3338.9832
30	0.3	24.50	10.54	0.00341	3091.6511
40	0.4	27.44	11.30	0.00455	2596.9869
50	0.5	41.16	17.71	0.00568	3116.3843
60	0.6	56.84	24.45	0.00682	3586.3153
70	0.7	67.62	29.09	0.00795	3656.9816
80	0.8	77.42	33.31	0.00909	3663.6066
90	0.9	88.20	37.94	0.01023	3709.9813
100	1	91.14	39.21	0.01136	3450.2826
110	1.1	96.04	41.32	0.01250	3305.2561
120	1.2	102.90	44.27	0.01364	3246.2337
130	1.3	106.82	45.95	0.01477	3110.6767

Prubeta					
11A					
Área					
2141.79					
Lunquid					
85					
Lectura deformí metro	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	13.72	6.41	0.00118	5444.9783
20	0.2	24.50	11.44	0.00235	4861.5877
30	0.3	34.30	16.01	0.00353	4537.4819
40	0.4	41.16	19.22	0.00471	4083.7337
50	0.5	47.04	21.96	0.00588	3733.6994
60	0.6	50.96	23.79	0.00706	3370.7008
70	0.7	53.90	25.17	0.00824	3055.8551
80	0.8	57.82	27.00	0.00941	2868.3368

Prubeta					
8A					
Área					
2096.04					
Lunquid					
86					
Lectura deformí metro	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	11.96	5.70	0.00116	4905.5171
20	0.2	21.85	10.43	0.00233	4483.3209
30	0.3	32.73	15.62	0.00349	4476.6194
40	0.4	44.69	21.32	0.00465	4583.8438
50	0.5	55.57	26.51	0.00581	4559.7183
60	0.6	59.98	28.61	0.00698	4101.3339
70	0.7	63.90	30.48	0.00814	3745.1957
80	0.8	62.44	29.79	0.00930	3202.1567
90	0.9	65.27	31.14	0.01047	2975.4776
100	1	65.47	31.24	0.01163	2686.3737

Prubeta					
10A					
Área					
2096.04					
Lunquid					
85					
Lectura deformí metro	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	12.74	6.08	0.00118	5166.409
20	0.2	28.42	13.56	0.00235	5762.5332
30	0.3	31.36	14.96	0.00352	4239.1049
40	0.4	34.30	16.36	0.00471	3477.3907
50	0.5	41.45	19.78	0.00588	3362.14
60	0.6	41.73	19.91	0.00706	2820.3294
70	0.7	42.14	20.10	0.00824	2441.2702

Prubeta					
12A					
Área					
2201.28					
Lunquid					
85					
Lectura deformí metro	Defurm acián mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Defurm acián unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	18.13	8.24	0.00114	7247.7831
20	0.2	26.46	12.02	0.00227	5288.9228
30	0.3	37.24	16.92	0.00341	4962.4461
40	0.4	42.63	19.37	0.00455	4260.5212
50	0.5	53.90	24.49	0.00568	4309.4927
60	0.6	55.86	25.38	0.00682	3721.8346
70	0.7	57.82	26.27	0.00795	3302.0788
80	0.8	58.80	26.71	0.00909	2938.2904
90	0.9	63.70	28.94	0.01023	2829.4649
100	1	73.70	33.48	0.01136	2946.1259

Anexo 2.

Registro de valores en pruebas de resistencia a compresión paralela a la fibra de cada probeta del elemento (cepa, basa, sobrebasa), mediante prensa de hormigón calibrada y adaptada según la norma ISO 22157-1 sector Ceibopamba-Malacatos

➤ Cepa

Prueba					
Área					
2489,47					
Longitud					
70					
Letura deformi	Deformaci	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
ón mm	ón mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	1.83	0.74	0.00143	515.6359
20	0.2	3.43	1.38	0.00286	482.5123
30	0.3	6.08	2.44	0.00429	569.492
40	0.4	7.20	2.93	0.00571	513.2317
50	0.5	9.07	3.64	0.00714	509.7872
60	0.6	10.05	4.03	0.00857	470.7495
70	0.7	11.76	4.72	0.01000	472.3897
80	0.8	13.08	5.26	0.01143	459.8419
90	0.9	14.21	5.71	0.01286	443.9588
100	1	15.93	6.40	0.01429	447.7861
110	1.1	22.54	9.05	0.01571	576.1723
120	1.2	24.50	9.84	0.01714	574.0847
130	1.3	27.83	11.18	0.01857	601.9941
140	1.4	30.48	12.24	0.02000	612.1383
150	1.5	33.32	13.38	0.02143	624.6042
160	1.6	35.23	14.17	0.02286	620.0115
170	1.7	37.46	15.05	0.02429	619.5252
180	1.8	39.20	15.75	0.02571	612.357
190	1.9	40.38	16.22	0.02714	597.5315
200	2	42.14	16.93	0.02857	592.4554
210	2.1	44.10	17.71	0.03000	590.4871
220	2.2	45.23	18.21	0.03143	579.3037
230	2.3	48.02	19.29	0.03286	587.064
240	2.4	50.96	20.47	0.03429	597.0481
250	2.5	54.88	22.04	0.03571	617.2559
260	2.6	57.82	23.23	0.03714	625.3107
270	2.7	60.76	24.41	0.03857	632.7689
280	2.8	66.64	26.77	0.04000	669.2187
290	2.9	69.07	27.75	0.04143	669.7074
300	3	72.72	29.21	0.04286	681.5534
310	3.1	76.93	30.90	0.04429	697.7907
320	3.2	80.61	32.38	0.04571	708.277
330	3.3	83.79	33.66	0.04714	713.9526
340	3.4	87.02	34.96	0.04857	719.6996
350	3.5	88.20	35.47	0.05000	709.3719
360	3.6	89.43	35.92	0.05143	698.4697
370	3.7	91.73	36.85	0.05286	697.094
380	3.8	92.81	37.28	0.05429	686.7262
390	3.9	96.48	38.76	0.05571	695.614
400	4	98.20	39.44	0.05714	690.2795
410	4.1	101.16	40.63	0.05857	693.7408

Prueba					
Área					
2778.75					
Longitud					
75					
Letura deformi	Deformaci	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
ón mm	ón mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	1.83	0.66	0.00133	494.9528
20	0.2	3.43	1.24	0.00267	463.1579
30	0.3	5.10	1.83	0.00400	458.4795
40	0.4	7.64	2.75	0.00533	515.7895
50	0.5	9.35	3.54	0.00667	531.6599
60	0.6	13.72	4.94	0.00800	617.184
70	0.7	17.64	6.35	0.00933	680.1619
80	0.8	19.70	7.09	0.01067	664.5749
90	0.9	22.79	8.20	0.01200	683.3108
100	1	25.09	9.03	0.01333	677.139
110	1.1	27.64	9.95	0.01467	678.1008
120	1.2	30.38	10.93	0.01600	683.3108
130	1.3	34.79	12.52	0.01733	722.3087
140	1.4	37.49	13.49	0.01867	722.6721
150	1.5	39.45	14.20	0.02000	709.7816
160	1.6	43.51	15.66	0.02133	734.0081
170	1.7	46.26	16.65	0.02267	734.3971
180	1.8	47.29	17.02	0.02400	709.0268
190	1.9	48.02	17.28	0.02533	682.1507
200	2	48.93	17.61	0.02667	660.3428
210	2.1	49.00	17.63	0.02800	629.7796
220	2.2	50.96	18.34	0.02933	625.1994
230	2.3	51.94	18.69	0.03067	609.5171
240	2.4	53.95	19.41	0.03200	606.7139
250	2.5	65.66	23.63	0.03333	708.8799
260	2.6	80.58	29.00	0.03467	836.4529
270	2.7	90.38	32.52	0.03600	903.4398
280	2.8	98.25	35.36	0.03733	947.031
290	2.9	110.01	39.59	0.03867	1023.826
300	3	123.55	44.46	0.04000	1111.548

Prueba					
Área					
2489,47					
Longitud					
69					
Letura deformi	Deformaci	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
ón mm	ón mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.33	1.73	0.00145	1196.09
20	0.2	7.06	3.67	0.00290	1266.435
30	0.3	12.75	6.63	0.00435	1524.405
40	0.4	20.59	10.71	0.00580	1846.885
50	0.5	33.58	17.46	0.00725	2409.04
60	0.6	52.87	27.49	0.00870	3160.81
70	0.7	60.99	31.71	0.01014	3125.379
80	0.8	71.82	37.34	0.01159	3220.61
90	0.9	78.45	40.79	0.01304	3126.996
100	1	83.32	43.32	0.01449	2988.783
110	1.1	83.36	43.34	0.01594	2718.254
120	1.2	84.33	43.84	0.01739	2520.926
130	1.3	85.32	44.26	0.01884	2354.268
140	1.4	86.30	44.87	0.02029	2211.232
150	1.5	86.71	45.08	0.02174	2073.667

Prueba					
Área					
3216,21					
Longitud					
80					
Letura deformi	Deformaci	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
ón mm	ón mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.19	0.99	0.00125	792.7841
20	0.2	15.16	4.71	0.00250	1885.586
30	0.3	29.21	9.08	0.00375	2422.23
40	0.4	48.76	15.16	0.00500	3032.059
50	0.5	64.60	20.08	0.00625	3213.541
60	0.6	86.71	26.96	0.00750	3594.724
70	0.7	107.49	33.42	0.00875	3819.58
80	0.8	125.19	38.92	0.01000	3892.47
90	0.9	139.27	43.30	0.01125	3849.113
100	1	148.42	46.15	0.01250	3691.799
110	1.1	151.40	47.07	0.01375	3423.567
120	1.2	154.91	48.17	0.01500	3211.026
130	1.3	157.27	48.90	0.01625	3009.18

Prubata					
Área					
2832.74					
Lunqitud					
75					
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.63	0.22	0.00133	166.1642
20	0.2	0.96	0.34	0.00267	127.2178
30	0.3	1.03	0.36	0.00400	90.81213
40	0.4	1.67	0.59	0.00533	110.3393
50	0.5	1.95	0.69	0.00667	103.3099
60	0.6	2.16	0.76	0.00800	95.1817
70	0.7	2.50	0.88	0.00933	94.55762
80	0.8	2.83	1.00	0.01067	93.79501
90	0.9	3.04	1.07	0.01200	89.43343
100	1	3.49	1.23	0.01333	92.43347
110	1.1	9.71	3.43	0.01467	233.6783
120	1.2	13.19	4.66	0.01600	291.0146
130	1.3	24.03	8.48	0.01733	489.3258
140	1.4	39.09	13.80	0.01867	739.2382
150	1.5	52.94	18.69	0.02000	934.3657
160	1.6	66.97	23.64	0.02133	1108.185
170	1.7	81.17	28.65	0.02267	1264.457
180	1.8	95.25	33.63	0.02400	1401.058
190	1.9	106.56	37.62	0.02533	1484.893

Prubata					
Área					
2840.94					
Lunqitud					
75					
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	1.72	0.60	0.00133	452.7551
20	0.2	1.76	0.62	0.00267	232.8455
30	0.3	2.06	0.72	0.00400	181.102
40	0.4	2.40	0.85	0.00533	158.4643
50	0.5	2.83	1.00	0.00667	149.5385
60	0.6	3.43	1.21	0.00800	150.9184
70	0.7	4.21	1.48	0.00933	158.9263
80	0.8	5.15	1.81	0.01067	169.7832
90	0.9	6.08	2.14	0.01200	178.2274
100	1	7.84	2.76	0.01333	206.9737
110	1.1	9.41	3.31	0.01467	225.7895
120	1.2	14.31	5.04	0.01600	314.7726
130	1.3	24.50	8.62	0.01733	497.533
140	1.4	39.06	13.75	0.01867	736.6048
150	1.5	49.10	17.28	0.02000	864.1154
160	1.6	59.78	21.04	0.02133	986.3593
170	1.7	83.55	29.41	0.02267	1297.391
180	1.8	92.41	32.53	0.02400	1355.391
190	1.9	100.21	35.27	0.02533	1392.307
200	2	133.94	47.15	0.02667	1767.944

