



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA
ESTRUCTURAL ECUATORIANA Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE
VIVIENDA SOCIAL”**

AUTORA: Cynthia Estefanía Cruz Salinas

TUTOR: Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún

AMBATO - ECUADOR

Septiembre - 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA ESTRUCTURAL ECUATORIANA Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE VIVIENDA SOCIAL”**, elaborado por la Srta. Cynthia Estefanía Cruz Salinas, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804880019, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Cynthia Estefanía Cruz Salinas, con C.I 1804880019 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA ESTRUCTURAL ECUATORIANA Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE VIVIENDA SOCIAL”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



Cynthia Estefanía Cruz Salinas
C.I: 1804880019
AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, septiembre 2022



Cynthia Estefanía Cruz Salinas
C.I: 1804880019
AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Cynthia Estefanía Cruz Salinas de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA ESTRUCTURAL ECUATORIANA Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE VIVIENDA SOCIAL”**.

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:



Ing. Mg. Wladimir José Ramírez Cabrera
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Ustedes han sido mi apoyo incondicional en cada momento, sus consejos, sus palabras y su ejemplo me han acompañado desde siempre, sin duda alguna, si algo me ha mantenido de pie han sido sus oraciones.

Pido a Dios que me permita tenerles conmigo hasta que Él vuelva para poder honrarles, y retribuirles, aunque sea una pequeña parte, todo lo que han invertido en mí.

Esta parte de mi vida es por ustedes y para ustedes en muestra del amor infinito que les tengo.

A mis padres, Abdón y Carmita

Estefanía Cruz

AGRADECIMIENTO

A Dios, su amor y fidelidad me han traído hasta este punto de mi vida y estoy segura de que me seguirán acompañando día tras día y me enseñarán el camino en el que debo andar.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, por sus conocimientos impartidos a lo largo de mi etapa académica para formarme como profesional.

Al Ingeniero Favio Portilla, por su guía, tiempo y sus valiosos conocimientos impartidos conmigo para la realización de este proyecto.

A mis hermanos Maribel, Daniel, Israel y Fabián, siempre estaré agradecida porque nunca me han dejado sola, contar con ellos es sin duda alguna el mejor privilegio que Papá Dios me regaló.

A mis grandes amigos Gaby, Alexander, Álvaro, Dany, Kevin, Christian, Daniel y César, la amistad sincera e incondicional que les caracteriza y que me han brindado sin duda ha marcado mi vida y ha sido un gran apoyo para mí.

A todas las personas que han estado presentes y me han brindado su ayuda a lo largo de mi vida universitaria, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	4
1.1.3.1 Características Básicas de la Madera	4
1.1.3.2 Estructura de la Madera	4
1.1.3.2.1 Partes del tronco	5
1.1.3.3 Propiedades Físicas de la Madera	6
1.1.3.3.1 Anisotropía.....	6
1.1.3.3.2 Contenido de Humedad.....	8
1.1.3.3.3 Cambios dimensionales.....	11
1.1.3.3.4 Densidad y Peso específico.....	11
1.1.3.4 Propiedades Mecánicas de la Madera	12

1.1.3.4.1 Resistencia a Compresión paralela a las fibras	13
1.1.3.4.2 Resistencia a Compresión perpendicular a las fibras	15
1.1.3.4.3 Resistencia a Tracción paralela a las fibras.....	16
1.1.3.4.4 Resistencia a la Flexión.....	18
1.1.3.5 Propiedades Elásticas de la madera.....	20
1.1.3.5.1 Módulo de elasticidad	20
1.1.3.6 Proceso de obtención de la madera	21
1.1.3.6.1 Apeo, corte y transporte	21
1.1.3.6.2 Secado	21
1.1.3.7 Madera Estructural	22
1.1.3.7.1 Clasificación Visual	22
1.1.3.7.2 Clasificación Estructural	23
1.1.3.7.3 Secciones Preferenciales	25
1.1.3.8 Madera Estructural Típica usada para construcción en el Ecuador	25
1.1.3.8.1 Manejo sustentable de las especies maderables del Ecuador.....	30
1.1.3.9 Viviendas de Interés Social y su sistema constructivo MIDUVI.....	31
1.1.4.0 Objetivos	32
1.1.4.0.1 Objetivo General	32
1.1.4.0.2 Objetivos Específicos.....	32
1.1.4.1 Hipótesis.....	33
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	34
2.1 Niveles de investigación	34
2.1.1 Investigación exploratoria.....	34
2.1.2 Investigación experimental	34
2.1.3 Investigación de laboratorio.....	34
2.1.4 Investigación Aplicada.....	34
2.1.5 Investigación Bibliográfica	34

2.2 Población y Muestra.....	35
2.2.1 Población.....	35
2.2.2 Muestra.....	39
2.3 Materiales y equipos	42
2.3.1 Materiales.....	42
2.3.2 Equipo	43
2.4 Métodos.....	45
2.4.1 Plan de recolección de datos	45
2.4.2 Procedimiento	46
2.4.2.1 Elaboración de probetas	46
2.4.2.2 Identificación de las muestras	46
2.4.2.3 Toma de datos de las probetas	47
2.4.2.4 Secado de las probetas	48
2.4.2.5 Ensayos mecánicos.....	49
2.4.2.5.1 Compresión Paralela a la Fibra	49
2.4.2.5.2 Compresión Perpendicular a la Fibra.....	52
2.4.2.5.3 Flexión Estática.....	53
2.4.2.5.4 Tracción Paralela a la fibra	54
2.4.2.6 Determinación de las propiedades físicas	56
2.4.2.6.1 Contenido de Humedad.....	56
2.4.2.6.2 Densidad.....	56
2.4.2.7 Determinación de las propiedades mecánicas.....	57
2.4.2.7.1 Compresión Paralela a la Fibra	57
2.4.2.7.2 Compresión Perpendicular a la Fibra.....	58
2.4.2.7.3 Flexión Estática.....	58
2.4.2.7.4 Tracción Paralela a la fibra	60
2.5 Diseño de una vivienda de Interés Social con estructura de Madera.....	61

2.5.1	Tipología estructural MIDUVI	61
2.5.2	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	64
2.5.2.1	Elaboración del cuadro de diseño.....	64
2.5.2.2	Cargas	65
2.5.2.3	Propiedades mecánicas del material.....	65
2.5.2.4	Predimensionamiento de vigas secundarias o de cubierta.....	66
2.5.2.5	Predimensionamiento de vigas principales	67
2.5.2.6	Predimensionamiento de columnas	68
2.5.3	Chequeos de elementos estructurales.....	69
2.5.3.1	Vigas secundarias	69
2.5.3.2	Vigas principales.....	70
2.5.3.3	Columnas.....	71
2.5.4	Cimentación	71
2.5.5	Especificaciones Técnicas.....	72
2.5.5.1	Limpieza de superficie	72
2.5.5.2	Replanteo y Nivelación.....	72
2.5.5.3	Excavación de la cimentación.....	72
2.5.5.4	Replanteo de hormigón simple.....	72
2.5.5.5	Acero de Refuerzo.....	72
2.5.5.6	Hormigón premezclado.....	72
2.5.5.7	Malla electrosoldada	72
2.5.5.8	Columnas y vigas de Madera.....	73
2.5.5.9	Cubierta.....	73
2.5.6.0	Mampostería.....	73
2.5.6.1	Ventanas.....	73
2.5.6.2	Puertas.....	73
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		74

3.1 Análisis y discusión de resultados.....	74
3.1.1 Propiedades Físicas	74
3.1.1.1 Humedad	74
3.1.1.2 Densidad.....	81
3.1.2 Propiedades Mecánicas	92
3.1.2.1 Resistencia a Compresión Paralela	92
3.1.2.2 Resistencia a Compresión Perpendicular	103
3.1.2.3 Resistencia a Flexión estática.....	112
3.1.2.4 Resistencia a Tracción paralela.....	126
3.1.3 Diseño y presupuesto de una vivienda tipo interés social.....	138
3.2 Verificación de la hipótesis.....	140
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
4.1 Conclusiones	141
4.2 Recomendaciones.....	143
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
ANEXOS.....	150
Anexo 1: Propiedades físico mecánicas de probetas individuales.....	150
Anexo 3: Análisis de precios unitarios.....	189
Anexo 4: Planos vivienda de interés social.....	203

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Estructura de la madera	5
Figura 2. Dirección axial o longitudinal de una pieza de madera	7
Figura 3. Dirección radial de una pieza de madera	7
Figura 4. Dirección tangencial de una pieza de madera.....	8
Figura 6. Influencia del contenido de humedad en la resistencia de la madera	11
Figura 7. Esquema de ensayo de compresión paralela a las fibras	14
Figura 8. Esquema de ensayo de compresión normal a las fibras.....	15
Figura 9. Esquema de ensayo de tracción paralela a las fibras	16
Figura 10. Curva Esfuerzo-Deformación para madera	18
Figura 11. Esquema de ensayo de flexión estática.....	19
Figura 12. Módulo de Elasticidad a tracción y compresión.	21
Figura 14. Edificio del Colegio Benigno Malo.....	26
Figura 15. Cubierta del Edificio del Colegio Benigno Malo construida con madera de Eucalipto.	26
Figura 16. Cabaña “Sueño Campestre” elaborada con madera de pino y eucalipto ..	27
Figura 17. Cabaña “Casa de Rancho” elaborada con madera de pino, eucalipto y ciprés	27
Figura 18. Vivienda típica manaba construida con madera	28
Figura 20. Vivienda elaborada con madera de abío.....	29
Ambato - Tungurahua	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de fallas en compresión.....	15
Tabla 2. Tipos de fallas en tracción.....	17
Tabla 3. Tipos de fallas en flexión (Flexión estática)	20
Tabla 4. Defectos en la madera	23
Tabla 5. Clasificación de la madera por densidad básica.....	24
Tabla 6. Clasificación de la madera por esfuerzos admisibles.....	24
Tabla 7. Clasificación de la madera por su Módulo de Elasticidad	24
Tabla 8. Especies de madera que se ofertan en depósitos de Ambato	37
Tabla 9. Especies de madera de mayor comercialización.....	38
Tabla 10. Dimensiones comerciales de las especies maderables	39
Tabla 11. Número de probetas para análisis de sus propiedades físico-mecánicas ..	41
Tabla 12. Probetas elaboradas según ASTM D143	42
Tabla 13. Equipo	43
Tabla 14. Identificación de muestras.....	47
Tabla 15. Factores de reducción considerados.....	61
Tabla 16. Cuadro de diseño.....	64
Tabla 17. Cargas para residencias	65
Tabla 18. Solicitaciones	65
Tabla 19. Propiedades mecánicas de la madera de diseño	66
Tabla 20. Predimensionamiento de vigas secundarias	66
Tabla 21. Propiedades geométricas de vigas secundarias	67
Tabla 22. Predimensionamiento de vigas principales	67
Tabla 23. Propiedades geométricas de vigas principales	68
Tabla 24. Predimensionamiento de columnas.....	68
Tabla 25. Propiedades geométricas de columnas.....	69
Tabla 26. Chequeo a flexión, corte y compresión perpendicular en vigas secundarias	70
Tabla 27. Chequeo a flexión, corte y compresión perpendicular en vigas principales	70
Tabla 28. Chequeo a flexo-tensión y flexo-compresión en columnas	71
Tabla 29. Especificaciones de la cimentación.....	71

Tabla 30. Contenido de humedad en probetas de compresión paralela en humedad natural.....	75
Tabla 31. Contenido de humedad en probetas de compresión perpendicular en humedad natural.....	76
Tabla 32. Contenido de humedad en probetas de flexión estática en humedad natural.....	76
Tabla 33. Contenido de humedad en probetas de tracción paralela en humedad natural.....	77
Tabla 34. Porcentaje de humedad natural en muestras de madera (%).....	78
Tabla 35. Contenido de humedad en probetas de compresión paralela en estado seco al horno.....	78
Tabla 36. Contenido de humedad en probetas de compresión perpendicular en estado seco al horno.....	79
Tabla 37. Contenido de humedad en probetas de flexión estática en estado seco al horno.....	79
Tabla 38. Contenido de humedad en probetas de tracción paralela en estado seco al horno.....	80
Tabla 39. Porcentaje de humedad en estado seco al horno en muestras de madera (%).....	80
Tabla 40. Densidad en probetas de compresión paralela en humedad natural.....	81
Tabla 41. Densidad en probetas de compresión perpendicular en humedad natural.....	82
Tabla 42. Densidad en probetas de flexión estática en humedad natural.....	82
Tabla 43. Densidad en probetas de tracción paralela en humedad natural.....	83
Tabla 44. Densidad en probetas de compresión paralela en estado seco al horno....	83
Tabla 45. Densidad en probetas de compresión perpendicular en estado seco al horno.....	84
Tabla 46. Densidad en probetas de flexión estática en estado seco al horno.....	84
Tabla 47. Densidad en probetas de tracción paralela en estado seco al horno.....	85
Tabla 48. Densidad en probetas de compresión paralela al 12% de humedad.....	85
Tabla 49. Densidad en probetas de compresión perpendicular al 12% de humedad.....	86
Tabla 50. Densidad en probetas de flexión estática al 12% de humedad.....	86
Tabla 51. Densidad en probetas de tracción paralela al 12% de humedad.....	87
Tabla 52. Densidad promedio para un 12% de humedad.....	87

Tabla 53. Clasificación estructural de las maderas según su densidad	90
Tabla 54. Comparación entre densidad obtenida y densidad referenciada	90
Tabla 55. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en humedad natural	92
Tabla 56. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en estado seco al horno	93
Tabla 57. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas al 12% de humedad	93
Tabla 58. Módulo de Elasticidad a compresión paralela en humedad natural	95
Tabla 59. Módulo de Elasticidad a compresión paralela en estado seco al horno. ...	96
Tabla 60. Módulo de Elasticidad a compresión paralela al 12% de humedad.....	96
Tabla 61. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión paralela en humedad natural.....	99
Tabla 62. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión paralela en estado seco al horno	99
Tabla 63. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión paralela al 12% de humedad	100
Tabla 64. Fallas producidas en probetas de compresión paralela	101
Tabla 65. Fallas producidas por cargas de compresión paralela a la fibra.....	102
Tabla 66. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en humedad natural	103
Tabla 67. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en estado seco al horno	103
Tabla 68. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas al 12% de humedad	104
Tabla 69. Módulo de Elasticidad a compresión perpendicular en humedad natural	106
Tabla 70. Módulo de Elasticidad a compresión perpendicular en estado seco al horno	106
Tabla 71. Módulo de Elasticidad a compresión perpendicular al 12% de humedad	107
Tabla 72. Relación entre el MOE en compresión paralela y MOE en compresión perpendicular.....	108

Tabla 73. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión perpendicular en humedad natural.....	109
Tabla 74. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión perpendicular en estado seco al horno	110
Tabla 75. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión perpendicular al 12% de humedad	110
Tabla 76. Fallas producidas en probetas de compresión perpendicular	111
Tabla 77. Fallas producidas por cargas de compresión perpendicular a la fibra	112
Tabla 78. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en humedad natural	113
Tabla 79. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en estado seco al horno	114
Tabla 80. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas al 12% de humedad	115
Tabla 81. Módulo de Elasticidad a flexión estática de probetas en humedad natural	118
Tabla 82. Módulo de Elasticidad a flexión estática de probetas en estado seco al horno	119
Tabla 83. Módulo de Elasticidad a flexión estática de probetas al 12% de humedad	119
Tabla 84. Esfuerzos admisibles en probetas de flexión estática en humedad natural	122
Tabla 85. Esfuerzos admisibles en probetas de flexión estática en estado seco al horno	122
Tabla 86. Esfuerzos admisibles en probetas de flexión estática al 12% de humedad	123
Tabla 87. Fallas producidas en probetas de flexión estática	124
Tabla 88. Fallas producidas por flexión estática	125
Tabla 89. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en humedad natural	126
Tabla 90. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en estado seco al horno	126

Tabla 91. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas al 12% de humedad	127
Tabla 92. Resistencia a tracción paralela al 12% de humedad.....	128
Tabla 93. Módulo de Elasticidad a tracción paralela en humedad natural.....	129
Tabla 94. Módulo de Elasticidad a tracción paralela en estado seco al horno	130
Tabla 95. Módulo de Elasticidad a tracción paralela al 12% de humedad.....	130
Tabla 96. Esfuerzos admisibles en probetas en humedad natural	132
Tabla 97. Esfuerzos admisibles en probetas en estado seco al horno	132
Tabla 98. Esfuerzos admisibles en probetas al 12% de humedad.....	133
Tabla 99. Fallas producidas en probetas de tracción paralela	134
Tabla 100. Fallas producidas por cargas de tracción paralela a la fibra.....	135
Tabla 101. Resistencias Máximas al 12% de humedad	136
Tabla 102. Módulos de Elasticidad al 12% de humedad	137
Tabla 103. Presupuesto vivienda de interés social	139
Tabla 104. Comparación de costos de viviendas de interés social.....	140

RESUMEN

Para la elaboración de este trabajo experimental se obtuvieron muestras de 9 especies de madera utilizadas en la industria de la construcción, para determinar sus propiedades físico-mecánicas.