Prubata					
Área					
2520.10					
Lunqitud					
74					
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.43	1.36	0.00135	1007.182
20	0.2	6.13	2.43	0.00270	899.2699
30	0.3	12.74	5.06	0.00405	1246.988
40	0.4	17.64	7.00	0.00541	1294.949
50	0.5	22.79	9.04	0.00676	1338.114
60	0.6	30.38	12.06	0.00811	1486.793
70	0.7	47.04	18.67	0.00946	1973.255
80	0.8	61.74	24.50	0.01081	2266.16
90	0.9	80.85	32.08	0.01216	2637.858
100	1	98.29	39.00	0.01351	2886.297
110	1.1	101.43	40.25	0.01486	2707.62
120	1.2	105.50	41.86	0.01622	2581.504
130	1.3	107.52	42.64	0.01757	2428.527

Prubata					
Área					
1627.99					
Lunqitud					
72					
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	1.47	0.90	0.00139	650.1268
20	0.2	4.12	2.53	0.00278	910.1776
30	0.3	5.88	3.61	0.00417	866.8358
40	0.4	8.82	5.42	0.00556	975.1903
50	0.5	13.92	8.55	0.00694	1230.907
60	0.6	17.64	10.84	0.00833	1300.254
70	0.7	22.54	13.85	0.00972	1424.087
80	0.8	31.36	19.26	0.01111	1733.672
90	0.9	44.15	27.12	0.01250	2169.497
100	1	65.86	40.45	0.01389	2912.568
110	1.1	69.78	42.86	0.01528	2805.396
120	1.2	77.42	47.56	0.01667	2853.334
130	1.3	83.50	51.29	0.01806	2840.554
140	1.4	87.81	53.94	0.01944	2773.875
150	1.5	88.89	54.60	0.02083	2620.734

Prubata					
Área					
2478.18					
Lunqitud					
70					
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	1.83	0.74	0.00143	517.985
20	0.2	3.43	1.38	0.00286	484.7106
30	0.3	5.39	2.17	0.00429	507.4961
40	0.4	8.04	3.24	0.00571	567.4729
50	0.5	9.90	3.99	0.00714	559.1684
60	0.6	10.09	4.07	0.00857	475.2009
70	0.7	11.76	4.75	0.01000	474.5418
80	0.8	13.92	5.62	0.01143	491.3485
90	0.9	14.31	5.77	0.01286	449.0571
100	1	16.36	6.80	0.01429	476.1236
110	1.1	20.58	8.30	0.01571	528.467
120	1.2	23.52	9.49	0.01714	553.6321
130	1.3	26.95	10.87	0.01857	585.5724
140	1.4	31.46	12.69	0.02000	634.6997
150	1.5	32.63	13.17	0.02143	614.5316
160	1.6	35.18	14.20	0.02286	621.106
170	1.7	37.44	15.11	0.02429	622.0219
180	1.8	41.36	16.69	0.02571	648.9799
190	1.9	42.43	17.12	0.02714	630.8492
200	2	43.12	17.40	0.02857	608.9953
210	2.1	44.59	17.99	0.03000	599.7681
220	2.2	45.36	18.51	0.03143	588.8632
230	2.3	48.02	19.38	0.03286	589.7385
240	2.4	49.98	20.17	0.03429	589.2341
250	2.5	54.39	21.95	0.03571	614.5316
260	2.6	57.33	23.13	0.03714	622.8361
270	2.7	60.27	24.32	0.03857	630.5254
280	2.8	66.15	26.69	0.04000	667.3244
290	2.9	70.76	28.55	0.04143	689.1765
300	3	72.72	29.34	0.04286	684.6584
310	3.1	76.44	30.85	0.04429	696.5049
320	3.2	79.48	32.07	0.04571	701.5557
330	3.3	81.83	33.02	0.04714	700.4285
340	3.4	86.73	35.00	0.04857	720.5359
350	3.5	88.69	35.79	0.05000	715.7672
360	3.6	90.16	36.38	0.05143	707.4188
370	3.7	91.39	36.88	0.05286	697.6513
380	3.8	92.81	37.45	0.05429	699.8547

Prubata					
Área					
2771.33					
Lunqitud					
74					
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	4.12	1.49	0.00135	1099.054
20	0.2	5.19	1.87	0.00267	702.8214
30	0.3	7.94	2.86	0.00400	716.0822
40	0.4	10.88	3.93	0.00533	735.9733
50	0.5	13.23	4.77	0.00667	716.0822
60	0.6	15.68	5.66	0.00800	707.2416
70	0.7	21.76	7.85	0.00933	841.1124
80	0.8	22.93	8.27	0.01067	775.7557
90	0.9	25.68	9.26	0.01200	772.0721
100	1	27.73	10.01	0.01333	750.5602
110	1.1	31.36	11.32	0.01467	771.5363
120	1.2	34.30	12.38	0.01600	773.5456
130	1.3	39.10	14.11	0.01733	814.0079
140	1.4	39.69	14.32	0.01867	767.2309
150	1.5	42.63	15.38	0.02000	769.1253
160	1.6	48.02	17.33	0.02133	812.2228
170	1.7	49.00	17.68	0.02267	780.0459
180	1.8	51.94	18.74	0.02400	780.9127
190	1.9	62.72	22.63	0.02533	893.3579
200	2	73.01	26.34	0.02667	987.9282
210	2.1	87.51	31.58	0.02800	1127.798
220	2.2	93.59	33.77	0.02933	1151.277
230	2.3	98.98	35.72	0.03067	1164.642
240	2.4	107.60	38.83	0.03200	1213.361
250	2.5	113.29	40.88	0.03333	1226.357
260	2.6	116.52	42.05	0.03467	1212.851
270	2.7	118.09	42.61	0.03600	1183.647
280	2.8	121.52	43.85	0.03733	1174.526

Prubata					
Área					
11B					
2799,95					
Lunqitud					
73					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	4.41	1.58	0.00137	1149.771
20	0.2	7.25	2.63	0.00270	971.2673
30	0.3	13.13	4.69	0.00405	1156.887
40	0.4	18.52	6.62	0.00541	1223.797
50	0.5	22.93	8.21	0.00676	1214.732
60	0.6	31.46	11.24	0.00811	1385.675
70	0.7	37.44	13.37	0.00946	1413.425
80	0.8	44.10	15.75	0.01081	1456.901
90	0.9	65.66	23.45	0.01216	1928.146
100	1	81.73	29.19	0.01351	2160.099
110	1.1	93.20	33.32	0.01486	2241.567
120	1.2	99.27	35.46	0.01622	2186.431

➤ Basa

Prubata					
Área					
1M					
1670,94					
Lunqitud					
67					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	7.30	4.37	0.00149	2927.496
20	0.2	15.30	9.45	0.00299	3167.197
30	0.3	24.46	14.64	0.00448	3269.365
40	0.4	33.50	20.05	0.00597	3357.779
50	0.5	44.97	26.91	0.00746	3606.518
60	0.6	57.83	34.61	0.00896	3864.688
70	0.7	70.52	42.20	0.01045	4039.551
80	0.8	80.90	48.42	0.01194	4054.778
90	0.9	90.77	54.32	0.01343	4043.918
100	1	97.24	58.19	0.01493	3898.874
110	1.1	102.47	61.32	0.01642	3735.192
120	1.2	102.89	61.58	0.01791	3438.007

Prubata					
Área					
3M					
1587,49					
Lunqitud					
71					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	8.43	5.31	0.00141	3769.397
20	0.2	17.25	10.86	0.00282	3857.057
30	0.3	28.32	17.84	0.00423	4222.309
40	0.4	39.25	24.72	0.00563	4388.499
50	0.5	48.30	30.74	0.00704	4365.488
60	0.6	57.29	36.09	0.00845	4270.522
70	0.7	68.42	43.10	0.00986	4371.749
80	0.8	77.63	48.90	0.01127	4339.737
90	0.9	83.75	52.76	0.01268	4161.921
100	1	94.59	59.58	0.01408	4230.491
110	1.1	100.49	63.30	0.01549	4085.771
120	1.2	113.90	71.75	0.01690	4244.955

Prubata					
Área					
5M					
1541,10					
Lunqitud					
70					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	9.35	6.07	0.00143	4246.603
20	0.2	24.65	15.99	0.00286	5597.593
30	0.3	40.18	26.07	0.00429	6083.533
40	0.4	41.66	27.03	0.00571	4730.689
50	0.5	55.29	35.88	0.00714	5022.921
60	0.6	98.49	63.91	0.00857	7456.038
70	0.7	103.77	67.34	0.01000	6733.645
80	0.8	110.70	71.83	0.01143	6285.329

Prubata					
Área					
7M					
1575,51					
Lunqitud					
70					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	4.41	2.80	0.00143	1959.366
20	0.2	9.60	6.10	0.00286	2133.531
30	0.3	15.17	9.63	0.00429	2246.739
40	0.4	21.13	13.41	0.00571	2346.885
50	0.5	29.52	18.74	0.00714	2622.937
60	0.6	47.97	30.45	0.00857	3852.257
70	0.7	53.53	33.97	0.01000	3397.478
80	0.8	63.82	40.51	0.01143	3544.275
90	0.9	78.97	48.85	0.01286	3799.718
100	1	96.57	61.29	0.01429	4290.575
110	1.1	108.86	69.09	0.01571	4396.895

Prubata					
Área					
12E					
1627,99					
Lunqitud					
72					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.14	1.93	0.00139	1386.937
20	0.2	8.33	5.12	0.00278	1842.026
30	0.3	8.92	5.48	0.00417	1314.701
40	0.4	10.98	6.74	0.00556	1213.57
50	0.5	16.17	9.93	0.00694	1430.279
60	0.6	19.60	12.04	0.00833	1444.726
70	0.7	28.32	17.40	0.00972	1789.397
80	0.8	37.24	22.87	0.01111	2058.735
90	0.9	45.57	27.99	0.01250	2239.326
100	1	60.27	37.02	0.01389	2665.52
110	1.1	68.40	42.02	0.01528	2750.234
120	1.2	70.85	43.52	0.01667	2611.343
130	1.3	79.58	48.88	0.01806	2707.195
140	1.4	82.79	51.47	0.01944	2646.945

Prubata					
Área					
2M					
1724,93					
Lunqitud					
72					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	5.29	3.07	0.00139	2208.924
20	0.2	12.05	6.99	0.00278	2515.719
30	0.3	21.07	12.21	0.00417	2931.597
40	0.4	31.85	18.46	0.00556	3323.613
50	0.5	41.65	24.15	0.00694	3477.011
60	0.6	55.08	31.93	0.00833	3831.529
70	0.7	68.01	39.43	0.00972	4055.538
80	0.8	76.05	44.09	0.01111	3967.883
90	0.9	82.81	48.01	0.01250	3840.62
100	1	96.00	55.65	0.01389	4007.153

Prubata					
Área					
4M					
2031,98					
Lunqitud					
72					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	17.93	8.83	0.00139	6354.629
20	0.2	33.81	16.64	0.00278	5990.02
30	0.3	45.33	22.31	0.00417	5353.399
40	0.4	50.23	24.72	0.00556	4449.977
50	0.5	64.18	31.59	0.00694	4548.248
60	0.6	73.71	36.27	0.00833	4352.748
70	0.7	87.84	43.23	0.00972	4446.256
80	0.8	94.61	46.56	0.01111	4190.409
90	0.9	110.27	54.27	0.01250	4341.366
100	1	122.95	60.51	0.01389	4356.567
110	1.1	132.08	65.00	0.01528	4254.729

Prubata					
Área					
6M					
1369,54					
Lunqitud					
65					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	4.41	3.22	0.00154	2093.039
20	0.2	7.36	5.37	0.00308	1746.524
30	0.3	15.17	11.08	0.00462	2400.018
40	0.4	24.95	18.22	0.00615	2960.487
50	0.5	31.93	23.31	0.00769	3030.72
60	0.6	44.78	32.69	0.00923	3541.886
70	0.7	53.20	38.85	0.01077	3607.335
80	0.8	60.91	44.47	0.01231	3613.398
90	0.9	73.91	53.97	0.01385	3897.703
100	1	87.86	64.15	0.01538	4169.798
110	1.1	93.84	68.52	0.01692	4049.078

Prubata					
Área					
8M					
1044,83					
Lunqitud					
70					
Lectura deformáma	Defarmeci áa mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defarmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.40	3.28	0.00143	2297.981
20	0.2	9.33	8.92	0.00286	3128.285
30	0.3	12.08	11.54	0.00429	2691.921
40	0.4	19.48	18.62	0.00571	3288.209
50	0.5	19.72	18.87	0.00714	2642.022
60	0.6	31.81	30.16	0.00857	3810.1
70	0.7	41.31	39.83	0.01000	3983.466
80	0.8	50.21	48.05	0.01143	4204.485
90	0.9	61.24	58.63	0.01286	4860.217
100	1	69.88	66.89	0.01429	4661.62
110	1.1	73.70	70.83	0.01571	4488.828

Prubata					
Área 9M					
1662.67					
Lunqitud 67					
Lectura deformáma	Defurmeci áa mm	Carga KH	Erfuexu Mpa	Defurmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	4.41	2.65	0.00149	1776.013
20	0.2	7.64	4.59	0.00299	1529.212
30	0.3	9.35	5.62	0.00448	1255.049
40	0.4	10.98	6.60	0.00597	1105.075
50	0.5	15.38	9.24	0.00746	1238.473
60	0.6	25.12	15.10	0.00896	1685.897
70	0.7	35.85	21.55	0.01045	2062.431
80	0.8	44.31	26.63	0.01194	2230.377
90	0.9	55.09	33.11	0.01343	2464.931
100	1	61.10	36.73	0.01493	2460.765
110	1.1	83.51	50.19	0.01642	3057.254
120	1.2	97.80	58.79	0.01791	3282.326

Prubata					
Área 11M					
1363.45					
Lunqitud 65					
Lectura deformáma	Defurmeci áa mm	Carga KH	Erfuexu Mpa	Defurmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	3.58	2.62	0.00154	1705.27
20	0.2	8.36	6.13	0.00308	1992.596
30	0.3	9.62	7.06	0.00462	1529.292
40	0.4	15.32	11.23	0.00615	1825.573
50	0.5	25.18	18.47	0.00769	2400.459
60	0.6	35.69	26.18	0.00923	2835.887
70	0.7	48.76	35.76	0.01077	3220.437
80	0.8	55.18	40.47	0.01231	3288.484
90	0.9	61.34	44.99	0.01385	3249.097
100	1	74.11	54.35	0.01538	3532.945
110	1.1	83.93	61.56	0.01692	3637.342

Prubata					
Área 10M					
1553.86					
Lunqitud 70					
Lectura deformáma	Defurmeci áa mm	Carga KH	Erfuexu Mpa	Defurmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	7.35	4.73	0.00143	3311.109
20	0.2	14.72	9.47	0.00286	3315.524
30	0.3	35.46	22.82	0.00429	5324.263
40	0.4	45.87	29.52	0.00571	5166.434
50	0.5	52.41	33.73	0.00714	4722.083
60	0.6	65.87	42.39	0.00857	4945.325
70	0.7	74.12	47.70	0.01000	4769.889
80	0.8	84.49	54.37	0.01143	4757.512
90	0.9	94.61	60.89	0.01286	4735.622
100	1	100.28	64.54	0.01429	4517.677
110	1.1	102.90	66.22	0.01571	4214.139
120	1.2	115.66	74.43	0.01714	4341.968

Prubata					
Área 12M					
1049.05					
Lunqitud 67					
Lectura deformáma	Defurmeci áa mm	Carga KH	Erfuexu Mpa	Defurmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	5.31	5.06	0.00149	3392.376
20	0.2	9.60	9.15	0.00299	3066.908
30	0.3	10.00	9.53	0.00448	2128.059
40	0.4	16.41	15.64	0.00597	2619.39
50	0.5	29.25	27.89	0.00746	3736.621
60	0.6	35.31	34.13	0.00896	3811.729
70	0.7	44.97	42.87	0.01045	4103.219
80	0.8	50.23	47.89	0.01194	4010.452
90	0.9	58.90	56.14	0.01343	4179.619

➤ Sobrebasa

Prubata					
Área 1A					
1295.47					
Lunqitud 65					
Lectura deformáma	Defurmeci áa mm	Carga KH	Erfuexu Mpa	Defurmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	4.41	3.40	0.00154	2212.71
20	0.2	6.32	4.88	0.00308	1885.776
30	0.3	6.91	5.33	0.00462	1155.527
40	0.4	8.90	6.87	0.00615	1116.189
50	0.5	10.00	7.72	0.00769	1003.095
60	0.6	16.96	13.09	0.00923	1418.593
70	0.7	25.27	19.51	0.01077	1811.613
80	0.8	31.88	24.61	0.01231	1999.42
90	0.9	40.49	31.26	0.01385	2257.511
100	1	48.81	37.68	0.01538	2449.225
110	1.1	56.41	43.54	0.01692	2573.002
120	1.2	61.68	47.61	0.01846	2579.037
130	1.3	66.30	51.18	0.02000	2558.801
140	1.4	69.28	53.48	0.02154	2482.802
150	1.5	71.24	54.99	0.02308	2382.843
160	1.6	72.9806	56.34	0.02462	2288.619
170	1.7	74.5192	57.52	0.02615	2199.405
180	1.8	75.1366	58.00	0.02769	2094.426

Prubata					
Área 2A					
1320.21					
Lunqitud 67					
Lectura deformáma	Defurmeci áa mm	Carga KH	Erfuexu Mpa	Defurmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	7.25	5.49	0.00149	3680.354
20	0.2	9.60	7.27	0.00299	2426.991
30	0.3	10.98	8.31	0.00448	1856.755
40	0.4	16.64	12.60	0.00597	2111.23
50	0.5	28.18	21.34	0.00746	2859.734
60	0.6	33.87	25.65	0.00896	2864.708
70	0.7	40.28	30.51	0.01045	2920.126
80	0.8	45.39	34.38	0.01194	2879.628
90	0.9	50.18	38.01	0.01343	2829.341
100	1	56.47	42.77	0.01493	2865.703
110	1.1	62.66	47.46	0.01642	2890.932
120	1.2	66.85	50.63	0.01791	2826.993
130	1.3	72.57	54.97	0.01940	2832.954
140	1.4	77.32	58.57	0.02090	2802.895
150	1.5	79.58	60.28	0.02239	2692.295
160	1.6	86.828	65.77	0.02388	2754.049
170	1.7	88.3176	66.90	0.02537	2626.514
180	1.8	91.9926	69.68	0.02687	2593.655

Prubata					
Área 3A					
1194.59					
Lunqitud 66					
Lectura deformáma	Defurmeci áa mm	Carga KH	Erfuexu Mpa	Defurmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	5.29	4.43	0.00152	2923.781
20	0.2	10.88	9.11	0.00303	3004.988
30	0.3	15.63	13.13	0.00455	2887.685
40	0.4	19.40	16.24	0.00606	2630.133
50	0.5	20.68	17.31	0.00758	2234.881
60	0.6	24.50	20.51	0.00909	2256.004
70	0.7	37.24	31.17	0.01061	2929.251
80	0.8	44.10	36.92	0.01212	3045.606
90	0.9	48.02	40.20	0.01364	2947.845
100	1	49.10	41.10	0.01515	2712.619
110	1.1	53.88	45.10	0.01667	2706.221
120	1.2	61.05	51.11	0.01818	2810.981
130	1.3	68.44	57.29	0.01970	2908.788
140	1.4	69.68	58.33	0.02121	2749.747
150	1.5	74.89	62.69	0.02273	2758.461
160	1.6	80.458	67.35	0.02424	2778.269
170	1.7	82.8688	69.37	0.02576	2693.191
180	1.8	90.356	75.64	0.02727	2773.381

Prubata					
Área 4A					
1621.41					
Lunqitud 70					
Lectura deformáma	Defurmeci áa mm	Carga KH	Erfuexu Mpa	Defurmeci áa unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	7.55	4.65	0.00143	3257.782
20	0.2	10.98	6.77	0.00286	2369.296
30	0.3	18.15	11.19	0.00429	2611.867
40	0.4	24.13	14.88	0.00571	2604.11
50	0.5	28.07	17.31	0.00714	2423.451
60	0.6	34.90	21.52	0.00857	2511.031
70	0.7	38.21	23.57	0.01000	2356.603
80	0.8	39.30	24.24	0.01143	2120.721
90	0.9	44.30	27.32	0.01286	2124.845
100	1	45.65	28.15	0.01429	1970.746
110	1.1	55.12	33.99	0.01571	2163.136
120	1.2	63.29	39.03	0.01714	2276.922
130	1.3	77.73	47.94	0.01857	2581.491
140	1.4	82.96	51.16	0.02000	2558.175
150	1.5	93.55	57.70	0.02143	2692.536
160	1.6	102.7922	63.40	0.02286	2773.61

Próbete	5A				
Área	1194.15				
Lunqitud	63				
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuoxn Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	6.66	5.58	0.00147	3794.766
20	0.2	10.00	8.37	0.00294	2846.075
30	0.3	19.40	16.25	0.00441	3683.155
40	0.4	25.95	21.73	0.00588	3694.316
50	0.5	34.76	29.11	0.00735	3958.834
60	0.6	44.78	37.50	0.00882	4249.58
70	0.7	51.59	43.20	0.01029	4196.565
80	0.8	61.05	51.13	0.01176	4345.844
90	0.9	68.15	57.07	0.01324	4311.896
100	1	69.58	58.27	0.01471	3962.182
110	1.1	74.13	62.08	0.01618	3827.381
120	1.2	78.40	65.65	0.01765	3720.359
130	1.3	82.87	69.40	0.01912	3629.926
140	1.4	89.18	74.63	0.02059	3627.35

Próbete	7A				
Área	1182.22				
Lunqitud	65				
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuoxn Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	5.49	4.64	0.00154	2017.374
20	0.2	9.70	8.21	0.00308	2667.143
30	0.3	14.21	12.02	0.00462	2604.281
40	0.4	18.52	15.67	0.00615	2545.909
50	0.5	20.92	17.70	0.00769	2300.748
60	0.6	29.60	25.03	0.00923	2712.045
70	0.7	35.31	30.29	0.01077	2812.624
80	0.8	41.17	34.82	0.01231	2829.462
90	0.9	48.99	41.44	0.01385	2992.828
100	1	53.96	45.64	0.01538	2966.728
110	1.1	58.60	49.57	0.01692	2929.204
120	1.2	59.88	50.65	0.01846	2743.476
130	1.3	63.94	54.08	0.02000	2704.031