En cada especie se realizaron los ensayos de Compresión Paralela a la fibra, Compresión Perpendicular a la fibra, Flexión Estática y Tracción Paralela a la fibra, tanto en muestras de madera en su estado de humedad natural (humedad de aserradero) como en muestras de madera secas al horno, para analizar luego las diferentes propiedades obtenidas a una humedad del 12% (por interpolación).

Con los resultados obtenidos para cada especie se elaboraron gráficas comparativas de la variación de la resistencia a Compresión Paralela, Compresión Perpendicular, Flexión, Tracción y Módulo Elástico, observando las diferencias entre las diferentes especies. Además, se realizó un análisis de la variación de todas las propiedades en función de la densidad de cada especie de madera.

Se pudo observar que las muestras de especie Yumbingue presentaron mayores resistencias a compresión paralela, compresión perpendicular y tracción; mientras que la mayor resistencia a flexión presentó la especie Intachi. El Eucalipto, además de ser una de las especies más económicas presentó valores bastante aceptables de resistencias de todas las propiedades mecánicas.

En base al análisis de las propiedades físico-mecánicas de las especies de madera ensayadas, se elaboró el diseño y presupuesto de una vivienda de interés social utilizando como material primario madera de eucalipto para la construcción de la estructura.

Palabras clave: Madera, Contenido de humedad, Densidad, Propiedades mecánicas, Diseño estructural.

ABSTRACT

For the elaboration of this experimental work, samples of 9 species of wood used in the construction industry were obtained to determine their physical-mechanical properties.

In each species, the tests of Compression Parallel to grain, Compression Perpendicular to grain, Static Flexion and Traction Parallel to grain were performed, both on wood samples in their natural moisture state (sawmill moisture) and on wood samples oven-dried, to later analyze the different properties obtained at a humidity of 12% (by interpolation).

With the obtained results for each species, comparative graphs were made of the variation of the resistance to Parallel Compression, Perpendicular Compression, Flexion, Traction and Elastic Modulus, observing the differences between the different species. In addition, an analysis of the variation of all properties as function of density of each wood species was carried out.

It was observed that Yumbingue species samples presented the highest resistance to parallel compression, perpendicular compression and traction; while the highest flexural strength was presented by the Intachi species. Eucalyptus, in addition of being one of the most economical species, presented quite acceptable resistance values for all mechanical properties.

Based on the analysis of the physical-mechanical properties of the wood species tested, the design and budget of a social interest house was elaborated using eucalyptus wood as primary material for the construction of the structure.

Keywords: Wood, Moisture content, Density, Mechanical properties, Structural design.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

Un estudio realizado en la Universidad de Santiago de Compostela a probetas de madera de tres diferentes tipos de roble (*Quercus*) de la comunidad española de Galicia determinó que a un 12% de contenido de humedad, *Quercus pyrenaica* presentó una madera menos densa que *Quercus petraea* y más densa que *Quercus robur*, lo que indica que, si su contenido de humedad es igual, la variación de la densidad entre especies depende del porcentaje de huecos en su interior, es decir si la madera es más o menos porosa. Luego de determinar sus propiedades mecánicas se determinó que las tres especies pertenecen a la misma familia y al mismo género, pero son significativamente distintas tanto en su constitución interna como en su comportamiento [1].

La investigación realizada en la ciudad de México, por Sotomayor y Ramírez acerca de la anisotropía del módulo de elasticidad y resistencia a compresión de madera de Pino mostró que las propiedades elásticas y mecánicas de la madera varían según la dirección en que se miden, verificando el carácter anisotrópico del material, por ejemplo, el módulo de elasticidad y resistencia a compresión es mayor en dirección longitudinal que en las direcciones radial y tangencial. Para determinar estas propiedades de la madera, el estudio recomienda realizar ensayos en pequeñas probetas libres de defectos según la norma ASTM D143 o ISO 3129:2012, entre otras. Además, se menciona que el análisis de las propiedades físicas y mecánicas son indispensables para el diseño de productos de madera y para su análisis estructural, pues el desarrollo de la industria de la construcción con madera requiere datos experimentales confiables y especies con características tecnológicas que permitan un empleo adecuado para un uso específico [2].

En la Universidad de las Fuerzas Armadas se realizó un trabajo experimental con el fin de determinar las propiedades físico-mecánicas de muestras secas de madera de Balsa ecuatoriana con un contenido de humedad aproximado del 12%. Se realizaron ensayos que evalúan propiedades como módulo de elasticidad longitudinal (MOE),

módulo de ruptura (MOR) y resistencia a compresión paralela y perpendicular a la fibra de acuerdo a la norma ASTM D143, a partir de los resultados de los ensayos se determinó que el MOE, MOR, resistencia a la compresión paralela y perpendicular a la fibra son proporcionales con la densidad de manera lineal [3].

Dávalos, R. en su investigación que lleva el nombre de “Diseño probabilístico en estructuras de madera en Norteamérica”, menciona que, desde el punto de vista de su uso como material de construcción, la madera es un recurso natural renovable que requiere poca energía para su conversión en componentes estructurales y que es un recurso que provee beneficios deseables comparado con otros materiales alternativos, beneficios que aseguran el futuro de la madera como un importante material estructural [4].

1.1.2 Justificación

De todos los materiales que se emplean en la construcción, la madera es el único material vivo, con un atractivo peculiar que la hace ser adaptable para ser convertida en elementos o sistemas estructurales que pueden resistir a esfuerzos de tracción y compresión según la dirección de sus fibras, pero siendo más ligeras que estructuras de acero u hormigón, por lo que es indispensable realizar ensayos que valoren su resistencia mecánica y durabilidad [5].

Entre las ventajas de utilizar la madera como material de construcción están la buena relación resistencia/densidad y un excelente aislamiento térmico. Además, tiene muy bajo consumo energético para su transformación, pues el 45% de la energía generada en el mundo se utiliza para calentar, iluminar y ventilar edificios y el 5% de ella para construirlos, por lo que son responsables de aproximadamente el 50% de la producción de gases de efecto invernadero, pero la madera se caracteriza por poseer el más bajo consumo de energía a lo largo de su ciclo de vida (producción, transporte, uso y reciclaje) pues a lo largo de estas etapas, almacena el carbono que ha tomado de la atmósfera, hasta que finalmente lo devuelve a ella por medio de la degradación o combustión. Este proceso no genera carbono adicional, por lo tanto, la madera no aumenta el CO₂ ambiental. Por esta razón, la madera es un material considerado para

construir edificios de consumo casi nulo de energía que son prototipos del día a día en la construcción [6].

El transporte de materiales tradicionales como el concreto y el acero hacia territorios rurales y zonas de difícil acceso muchas veces resulta complicado, al utilizar recursos provenientes de los bosques como material de construcción, problemas como el excesivo ruido, tráfico y suciedad se verán significativamente disminuidos. Pues la madera es un material sumamente versátil y muy fácil de trabajar, ya que es un material ligero y resistente. En proporción con su peso, la madera tiene muy elevada resistencia a la flexión, lo cual permite construir estructuras más ligeras. La relación resistencia/peso de la madera es 1.3 veces superior a la del acero y 10 veces a la del hormigón [7].

En el Ecuador existen bosques en los que se encuentran varias especies forestales potencialmente maderables que no han sido estudiadas, es decir, no existe la suficiente información para poder utilizarlas en la industria de la construcción, por lo que se puede apreciar la necesidad de aumentar la formación de estudios acerca de las propiedades mecánicas de estas maderas y de las ventajas de la madera como material constructivo. Además, los modernos materiales técnicos de madera no tienen los inconvenientes de la madera aserrada tradicional, pues gracias a las nuevas tecnologías de barnices, biocidas, entre otros tratamientos sumamente efectivos, los problemas como ataques de agentes bióticos, abióticos o contaminantes atmosféricos entre otras patologías que puedan presentarse están cubiertos casi en su totalidad [8][9].

Según el boletín del INEC de empleo y desempleo del año 2021, en el Ecuador aún existe un 4.4% de desempleo a nivel nacional, y con el aprovechamiento, comercialización e industrialización de productos forestales maderables se generan miles de puestos de trabajo para pequeños productores que habitan las áreas boscosas y hacen de la extracción y comercio de la madera una de sus principales fuentes de ingresos económicos para el sustento familiar y de igual manera para familias que trabajan en el procesamiento y transformación de materias primas tanto en la pequeña, mediana y gran industria del sector maderero del país [10][11].

La construcción de viviendas tipo interés social utilizando la madera como material de construcción provee de una disminución de ciertos costes derivados de aspectos como

el acero estructural que debe usarse en una construcción de hormigón y la disminución del peso total de la estructura con el consiguiente ahorro en la cimentación. Esta, junto a las ventajas mencionadas ayudan a garantizar el “Derecho a un hábitat seguro y saludable y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de la situación social y económica de los ciudadanos” tal como lo indica el Plan Nacional de Desarrollo [12].

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Características Básicas de la Madera

La madera es un material de origen orgánico más o menos compacto, de naturaleza fibrosa que provienen de los árboles, y que se caracteriza por sus propiedades anisotrópicas e higroscópicas [13].

Las propiedades y características de la madera dependen no sólo de su composición sino también de su constitución, es decir, de la manera que están colocados u orientados los diversos elementos que la forman. El cómo están colocados u ordenados estos elementos nos servirá para comprender mejor el comportamiento de este material [14].

1.1.3.2 Estructura de la Madera

Al ser un material de naturaleza fibrosa, organizada y esencialmente heterogénea, su origen vegetal le confiere unas características peculiares, pues sus propiedades y posibilidades de empleo son consecuencia de los caracteres y composición química de las células que la constituyen.

Este material está atravesado por una red de células longitudinales y transversales de distintas características que dan forma a sus tres componentes químicos básicos: celulosa (40-60%), hemicelulosa (5-25%) y lignina (20-40%).

Estos elementos orgánicos se componen a su vez de elementos esenciales:

- Carbono: 45-50%
- Oxígeno: 38-42%
- Hidrógeno: 6%
- Nitrógeno: 1%
- Compuestos minerales 10% [14].

1.1.3.2.1 Partes del tronco

Para estudiar la estructura del tronco, es necesario realizar un corte transversal del tronco de un árbol, al examinarlo se podrán observar las siguientes características:

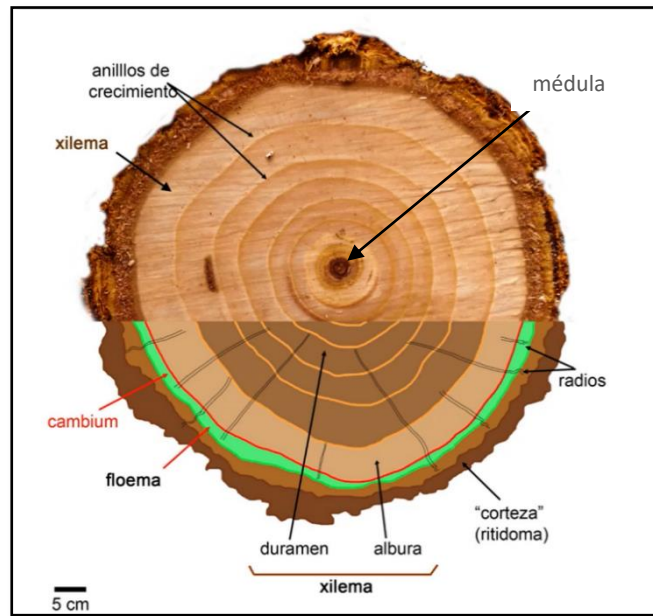


Figura 1. Estructura de la madera

Fuente: “Anatomía y características del Xilema”, Ana González

- Corteza externa: Es la capa más externa de los árboles, cubre y protege a la madera de agente atmosféricos y está constituida por tejido muerto.
- Corteza interna: Es la capa constituida por tejido vivo, conduce el alimento elaborado en las hojas hacia las ramas, tronco y raíces.
- Floema: Es un conjunto de tejidos vivos especializados en la conducción de nutrientes para la planta, especialmente de savia elaborada.
- Cambium: Es un tejido entre la corteza interior y la albura, su función es producir corteza hacia afuera y madera hacia adentro permitiendo al árbol crecer y ser más grueso cada año.

La parte del tronco que comúnmente denominamos madera, consta de dos zonas diferenciadas: albura y duramen.

- Albura: Es la madera joven, formada por tejidos jóvenes en periodo de crecimiento y contiene mucha savia y materias orgánicas. Constituye una madera, en general, porosa, de poco espesor y consistencia, por lo que siempre es menos resistente que el duramen.
- Duramen: Es la madera más cercana a la médula, está constituida por tejidos que han llegado a su máximo desarrollo y resistencia. Tiene un color más oscuro que la de la albura y tiene una mayor resistencia al ataque de insectos.

En las dos capas anteriores se encuentran los anillos de crecimientos, la médula y los radios medulares:

- Anillos de crecimiento: Son capas concéntricas formadas en la etapa de crecimientos diametral del árbol, que se observan en el corte transversal de un tronco en forma de coronas sucesivas. Son un indicador de la edad del árbol, puesto que cada año se forma un anillo de crecimiento.
- Médula: Es la zona céntrica del tronco del árbol, siendo también la más antigua de este. Tiene propiedades físicas y mecánicas deficientes y su densidad es mucho más baja que las capas exteriores por lo que habitualmente no se utiliza.
- Radios medulares: Son líneas que van desde el interior hacia el exterior del árbol en dirección perpendicular a los anillos de crecimientos. Los radios son más blandos que el resto de la masa leñosa y por eso constituyen las zonas de rotura cuando se ejerce un esfuerzo o compresión paralela a las fibras [14][15].

1.1.3.3 Propiedades Físicas de la Madera

1.1.3.3.1 Anisotropía

La madera posee la propiedad de ser un material anisotrópico, es decir sus propiedades físicas y mecánicas varían en función de la dirección en la que se aplique el esfuerzo.

De este modo en la madera se consideran tres direcciones principales con características propias:

- Dirección axial o longitudinal: Paralela a las fibras y por lo tanto al eje del árbol. En esta dirección la madera presenta mejores propiedades.

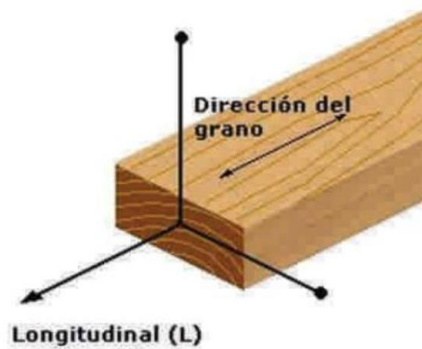


Figura 2. Dirección axial o longitudinal de una pieza de madera
Fuente: “La construcción de viviendas en madera”, Manuel González

- Dirección radial: Perpendicular a los anillos de crecimiento y al eje longitudinal de la pieza.

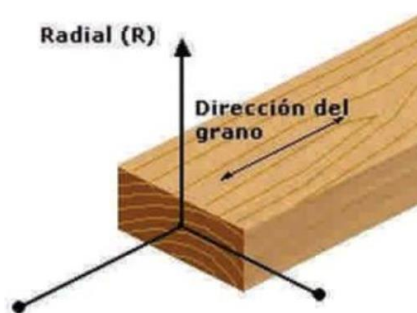


Figura 3. Dirección radial de una pieza de madera
Fuente: “La construcción de viviendas en madera”, Manuel González

- Dirección tangencial: Tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular al eje longitudinal de la pieza.

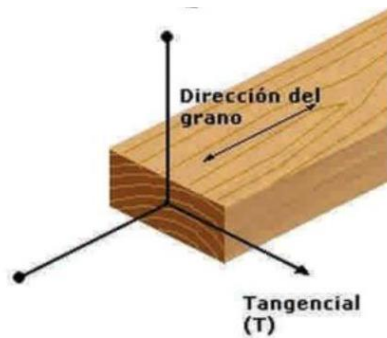


Figura 4. Dirección tangencial de una pieza de madera

Fuente: “La construcción de viviendas en madera”, Manuel González

En la práctica se consideran únicamente dos direcciones: La dirección longitudinal o paralela a la fibra y la dirección transversal o perpendicular a la fibra [15].

1.1.3.3.2 Contenido de Humedad

La humedad de la madera es la propiedad que más influye sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera. La estructura de la madera almacena una importante cantidad de agua, la misma que está constituida de la siguiente manera:

- *Agua libre:* Se encuentra llenando las cavidades celulares y no es un factor influyente en la variación dimensional de la madera. Es la primera que se empieza a perder cuando la madera se expone al medio ambiente y empieza un proceso de secado.
- *Agua higroscópica:* Se encuentra contenida en las paredes celulares. El agua higroscópica empieza a perderse una vez que se ha perdido la totalidad del agua libre. Esta tiene una marcada influencia en las propiedades físicas y mecánicas de la madera, al perderse la madera se contrae y cuando se recupera, se expande.
- *Agua de constitución:* Esta forma parte de la estructura molecular y solo se elimina por combustión de la madera destruyendo totalmente el material.

A partir de la cantidad de agua que contenga la madera, puede diferenciarse tres estados: verde, seco y anhidro.

- Madera verde: Se ha perdido parte del agua libre.
- Madera seca: Se ha perdido la totalidad del agua libre y parte del agua higroscópica.
- Madera anhidra: Se ha perdido la totalidad del agua libre e higroscópica [14][15].

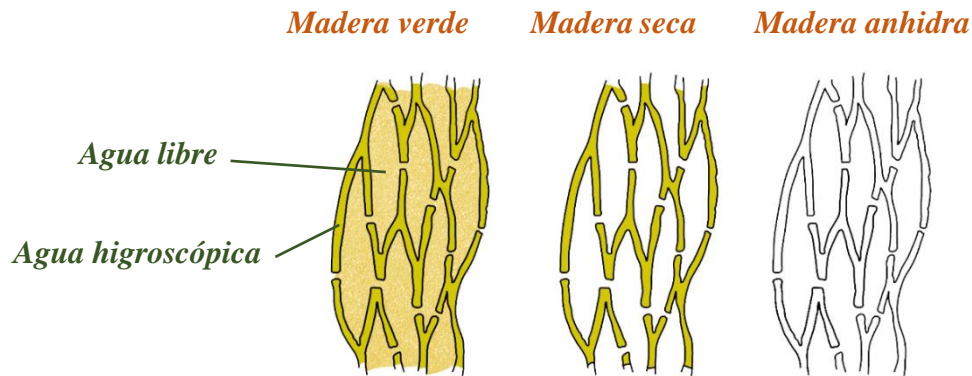


Figura 5. Estados de la madera en función de su contenido de agua.

Fuente: “Contenido de agua en la madera”, Irene Jimeno

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera en estado anhidro expresado en porcentaje.

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso anhidro}}{\text{Peso anhidro}} * 100$$

Si el contenido de humedad en la madera es superior al 30% la madera está en estado verde, si el contenido de humedad es menor al 30% y mayor al 12% es madera seca y si el contenido de humedad está entre el 0 y el 12% es madera anhidra. [16].

El peso anhidro es conseguido mediante el uso de un horno a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y para la realización de ensayos tecnológicos, la muestras de madera deberán estar a un contenido de humedad del 12% [15][17].

El agua contenida en el interior de la madera, sea en forma natural o por estar expuesta a condiciones del medio ambiente, puede variar principalmente debido a la humedad y temperatura predominantes en el lugar donde se utiliza.

Al cortar un árbol, la madera contiene gran volumen de agua en sus cavidades y paredes celulares, humedad que oscila alrededor del 80%. En algunos casos, puede ser superior al 100%, es decir, el peso del agua contenida en el volumen de madera es superior al peso de ésta en estado anhidro [18].

Existen dos valores sustanciales de contenido de humedad en la madera: Humedad de equilibrio y Punto de saturación de la fibra.

- **Humedad de equilibrio**

La madera es un material higroscópico, lo que significa que absorbe o desprende agua en función del ambiente que le rodea, de modo que cuando la madera está expuesta al aire, pierde agua y acaba estabilizándose a una humedad que depende de la temperatura y humedad del ambiente, cuando la madera alcanza esa estabilidad ha llegado a un punto de humedad de equilibrio. Este comportamiento puede producir cambios dimensionales y deformaciones en la madera [14].

La humedad de equilibrio es el porcentaje de humedad que una madera alcanzará si se la deja indefinidamente bajo condiciones de temperatura y humedad relativa constantes [9].

- **Punto de saturación de la fibra**

Cuando la madera es sometida a un ambiente saturado de humedad, la humedad de equilibrio es casi constante para todas las maderas, alcanzado un valor máximo de $30\pm 5\%$.

Dicha condición se produce en casi todas las especies cuando el agua libre ha sido entregada al ambiente permaneciendo con agua sólo las paredes celulares. A este punto de humedad se le denomina punto de saturación de las fibras (P.S.F).

Desde el P.S.F y sobre él, la madera tiene las dimensiones de la madera verde, pero si la madera tiene un contenido de humedad bajo del P.S.F, es decir si tiene un contenido de humedad menor al 30%, se habla de madera seca.

Este P.S.F es de gran importancia porque establece una frontera a las variaciones de resistencia y variaciones dimensionales que puede sufrir la madera; la madera pierde

resistencia cuando aumenta el contenido de humedad, pero permanece constante cuando el contenido de humedad varía por encima del P.S.F [14] [18].

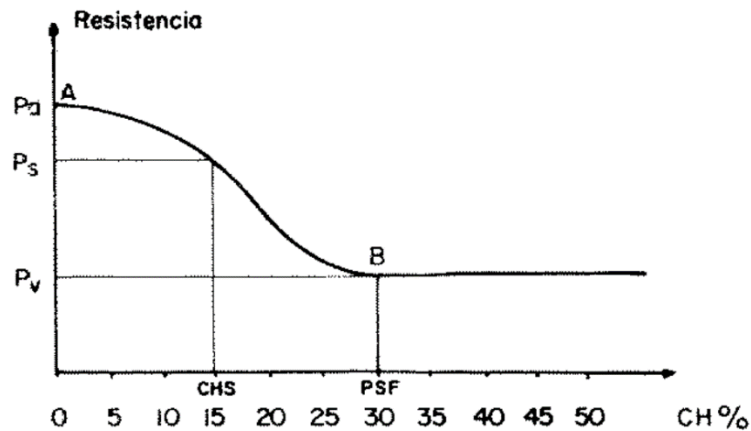


Figura 6. Influencia del contenido de humedad en la resistencia de la madera

Fuente: “Manual de diseño para maderas del Grupo Andino”, JUNAC

Para ser utilizada como material de construcción, y específicamente con fines estructurales, el contenido de humedad de la madera debe ser preferiblemente inferior al 15%, y como límite máximo podrá tener hasta un 19% [9][18].

1.1.3.3.3 Cambios dimensionales

La madera tiene la característica de aumentar su volumen por efecto de la humedad. El aumento de volumen con la humedad es prácticamente proporcional a la misma hasta un punto que coincide aproximadamente con el 25% humedad, a partir de dicho punto sigue el aumento de volumen, pero con incrementos cada vez menores hasta alcanzar el P.S.F., a partir del cual el volumen permanece prácticamente constante. Es decir, los cambios dimensionales se producen cuando el contenido de humedad varía por debajo del P.S.F [14][15].

1.1.3.3.4 Densidad y Peso específico

La densidad es la relación que existe entre la masa y el volumen de la madera a un determinado contenido de humedad, mientras que el peso específico es la relación entre el peso y el volumen de la madera así mismo a un contenido de humedad.

Sin embargo, cuando se usa el sistema métrico se acostumbra a tomar la masa como peso del cuerpo, es decir, la densidad y el peso específico tienen el mismo valor, por lo tanto, se puede deducir que:

$$\text{Densidad de la madera} = \frac{\text{Peso de la madera}}{\text{Volumen de la madera}}$$

La madera es un material poroso, así que para determinar su densidad en función de su contenido de humedad se pueden considerar dos condiciones: La primera es considerar los poros de la madera, obteniendo un volumen aparente y, por tanto, una densidad aparente de la madera. Por otro lado, si consideramos solo la masa leñosa, obtenemos la densidad real.

Para obtener la densidad de la madera, se puede establecer como puntos de comparación los valores de 0% y 12% de humedad. Al primero se le conoce como densidad anhidra y al segundo como densidad a humedad normal H según normas internacionales [14].

La densidad real de la madera es de 1.55 gr/cm³ y es prácticamente constante en todas las especies. Este es el límite máximo teórico que podría alcanzar una madera, en un caso en el que los poros se hubieran reducido a 0. Por lo tanto, las diferencias entre las densidades de las diferentes maderas se deben a la mayor o menor proporción de poros o huecos.

El contenido de humedad puede variar significativamente en la madera ocasionando un cambio de volumen y por ende un cambio en su densidad; por este motivo la densidad debe referirse siempre, si fuera posible a la humedad del 12% [14].

La densidad tiene una marcada influencia en la resistencia mecánica y durabilidad de la madera, sobre todo la densidad básica que es un indicativo de las propiedades mecánicas que tiene una madera. A mayor densidad, significa que hay pocos poros, por lo tanto, la madera es más resistente [15].

1.1.3.4 Propiedades Mecánicas de la Madera

Por naturaleza, la madera es un elemento estructural resistente: procede de troncos, es decir, de la estructura que mantiene todo el peso del árbol. La dirección de las fibras

en los troncos es paralela a las tensiones normales que estos reciben, procedentes normalmente del viento. Por ello, la madera que se extrae del árbol puede considerarse como un elemento estructural de origen [19].

Para conocer las propiedades mecánicas de la madera, se deben realizar ensayos que se aplican al material mediante los cuales se determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometido. Las principales sollicitaciones de esfuerzo a las que la madera puede estar expuesta son:

- Compresión paralela a las fibras
- Compresión perpendicular a las fibras
- Tracción paralela a las fibras
- Flexión (Flexión estática) [15]

Antes de ahondar en las propiedades resistentes de la madera, es necesario mencionar que la resistencia de la madera a un esfuerzo dado varía según su contenido de humedad, y que la resistencia de la madera a cualquiera de las sollicitaciones mencionadas no puede definirse con exactitud sino, con respecto a un grado de humedad determinado. Es conveniente referir los resultados de los diferentes ensayos a un contenido de humedad lo más aproximado posible a un 12%.

Además del contenido de humedad, otro factor que influye en la resistencia mecánica de la madera es la dirección que presenten las fibras con respecto a la dirección del esfuerzo que esté soportando, generalmente, la madera presenta mejor resistencia en dirección paralela a las fibras. La densidad también va a influir significativamente en el comportamiento mecánico de las maderas de las distintas especies [14].

Una vez mencionados los principales factores que influyen que la resistencia mecánica de la madera, se puede analizar el comportamiento que presenta la madera a diferentes sollicitaciones mecánicas.

1.1.3.4.1 Resistencia a Compresión paralela a las fibras

Es la resistencia que ofrece la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, producida por dos fuerzas en sentido contrario que tienden a un acortamiento del cuerpo. Se realiza en columnas cortas para determinar la tensión de rotura, tensión en el límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad [18].



Figura 7. Esquema de ensayo de compresión paralela a las fibras

Fuente: “La construcción de viviendas en madera”, Manuel González

La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras debido a que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección. Los valores de esfuerzos para ensayos de resistencia a compresión paralela a las fibras varían entre 100 y 900 kg/cm² y puede decirse que es entre 15 y 17 veces mayor que la dirección normal a las fibras [14][15].

Cuando la madera se somete a este esfuerzo, se comprime apreciablemente cuando alcanza la carga máxima, es decir la madera se comporta como un material relativamente tenaz frente a esfuerzos de compresión.

En la resistencia a compresión de la madera, la influencia de la humedad es prácticamente nula por encima del punto de saturación de las fibras y a partir de dicho punto aumenta la resistencia al disminuir la humedad.




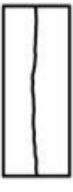


En cuanto a la densidad, existe una relación lineal, pudiéndose considerar que a más densidad, más resistencia [14].

La madera en la construcción es sometida a esfuerzos de compresión paralela a las fibras cuando se la utiliza como pilotes y columnas [20].

- **Tipos de fallas en compresión**

En ensayos de compresión a probetas pequeñas libres de defectos, se pueden desarrollar las siguientes fallas:

Tabla 1. Tipos de fallas en compresión

Aplastamiento	Separación de cuña	Corte
		
Separación/ División	Compresión y corte paralelos al grano	Enrollado de los extremos
		

Fuente: “Métodos de ensayo estándar para pequeñas probetas de madera”, ASTM

1.1.3.4.2 Resistencia a Compresión perpendicular a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal o perpendicular a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en límite de proporcionalidad y tensión máxima [18].

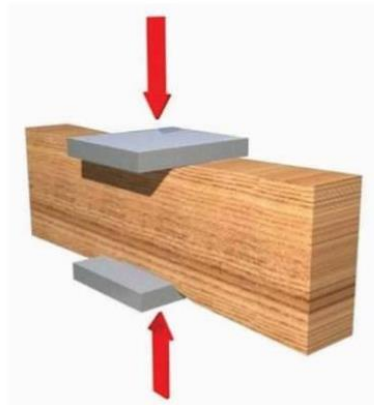


Figura 8. Esquema de ensayo de compresión normal a las fibras

Fuente: “La construcción de viviendas en madera”, Manuel González

Bajo este tipo de carga, las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y que tiende a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas. Al incrementar la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo, aumentando su densidad y también su misma capacidad para resistir mayor carga.

La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional. Este varía entre 1/4 a 1/5 del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela [15].

La influencia de la humedad y la densidad tiene el mismo comportamiento que tiene en la compresión paralela a las fibras.

Un ejemplo de la madera sometida a compresión perpendicular a las fibras, es cuando se utiliza en forma de soleras [20].

1.1.3.4.3 Resistencia a Tracción paralela a las fibras

La madera es muy indicada para trabajar a tracción paralela a las fibras. La estructura fibrosa de la madera tiene la particularidad de ser más resistente a tracción que a compresión, pues la resistencia a tracción es aproximadamente 2 veces la resistencia a compresión.



Figura 9. Esquema de ensayo de tracción paralela a las fibras

Fuente: “La construcción de viviendas en madera”, Manuel González

El valor típico que caracteriza este ensayo es el esfuerzo de rotura que varía entre 500 y 1500 kg/cm² [15].