Próbete	9A				
Área	1269.99				
Lunqitud	65				
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuoxn Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	5.49	4.32	0.00154	2808.841
20	0.2	9.60	7.86	0.00308	2487.734
30	0.3	12.05	9.49	0.00462	2056.473
40	0.4	18.13	14.28	0.00615	2319.802
50	0.5	21.95	17.21	0.00769	2327.041
60	0.6	27.44	21.61	0.00923	2340.701
70	0.7	30.88	24.08	0.01077	2235.608
80	0.8	39.00	30.71	0.01231	2495.384
90	0.9	41.80	32.91	0.01385	2376.926
100	1	50.18	39.51	0.01538	2868.082
110	1.1	58.60	46.15	0.01692	2726.764
120	1.2	60.86	47.92	0.01846	2595.67
130	1.3	64.11	50.48	0.02000	2824.099
140	1.4	74.11	58.35	0.02154	2709.842

Próbete	11A				
Área	1025.75				
Lunqitud	60				
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuoxn Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	5.49	5.30	0.00167	3179.146
20	0.2	10.98	10.60	0.00333	3179.146
30	0.3	19.40	18.73	0.00500	3746.85
40	0.4	20.68	19.96	0.00667	2994.642
50	0.5	29.20	28.20	0.00833	3383.519
60	0.6	33.52	32.36	0.01000	3235.916
70	0.7	38.47	37.14	0.01167	3183.201
80	0.8	44.30	42.77	0.01333	3207.531
90	0.9	47.92	46.27	0.01500	3084.528
100	1	51.25	49.48	0.01667	2969.095
110	1.1	57.43	55.45	0.01833	3024.317
120	1.2	58.90	56.87	0.02000	2843.254
130	1.3	61.94	59.80	0.02167	2759.918
140	1.4	73.01	70.49	0.02333	3020.999

Próbete	6A				
Área	1035.75				
Lunqitud	60				
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuoxn Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	9.60	9.27	0.00167	5563.505
20	0.2	15.92	15.37	0.00333	4609.761
30	0.3	25.96	25.06	0.00500	5012.831
40	0.4	34.42	32.23	0.00667	4984.446
50	0.5	44.72	42.17	0.00833	5180.872
60	0.6	49.20	47.50	0.01000	4749.795
70	0.7	58.60	56.58	0.01167	4849.819
80	0.8	59.98	57.91	0.01333	4242.94
90	0.9	64.66	62.43	0.01500	4161.905
100	1	71.05	68.60	0.01667	4115.858
110	1.1	77.61	74.93	0.01833	4086.957

Próbete	8A				
Área	1209.91				
Lunqitud	60				
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuoxn Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	7.35	6.07	0.00167	3644.899
20	0.2	10.98	9.07	0.00333	2721.525
30	0.3	19.40	16.04	0.00500	3207.511
40	0.4	20.68	17.09	0.00667	2563.579
50	0.5	29.20	24.14	0.00833	2396.48
60	0.6	33.52	27.70	0.01000	2770.123
70	0.7	38.47	31.79	0.01167	2724.996
80	0.8	44.30	36.61	0.01333	2745.824
90	0.9	47.92	39.61	0.01500	2640.527
100	1	51.25	42.36	0.01667	2541.71
110	1.1	57.43	47.46	0.01833	2588.983
120	1.2	58.90	48.68	0.02000	2433.983
130	1.3	61.05	50.46	0.02167	2328.997
140	1.4	68.13	56.31	0.02333	2413.27
150	1.5	74.11	61.25	0.02500	2450.02
160	1.6	84.59	69.92	0.02667	2621.897

Próbete	10A				
Área	1245.84				
Lunqitud	66				
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuoxn Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	7.25	5.82	0.00152	3841.842
20	0.2	14.21	11.41	0.00303	3763.964
30	0.3	19.70	15.81	0.00455	3478.424
40	0.4	24.01	19.27	0.00606	3179.903
50	0.5	29.20	23.44	0.00758	3094.24
60	0.6	30.58	24.54	0.00909	2699.673
70	0.7	34.10	27.37	0.01061	2581.006
80	0.8	42.34	33.98	0.01212	2803.506
90	0.9	48.80	39.17	0.01364	2872.728
100	1	55.19	44.30	0.01515	2923.953
110	1.1	57.72	46.33	0.01667	2779.908
120	1.2	63.75	51.17	0.01818	2814.322
130	1.3	68.72	55.16	0.01970	2800.311
140	1.4	74.99	60.19	0.02121	2837.623
150	1.5	76.83	61.67	0.02273	2713.517
160	1.6	78.253	62.81	0.02424	2590.972
170	1.7	78.596	63.09	0.02576	2449.25

Próbete	12A				
Área	1251.14				
Lunqitud	65				
Lectura deformáma	Deformaci ón mm	Carga KN	Erfuoxn Mpa	Deformaci ón unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	5.49	4.39	0.00154	2851.16
20	0.2	9.70	7.75	0.00308	2520.222
30	0.3	14.21	11.26	0.00462	2460.822
40	0.4	18.52	14.80	0.00615	2405.666
50	0.5	20.92	16.72	0.00769	2174.009
60	0.6	29.60	23.66	0.00923	2562.65
70	0.7	35.31	28.62	0.01077	2657.688
80	0.8	41.17	32.91	0.01231	2673.599
90	0.9	48.99	39.16	0.01385	2827.966
100	1	53.96	43.13	0.01538	2803.301
110	1.1	58.60	46.84	0.01692	2767.847
120	1.2	59.88	47.86	0.01846	2592.349
130	1.3	63.94	51.10	0.02000	2555.078

Anexo 3.

Registro de valores en pruebas de resistencia a compresión perpendicular a la fibra de cada probeta del elemento (cepa, basa, sobrebasa), mediante prensa de hormigón calibrada y adaptada según la norma ISO 22157-1 sector Cuinuma-Cariamanga

➤ Cepa

Prueba					
Área					
2024.00					
Longitud					
88					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.40	0.20	0.00568	34.93913
100	1	0.83	0.41	0.01136	36.217391
150	1.5	1.23	0.61	0.01705	35.507246
200	2	1.52	0.75	0.02273	33.021739
250	2.5	1.60	0.79	0.02841	27.78037

Prueba					
Área					
2523.00					
Longitud					
87					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.40	0.16	0.00575	27.710345
100	1	0.97	0.38	0.01149	33.455172
150	1.5	1.33	0.53	0.01724	30.63908
200	2	1.34	0.53	0.02299	23.148276
250	2.5	1.65	0.65	0.02874	22.708966
300	3	1.85	0.73	0.03448	21.289655
350	3.5	1.95	0.77	0.04023	19.213793

Prueba					
Área					
2610.00					
Longitud					
90					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.32	0.12	0.00556	22.303448
100	1	0.82	0.32	0.01111	28.386207
150	1.5	1.03	0.39	0.01667	23.655172
200	2	1.13	0.43	0.02222	19.431034
250	2.5	1.23	0.47	0.02778	17.031724
300	3	1.33	0.51	0.03333	15.31954

Prueba					
Área					
2726.00					
Longitud					
94					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.49	0.18	0.00532	33.793103
100	1	0.92	0.34	0.01064	31.765517
150	1.5	1.03	0.38	0.01596	23.655172
200	2	1.09	0.40	0.02128	18.755172
250	2.5	1.27	0.47	0.02660	17.572414
300	3	1.42	0.52	0.03191	16.333333
350	3.5	1.76	0.65	0.03723	17.37931

Prueba					
Área					
2288.00					
Longitud					
88					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.40	0.18	0.00568	30.907692
100	1	0.82	0.36	0.01136	31.661538
150	1.5	1.13	0.49	0.01705	28.897436
200	2	1.65	0.72	0.02273	31.661538

Prueba					
Área					
1955.00					
Longitud					
85					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.29	0.15	0.00588	25.565217
100	1	0.92	0.47	0.01176	40.052174
150	1.5	1.14	0.58	0.01765	32.950725
200	2	1.23	0.63	0.02353	26.843478

Prueba					
Área					
2340.00					
Longitud					
90					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.34	0.15	0.00556	26.384615
100	1	0.72	0.31	0.01111	27.515385
150	1.5	0.92	0.39	0.01667	23.620513
200	2	1.03	0.44	0.02222	19.788462
250	2.5	1.23	0.53	0.02778	18.996923
300	3	1.33	0.57	0.03333	17.087179

Prueba					
Área					
2700.00					
Longitud					
90					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.34	0.13	0.00556	22.866667
100	1	1.03	0.38	0.01111	34.3
150	1.5	1.33	0.49	0.01667	29.617778

Prueba					
Área					
1936.00					
Longitud					
88					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.40	0.21	0.00568	36.527273
100	1	0.82	0.41	0.01136	35.791304
150	1.5	1.03	0.51	0.01705	29.826087
200	2	1.57	0.77	0.02273	34.086957
250	2.5	1.67	0.82	0.02841	28.973913

Prueba					
Área					
2376.00					
Longitud					
88					
Lectura deformación	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.28	0.10	0.00568	18.140140
100	1	0.89	0.30	0.01136	33.02963
150	1.5	0.99	0.41	0.01705	24.197531
200	2	1.10	0.49	0.02273	21.777778
250	2.5	1.27	0.54	0.02841	18.874074
300	3	1.34	0.57	0.03409	16.575309

Prubata					
Área					
11PB					
1955.00					
Lunquitud					
85					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.31	0.16	0.00588	27.269565
100	1	0.82	0.42	0.01176	35.791304
150	1.5	1.03	0.53	0.01765	29.826087
200	2	1.33	0.68	0.02353	28.973913

Prubata					
Área					
12PB					
2552.00					
Lunquitud					
88					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.40	0.16	0.00568	27.710345
100	1	1.03	0.40	0.01136	35.482759
150	1.5	1.23	0.48	0.01705	28.386207

➤ Basa

Prubata					
Área					
1PM					
1620.00					
Lunquitud					
90					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.32	0.20	0.00556	35.932323
100	1	0.82	0.51	0.01111	45.733333
150	1.5	0.92	0.57	0.01667	34.118519
200	2	1.03	0.64	0.02222	28.583333
250	2.5	1.13	0.70	0.02778	25.044444
300	3	1.23	0.76	0.03333	22.866667
350	3.5	1.23	0.76	0.03889	19.6
400	4	1.33	0.82	0.04444	18.511111
450	4.5	1.33	0.82	0.05000	16.454321
500	5	1.44	0.89	0.05556	16.006667

Prubata					
Área					
2PM					
1958.00					
Lunquitud					
89					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.44	0.23	0.00562	40.090909
100	1	0.92	0.47	0.01124	41.872727
150	1.5	0.96	0.49	0.01685	29.10202
200	2	1.04	0.53	0.02247	23.609091
250	2.5	1.13	0.58	0.02809	20.490909
300	3	1.13	0.58	0.03371	17.075758
350	3.5	1.27	0.65	0.03932	16.545455
400	4	1.27	0.65	0.04494	14.477273
450	4.5	1.33	0.68	0.05056	13.462626
500	5	1.44	0.74	0.05618	13.096264
550	5.5	1.51	0.77	0.06180	12.472727

Prubata					
Área					
3PM					
1615.00					
Lunquitud					
85					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.22	0.13	0.00588	22.694737
100	1	0.51	0.32	0.01176	26.821053
150	1.5	0.72	0.44	0.01765	25.101754
200	2	0.82	0.51	0.02353	21.663158

Prubata					
Área					
4PM					
1900.00					
Lunquitud					
95					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.46	0.24	0.00526	46.06
100	1	0.92	0.48	0.01053	46.06
150	1.5	1.12	0.59	0.01579	37.566667
200	2	1.33	0.70	0.02105	33.32
250	2.5	1.54	0.81	0.02632	30.772
300	3	1.74	0.92	0.03158	29.073333
350	3.5	1.85	0.97	0.03684	26.46
400	4	2.06	1.08	0.04211	25.725
450	4.5	2.16	1.13	0.04737	23.955556

Prubata					
Área					
5PM					
1440.00					
Lunquitud					
80					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.21	0.14	0.00625	22.866667
100	1	0.41	0.29	0.01250	22.866667
150	1.5	0.41	0.29	0.01875	15.244444
200	2	0.60	0.42	0.02500	16.605556
250	2.5	0.60	0.42	0.03125	13.284444
300	3	0.82	0.57	0.03750	15.244444

Prubata					
Área					
6PM					
1615.00					
Lunquitud					
85					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.41	0.25	0.00588	43.326316
100	1	0.51	0.32	0.01176	26.821053
150	1.5	0.51	0.32	0.01765	17.880702
200	2	0.72	0.44	0.02353	18.826316
250	2.5	0.72	0.44	0.02941	15.061053
300	3	1.02	0.63	0.03529	17.880702

Prubata					
Área					
7PM					
1577.00					
Lunquitud					
83					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.41	0.26	0.00602	43.326316
100	1	0.51	0.32	0.01205	26.821053
150	1.5	0.62	0.39	0.01807	21.663158
200	2	0.62	0.39	0.02410	16.247368
250	2.5	0.82	0.52	0.03012	17.330526
300	3	0.82	0.52	0.03614	14.442105
350	3.5	1.33	0.85	0.04217	20.042105

Prubata					
Área					
8PM					
1672.00					
Lunquitud					
88					
Lectura deforní metru	Deforn ación mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deforn ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.54	0.32	0.00568	56.736842
100	1	0.63	0.38	0.01136	33.010526
150	1.5	1.11	0.66	0.01705	38.85614
200	2	1.33	0.80	0.02273	35.073684
250	2.5	1.54	0.92	0.02841	32.391579
300	3	1.65	0.98	0.03409	28.884211

Prubeta					
9PM					
Área					
1584.00					
Lunquitud					
88					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.44	0.28	0.00563	49
100	1	0.88	0.56	0.01126	49
150	1.5	0.92	0.58	0.01705	34.118519
200	2	0.98	0.62	0.02273	27.222222
250	2.5	1.13	0.71	0.02841	25.044444
300	3	1.27	0.80	0.03409	23.592593
350	3.5	1.27	0.80	0.03977	20.222222
400	4	1.32	0.84	0.04545	18.375
450	4.5	1.32	0.84	0.05114	16.333333

Prubeta					
10PM					
Área					
1710.00					
Lunquitud					
90					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.34	0.20	0.00556	36.105263
100	1	0.61	0.38	0.01111	33.860662
150	1.5	0.82	0.51	0.01667	30.583282
200	2	0.85	0.53	0.02222	23.756656

Prubeta					
11PM					
Área					
1615.00					
Lunquitud					
85					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.36	0.22	0.00588	38.168421
100	1	0.47	0.29	0.01176	24.757895
150	1.5	0.51	0.32	0.01765	17.880702
200	2	0.51	0.32	0.02353	13.410526
250	2.5	0.72	0.44	0.02941	15.061053
300	3	1.02	0.63	0.03529	17.880702
350	3.5	1.33	0.83	0.04118	20.042105

Prubeta					
12PM					
Área					
1584.00					
Lunquitud					
88					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.46	0.29	0.00568	51.177778
100	1	0.74	0.46	0.01136	40.833333
150	1.5	1.03	0.65	0.01705	38.111111
200	2	1.13	0.71	0.02273	31.305556
250	2.5	1.42	0.90	0.02841	31.577778
300	3	1.60	1.01	0.03409	29.581481

➤ Sobrebasa

Prubeta					
1PA					
Área					
1408.00					
Lunquitud					
88					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.71	0.50	0.00568	88.2
100	1	0.72	0.51	0.01136	44.7125
150	1.5	0.92	0.65	0.01705	38.383333
200	2	0.92	0.65	0.02273	28.7875
250	2.5	0.92	0.65	0.02841	23.03
300	3	1.32	0.94	0.03409	27.5625
350	3.5	1.33	0.95	0.03977	23.8

Prubeta					
2PA					
Área					
1170.00					
Lunquitud					
78					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.30	0.26	0.00641	40.506667
100	1	0.50	0.43	0.01282	33.32
150	1.5	0.96	0.82	0.01923	42.684444
200	2	1.32	1.13	0.02564	44.1
250	2.5	0.00	0.00	0.03205	0
300	3	0.00	0.00	0.03846	0

Prubeta					
3PA					
Área					
1634.00					
Lunquitud					
86					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.72	0.44	0.00581	75.305263
100	1	0.82	0.50	0.01163	43.326316
150	1.5	0.92	0.56	0.01744	32.322807
200	2	1.03	0.63	0.02326	27.078947

Prubeta					
4PA					
Área					
1445.00					
Lunquitud					
85					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.51	0.35	0.00588	59.952941
100	1	0.92	0.64	0.01176	54.188235
150	1.5	1.03	0.71	0.01765	40.352941
200	2	1.44	1.00	0.02353	42.370588
250	2.5	1.65	1.14	0.02941	38.738824
300	3	1.74	1.21	0.03529	34.203922

Prubeta					
5PA					
Área					
1258.00					
Lunquitud					
74					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.41	0.33	0.00676	48.423529
100	1	0.51	0.41	0.01351	29.976471
150	1.5	0.62	0.49	0.02027	24.211765
200	2	0.73	0.58	0.02703	21.329412

Prubeta					
6PA					
Área					
1634.00					
Lunquitud					
86					
Lectura deformí metr	Deform ación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deform ación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.41	0.25	0.00581	43.326316
100	1	0.51	0.31	0.01163	26.821053
150	1.5	0.62	0.38	0.01744	21.663158
200	2	0.73	0.44	0.02326	19.084211

Prubeta					
7PA					
Área					
1125.00					
Lunqitud					
75					
Lectura deform: metr	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.30	0.27	0.00667	40.506667
100	1	0.41	0.25	0.01333	18.892289
150	1.5	0.52	0.32	0.02000	15.893513
200	2	0.82	0.50	0.02667	18.892289
250	2.5	0.82	0.50	0.03333	15.113831
300	3	1.03	0.63	0.04000	15.743574
350	3.5	1.03	0.63	0.04667	13.494492

Prubeta					
8PA					
Área					
1548.00					
Lunqitud					
86					
Lectura deform: metr	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.21	0.13	0.00581	22.866667
100	1	0.30	0.20	0.01163	16.877778
150	1.5	0.41	0.27	0.01744	15.244444
200	2	0.51	0.33	0.02326	14.155556
250	2.5	0.82	0.53	0.02907	18.293333
300	3	0.82	0.53	0.03488	15.244444
350	3.5	1.23	0.79	0.04070	19.444444

Prubeta					
9PA					
Área					
1320.00					
Lunqitud					
88					
Lectura deform: metr	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.55	0.42	0.00568	73.173333
100	1	0.79	0.60	0.01136	52.92
150	1.5	0.79	0.60	0.01705	35.28
200	2	1.03	0.78	0.02273	34.3
250	2.5	1.03	0.78	0.02841	27.44
300	3	1.23	0.93	0.03409	27.222222
350	3.5	1.38	1.05	0.03977	26.32

Prubeta					
10PA					
Área					
1530.00					
Lunqitud					
85					
Lectura deform: metr	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.55	0.36	0.00588	60.977778
100	1	0.92	0.60	0.01176	51.177778
150	1.5	1.03	0.67	0.01765	38.111111
200	2	1.13	0.74	0.02353	31.305556

Prubeta					
11PA					
Área					
1615.00					
Lunqitud					
85					
Lectura deform: metr	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.51	0.32	0.00588	53.642105
100	1	0.51	0.32	0.01176	26.821053
150	1.5	0.62	0.38	0.01765	21.663158
200	2	0.83	0.52	0.02353	21.921053

Prubeta					
12PA					
Área					
1445.00					
Lunqitud					
85					
Lectura deform: metr	Deformación mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformación unitaria	E
0	0	0	0	0	0
50	0.5	0.32	0.22	0.00588	38.047059
100	1	0.41	0.28	0.01176	24.211765
150	1.5	0.41	0.28	0.01765	16.141176
200	2	0.55	0.38	0.02353	16.141176
250	2.5	0.73	0.50	0.02941	17.063529
300	3	0.82	0.57	0.03529	16.141176
350	3.5	1.23	0.85	0.04118	20.588235

Anexo 4.

Registro de valores en pruebas de resistencia a compresión perpendicular a la fibra de cada probeta del elemento (cepa, basa, sobrebasa), mediante prensa de hormigón calibrada y adaptada según la norma ISO 22157-1 sector Ceibopamba-Malacatos

➤ Cepa

Prubeta					
Área					
2170.00					
Lunqitud					
70					
Lectura de deformi	Deformaci	Carga	Esfu	Deformaci	E
ón	n mm	KN	Mpa	n unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.74	0.34	0.00143	237.0968
20	0.2	1.03	0.47	0.00286	165.9677
30	0.3	1.85	0.85	0.00429	199.1613
40	0.4	1.95	0.90	0.00571	157.2742
50	0.5	2.06	0.95	0.00714	132.7742
60	0.6	2.16	0.99	0.00857	115.914
70	0.7	2.26	1.04	0.01000	104.3226
80	0.8	2.36	1.09	0.01143	95.23387
90	0.9	2.47	1.14	0.01286	88.51613
100	1	2.47	1.14	0.01429	79.66452
110	1.1	2.57	1.18	0.01571	75.29619

Prubeta					
Área					
1950.00					
Lunqitud					
75					
Lectura de deformi	Deformaci	Carga	Esfu	Deformaci	E
ón	n mm	KN	Mpa	n unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.21	0.11	0.00133	79.15385
20	0.2	0.30	0.16	0.00267	58.42308
30	0.3	0.31	0.16	0.00400	40.20513
40	0.4	0.31	0.16	0.00533	30.15385
50	0.5	0.51	0.26	0.00667	39.2
60	0.6	0.62	0.32	0.00800	39.57692
70	0.7	0.74	0.38	0.00933	40.92308
80	0.8	0.82	0.42	0.01067	39.57692
90	0.9	0.92	0.47	0.01200	39.36752
100	1	1.03	0.53	0.01333	39.57692
110	1.1	1.13	0.58	0.01467	39.40559
120	1.2	1.23	0.63	0.01600	39.57692
130	1.3	1.33	0.68	0.01733	39.43195
140	1.4	1.54	0.79	0.01867	42.26923

Prubeta					
Área					
2400.00					
Lunqitud					
75					
Lectura de deformi	Deformaci	Carga	Esfu	Deformaci	E
ón	n mm	KN	Mpa	n unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.41	0.17	0.00133	128.625
20	0.2	0.62	0.26	0.00267	96.46875
30	0.3	0.82	0.34	0.00400	85.75
40	0.4	0.92	0.38	0.00533	71.96875
50	0.5	1.03	0.43	0.00667	64.3125
60	0.6	1.23	0.51	0.00800	63.80208
70	0.7	1.44	0.60	0.00933	64.3125
80	0.8	1.54	0.64	0.01067	60.10156
90	0.9	1.57	0.65	0.01200	54.44444
100	1	1.74	0.73	0.01333	54.5125
110	1.1	1.85	0.77	0.01467	52.61932
120	1.2	1.95	0.81	0.01600	50.78646