En la madera sometida a tracción, la rotura aparece de golpe con muy escasa o nula deformación plástica, es decir la madera se comporta como un material frágil frente a esfuerzos de tracción.





En cuanto a la influencia del contenido de humedad, la resistencia a tracción paralela a la fibra aumenta de forma más o menos lineal desde el P.S.F hasta el 10%, con un aumento del 3% por cada disminución de humedad del 1% [14].

Para efectos prácticos la resistencia a la tracción perpendicular es nula [15].

- **Tipos de fallas en tracción**

Las fallas por tracción se clasifican de acuerdo a la forma que como se fractura la superficie del material una vez realizado el ensayo:

Tabla 2. Tipos de fallas en tracción

Tensión por cortes limpios	Combinación de tensión y corte
	
Tensión cortante	Tensión frágil
	

Fuente: “Mecánica de la madera y compuestos de la madera”, Benjamin Jayne, Jozsef Boding.

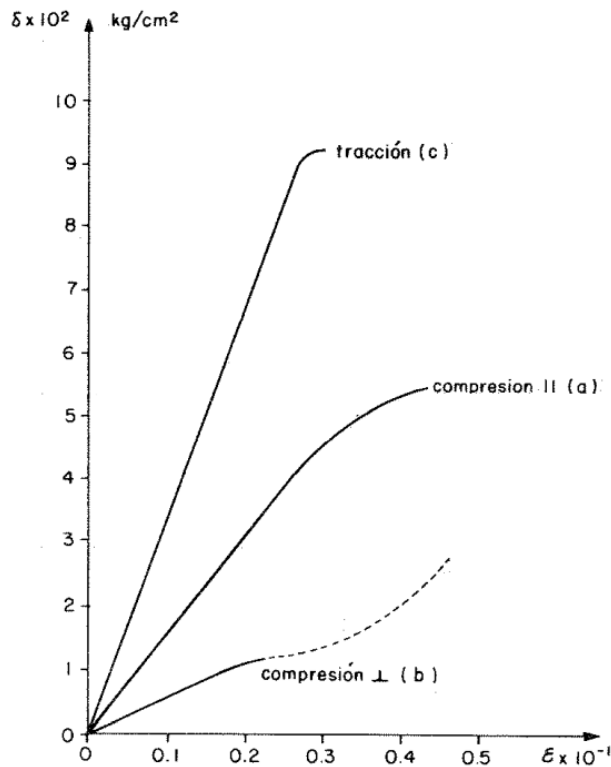


Figura 10. Curva Esfuerzo-Deformación para madera

Fuente: “Manual de diseño para maderas del Grupo Andino”, JUNAC

1.1.3.4.4 Resistencia a la Flexión

Es la resistencia que ofrece una viga a una carga puntual aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y módulo de elasticidad [18].

La resistencia a la flexión varía según la dirección de las fibras y anillos, con respecto a la dirección que actúa la carga, siendo máxima cuando la carga actúe en dirección perpendicular a las fibras.

Cuando un elemento estructural trabaja a flexión, las fibras superiores están trabajando a compresión y las inferiores a tracción, para transmitir la carga a los apoyos. En la zona media no se producirá ni esfuerzo de compresión ni de tracción. Es una zona en la que estos esfuerzos tienen valor prácticamente cero, es la zona neutra, donde aparece el esfuerzo de corte.

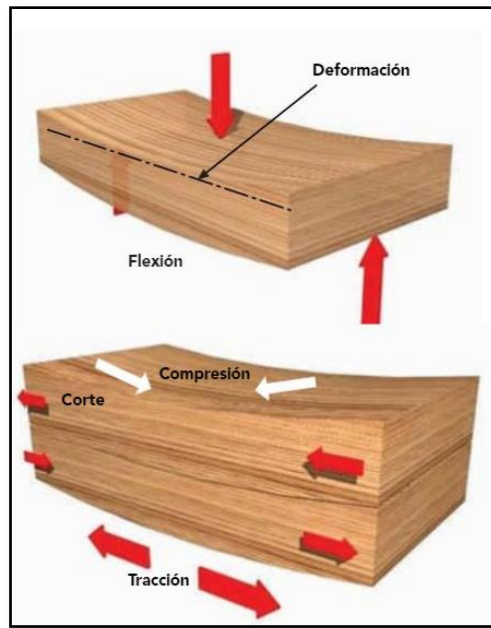


Figura 11. Esquema de ensayo de flexión estática

Fuente: “La construcción de viviendas en madera”, Manuel González

Para ensayos, los valores promedio de la resistencia a flexión varían entre 200 y 1700 kg/cm² dependiendo de la densidad de la especie y del contenido de humedad [15].

La resistencia a la flexión tiene un máximo para un grado de humedad del 5%, disminuyendo la resistencia desde dicha humedad hasta el P.S.F. La variación entre el 8% y 15% de contenido de humedad se puede considerar lineal [14].

La madera es solicitada a flexión cuando se la utiliza en forma de vigas, cumbreras, cabios, cabriadas, entablonados y dinteles [20].





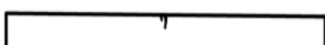
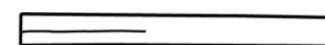
- **Tipos de falla en flexión**

La rotura puede producirse por los siguientes efectos:

- Por aplastamiento de la madera en la zona superior, debido a compresiones.
- Por rotura de la madera en la zona inferior, debido a las tracciones.
- Por un efecto de deslizamiento entre las capas horizontales, debido al esfuerzo tangencial [14].

Según estos efectos, se pueden presentar las siguientes fallas de acuerdo con la apariencia de la superficie fracturada:

Tabla 3. Tipos de fallas en flexión (Flexión estática)

Tensión simple	Tensión transversal	Tensión astillada
		
Tensión abrupta	Compresión	Corte horizontal
		

Fuente: “Métodos de ensayo estándar para pequeñas probetas de madera”, ASTM

1.1.3.5 Propiedades Elásticas de la madera

1.1.3.5.1 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad de la madera representa el grado de rigidez de la misma. Es el resultado de la división del esfuerzo unitario entre la deformación unitaria, siempre que se encuentre bajo el límite de elasticidad del material. En otras palabras es aplicable solamente a condiciones de trabajo que se encuentren dentro de la zona elástica de la curva Esfuerzo vs. Deformación [20] [21].

Es una de las características que tiene la madera para resistir la deformación al ser solicitada por fuerzas externas. En la madera, los valores del módulo de elasticidad (MOE) varían en cantidades significativas en las distintas especies y de acuerdo con el grado de humedad [22].

El módulo de elasticidad más usado es el paralelo a las fibras, sin embargo, este es diferente dependiendo si se trata de solicitaciones de compresión o de tracción. El módulo de elasticidad adopta un valor aparente de E en flexión (promedio del de tracción con el de compresión [23].

$$E = \frac{\textit{Tensión unitaria}}{\textit{Deformación unitaria}}$$

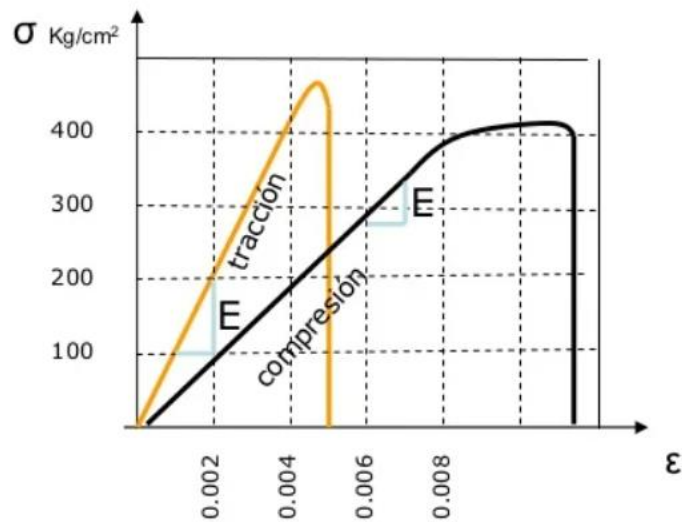


Figura 12. Módulo de Elasticidad a tracción y compresión.

Fuente: “Desarrollo de bases para la implementación de alternativas de construcción”, Mario Giuliano

1.1.3.6 Proceso de obtención de la madera

A partir de la madera se pueden obtener una gran variedad de productos, para ello es necesario que la madera siga un proceso de obtención que incluyen las siguientes fases:

1.1.3.6.1 Apeo, corte y transporte

En esta primera fase un grupo de obreros especializados utiliza sierras eléctricas o hachas para derribar los troncos sin afectar su calidad ni su volumen, se le quitan las ramas y la corteza y luego de que se hayan secado un poco, se saca de la zona de talado hacia los aserraderos donde se los descarga en lotes para posteriormente cortar los troncos en base al diseño y la forma deseada según sea el uso que se les vaya a dar.

1.1.3.6.2 Secado

Una vez que los troncos han pasado por el proceso de tala y troceado, y se han dimensionado y seleccionado en piezas según su escuadría, se procederá al secado para eliminar parte de la gran cantidad de humedad que posee la madera.

La madera aumenta de tamaño con la humedad y se encoge o disminuye su volumen al secar. Para utilizar la madera en obra, debe haber perdido la mayor parte de esta

humedad eliminando el agua libre (que ocupa las cavidades celulares) y luego el agua ligada o higroscópica (que ocupa las paredes celulares).

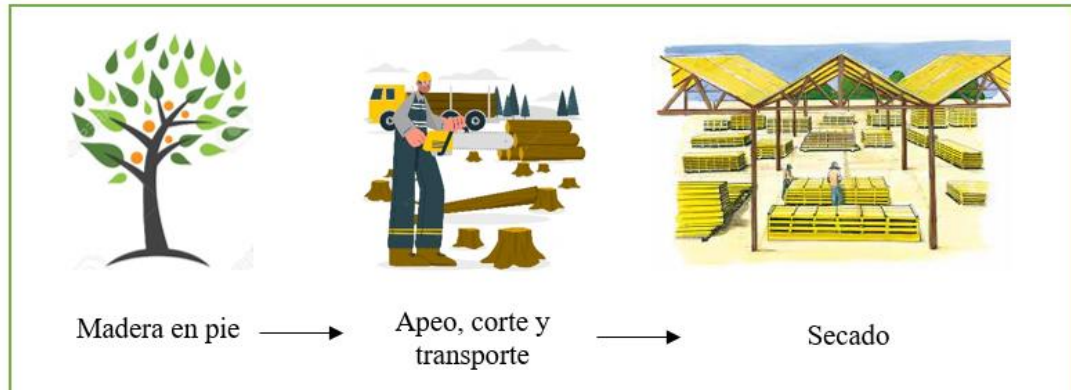


Figura 13. “Proceso de obtención de la madera”

Elaborado por: Estefanía Cruz

1.1.3.7 Madera Estructural

La madera estructural que soporta esfuerzos en una construcción, forma parte resistente de elementos como: muros, paredes, columnas, vigas, pisos, techos entre otros [9].

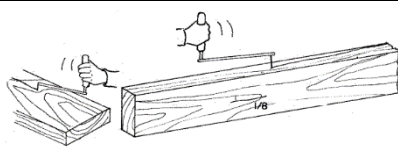
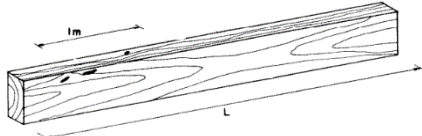
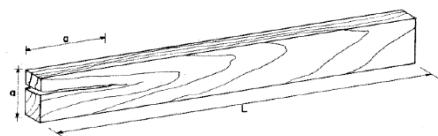
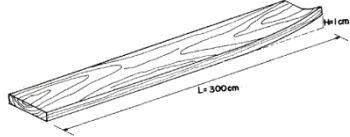
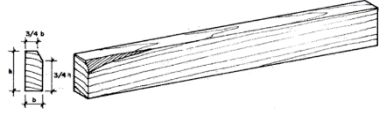
La madera empleada en estructuras deberá cumplir las siguientes condiciones:

1.1.3.7.1 Clasificación Visual

Para que la madera sea considerada estructural, debe cumplir con las tolerancias permitidas respecto a los defectos que puedan presentarse en la madera, ya sea en su constitución anatómica, debido a ataques de agentes biológicos como mohos, hongos cromógenos e insectos xilófagos o por procesos de apeo, transporte, almacenamiento, secado o aserrío de la madera [9][15].

Ejemplos de estos defectos son los descritos en la siguiente tabla.

Tabla 4. Defectos en la madera

Defectos relativos a la constitución anatómica	
Albura, Corteza incluida, grano inclinado y nudos.	 <p style="text-align: center;"><i>Grano inclinado</i></p>
Defectos por Agentes Biológicos	
Manchas, perforaciones y Pudriciones.	 <p style="text-align: center;"><i>Perforaciones</i></p>
Defectos Originados durante el Apeo, Transporte y Almacenamiento	
Desgarramiento, fracturas y rajaduras.	 <p style="text-align: center;"><i>Rajaduras</i></p>
Defectos originados durante el Secado	
Arqueaduras, Abarquillado y torceduras.	 <p style="text-align: center;"><i>Torcedura</i></p>
Defectos originados durante el Secado	
Arista faltante, Mala escuadría y Picada.	 <p style="text-align: center;"><i>Arista faltante</i></p>

Fuente: “Manual de diseño para maderas del Grupo Andino”, JUNAC

1.1.3.7.2 Clasificación Estructural

La norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-ESTRUCTURAS DE MADERA proporciona los siguientes lineamientos para que una madera pueda considerarse de tipo estructural respecto a su densidad básica, esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad.

- **Densidad Básica**

Las maderas podrán dividirse en 3 grupos estructurales dependiendo de su densidad básica:

Tabla 5. Clasificación de la madera por densidad básica

Grupo Estructural	Densidad Básica (g/cm ³)
A	0.71 – 0.90 (Maderas duras)
B	0.56 – 0.70 (Maderas semiduras)
C	0.40 – 0.55 (Maderas blandas)

Fuente: “Estructuras de Madera”, NEC 2015

- **Esfuerzos Admisibles**

Las Maderas que conforman estos 3 grupos estructurales deben soportar los siguientes esfuerzos a solicitaciones mecánicas:

Tabla 6. Clasificación de la madera por esfuerzos admisibles

ESFUERZOS ADMISIBLES (Mpa)				
Grupo	Flexión	Tracción Paralela	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular
A	21	14.5	14.5	1.5
B	15	10.5	11	1.2
C	10	7.5	8	0.8

Fuente: “Estructuras de Madera”, NEC 2015

- **Módulo de Elasticidad**

Los valores del módulo de Elasticidad E, para los 3 grupos estructurales, serán los que se usarán para el dimensionamiento de elementos en flexión, y para elementos en compresión y tracción paralelos a las fibras.

Tabla 7. Clasificación de la madera por su Módulo de Elasticidad

MÓDULO DE ELASTICIDAD (Mpa)		
Grupo	E mín. (E .005)	E promedio
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

Fuente: “Estructuras de Madera”, NEC 2015

Dónde:

- E mín: Es el valor mínimo para el cálculo de elementos individuales tales como vigas o columnas.
- E promedio: Es el valor adecuado para el diseño de elementos en los que exista una acción de conjunto, por ejemplo, viguetas para entablados y pies derechos en tabiques y/o entramados [9].

1.1.3.7.3 Secciones Preferenciales

La madera que será usada para elementos estructurales deberá en lo posible tener las dimensiones estandarizadas apropiadas para la construcción con el fin de obtener mayor eficiencia de las formas estructurales, adaptarse al mercado actual y facilitar la obtención de las piezas.

La norma ecuatoriana de la construcción recomienda utilizar las secciones preferenciales dispuestas por el manual de diseño para maderas del Grupo Andino.

1.1.3.8 Madera Estructural Típica usada para construcción en el Ecuador

En el Ecuador siempre se ha destacado la presencia de la madera como elemento estructural fundamental para la conformación de viviendas desde los primeros asentamientos nativos. Por ejemplo, en la arquitectura prehispánica cañari-inca, pese al predominio de sus grandes muros de piedra, sus cubiertas fueron enteramente solucionadas con estructuras de madera y techos de paja.

El Ecuador tiene la particularidad de contar con diferentes pisos climáticos concentrados en un territorio relativamente pequeño. Debido a la cercanía tan estrecha entre ciudades con climas distintos, el uso de la madera como material de construcción no se da exclusivamente en el entorno de donde proviene el árbol, sino que hay un intercambio de especies desde un clima a otro, lo que resulta en una oferta extensa de posibilidades fáciles de obtener y transportar.

Durante el periodo colonial, la madera se presenta en las edificaciones en forma de capiteles y elementos estructurales como pilares, dinteles, entresijos, columnas, cubiertas, entre otros. En la época republicana, la madera siguió siendo el material predilecto debido a la existencia de una rica variedad de recursos forestales en el país

y la fácil accesibilidad a bajo costo que ofrecían especies de excelente calidad y durabilidad en obras como viviendas, pequeños edificios y arquitecturas religiosas [19].

En la ciudad de Cuenca, por ejemplo, se puede apreciar la utilización de madera para construcción en el Edificio del colegio Benigno Malo. La madera en esta edificación, además de estar presente en los pisos, escaleras, cielos rasos, puertas y ventanas, es utilizada para la construcción de cubiertas y cúpulas donde se muestra la gran versatilidad del material. La estructura de las cubiertas está armada en su totalidad con madera de Eucalipto [24].



Figura 14. Edificio del Colegio Benigno Malo

Fuente: “La construcción con madera en la ciudad de Cuenca-Ecuador”,
Felipe Martínez



Figura 15. Cubierta del Edificio del Colegio Benigno Malo construida con madera de Eucalipto.

Fuente: “La construcción con madera en la ciudad de Cuenca-Ecuador”,
Felipe Martínez

El eucalipto desde hace varias décadas se viene utilizando para la fabricación de vigas y pilares estructurales [25].

En la actualidad constructoras con años de recorrido y especializadas en diseño y construcción de cabañas rústicas y semi-rústicas, han elaborado peculiares y atractivos diseños de viviendas utilizando madera de eucalipto, ciprés y pino.



Figura 16. Cabaña “Sueño Campestre” elaborada con madera de pino y eucalipto
Fuente: Modelos de Cabañas, Constructora ANDROMEDA



Figura 17. Cabaña “Casa de Rancho” elaborada con madera de pino, eucalipto y ciprés
Fuente: Modelos de Cabañas, Constructora ANDROMEDA

En la Costa ecuatoriana, una buena apreciación que se puede hacer de la utilización de la madera es en la ciudad de Manabí, donde se encuentran sus muy tradicionales casas de tipo orgánico vegetal, las cuales brindan grandes beneficios resilientes y medio ambientales, los materiales utilizados son extraídos de la región, lo que permite una gran adaptabilidad al medio ambiente. Maderas como el Guayacán y el Pechiche son

las utilizadas para la construcción de estas casas. La madera de Laurel se la utiliza en el suelo de la vivienda, esta madera se caracteriza por su peso y trabajabilidad, lo que permite obtener un acabado liso [26].



Figura 18. Vivienda típica manaba construida con madera
Fuente: “Vivienda Vernácula Región Costa”, Mateo Figueroa

El laurel tiene una gran importancia en la industria de la construcción, entre sus principales aprovechamientos están la manufactura de muebles y en la construcción liviana se emplea en la fabricación de entablados y cubiertas. También es utilizado para la construcción de pisos, puertas, pilotes para puentes entre otros [27].

Otra de las maderas que se emplea muy frecuentemente en la construcción es el seique o chuncho, cuyos usos en construcción estructural son como: vigas, viguetas, cerchas, pisos, mangos de escaleras, puertas ventanas, cielos rasos y carpintería en general [28].



Figura 19. Uso de la madera de seique para escaleras.

Fuente: Ficha Técnica N.9, Marco Vinueza

Cuando se trata de un clima particularmente húmedo como lo es el del oriente ecuatoriano, los constructores en madera utilizan especies como el abío y seique para la fabricación de viviendas unifamiliares, en la sierra ecuatoriana también se trabaja con estas especies maderables.



Figura 20. Vivienda elaborada con madera de abío.
Ambato - Tungurahua

En la ciudad de Manabí, luego del terremoto de abril de 2016, como ayuda a una pareja de ancianos que se quedó sin hogar, un centro de estudio de Arquitectura y diseño contemporáneo ecuatoriano que realiza difusión de arquitectura local e internacional, construyó una vivienda rural sismo-resistente elaborada utilizando madera como material principal. La vivienda incluye 3 dormitorios, 1 sala, 1 cocina, 1 comedor, 1 baño, 1 bodega y 1 balcón exterior. La vivienda se adaptó perfectamente al usuario y a las condiciones del lugar gracias a que los materiales que se utilizaron fueron de madera aserrada local. El proyecto fue construido en un periodo de dos meses [29].



Figura 21. Vivienda sismoresistente construida con madera

Fuente: “Prototipo Post-terremoto Vivienda Rural”, Sindicato de Arquitectura

1.1.3.8.1 Manejo sustentable de las especies maderables del Ecuador

Hoy en día, la innovación en el mundo de la construcción, los sistemas estructurales y la materialidad deben estar dirigidos hacia la formación de un escenario amigable con el ambiente. Por esta razón, para crear un manejo absolutamente responsable con el medio ambiente, la madera para construcción debe provenir de plantaciones forestales.

Para dar paso a este manejo sustentable, es necesario contar con procesos de reforestación programada y sistemática, por ejemplo, en nuestro país, el aprovechamiento de las especies maderables que forman parte de bosques nativos y plantaciones forestales está controlado mediante programas de corta y de aprovechamiento forestal simplificado. Estos programas están regulados por la Ley Forestal, el Texto Unificado de la Legislación Secundaria y las normas del Ministerio del Ambiente.

Los bosques primarios del Ecuador cuentan con una extensa variedad de especies forestales potencialmente maderables de las que solo un limitado número han sido estudiadas y de las cuales existe información que permite usar estas especies en la industria de la construcción, por ello es necesario un estudio de las especies que actualmente se usan como elementos para construcción y que aún no han sido caracterizadas como especies con facultad estructural [9].

Para realizar un plan de manejo forestal sustentable, las instituciones encargadas han elaborado varios programas de reforestación comercial de bosques, control de la tala y comercialización ilegal de madera [19].

En el Ecuador, hasta octubre de 2021, existen más de 13 millones de hectáreas de tierra forestal que incluye bosques nativos y plantaciones forestales en los que se encuentran especies como el chanul, el laurel, el eucalipto, el moral fino entre otras. Con un aprovechamiento sustentablemente responsable se pueden utilizar estas especies para la construcción de edificaciones con estructura de madera [30] [31].

1.1.3.9 Viviendas de Interés Social y su sistema constructivo MIDUVI

Las viviendas de interés social son aquellas viviendas que cumplen con los estándares mínimos de calidad, habitabilidad y construcción con el fin de garantizar el derecho de vida de las personas menos favorecidas con respecto a tener un hábitat seguro y saludable independientemente de sus condiciones sociales o económicas [32].

En el Ecuador la dependencia encargada de realizar los programas de construcción de viviendas de interés social es el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) el cual propone las siguientes tipologías de viviendas para interés social y que están arquitectónicamente aprobadas por dicha dependencia:

- ***Vivienda 1D CASA PARA TODOS***

Área: 50m²

Distribución de espacios:

- Área social (sala-comedor)
- Área de cocina
- Dos dormitorios + ampliación (tres dormitorios)
- Un baño completo con 4 barras de acero inoxidable, asiento de ducha abatible, ducha con accesorio regadera tipo teléfono

- Zona de lavado y secado.

- **Vivienda 4D CASA PARA TODOS**

Área: 208m²

Distribución de espacios:

- Área social (sala-comedor)
- Área de cocina
- Dos dormitorios
- En planta baja: Un baño completo con 4 barras de acero inoxidable, asiento de ducha abatible, ducha con accesorio regadera tipo teléfono
- En planta alta: Baño completo
- Zona de lavado y secado.

- **Vivienda 8D CASA PARA TODOS**

Área: 416 m²

Distribución de espacios:

- Área social (sala-comedor)
- Área de cocina
- Dos dormitorios
- En planta alta: Un baño completo con 4 barras de acero inoxidable, asiento de ducha abatible, ducha con accesorio regadera tipo teléfono
- En planta alta: Baño completo
- Zona de lavado y secado.

1.1.4.0 Objetivos

1.1.4.0.1 Objetivo General

Analizar las propiedades físico-mecánicas de madera estructural ecuatoriana y su aplicación en el diseño de una vivienda social.

1.1.4.0.2 Objetivos Específicos

- Obtener muestras de 9 diferentes especies de madera estructural típica utilizada en la construcción en Ecuador.

- Determinar el contenido de humedad de las muestras de madera en humedad natural y en estado seco al horno.
- Determinar la densidad y módulo de elasticidad de las muestras de madera a un 12% de humedad.
- Determinar la resistencia a compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, flexión estática y tracción paralela a la fibra de las muestras obtenidas a un 12% de humedad.
- Realizar el diseño y presupuesto de una estructura de madera para una vivienda tipo de interés social.

1.1.4.1 Hipótesis

Las propiedades físico mecánicas de la madera estructural varían según su contenido de humedad.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Niveles de investigación

El presente proyecto de investigación es experimental y toma en cuenta los siguientes niveles investigativos:

2.1.1 Investigación exploratoria

Será exploratoria porque se realiza una investigación del mercado maderero realizando encuestas a los depósitos de madera con el fin de conocer cuáles son las especies de madera de mayor oferta y demanda para el uso estructural.

2.1.2 Investigación experimental

Será experimental debido a que se van a realizar ensayos de compresión paralela las fibras, compresión perpendicular a las fibras, tracción paralela a las fibras y flexión estática de las maderas seleccionadas de acuerdo a las dimensiones y procedimientos establecidos en la norma ASTM D143-14.

2.1.3 Investigación de laboratorio

Se realizará una investigación de laboratorio, ya que se van a realizar ensayos de resistencia controlados de las muestras de madera seleccionadas utilizando las máquinas de compresión y tracción pertenecientes a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.1.4 Investigación Aplicada

Mediante este nivel de investigación, este proyecto busca establecer información sobre las propiedades estructurales de diferentes tipos de maderas que son utilizadas actualmente en la construcción.

El estudio, además, plantea el diseño de una vivienda de tipo interés social utilizando una de las especies analizadas, y su respectivo presupuesto para compararlo con una vivienda realizada con materiales convencionales.

2.1.5 Investigación Bibliográfica

Para este proyecto se han utilizado fuentes bibliográficas como libros, tesis, normas, artículos científicos, informes y sitios web.

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población

La población serán los depósitos de madera de la ciudad de Ambato que disponen de madera con fines estructurales, a los cuáles se realizó una entrevista para conocer las especies que se comercializan en la ciudad. Aunque no se conoce con exactitud la cantidad total de depósitos de la ciudad, se establecerá una muestra de los 10 depósitos que se localizaron con mayor facilidad gracias a medios publicitarios.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, la Autoridad Forestal del Ecuador deberá controlar en los depósitos e industrias de la madera en todo el país, la procedencia legal de la madera a utilizarse en la construcción de viviendas y otras edificaciones que utilicen la madera como material estructural, además los proveedores de madera estructural deberán entregar a los compradores, una lista de las piezas con sus dimensiones y la certificación de sus productos estructurales, con la siguiente información:

1. Identificación de la madera (nombre común, nombre científico).
2. Contenido de humedad de la madera, secada al horno.
3. Densidad básica promedio a un contenido de humedad del 12% y grupo estructural o características mecánicas específicas.
4. Características de durabilidad natural o retención, penetración y nombre del preservante utilizado para el caso de maderas que requieran de preservación.
5. Cumplimiento de la Norma de Clasificación Visual para Madera Estructural.

De esta información, las personas que están a cargo de los depósitos de madera en los que se realizó la entrevista conocen solamente el nombre común de la madera que comercializan, por lo que se realizó una encuesta con preguntas más acorde al conocimiento de las personas que están a cargo de los depósitos de madera:

La entrevista realizada consta de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las especies de madera estructural que dispone actualmente?
2. De las especies que usted dispone, ¿cuáles son las de mayor comercialización?
3. ¿De qué lugar provienen estas especies?
4. Estos elementos, ¿a qué uso están destinados?
5. ¿La madera que usted comercializa está controlada y regulada por la Autoridad Forestal del Ecuador?

Los depósitos de madera en los que se realizaron las entrevistas fueron:

- MEGAMADERA
 - 📍 Barrio El Cristal (Sector el 8) Parroquia Totoras
- MADERAS MEJÍA
 - 📍 Av. Bolivariana Vía Picaihua frente al redondel de Terremoto
- MULTIMADERA
 - 📍 Parroquia Huachi Chico, Miguel de Santiago y Caspicara
- DECOR PARQUET
 - 📍 Av. Víctor Hugo diagonal al Banco de Machala
- MADERAS SALINAS
 - 📍 Miñarica, Av. Real Audiencia y Las Calandrias
- MADERAS GUERRERO
 - 📍 Quiz Quiz 14 66 y Los Shyris
- ASERRADERO BAMBÚ
 - 📍 Parroquia La Península, Av. Indoamérica 493 y Buenos Aires
- KONMADERAS
 - 📍 Av. Luis Aníbal Granja entre Bolivariana y Carlos Cando
- ASERRADERO CARMEN GUAÑO
 - 📍 Av. Indoamérica 493 y calle Jorge Jaun de Santacilla
- ASERRADERO BALSECA
 - 📍 Simón Bolívar, Cacique Álvarez y Eusebio Barrera

La madera que ofertan en todos los depósitos entrevistados es el Eucalipto, las demás especies de madera que se ofertan en menor porcentaje se muestran a continuación:


Tabla 8. Especies de madera que se ofertan en depósitos de Ambato

ESPECIE	LUGAR DE ORIGEN	DISPONIBILIDAD
Eucalipto	Sierra	100% de los depósitos
Ciprés	Sierra	90% de los depósitos
Colorado	Oriente	90% de los depósitos
Abío	Oriente	80% de los depósitos
Yumbingue Amarillo	Oriente	80% de los depósitos
Moral Fino	Oriente	70% de los depósitos
Chanul	Oriente	60% de los depósitos
Intachi	Oriente	60% de los depósitos
Arenillo	Oriente	40% de los depósitos
Seique	Oriente	80% de los depósitos
Motilón	Sierra	50% de los depósitos
Pino	Sierra	50% de los depósitos
Laurel	Oriente	30% de los depósitos

Elaborado por: Estefanía Cruz

De todas las especies que se ofrecen en los depósitos, las que se indican en la Tabla 9, son las de mayor comercialización.

Tabla 9. Especies de madera de mayor comercialización

ESPECIES	USOS	TEXTURA
Abío	Estructuras de madera Elementos estructurales: vigas, pilares. Revestimientos Pisos Tumbados	
Ciprés	Estructuras Construcción Mobiliario Instrumentos musicales	
Colorado	Estructuras de madera Elementos estructurales: vigas, pilares. Pisos Tumbados	
Eucalipto	Estructuras de madera Elementos estructurales: vigas, pilares. Revestimientos Pisos Tumbados	
Intachi	Elementos estructurales: vigas, pilares. Pisos, Tumbados Acabados	
Moral Fino	Elementos estructurales: vigas, pilares. Pisos Tumbados Acabados	
Pino	Estructuras Construcción: elementos estructurales, tableros aglomerados, vigas, madera laminada.	
Seique	Estructura Carpintería Pisos	
Yumbingue Amarillo	Estructuras de madera Elementos estructurales: vigas, pilares. Revestimientos Pisos Tumbados	

Elaborado por: Estefanía Cruz

La madera de todos los depósitos entrevistados está debidamente regulada por la autoridad forestal del Ecuador y cuentan con los respectivos permisos de aprovechamiento y guías de movilización de la madera.