Prubeta					
Área					
1725.00					
Lunqitud					
69					
Lectura de deformi	Deformaci	Carga	Esfu	Deformaci	E
ón	n mm	KN	Mpa	n unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.34	0.20	0.00145	137.2
20	0.2	0.44	0.26	0.00290	88.2
30	0.3	0.83	0.48	0.00435	111.0667
40	0.4	1.03	0.60	0.00580	102.9
50	0.5	1.08	0.62	0.00725	86.24
60	0.6	1.32	0.77	0.00870	88.2
70	0.7	1.42	0.82	0.01014	81.2
80	0.8	1.85	1.07	0.01159	92.61
90	0.9	1.91	1.11	0.01304	84.93333

Prubeta					
Área					
2640.00					
Lunqitud					
80					
Lectura de deformi	Deformaci	Carga	Esfu	Deformaci	E
ón	n mm	KN	Mpa	n unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.44	0.17	0.00125	133.6364
20	0.2	0.54	0.20	0.00250	81.66667
30	0.3	0.64	0.24	0.00375	64.34343
40	0.4	0.74	0.28	0.00500	55.68182
50	0.5	0.83	0.32	0.00625	50.48485
60	0.6	0.93	0.35	0.00750	47.0202
70	0.7	0.93	0.35	0.00875	40.30303
80	0.8	0.98	0.37	0.01000	37.12121
90	0.9	0.98	0.37	0.01125	32.99663
100	1	1.03	0.39	0.01250	31.81818
110	1.1	1.13	0.42	0.01375	31.04682
120	1.2	1.23	0.47	0.01500	31.81818
130	1.3	1.33	0.50	0.01625	31.0676
140	1.4	1.54	0.58	0.01750	33.30303
150	1.5	1.72	0.65	0.01875	34.64646
160	1.6	1.94	0.74	0.02000	36.75
170	1.7	2.156	0.82	0.02125	38.43137

Prubeta					
Área					
2175.00					
Lunqitud					
75					
Lectura de deformi	Deformaci	Carga	Esfu	Deformaci	E
ón	n mm	KN	Mpa	n unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.51	0.23	0.00133	175.7241
20	0.2	0.72	0.33	0.00267	123.3448
30	0.3	0.82	0.38	0.00400	94.62069
40	0.4	0.90	0.41	0.00533	77.72414
50	0.5	1.03	0.47	0.00667	70.96552

Prubete		7PB				
Área		2220.00				
Lunqitud		74				
Lectura deformáms	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuoxu Mpa	Defurmeci áa uniteria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	0.41	0.19	0.00135	137.2	
20	0.2	0.62	0.28	0.00270	102.9	
30	0.3	0.73	0.33	0.00405	30.57778	
40	0.4	0.82	0.37	0.00541	63.6	
50	0.5	1.03	0.46	0.00676	63.6	
60	0.6	1.13	0.51	0.00811	62.61111	
70	0.7	1.18	0.53	0.00946	56	
80	0.8	1.34	0.60	0.01081	55.94167	
90	0.9	1.25	0.61	0.01216	50.03333	
100	1	1.37	0.62	0.01351	45.73333	
110	1.1	1.44	0.65	0.01486	43.65455	

Prubete		8PB				
Área		1296.00				
Lunqitud		72				
Lectura deformáms	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuoxu Mpa	Defurmeci áa uniteria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	0.41	0.32	0.00139	223.6667	
20	0.2	0.51	0.39	0.00278	141.5556	
30	0.3	0.61	0.47	0.00417	112.5185	
40	0.4	0.62	0.48	0.00556	85.75	
50	0.5	0.72	0.55	0.00694	79.48333	
60	0.6	0.72	0.55	0.00833	66.24074	
70	0.7	0.82	0.64	0.00972	65.33333	
80	0.8	0.90	0.70	0.01111	62.61111	
90	0.9	1.18	0.91	0.01250	72.59259	
100	1	1.37	1.06	0.01389	76.22222	

Prubete		9PB				
Área		2030.00				
Lunqitud		70				
Lectura deformáms	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuoxu Mpa	Defurmeci áa uniteria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	0.64	0.31	0.00143	219.6552	
20	0.2	0.83	0.41	0.00286	143.6207	
30	0.3	0.93	0.46	0.00429	107.0115	
40	0.4	1.03	0.51	0.00571	83.7069	
50	0.5	1.32	0.65	0.00714	91.24123	
60	0.6	1.42	0.70	0.00857	81.66667	
70	0.7	1.62	0.80	0.01000	79.65517	
80	0.8	1.72	0.84	0.01143	73.92241	
90	0.9	2.01	0.99	0.01286	76.97318	
100	1	2.11	1.04	0.01429	72.65517	
110	1.1	2.30	1.13	0.01571	72.19426	

Prubete		10PB				
Área		1850.00				
Lunqitud		74				
Lectura deformáms	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuoxu Mpa	Defurmeci áa uniteria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	0.24	0.13	0.00135	94.08	
20	0.2	0.33	0.18	0.00270	66.64	
30	0.3	0.35	0.19	0.00405	47.04	
40	0.4	0.39	0.21	0.00541	39.2	
50	0.5	0.49	0.26	0.00676	39.2	
60	0.6	0.71	0.33	0.00811	47.04	
70	0.7	0.74	0.40	0.00946	42.56	
80	0.8	0.83	0.45	0.01081	41.65	
90	0.9	0.96	0.52	0.01216	42.63444	
100	1	1.03	0.56	0.01351	41.16	
110	1.1	1.13	0.61	0.01486	40.98182	
120	1.2	1.23	0.66	0.01622	40.83333	
130	1.3	1.37	0.74	0.01757	42.21538	
140	1.4	1.54	0.83	0.01892	43.96	

Prubete		11PB				
Área		2117.00				
Lunqitud		73				
Lectura deformáms	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuoxu Mpa	Defurmeci áa uniteria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	0.31	0.15	0.00137	108.1379	
20	0.2	0.41	0.19	0.00274	70.96552	
30	0.3	0.64	0.30	0.00411	73.21839	
40	0.4	0.74	0.35	0.00548	63.36207	
50	0.5	0.83	0.39	0.00685	57.44828	
60	0.6	0.93	0.44	0.00822	53.50575	
70	0.7	1.03	0.49	0.00959	50.63966	

Prubete		12PB				
Área		1363.00				
Lunqitud		72				
Lectura deformáms	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuoxu Mpa	Defurmeci áa uniteria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	0.11	0.08	0.00139	56.73634	
20	0.2	0.25	0.18	0.00278	64.47368	
30	0.3	0.41	0.30	0.00417	72.21053	
40	0.4	0.51	0.37	0.00556	67.05263	
50	0.5	0.62	0.45	0.00694	64.93947	
60	0.6	0.72	0.52	0.00833	62.75439	
70	0.7	0.72	0.52	0.00972	53.73947	
80	0.8	0.80	0.59	0.01111	52.86342	
90	0.9	0.90	0.66	0.01250	52.72515	
100	1	0.94	0.69	0.01389	49.51579	
110	1.1	1.03	0.75	0.01528	49.23445	
120	1.2	1.13	0.82	0.01667	49.42932	
130	1.3	1.23	0.90	0.01806	49.59514	
140	1.4	1.32	0.97	0.01944	49.73634	
150	1.5	1.32	0.97	0.02083	46.42105	
160	1.6	1.42	1.04	0.02222	46.74342	

➤ Basa

Prubete		1PM				
Área		1273.00				
Lunqitud		67				
Lectura deformáms	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuoxu Mpa	Defurmeci áa uniteria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	0.41	0.32	0.00149	216.6316	
20	0.2	0.49	0.39	0.00299	128.9474	
30	0.3	0.60	0.47	0.00448	104.3772	
40	0.4	0.72	0.56	0.00597	94.13158	
50	0.5	0.79	0.62	0.00746	83.55739	
60	0.6	0.90	0.71	0.00896	79.05772	
70	0.7	1.01	0.79	0.01045	75.89474	
80	0.8	1.08	0.85	0.01194	70.92105	
90	0.9	1.19	0.93	0.01343	69.34503	
100	1	1.29	1.02	0.01493	63.03421	
110	1.1	1.37	1.08	0.01642	65.64593	
120	1.2	1.49	1.17	0.01791	65.33333	
130	1.3	1.60	1.25	0.01940	64.67206	
140	1.4	1.69	1.32	0.02090	63.36342	
150	1.5	1.74	1.37	0.02239	61.20702	

Prubete		2PM				
Área		1224.00				
Lunqitud		72				
Lectura deformáms	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuoxu Mpa	Defurmeci áa uniteria	E	
0	0	0	0	0	0	
10	0.1	0.31	0.26	0.00139	184.4706	
20	0.2	0.41	0.34	0.00278	121.0588	
30	0.3	0.51	0.42	0.00417	99.92157	
40	0.4	0.51	0.42	0.00556	74.94118	
50	0.5	0.62	0.50	0.00694	72.63529	
60	0.6	0.62	0.50	0.00833	60.52941	
70	0.7	0.72	0.58	0.00972	60.11765	
80	0.8	0.72	0.58	0.01111	52.60294	
90	0.9	0.80	0.66	0.01250	52.52233	
100	1	0.82	0.67	0.01389	48.42353	
110	1.1	0.93	0.76	0.01528	49.7361	
120	1.2	0.93	0.76	0.01667	45.63725	
130	1.3	1.03	0.84	0.01806	46.56109	

Prubeta					
Área					
1207.00					
71					
Longitud	Deformació	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
deformación	a mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.41	0.34	0.00141	242.1176
20	0.2	0.51	0.42	0.00232	149.3324
30	0.3	0.55	0.45	0.00423	107.6078
40	0.4	0.55	0.45	0.00563	80.70533
50	0.5	0.57	0.47	0.00704	66.37059
60	0.6	0.60	0.50	0.00845	58.60734
70	0.7	0.63	0.52	0.00986	52.70533
80	0.8	0.63	0.52	0.01127	46.11765
90	0.9	0.72	0.59	0.01268	46.75817
100	1	0.74	0.61	0.01408	43.23529
110	1.1	0.74	0.61	0.01549	39.30481
120	1.2	0.80	0.67	0.01690	39.39216
130	1.3	0.78	0.65	0.01831	35.47511
140	1.4	0.82	0.68	0.01972	34.58824
150	1.5	0.93	0.77	0.02113	36.5098
160	1.6	0.93	0.77	0.02254	34.22794
170	1.7	0.93	0.77	0.02394	32.21453
180	1.8	1.02	0.84	0.02535	33.30719
190	1.9	1.02	0.84	0.02676	31.55418

Prubeta					
Área					
1260.00					
70					
Longitud	Deformació	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
deformación	a mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.31	0.25	0.00143	174.2222
20	0.2	0.41	0.33	0.00286	114.3333
30	0.3	0.55	0.44	0.00429	101.6296
40	0.4	0.66	0.52	0.00571	91.19444
50	0.5	0.66	0.52	0.00714	72.95556
60	0.6	0.69	0.54	0.00857	63.51852
70	0.7	0.72	0.57	0.01000	56.77778
80	0.8	0.73	0.58	0.01143	50.36111
90	0.9	0.82	0.65	0.01286	50.31431
100	1	0.83	0.66	0.01429	46.27778
110	1.1	0.96	0.76	0.01571	48.50505
120	1.2	0.96	0.76	0.01714	44.46296
130	1.3	0.98	0.78	0.01857	41.88034
140	1.4	1.08	0.86	0.02000	42.77778
150	1.5	1.13	0.89	0.02143	41.74074
160	1.6	1.13	0.89	0.02286	39.13194
170	1.7	1.22	0.96	0.02429	39.71242
180	1.8	1.22	0.96	0.02571	37.50617
190	1.9	1.23	0.97	0.02714	35.31871
200	2	1.323	1.05	0.02857	36.75
210	2.1	1.323	1.06	0.03000	35.25926