De las especies seleccionadas, se presentan las secciones que comúnmente se comercializan y su respectivo precio:

Tabla 10. Dimensiones comerciales de las especies maderables

Especie	Dimensiones de la pieza	Precio
Abío	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$20 c/pieza.
Ciprés	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$16 c/pieza.
Colorado	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$20 c/pieza.
Eucalipto	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$12 c/pieza.
Intachi	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$20 c/pieza.
Moral Fino	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$35 c/pieza.
Pino	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$16 c/pieza.
Seique	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$27 c/pieza.
Yumbingue Amarillo	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$19 c/pieza.

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.2.2 Muestra

Una vez que se ha obtenido la información acerca de las especies maderables comercializadas en la ciudad, se procede a la toma de muestras de las maderas de mayor comercialización para el estudio de sus propiedades físico-mecánicas.

El depósito de donde se realizó la toma de muestras de madera fue MEGAMADERA.

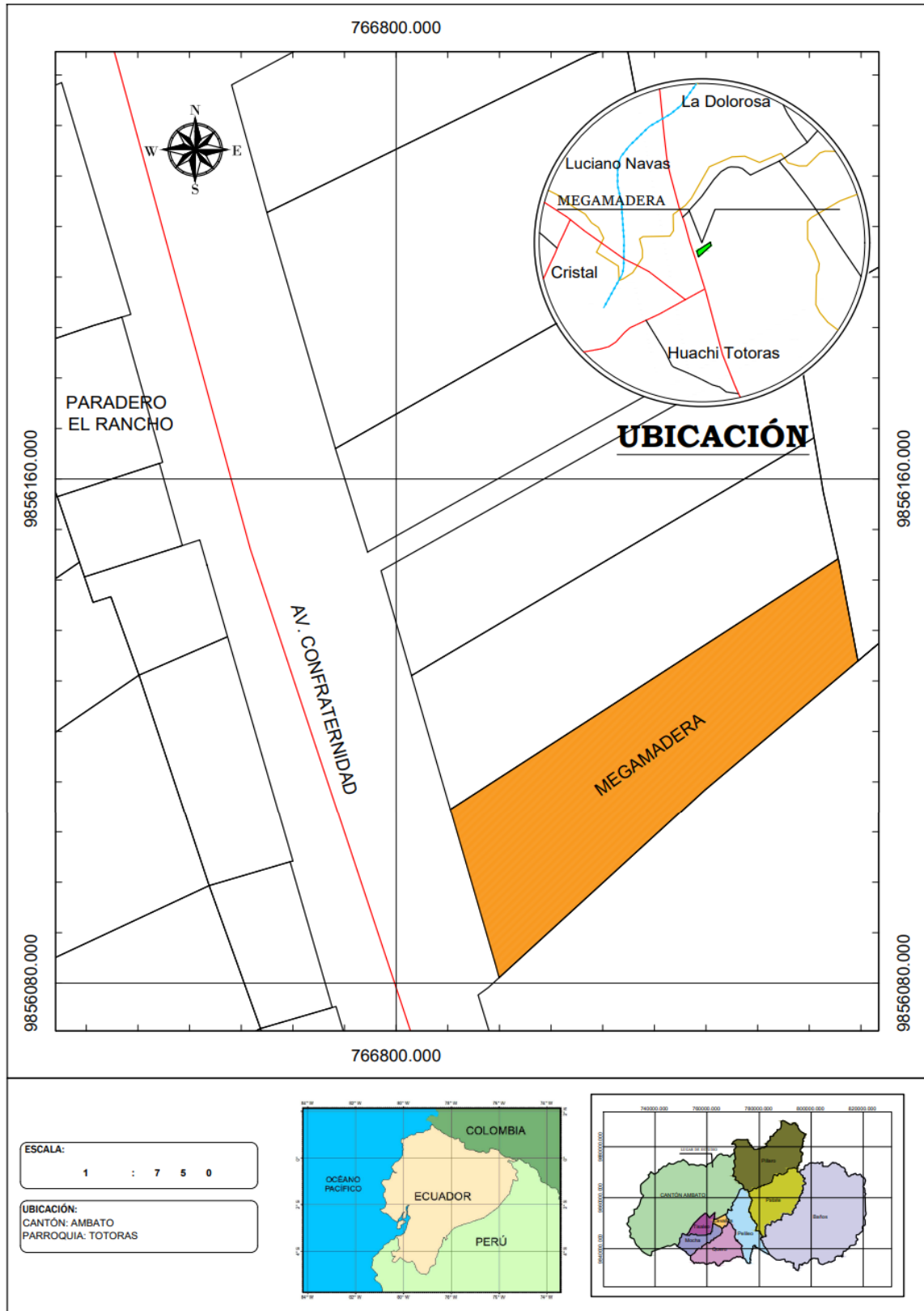


Figura 22. Ubicación del depósito del cual se obtuvieron las piezas de madera

Elaborado por: Estefanía Cruz



Figura 23. Depósito “MEGAMADERA”

De cada especie se elaboraron 6 probetas libres de defectos de acuerdo a las dimensiones especificadas en la norma ASTM D-143-14 para la realización de los ensayos mecánicos, las dimensiones se detallan en el proceso de elaboración de probetas.

Tabla 11. Número de probetas para análisis de sus propiedades físico-mecánicas

N.	TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD DE MUESTRAS A SER ENSAYADAS POR ESPECIE
1	Compresión paralela a la fibra	6
2	Compresión perpendicular a la fibra	6
3	Flexión Estática	6
4	Tracción Paralela a la fibra	6
	Total de ensayos por especie	24


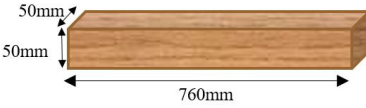
Elaborado por: Estefanía Cruz

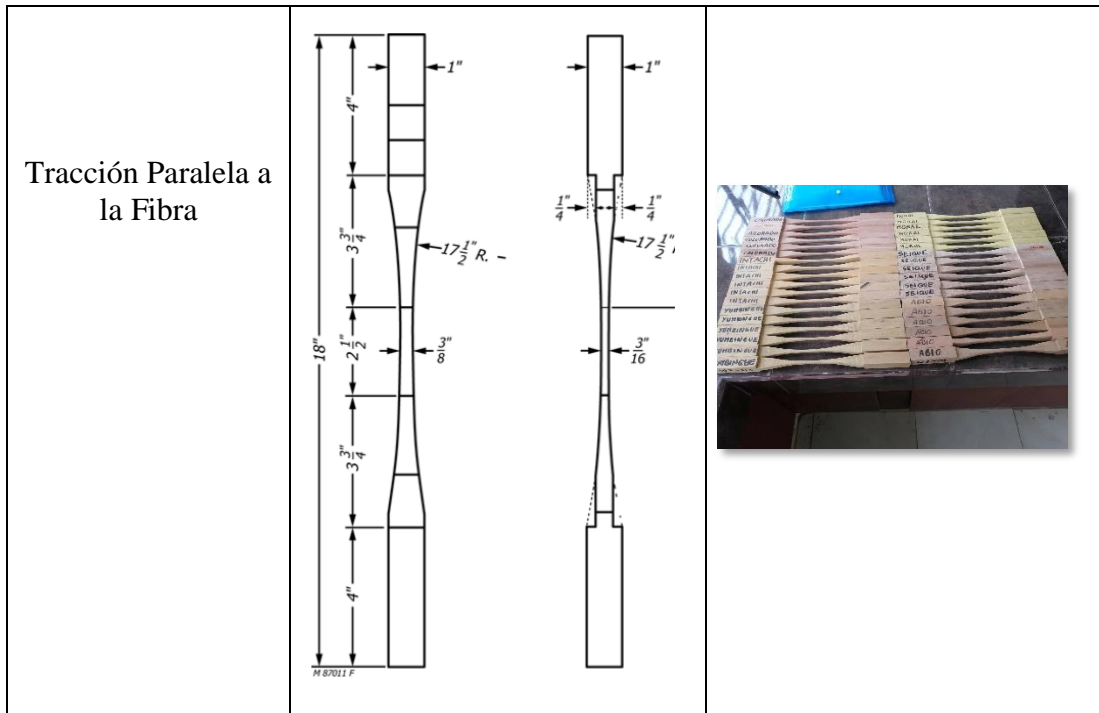
2.3 Materiales y equipos

2.3.1 Materiales

- Probetas de las especies de madera seleccionadas, elaboradas de acuerdo a la norma ASTM D143-14.

Tabla 12. Probetas elaboradas según ASTM D143

PROBETAS DE MADERA	ESQUEMA SEGÚN ASTM D143	FOTOGRAFÍA
Compresión paralela a la fibra		
Compresión perpendicular a la fibra		
Flexión		







Elaborado por: Estefanía Cruz

2.3.2 Equipo

Tabla 13. Equipo

DETALLE	FOTOGRAFÍA
<p>Máquina Shimadzu CONCRETO 2000X</p>	
<p>Máquina Universal para ensayos a tracción</p>	

<p>Calibrador</p>	
<p>Horno Eléctrico</p>	
<p>Balanza electrónica</p>	
<p>Flexómetro</p>	

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.4 Métodos

2.4.1 Plan de recolección de datos

- **¿Para qué?**

Para proporcionar información específica acerca de las propiedades físico-mecánicas de las especies de madera estudiadas.

- **¿A quiénes?**

A las probetas de madera elaboradas según las especificaciones de la norma ASTM D143-14 y ASTM D198-15.

- **¿Sobre qué aspectos?**

Sobre las propiedades físico-mecánicas de las maderas. (Contenido de humedad, densidad, módulo de elasticidad, resistencia a flexión, resistencia a compresión y resistencia a tracción).

- **¿Quién?**

Estefanía Cruz

- **¿Cuándo?**

La realización de encuestas a los depósitos de madera y la recolección y elaboración de muestras de las especies a ser estudiadas se realizó del 15 de enero al 15 de febrero de 2022.

Las pruebas de resistencia mecánica de las probetas se llevaron a cabo desde el 15 de febrero hasta 15 de junio de 2022.

El procesamiento y análisis de resultados se llevó a cabo desde el 15 de junio marzo hasta 15 de julio de 2022.

El diseño y presupuesto de una vivienda de interés social se realizó desde el 15 de julio hasta el 22 de julio de 2022.

- **¿Dónde?**

Las entrevistas y recolección de muestras se realizaron en depósitos de madera de la ciudad de Ambato. La obtención de las piezas y elaboración de probetas se realizó en el depósito MEGAMADERA.

Los ensayos de las propiedades físico-mecánicas de las maderas se elaboraron en los laboratorios de Ensayos de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato.

- **¿Cuáles son las técnicas de recolección?**

Las técnicas de recolección que se han utilizado son: la encuesta a los diferentes depósitos de madera, la observación al momento de verificar que las muestras estén libres de defectos y en perfectas condiciones, y la recopilación documental que incluye las normas ASTM D143-14 para la elaboración de los ensayos de laboratorio, ASTM D198-15 para la determinación de sus propiedades mecánicas, y para el diseño de la vivienda de interés social las normas: NEC-SE-MD Estructuras de madera, Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, Guía práctica para el diseño de estructuras de madera y NEC-SE-CG Cargas no sísmicas.

2.4.2 Procedimiento

2.4.2.1 Elaboración de probetas

Para cada especie de madera se elaboraron 6 muestras con las dimensiones indicadas en la norma ASTM D143-14 para ensayos de compresión paralela y perpendicular a la fibra, tracción paralela y flexión.

Es importante señalar que una vez que se obtuvieran las piezas de madera se verificó que estas estén totalmente libres de posibles defectos por constitución anatómica, agentes biológicos o procesos como el apeo, transporte o almacenamiento y luego de que elaboraran las probetas se verificó que estas no tengan posibles defectos por aserrío de las piezas.

2.4.2.2 Identificación de las muestras

Una vez elaboradas las probetas de las 9 especies de madera, las muestras se deben identificar escribiendo sobre ellas el nombre de su especie, el grupo de humedad al que pertenecen (se explica en el siguiente numeral) y el número de probeta. La tabla

siguiente da un ejemplo de la identificación que se hace para las probetas de madera de Eucalipto:

Tabla 14. Identificación de muestras

ESPECIE	SECADO	NÚMERO DE PROBETA	IDENTIFICACIÓN
EUCALIPTO	Humedad natural W1	1	EUCALIPTO-W1-01
		2	EUCALIPTO-W1-02
		3	EUCALIPTO-W1-03
	Secado al horno W2	1	EUCALIPTO-W2-01
		2	EUCALIPTO-W2-02
		3	EUCALIPTO-W2-03

Elaborado por: Estefanía Cruz

Siguiendo el mismo patrón, se nombraron las probetas de las 9 especies.

2.4.2.3 Toma de datos de las probetas

Una vez identificadas las probetas, antes de iniciar con los ensayos mecánicos, se registraron los pesos y dimensiones de las muestras con la ayuda de una balanza electrónica con una precisión de 0.01 gramos, un calibrador pie de rey con una precisión de 0.01 milímetros y un flexómetro.



Figura 24. Toma de pesos de las muestras de madera

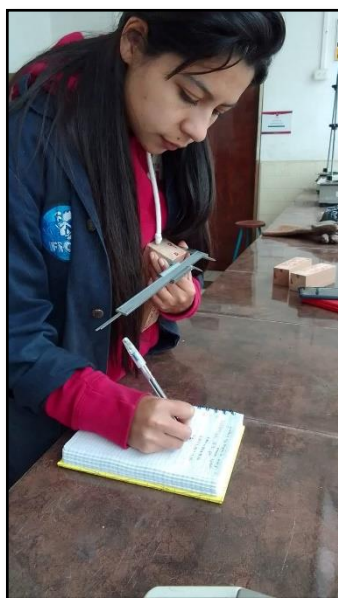


Figura 25. Registro de las dimensiones de las probetas

2.4.2.4 Secado de las probetas

Las 6 muestras de cada especie han sido divididas en dos grupos para ser ensayadas mecánicamente, 3 probetas han sido ensayadas tal cual se las trajo del depósito de madera y 3 probetas se las ensayó luego de someterlas a un proceso de secado al horno.

Es decir, el primer grupo de muestras se ha ensayado a una humedad natural que corresponde a una humedad 1 (W1) y el segundo en un estado seco al horno o estado anhidro, que es una humedad 2 (W2).

Por lo tanto, 3 de las 6 muestras de cada especie han sido colocadas en el horno a una temperatura de $103\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 48 horas, para obtener el estado anhidro de las maderas, transcurrido este tiempo se las ha extraído del horno, y luego de que se enfríen se las ha ensayado mecánicamente.

Este proceso se ha repetido para los 4 tipos de ensayos mecánicos: compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, tracción paralela a la fibra y flexión.



Figura 26. Colocación de las probetas en el horno

2.4.2.5 Ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos se han elaborado en base a las normas ASTM D143, según lo describe la norma, estos métodos son los más adecuados para un entorno de laboratorio y se adaptan al tipo de madera de interés que es madera aserrada, además manejan procedimientos uniformes y fiables que permiten llevar a cabo ensayos de laboratorio para evaluar el rendimiento mecánico de la madera.

Los ensayos mecánicos se han elaborado de acuerdo a los siguientes pasos redactados en cada apartado.

2.4.2.5.1 Compresión Paralela a la Fibra

1. Configurar el programa de la máquina seleccionando el tipo de ensayo adecuado para este caso e ingresar las dimensiones de las muestras.

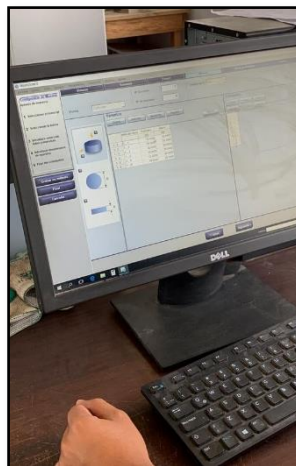


Figura 27. Configuración del programa

- Colocar la probeta entre los bloques de carga de la máquina de compresión de manera que, al aplicar la carga, esta se reparta uniformemente y de manera continua sobre los extremos de la probeta en sentido paralelo a las fibras a una velocidad de 0.6mm/min.



Figura 28. Colocación de la muestra entre los bloques de carga

- Encerar esfuerzos y deformaciones y aplicar una precarga para iniciar con el ensayo.



Figura 29. Aplicación de precarga a la probeta

4. Dar inicio al ensayo hasta que se produzca la rotura de la muestra.



Figura 30. Probeta al inicio del ensayo mecánico de compresión paralela



Figura 31. Probeta a término del ensayo mecánico de compresión paralela

5. Guardar y exportar los resultados del ensayo para su posterior análisis.
6. Retirar la muestra ensayada de la máquina de compresión y registrar el tipo de falla producido.
7. Colocar la muestra en el horno por 24 horas para determinar su contenido de humedad.
8. Repetir el proceso para todas las muestras.

2.4.2.5.2 Compresión Perpendicular a la Fibra

1. Configurar el software de la máquina seleccionando el tipo de ensayo adecuado para este caso e ingresar las dimensiones de las muestras.
2. Colocar la probeta entre los bloques de carga de la máquina de compresión de manera que, al aplicar la carga, esta se reparta uniformemente y de manera continua sobre los extremos de la probeta en sentido perpendicular a sus fibras a una velocidad de 0.305 mm/min.

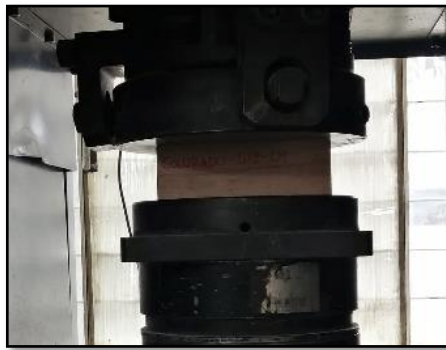


Figura 32. Probeta al inicio del ensayo mecánico de compresión perpendicular

3. Encerar esfuerzos y deformaciones y aplicar una precarga para iniciar con el ensayo.
4. Dar inicio al ensayo hasta que se produzca la rotura de la muestra.

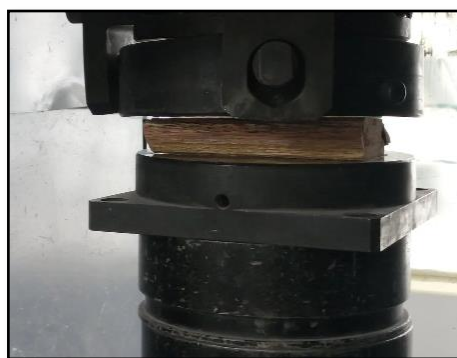


Figura 33. Probeta al término del ensayo mecánico de compresión perpendicular

5. Guardar y exportar los resultados del ensayo para su posterior análisis.
6. Retirar la muestra ensayada de la máquina de compresión y registrar el tipo de falla producido.

7. Colocar la muestra en el horno por 24 horas para determinar su contenido de humedad.
8. Repetir el proceso para todas las muestras.

2.4.2.5.3 Flexión Estática

1. Configurar el software de la máquina seleccionando el tipo de ensayo adecuado para este caso e ingresar las dimensiones de las muestras.
2. Deberán colocarse dos soportes de reacción alineados y separados por una distancia de 710 mm, sobre los cuales se apoyará la probeta. Se aplicará una sola carga en la mitad del vano.

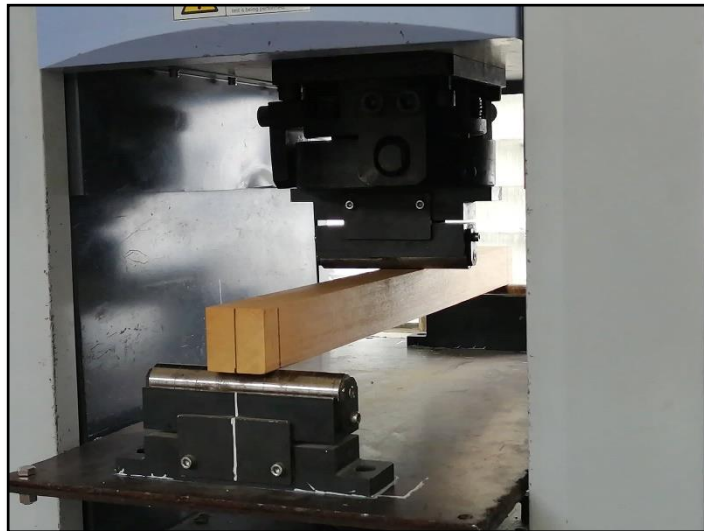


Figura 34. Probeta al inicio del ensayo mecánico de flexión

3. Una vez posicionada la probeta, encerrar esfuerzos y deformaciones y aplicar una precarga para iniciar con el ensayo.
4. Dar inicio al ensayo de tal manera que la carga se aplique de forma continua a una velocidad de 2.5 mm/min.
5. Dar inicio al ensayo hasta que se produzca la rotura de la muestra.



Figura 35. Probeta al término del ensayo de flexión

6. Guardar y exportar los resultados del ensayo para su posterior análisis.
7. Retirar la muestra ensayada de la máquina de compresión y registrar el tipo de falla producido.
8. Colocar la muestra en el horno por 24 horas para determinar su contenido de humedad.
9. Repetir el proceso para todas las muestras.

2.4.2.5.4 Tracción Paralela a la fibra

1. Configurar el software de la máquina seleccionando el tipo de ensayo adecuado para este caso e ingresar las dimensiones de las muestras.
2. Colocar las probetas dentro de las mordazas adecuadas para ensayos de tracción en madera debidamente ajustadas con la ayuda de los botones de manejo de la máquina universal



Figura 36. Probeta al inicio del ensayo mecánico de tracción paralela

3. Una vez posicionada la probeta, encerrar esfuerzos e iniciar con el ensayo.
4. Dar inicio al ensayo de tal manera que la carga se aplique de forma continua a una velocidad de 2 Mpa/min.
5. Dar inicio al ensayo hasta que se produzca la rotura de la muestra.



Figura 37. Probeta al término del ensayo mecánico de tracción paralela

6. Guardar y exportar los resultados del ensayo para su posterior análisis.
7. Retirar la muestra ensayada de la máquina de compresión y registrar el tipo de falla producido.
8. Colocar la muestra en el horno por 24 horas para determinar su contenido de humedad.
9. Repetir el proceso para todas las muestras.

Una vez que se han realizado los ensayos en laboratorio en las muestras de madera, se han efectuado los siguientes cálculos utilizando el software Excel para la determinación de sus propiedades físicas y mecánicas.

2.4.2.6 Determinación de las propiedades físicas

Luego de ser ensayadas mecánicamente, las muestras fueron introducidas en un horno a 103°C durante 24 horas, al sacarlas del horno nuevamente se las midió y pesó para de esta manera obtener los pesos húmedo y anhidro, con los que se determinaron el contenido de humedad y densidad de cada una de las muestras.

2.4.2.6.1 Contenido de Humedad

El contenido de humedad se determinó en cada muestra luego de haber sido ensayada mecánicamente utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso anhidro}}{\text{Peso anhidro}} * 100$$

El contenido de humedad al que se calcularon las propiedades físico-mecánicas de las muestras fue del 12% debido que es el porcentaje de humedad al que deben estar las probetas para la realización de los ensayos mecánicos.

2.4.2.6.2 Densidad

Para cada grupo de humedad se determinó su respectiva densidad: Densidad en humedad natural y Densidad seca al horno.

Con las dimensiones de las muestras se obtuvo el volumen de las mismas

$$\text{Densidad seca al aire} = \frac{\text{Peso de la muestra en estado seco al aire}}{\text{Volumen de la muestra en estado seco al aire}}$$

$$\text{Densidad seca al horno} = \frac{\text{Peso de la muestra en estado seco al horno}}{\text{Volumen de la muestra en estado seco al horno}}$$

2.4.2.7 Determinación de las propiedades mecánicas

Para evaluar la resistencia a compresión, flexión, tracción y rigidez de la madera aserrada, la norma ASTM D198 establece usar las fórmulas que se indican en cada apartado.

2.4.2.7.1 Compresión Paralela a la Fibra

En este ensayo se deberá calcular los siguientes parámetros:

- Esfuerzo en el límite proporcional σ'_c (Mpa)

$$\sigma'_c = \frac{P'}{A}$$

P' : Carga aplicada en el límite proporcional (N)

A : Área de la sección transversal (mm)

- Resistencia a la compresión σ_c (Mpa)

$$\sigma_c = \frac{P_{max}}{A}$$

P_{max} : Carga máxima soportada por el espécimen (N)

A : Área de la sección transversal (mm)

- Módulo de Elasticidad E_{axial} (Mpa).

$$E_{axial} = \frac{\sigma'_c}{\varepsilon}$$

σ'_c : Esfuerzo en el límite proporcional (N)

ε : Deformación unitaria en el límite proporcional (mm/mm)

- Esfuerzo Admisible (Mpa)

$$Esfuerzo\ Admisible = \frac{F.C \times F.T}{F.S \times F.D.C} \times Esfuerzo\ último$$

F.C: Factor de reducción por calidad

F.T: Factor de reducción por tamaño

F.S: Factor de servicio y seguridad

F.D.C: Factor de duración de carga

2.4.2.7.2 Compresión Perpendicular a la Fibra

- Esfuerzo en el límite proporcional σ'_c (Mpa)

$$\sigma'_c = \frac{P'}{A}$$

P' : Carga aplicada en el límite proporcional (N)

A : Área de la sección transversal (mm)

- Resistencia a la compresión σ_c (Mpa)

$$\sigma_c = \frac{P_{max}}{A}$$

P_{max} : Carga máxima soportada por el espécimen (N)

A : Área de la sección transversal (mm)

Módulo de Elasticidad E_{axial} (Mpa).

$$E_{axial} = \frac{\sigma'_c}{\varepsilon}$$

σ'_c : Esfuerzo en el límite proporcional (N)

ε : Deformación unitaria en el límite proporcional (mm/mm)

- Esfuerzo Admisible (Mpa)

$$Esfuerzo\ Admisible = \frac{F.C \times F.T}{F.S \times F.D.C} \times Esfuerzo\ último$$

F.C: Factor de reducción por calidad

F.T: Factor de reducción por tamaño

F.S: Factor de servicio y seguridad

F.D.C: Factor de duración de carga

2.4.2.7.3 Flexión Estática

- Esfuerzo de la fibra en el límite proporcional S' (Mpa)

$$S' = \frac{3P'l}{2bd^2}$$

P' : Carga aplicada en el límite proporcional (N)

l : Distancia entre apoyos (mm)

b : Ancho del espécimen de flexión (mm)

d : Profundidad del espécimen de flexión (mm)

- Módulo de Ruptura SR (Mpa)

$$SR = \frac{3P_{max} l}{2bd^2}$$

P_{max} : Carga máxima soportada por el espécimen (N)

l : Distancia entre apoyos (mm)

b : Ancho del espécimen de flexión (mm)

d : Profundidad del espécimen de flexión (mm)

- Módulo de Elasticidad Aparente E_{app} (Mpa)

$$E_{app} = \frac{Pl^3}{4bd^3 \Delta}$$

P' : Carga aplicada en el límite proporcional (N)

l : Distancia entre apoyos (mm)

b : Ancho del espécimen de flexión (mm)

d : Profundidad del espécimen de flexión (mm)

Δ : Deflexión del espécimen en el límite proporcional (mm)

- Esfuerzo Admisible (Mpa)

$$Esfuerzo\ Admisible = \frac{F.C \times F.T}{F.S \times F.D.C} \times Esfuerzo\ \acute{u}ltimo$$

F.C: Factor de reducción por calidad

F.T: Factor de reducción por tamaño

F.S: Factor de servicio y seguridad

F.D.C: Factor de duración de carga

2.4.2.7.4 Tracción Paralela a la fibra

- Tensión en el límite proporcional σ'_t (Mpa)

$$\sigma'_t = \frac{P'}{A}$$

P' : Carga aplicada en el límite proporcional (N)

A : Área de la sección transversal (mm)

- Resistencia a la Tracción σ_t (Mpa)

$$\sigma_t = \frac{P_{max}}{A}$$

P_{max} : Carga máxima soportada por el espécimen (N)

A : Área de la sección transversal (mm)

- Módulo de Elasticidad E_{axial} (Mpa).

$$E_{axial} = \frac{\sigma'_t}{\varepsilon}$$

σ'_t : Carga aplicada en el límite proporcional (N)

ε : Deformación en el límite proporcional (mm/mm)

- Esfuerzo Admisible (Mpa)

$$Esfuerzo\ Admisible = \frac{F.C \times F.T}{F.S \times F.D.C} \times Esfuerzo\ último$$

F.C: Factor de reducción por calidad

F.T: Factor de reducción por tamaño

F.S: Factor de servicio y seguridad

F.D.C: Factor de duración de carga

Los factores de reducción considerados para el cálculo de los esfuerzos admisibles son:

Tabla 15. Factores de reducción considerados

	Flexión	Compresión paralela	Tracción paralela	Compresión perpendicular
<i>F.C</i>	0.80	-	-	-
<i>F.T</i>	0.90	-	-	-
<i>F.S</i>	2.00	1.60	2.10	1.60
<i>F.D.C</i>	1.15	1.25	-	-

Fuente: “Manual de diseño para maderas del Grupo Andino”, JUNAC

Para el cálculo de los esfuerzos admisibles, como se observa en cada apartado se deben multiplicar los factores de reducción por el esfuerzo último; para cada tipo de ensayo se considera como esfuerzo último lo siguiente:

- Compresión paralela a las fibras: Resistencia a la compresión.
- Compresión perpendicular a las fibras: Esfuerzo en el límite proporcional.
- Flexión: Módulo de ruptura.
- Tracción paralela a las fibras: Resistencia a la tracción.

2.5 Diseño de una vivienda de Interés Social con estructura de Madera

Se procede con la siguiente etapa del proyecto que consiste en el diseño de una vivienda de tipo interés social con estructura de madera que cumpla con los estándares de calidad, construcción y habitabilidad que debe tener una vivienda de interés social entre los cuales destaca la habitabilidad y accesibilidad universal, además deberá ajustarse a un precio razonable, acorde a las condiciones de vida de personas de recursos económicos limitados.

2.5.1 Tipología estructural MIDUVI

De las tipologías arquitectónicas elaboradas por el MIDUVI para viviendas de interés social mostradas en el capítulo 1, el diseño que ha realizado es en base a la propuesta

Vivienda 1D CASA PARA TODOS, el diseño arquitectónico está distribuido de la siguiente manera:

- Área social (sala-comedor)
- Área de cocina
- Dos dormitorios + ampliación (tres dormitorios)
- Un baño completo con 4 barras de acero inoxidable, asiento de ducha abatible, ducha con accesorio regadera tipo teléfono
- Zona de lavado y secado.