Prubeta					
Área					
1190.00					
70					
Longitud	Deformació	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
deformación	a mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.41	0.35	0.00143	242.1176
20	0.2	0.51	0.43	0.00286	149.3324
30	0.3	0.55	0.46	0.00429	107.6078
40	0.4	0.66	0.55	0.00571	96.55832
50	0.5	0.69	0.58	0.00714	80.70533
60	0.6	0.69	0.58	0.00857	67.2549
70	0.7	0.74	0.62	0.01000	61.76471
80	0.8	0.78	0.66	0.01143	57.64706
90	0.9	0.93	0.78	0.01286	60.84967
100	1	0.93	0.82	0.01429	57.64706
110	1.1	1.13	0.95	0.01571	60.26733
120	1.2	1.23	1.04	0.01714	60.52941
130	1.3	1.27	1.07	0.01857	57.64706
140	1.4	1.33	1.12	0.02000	56
150	1.5	1.37	1.15	0.02143	53.80392
160	1.6	1.44	1.21	0.02286	52.96324
170	1.7	1.47	1.24	0.02429	50.86505
180	1.8	1.54	1.29	0.02571	50.23105

Prubeta					
Área					
1440.00					
72					
Longitud	Deformació	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
deformación	a mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.31	0.22	0.00139	156.8
20	0.2	0.41	0.29	0.00278	102.9
30	0.3	0.55	0.38	0.00417	91.46667
40	0.4	0.66	0.46	0.00556	82.075
50	0.5	0.66	0.46	0.00694	65.66
60	0.6	0.69	0.48	0.00833	57.16667
70	0.7	0.72	0.50	0.00972	51.1
80	0.8	0.73	0.50	0.01111	45.325
90	0.9	0.82	0.57	0.01250	45.73333
100	1	0.83	0.58	0.01389	41.65
110	1.1	0.96	0.67	0.01528	43.65455
120	1.2	0.96	0.67	0.01667	40.16667
130	1.3	0.98	0.68	0.01806	37.69231
140	1.4	1.08	0.75	0.01944	38.5
150	1.5	1.13	0.78	0.02083	37.56667
160	1.6	1.13	0.78	0.02222	35.21875
170	1.7	1.22	0.84	0.02361	35.74118
180	1.8	1.22	0.84	0.02500	33.75556
190	1.9	1.23	0.85	0.02639	32.23684
200	2	1.323	0.92	0.02778	33.075
210	2.1	1.323	0.93	0.02917	31.73333

Prubeta					
Área					
1170.00					
65					
Longitud	Deformació	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
deformación	a mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.25	0.20	0.00154	196
20	0.2	0.49	0.42	0.00308	136.1111
30	0.3	0.55	0.47	0.00462	101.6296
40	0.4	0.59	0.50	0.00615	81.66667
50	0.5	0.62	0.53	0.00769	68.6
60	0.6	0.69	0.59	0.00923	63.51852
70	0.7	0.72	0.61	0.01077	56.77778
80	0.8	0.72	0.61	0.01231	49.68056
90	0.9	0.80	0.69	0.01385	49.60494
100	1	0.82	0.70	0.01538	45.73333
110	1.1	0.93	0.80	0.01692	47.0202
120	1.2	0.98	0.84	0.01846	45.37037
130	1.3	1.03	0.88	0.02000	43.97436

Prubeta					
Área					
840.00					
70					
Longitud	Deformació	Carga	Esfuerzo	Deformaci	E
deformación	a mm	KN	Mpa	ón unitaria	
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.41	0.49	0.00143	343
20	0.2	0.49	0.58	0.00286	204.1667
30	0.3	0.51	0.61	0.00429	141.5556
40	0.4	0.52	0.62	0.00571	108.2083
50	0.5	0.59	0.70	0.00714	98
60	0.6	0.62	0.74	0.00857	85.75
70	0.7	0.63	0.75	0.01000	74.66667
80	0.8	0.63	0.75	0.01143	65.33333
90	0.9	0.64	0.76	0.01286	58.98148
100	1	0.64	0.76	0.01429	53.08333
110	1.1	0.67	0.79	0.01571	50.48485
120	1.2	0.73	0.86	0.01714	50.36111
130	1.3	0.73	0.86	0.01857	46.48718
140	1.4	0.74	0.88	0.02000	43.75
150	1.5	0.74	0.88	0.02143	40.33333
160	1.6	0.74	0.88	0.02286	38.28125
170	1.7	0.82	0.98	0.02429	40.35294
180	1.8	0.84	1.00	0.02571	39.01852
190	1.9	0.84	1.00	0.02714	36.96491
200	2	0.8722	1.04	0.02857	36.34167
210	2.1	0.931	1.11	0.03000	36.94444
220	2.2	0.931	1.11	0.03143	35.26515
230	2.3	0.931	1.11	0.03286	33.73188
240	2.4	0.9408	1.12	0.03429	32.66667
250	2.5	0.9408	1.12	0.03571	31.36
260	2.6	1.029	1.23	0.03714	32.98077

Prubete					
Área					
1206.00					
Lunqitud					
67					
Lectura deformimo	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defurmeci én unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.41	0.34	0.00149	229.6667
20	0.2	0.49	0.41	0.00299	136.1111
30	0.3	0.60	0.50	0.00448	110.7037
40	0.4	0.72	0.59	0.00597	99.36111
50	0.5	0.79	0.66	0.00746	88.2
60	0.6	0.90	0.75	0.00896	83.48148
70	0.7	1.01	0.84	0.01045	80.11111
80	0.8	1.08	0.89	0.01194	74.86111
90	0.9	1.19	0.98	0.01343	73.19753
100	1	1.29	1.07	0.01493	71.86667
110	1.1	1.37	1.14	0.01642	69.29293
120	1.2	1.49	1.24	0.01791	68.96296
130	1.3	1.60	1.32	0.01940	68.26496
140	1.4	1.69	1.40	0.02090	66.88889
150	1.5	1.74	1.45	0.02239	64.60741

Prubete					
Área					
1190.00					
Lunqitud					
70					
Lectura deformimo	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defurmeci én unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.51	0.43	0.00143	299.7647
20	0.2	0.51	0.43	0.00286	149.8824
30	0.3	0.53	0.44	0.00429	103.7647
40	0.4	0.55	0.46	0.00571	80.70588
50	0.5	0.57	0.48	0.00714	66.87059
60	0.6	0.60	0.50	0.00857	58.60784
70	0.7	0.62	0.52	0.01000	51.88235
80	0.8	0.63	0.53	0.01143	46.11765
90	0.9	0.72	0.60	0.01286	46.75817
100	1	0.72	0.60	0.01429	42.08235
110	1.1	0.74	0.62	0.01571	39.30481
120	1.2	0.80	0.68	0.01714	39.39216
130	1.3	0.78	0.66	0.01857	35.47511
140	1.4	0.82	0.69	0.02000	34.58824
150	1.5	0.84	0.71	0.02143	33.05098
160	1.6	0.93	0.78	0.02286	34.22794
170	1.7	0.93	0.78	0.02429	32.21453
180	1.8	1.02	0.86	0.02571	33.30719
190	1.9	1.03	0.86	0.02714	31.85759

Prubete					
Área					
1105.00					
Lunqitud					
65					
Lectura deformimo	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defurmeci én unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.51	0.46	0.00154	299.7647
20	0.2	0.53	0.48	0.00308	155.6471
30	0.3	0.55	0.50	0.00462	107.6078
40	0.4	0.67	0.60	0.00615	98
50	0.5	0.69	0.62	0.00769	80.70588
60	0.6	0.74	0.67	0.00923	72.05882
70	0.7	0.74	0.67	0.01077	61.76471
80	0.8	0.78	0.71	0.01231	57.64706
90	0.9	0.93	0.84	0.01385	60.84967
100	1	0.93	0.84	0.01538	54.76471
110	1.1	1.03	0.93	0.01692	55.02674
120	1.2	1.13	1.02	0.01846	55.2451
130	1.3	1.13	1.02	0.02000	50.99548
140	1.4	1.23	1.11	0.02154	51.47059
150	1.5	1.32	1.20	0.02308	51.88235
160	1.6	1.44	1.30	0.02462	52.96324
170	1.7	1.47	1.33	0.02615	50.86505
180	1.8	1.54	1.39	0.02769	50.28105

Prubete					
Área					
871.00					
Lunqitud					
67					
Lectura deformimo	Defurmecid a mm	Carqa KN	Erfuaxa Mpa	Defurmeci én unitaria	E
0	0	0	0	0	0
10	0.1	0.49	0.56	0.00149	376.9231
20	0.2	0.51	0.59	0.00299	196
30	0.3	0.53	0.61	0.00448	135.6923
40	0.4	0.55	0.63	0.00597	105.5385
50	0.5	0.59	0.68	0.00746	90.46154
60	0.6	0.62	0.71	0.00896	79.15385
70	0.7	0.63	0.72	0.01045	68.92308
80	0.8	0.63	0.72	0.01194	60.30769
90	0.9	0.64	0.73	0.01343	54.44444
100	1	0.64	0.73	0.01493	49
110	1.1	0.67	0.77	0.01642	46.6014
120	1.2	0.73	0.83	0.01791	46.48718
130	1.3	0.73	0.83	0.01940	42.91124
140	1.4	0.74	0.84	0.02090	40.38462
150	1.5	0.74	0.84	0.02239	37.69231
160	1.6	0.74	0.84	0.02388	35.33654
170	1.7	0.82	0.95	0.02537	37.24887
180	1.8	0.86	0.99	0.02687	36.3547
190	1.9	0.86	0.99	0.02836	34.91498
200	2	0.882	1.01	0.02985	33.92308
210	2.1	0.9212	1.06	0.03134	33.74359
220	2.2	0.931	1.07	0.03284	32.55245
230	2.3	0.931	1.07	0.03433	31.13712
240	2.4	0.9408	1.08	0.03582	30.15385
250	2.5	1.029	1.18	0.03731	31.66154
260	2.6	1.3426	1.54	0.03881	39.72189

➤ Sobrebasa

Prubeta					
Área					
975.00					
Lunquid					
65					
Lectura deformimo	Deformació a mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformació en unidades	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.30	0.31	0.00308	101.2667
40	0.4	0.35	0.36	0.00415	58.8
60	0.6	0.41	0.42	0.00423	45.73233
80	0.8	0.51	0.52	0.01231	42.46667
100	1	0.53	0.54	0.01538	35.28
120	1.2	0.62	0.63	0.01846	34.3
140	1.4	0.72	0.73	0.02154	34.06667
160	1.6	0.72	0.73	0.02462	29.80833
180	1.8	0.72	0.73	0.02769	26.4963
200	2	0.82	0.84	0.03077	27.44
220	2.2	0.82	0.84	0.03385	24.94545
240	2.4	0.82	0.84	0.03692	22.86667
260	2.6	0.92	0.94	0.04000	23.62091
280	2.8	1.02	1.05	0.04308	24.26667
300	3	1.02	1.05	0.04615	22.64889
320	3.2	1.03	1.06	0.04923	21.4375

Prubeta					
Área					
858.00					
Lunquid					
66					
Lectura deformimo	Deformació a mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformació en unidades	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.33	0.39	0.00303	128.1538
40	0.4	0.35	0.41	0.00606	67.84615
60	0.6	0.41	0.48	0.00909	52.76923
80	0.8	0.42	0.49	0.01212	40.51923
100	1	0.43	0.50	0.01515	33.16923
120	1.2	0.44	0.51	0.01818	28.26923
140	1.4	0.45	0.53	0.02121	24.76923
160	1.6	0.46	0.54	0.02424	22.14423
180	1.8	0.47	0.55	0.02727	20.10256
200	2	0.48	0.56	0.03030	18.46923
220	2.2	0.49	0.57	0.03333	17.13287
240	2.4	0.54	0.63	0.03636	17.27564
260	2.6	0.58	0.67	0.03939	17.10651
280	2.8	0.59	0.69	0.04242	16.15385
300	3	0.60	0.70	0.04545	15.32821
320	3.2	0.62	0.72	0.04848	14.84135
340	3.4	0.72	0.83	0.05152	16.18552
360	3.6	0.74	0.86	0.05455	15.70513
380	3.8	0.74	0.87	0.05758	15.07692
400	4	0.78	0.91	0.06061	15.07692
420	4.2	0.79	0.93	0.06364	14.53846
440	4.4	0.81	0.95	0.06667	14.22028
460	4.6	0.82	0.96	0.06970	13.76589

Prubeta					
Área					
952.00					
Lunquid					
68					
Lectura deformimo	Deformació a mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformació en unidades	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.21	0.22	0.00294	73.5
40	0.4	0.30	0.32	0.00588	54.25
60	0.6	0.41	0.43	0.00882	49
80	0.8	0.49	0.51	0.01176	43.75
100	1	0.51	0.54	0.01471	36.4
120	1.2	0.61	0.64	0.01765	36.16667
140	1.4	0.62	0.65	0.02059	31.5
160	1.6	0.70	0.73	0.02353	31.0625
180	1.8	0.71	0.74	0.02647	28
200	2	0.72	0.75	0.02941	25.55
220	2.2	0.80	0.84	0.03235	26.90991
240	2.4	0.81	0.85	0.03529	24.20833
260	2.6	0.92	0.97	0.03824	25.30769
280	2.8	0.91	0.96	0.04118	23.25
300	3	0.92	0.97	0.04412	21.93333

Prubeta					
Área					
938.00					
Lunquid					
67					
Lectura deformimo	Deformació a mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformació en unidades	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.34	0.37	0.00299	122.5
40	0.4	0.35	0.38	0.00597	62
60	0.6	0.41	0.44	0.00896	49
80	0.8	0.42	0.45	0.01194	37.625
100	1	0.43	0.46	0.01493	30.8
120	1.2	0.44	0.47	0.01791	26.25
140	1.4	0.45	0.48	0.02090	23
160	1.6	0.46	0.49	0.02388	20.5625
180	1.8	0.47	0.50	0.02687	18.66667
200	2	0.48	0.51	0.02985	17.15
220	2.2	0.49	0.52	0.03284	15.90909
240	2.4	0.54	0.57	0.03582	16.04167
260	2.6	0.58	0.62	0.03881	15.88462
280	2.8	0.59	0.63	0.04179	15
300	3	0.60	0.64	0.04478	14.23333
320	3.2	0.62	0.66	0.04776	13.78125
340	3.4	0.63	0.67	0.05075	13.17647
360	3.6	0.64	0.68	0.05373	12.63889
380	3.8	0.70	0.74	0.05672	13.07895
400	4	0.71	0.75	0.05970	12.6
420	4.2	0.72	0.76	0.06269	12.16667
440	4.4	0.74	0.78	0.06567	11.93182
460	4.6	0.74	0.79	0.06866	11.56522
480	4.8	0.79	0.85	0.07164	11.8125
500	5	0.80	0.86	0.07463	11.48
520	5.2	0.81	0.87	0.07761	11.17308
540	5.4	0.82	0.88	0.08060	10.88889

Prubeta					
Área					
1120.00					
Lunquid					
70					
Lectura deformimo	Deformació a mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformació en unidades	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.52	0.46	0.00286	162.3125
40	0.4	0.62	0.55	0.00571	96.46875
60	0.6	0.72	0.64	0.00857	74.52083
80	0.8	0.81	0.73	0.01143	63.54688
100	1	0.82	0.74	0.01429	51.45
120	1.2	0.92	0.82	0.01714	47.97917
140	1.4	1.02	0.92	0.02000	45.9375

Prubeta					
Área					
780.00					
Lunquid					
60					
Lectura deformimo	Deformació a mm	Carga KN	Esfuerzo Mpa	Deformació en unidades	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.21	0.26	0.00333	79.15385
40	0.4	0.30	0.39	0.00667	58.42308
60	0.6	0.31	0.40	0.01000	40.20513
80	0.8	0.32	0.41	0.01333	31.09615
100	1	0.43	0.55	0.01667	33.16923
120	1.2	0.44	0.57	0.02000	28.26923
140	1.4	0.45	0.58	0.02333	24.76923
160	1.6	0.46	0.59	0.02667	22.14423
180	1.8	0.47	0.60	0.03000	20.10256
200	2	0.48	0.62	0.03333	18.46923
220	2.2	0.49	0.63	0.03667	17.13287
240	2.4	0.54	0.69	0.04000	17.27564
260	2.6	0.58	0.74	0.04333	17.10651
280	2.8	0.59	0.75	0.04667	16.15385
300	3	0.62	0.79	0.05000	15.83077
320	3.2	0.63	0.80	0.05333	15.07692
340	3.4	0.64	0.82	0.05667	14.41176
360	3.6	0.65	0.83	0.06000	13.82051

Prubete					
Área					
7PA					
975.00					
Lunqitud					
65					
Lectura deformámo	Deformeciá n mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformeci áu uniteria	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.31	0.32	0.00308	104.5333
40	0.4	0.34	0.35	0.00615	57.16667
60	0.6	0.39	0.40	0.00923	43.55556
80	0.8	0.41	0.42	0.01231	34.3
100	1	0.51	0.52	0.01538	33.97333
120	1.2	0.60	0.61	0.01846	33.21111
140	1.4	0.61	0.62	0.02154	28.93333
160	1.6	0.62	0.63	0.02462	25.725
180	1.8	0.72	0.73	0.02769	26.4963
200	2	0.82	0.84	0.03077	27.44
220	2.2	0.92	0.94	0.03385	27.91515
240	2.4	1.03	1.06	0.03692	28.58333

Prubete					
Área					
9PA					
975.00					
Lunqitud					
65					
Lectura deformámo	Deformeciá n mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformeci áu uniteria	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.29	0.30	0.00308	98
40	0.4	0.34	0.35	0.00615	57.16667
60	0.6	0.44	0.45	0.00923	49
80	0.8	0.54	0.55	0.01231	44.91667
100	1	0.54	0.55	0.01538	35.93333
120	1.2	0.64	0.65	0.01846	35.38889
140	1.4	0.69	0.70	0.02154	32.66667
160	1.6	0.74	0.75	0.02462	30.625
180	1.8	0.83	0.85	0.02769	30.85185
200	2	0.84	0.86	0.03077	28.09333
220	2.2	0.88	0.90	0.03385	26.72727
240	2.4	0.93	0.95	0.03692	25.36111
260	2.6	0.96	0.99	0.04000	24.62564
280	2.8	0.98	1.01	0.04308	23.33333
300	3	1.04	1.07	0.04615	23.08444
320	3.2	1.08	1.11	0.04923	22.45833

Prubete					
Área					
11PA					
840.00					
Lunqitud					
60					
Lectura deformámo	Deformeciá n mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformeci áu uniteria	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.31	0.37	0.00333	112
40	0.4	0.34	0.41	0.00667	61.25
60	0.6	0.39	0.47	0.01000	46.66667
80	0.8	0.41	0.49	0.01333	36.75
100	1	0.51	0.61	0.01667	36.4
120	1.2	0.60	0.71	0.02000	35.58333
140	1.4	0.61	0.72	0.02333	31
160	1.6	0.62	0.74	0.02667	27.5625
180	1.8	0.72	0.85	0.03000	28.38889
200	2	0.82	0.98	0.03333	29.4
220	2.2	0.92	1.10	0.03667	29.90909
240	2.4	1.03	1.23	0.04000	30.625

Prubete					
Área					
8PA					
840.00					
Lunqitud					
60					
Lectura deformámo	Deformeciá n mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformeci áu uniteria	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.27	0.33	0.00333	98
40	0.4	0.28	0.34	0.00667	50.75
60	0.6	0.29	0.35	0.01000	35
80	0.8	0.30	0.36	0.01333	27.125
100	1	0.36	0.43	0.01667	25.4
120	1.2	0.37	0.44	0.02000	22.16667
140	1.4	0.38	0.46	0.02333	19.5
160	1.6	0.39	0.47	0.02667	17.5
180	1.8	0.40	0.48	0.03000	15.94444
200	2	0.41	0.49	0.03333	14.7
220	2.2	0.47	0.56	0.03667	15.27273
240	2.4	0.48	0.57	0.04000	14.29167
260	2.6	0.49	0.58	0.04333	13.46154
280	2.8	0.50	0.60	0.04667	12.75
300	3	0.51	0.61	0.05000	12.13333

Prubete					
Área					
10PA					
858.00					
Lunqitud					
66					
Lectura deformámo	Deformeciá n mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformeci áu uniteria	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.37	0.43	0.00303	143.2308
40	0.4	0.41	0.48	0.00606	79.15385
60	0.6	0.43	0.50	0.00909	55.28205
80	0.8	0.45	0.53	0.01212	43.34615
100	1	0.47	0.55	0.01515	36.18462
120	1.2	0.47	0.55	0.01818	30.15385
140	1.4	0.49	0.57	0.02121	26.92308
160	1.6	0.51	0.59	0.02424	24.5
180	1.8	0.53	0.62	0.02727	22.61538
200	2	0.54	0.63	0.03030	20.73077
220	2.2	0.58	0.67	0.03333	20.21678
240	2.4	0.59	0.69	0.03636	18.84615
260	2.6	0.62	0.72	0.03939	18.26627
280	2.8	0.69	0.80	0.04242	18.34615
300	3	0.74	0.86	0.04545	18.34615
320	3.2	0.74	0.87	0.04848	17.90285
340	3.4	0.82	0.96	0.05152	18.62443
360	3.6	0.83	0.97	0.05455	17.79915
380	3.8	0.86	1.01	0.05758	17.45749
400	4	0.89	1.04	0.06061	17.15
420	4.2	0.91	1.06	0.06364	16.69231
440	4.4	0.90	1.05	0.06667	15.76224
460	4.6	0.93	1.09	0.06970	15.56856

Prubete					
Área					
12PA					
780.00					
Lunqitud					
60					
Lectura deformámo	Deformeciá n mm	Carga KN	Erfuexu Mpa	Deformeci áu uniteria	E
0	0	0	0	0	0
20	0.2	0.27	0.35	0.00333	105.5385
40	0.4	0.28	0.36	0.00667	54.63885
60	0.6	0.29	0.38	0.01000	37.69231
80	0.8	0.30	0.39	0.01333	29.21154
100	1	0.36	0.46	0.01667	27.89231
120	1.2	0.37	0.48	0.02000	23.87179
140	1.4	0.38	0.49	0.02333	21
160	1.6	0.39	0.50	0.02667	18.84615
180	1.8	0.40	0.52	0.03000	17.17094
200	2	0.41	0.53	0.03333	15.83077
220	2.2	0.47	0.60	0.03667	16.44755
240	2.4	0.48	0.62	0.04000	15.29103
260	2.6	0.49	0.63	0.04333	14.49704
280	2.8	0.50	0.64	0.04667	13.73077
300	3	0.51	0.65	0.05000	13.06667