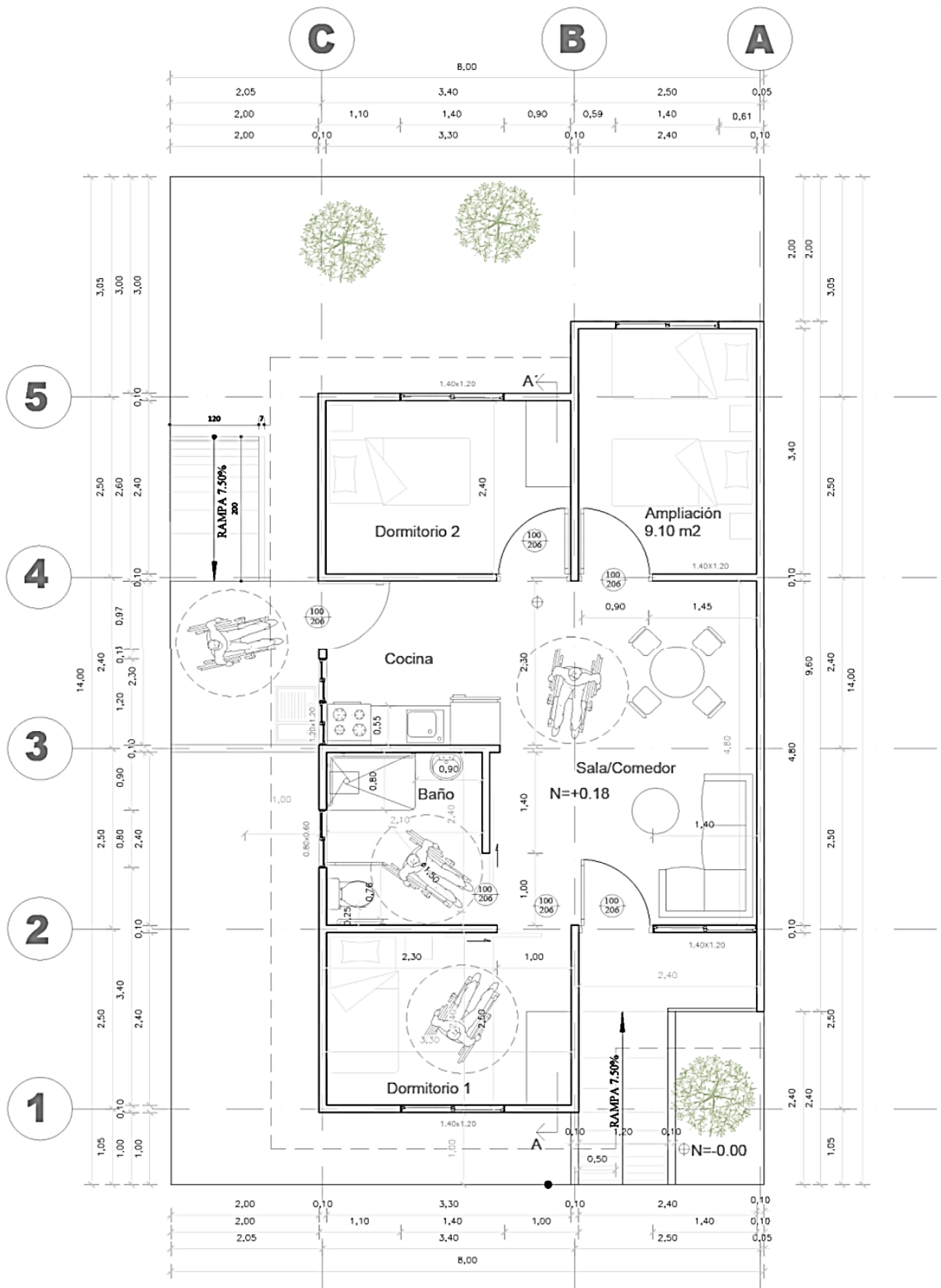


Figura 38. Tipología estructural para el diseño de una vivienda de interés social

2.5.2 Predimensionamiento de elementos estructurales

La estructura ha sido diseñada en base a los lineamientos indicados en *la Guía práctica para el diseño de estructuras de madera de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015* y obedeciendo a los estándares que establece el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda para viviendas de interés social

El sistema de construcción será uno aporricado, el cual se conforma con vigas y columnas, y ocupará un espacio volumétrico adecuado capaz de resistir las cargas a las que estará expuesta la estructura.

2.5.2.1 Elaboración del cuadro de diseño

El cuadro de diseño se forma con las dimensiones entre vanos según el plano arquitectónico propuesto por el MIDUVI VIVIENDA 1D:

Tabla 16. Cuadro de diseño

CUADRO DE DISEÑO			
<i>Vizq</i>	3.4	m	Vano izquierdo
<i>Vder</i>	2.5	m	Vano derecho
<i>Vsup</i>	2.5	m	Vano superior
<i>Vinf</i>	2.5	m	Vano inferior

Elaborado por: Estefanía Cruz



Figura 39. Cuadro de diseño

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.2.2 Cargas

Tabla 17. Cargas para residencias

CARGAS			
<i>Instalaciones</i>	20	kgf/m ²	Hidráulicas, sanitarias y eléctricas.
<i>Otros</i>	40	kgf/m ²	Peso promedio por unidad de superficie (Eternit).
<i>Live</i>	70	kgf/m ²	Carga Uniforme para cubiertas (NEC-SE-CG Cargas no Sísmicas)

Elaborado por: Estefanía Cruz

Fuente: NEC-SE-CG

Tabla 18. Solicitaciones

SOLICITACIONES			
Variable	Valor	Unidades	Definición
<i>D</i>	30	kgf/m ²	Carga muerta
<i>L</i>	70	kgf/m ²	Carga viva
<i>D+L</i>	100	kgf/m²	ASD (D+L)

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.2.3 Propiedades mecánicas del material

Considerando los costos y la calidad de resistencia mecánica, los elementos estructurales han sido diseñados con madera de Eucalipto. Las propiedades mecánicas serán las obtenidas en los ensayos para un contenido de humedad del 12% para esta especie forestal. La Norma Ecuatoriana de la Construcción especifica que para el diseño de los elementos estructurales se deberá usar el método de esfuerzos admisibles.

Tabla 19. Propiedades mecánicas de la madera de diseño

PROPIEDADES MECÁNICAS DE MADERA DE EUCALIPTO (12% HUMEDAD)			
GRUPO	A		
<i>MOE</i>	114310	kgf/cm ²	Módulo elasticidad
<i>fm</i>	372	kgf/cm ²	Flexión estática
<i>ft</i>	393	kgf/cm ²	Tracción paralela
<i>fc</i>	270	kgf/cm ²	Compresión paralela
<i>fcper</i>	89	kgf/cm ²	Compresión perpendicular
<i>fv</i>	15	kgf/cm ²	Corte paralelo (NEC-SE-MD)

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.2.4 Predimensionamiento de vigas secundarias o de cubierta

Se parte de una sección de 7x10 cm, el número de vigas se ha determinado en base a las especificaciones del Eternit que proponen un espaciamiento entre correas de 85cm.

Tabla 20. Predimensionamiento de vigas secundarias

VIGAS SECUNDARIAS			
<i>b</i>	7	cm	Base
<i>h</i>	10	cm	Altura
<i>Sentido</i>	<i>X</i>		
<i>Nv</i>	3	U.	Número De Vigas
<i>L</i>	2.5	m	Longitud

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 21. Propiedades geométricas de vigas secundarias

VIGAS SECUNDARIAS			
<i>A</i>	70	cm ²	Área Sección
<i>I_{yy}</i>	583.33	cm ⁴	Inercia yy
<i>r_{yy}</i>	2.9	cm	Radio De Giro yy
<i>Y_{cg}</i>	5	cm	Centroide yy
<i>S_{yy}</i>	116.67	cm ³	Módulo De Sección yy
<i>I_{xx}</i>	285.83	cm ⁴	Inercia xx
<i>r_{xx}</i>	2.0	cm	Radio De Giro xx
<i>X_{cg}</i>	3.5	cm	Centroide xx
<i>S_{xx}</i>	81.67	cm ³	Módulo De Sección xx
<i>L_v</i>	2.5	m	Longitud De La Viga
<i>Esp</i>	85	cm	Espaciamiento Entre Vigas
<i>At</i>	0.85	m	Ancho Tributario
<i>q_D</i>	25.5	kgf/m	Carga Muerta
<i>q_L</i>	59.5	kgf/m	Carga Viva
<i>q_{D+L}</i>	85	kgf/m	Carga Lineal ASD
<i>V</i>	106.25	Kgf	Cortante solicitante
<i>M</i>	66	Kgf-m	Momento solicitante

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.2.5 Predimensionamiento de vigas principales

Se parte de una sección de 8x16, vigas ubicadas según los ejes del plano propuesto.

Tabla 22. Predimensionamiento de vigas principales

VIGAS PRINCIPALES			
<i>b</i>	8	Cm	base
<i>h</i>	16	Cm	altura

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 23. Propiedades geométricas de vigas principales

VIGAS PRINCIPALES			
<i>Variable</i>	Valor	u.	Definición
P1	212.5	Kgf	Carga Vano 1
P2	212.5	Kgf	Carga Vano 2
PT	212.5	Kgf	Carga Tota Puntual
Ne	4	U.	
V	318.75	Kgf	Cortante
M	361.25	kgf-m	Momento
A	128	cm ²	Área Sección
Iyy	2730.67	cm ⁴	Inercia Yy
ryy	4.62	Cm	Radio De Giro Yy
Ycg	8	Cm	Centroide Yy
Syy	341.33	cm ³	Módulo De Sección Yy
Ixx	682.67	cm ⁴	Inercia Xx
rxx	2.31	Cm	Radio De Giro Xx
Xcg	4	Cm	Centroide Xx
Sxx	170.67	cm ³	Módulo De Sección Xx
q D+L	187.5	kgf/m	Carga Lineal ASD

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.2.6 Predimensionamiento de columnas

Se parte de una sección 16x16 cm, la vivienda consta de una sola planta con altura máxima de 3.35m. La altura se conforma de la altura mínima de entepiso más la altura generada por la pendiente de la cubierta

Tabla 24. Predimensionamiento de columnas

COLUMNAS			
<i>b</i>	16	Cm	Base
<i>h</i>	16	Cm	Altura
<i>Np</i>	1	U.	Número De Pisos
<i>altura</i>	3.35	M	Altura Columna

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 25. Propiedades geométricas de columnas

COLUMNAS			
<i>At</i>	7	m ²	Área Tributaria
<i>Axial comp.</i>	738	Kgf	Carga Axial Compresión
<i>A</i>	256	cm ²	Área Sección
<i>Iyy</i>	5461	cm ⁴	Inercia Yy
<i>ryy</i>	5	Cm	Radio De Giro Yy
<i>Ycg</i>	8	Cm	Centroide Yy
<i>Syy</i>	683	cm ³	Módulo De Sección Yy
<i>Ixx</i>	5461	cm ⁴	Inercia Xx
<i>rxx</i>	5	Cm	Radio De Giro Xx
<i>Xcg</i>	8	Cm	Centroide Xx
<i>Sxx</i>	683	cm ³	Módulo De Sección Xx
λ	21	Adim	Esbeltez
<i>ck</i>	14.5	Adim	Límite

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.3 Chequeos de elementos estructurales

Con las dimensiones propuestas para vigas y columnas se han realizado los chequeos estructurales de flexión, corte y compresión perpendicular para vigas y de flexo-tensión y flexo-compresión para columnas.

2.5.3.1 Vigas secundarias

Tabla 26. Chequeo a flexión, corte y compresión perpendicular en vigas secundarias

FLEXIÓN			
<i>Mr</i>	434	kgf-m	Momento Resistente
<i>S/C</i>	15%		Solicitud/Capacidad
SERVICIABILIDAD			
<i>K</i>	180		Factor
<i>fadm</i>	1.39	cm	Flecha admisible
<i>fcal</i>	0.65	cm	Flecha calculada
<i>fdif</i>	0.80	cm	Flecha diferida
<i>S/C</i>	58%		Solicitud/Capacidad
CORTE			
τ	2.28	kgf/cm ²	Esfuerzo a corte
<i>fv</i>	15	kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a corte
<i>S/C</i>	15%		Solicitud/Capacidad
COMPRESIÓN PERPENDICULAR			
Γ	1.90	kgf/cm ²	Esfuerzo perpendicular
<i>fcper</i>	89	kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a comp. perpendicular
<i>S/C</i>	2%		Solicitud/capacidad

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.3.2 Vigas principales

Tabla 27. Chequeo a flexión, corte y compresión perpendicular en vigas principales

FLEXIÓN			
<i>Mr</i>	1269	kgf-m	Momento resistente
<i>S/C</i>	28%		Solicitud/capacidad
SERVICIABILIDAD			
<i>K</i>	180		Factor
<i>fadm</i>	1.89	cm	Flecha admisible
<i>fcal</i>	1.05	cm	Flecha calculada
<i>fdif</i>	1.30	cm	Flecha diferida
<i>S/C</i>	69%		Solicitud/capacidad
CORTE			
τ	3.74	kgf/cm ²	Esfuerzo a corte
<i>fv</i>	15	kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a corte
<i>S/C</i>	24%		Solicitud/capacidad

Elaborado por: Estefanía Cruz

COMPRESIÓN PERPENDICULAR			
Γ	1.25	kgf/cm ²	Esfuerzo perpendicular
f_{cper}	89	kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a comp. perpendicular
S/C	1%		solicitud/capacidad

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.3.3 Columnas

Tabla 28. Chequeo a flexo-tensión y flexo-compresión en columnas

SOLICITACIÓN/CAPACIDAD			
<i>Axial Res</i>	22632.4815	kgf	Capacidad compresión
S/C	3%		Solicitud/capacidad
FLEXO-TENSIÓN			
$A*ft$	100608	kgf	
$S*fm$	253878.193	kgf	
S/C	1%		Solicitud/capacidad
FLEXO-COMPRESIÓN			
lef	330	cm	Longitud efectiva
Ncr	56579	kgf	Carga Euler
km	1.02		Magnificación momentos
S/C	3%		Solicitud/capacidad

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.4 Cimentación

La cimentación estará constituida por zaparas aisladas de hormigón armado de dimensiones mínimas propuestas por la norma NEC Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m dado que no existen mayores cargas ubicadas a una profundidad de 1.50m

Tabla 29. Especificaciones de la cimentación

CIMENTACIONES			
a	1	m	Lado a zapata
e	0.25	m	Espesor de la zapata
N_{cim}	13	cm ²	Número de cimentaciones

Elaborado por: Estefanía Cruz

2.5.5 Especificaciones Técnicas

2.5.5.1 Limpieza de superficie

Se deberá despejar el terreno necesario retirando árboles, arbustos o cualquier otro tipo de vegetación colocando el material no usado en los sitios determinados fuera del área de construcción.

2.5.5.2 Replanteo y Nivelación

Se deberá realizar el trazado en el terreno según las longitudes y niveles especificados en los planos arquitectónicos con la ayuda de equipos de precisión como cinta métrica o estación total.

2.5.5.3 Excavación de la cimentación

Se realizará a mano retirando todo el material del lugar donde serán colocadas las cimentaciones correspondientes a la estructura.

2.5.5.4 Replanteo de hormigón simple

Para el replanteo se utilizará hormigón simple de 140kg/cm², las superficies donde se colocará el hormigón deberán estar debidamente limpias y niveladas, se deberá colocar un espesor de 5 cm y no podrá ser vertido a una altura mayor a 2m para evitar la disgregación de los materiales.

2.5.5.5 Acero de Refuerzo

Se utilizará acero corrugado de 12mm para zapatas y de 10mm para fustes. Deberá tener un límite de fluencia de 4200 kg/cm² y cumplir con las dimensiones indicadas en las planillas de hierro.

2.5.5.6 Hormigón premezclado

Se utilizará hormigón de 210 kg/cm² de resistencia a compresión a los 28 días, el encofrado deberá estar terminado, deberá colocarse uniformemente mientras esté fresco y no se permitirá la utilización de agua para re-amasar hormigón parcialmente endurecido.

2.5.5.7 Malla electrosoldada

Se colocará malla electrosoldada Armex tipo R196 y deberá estar totalmente limpia de toda suciedad que pueda interferir en su adherencia con el hormigón. Deberá estar sujeta con alambre galvanizado y una vez colocada, antes del hormigonado se deberán revisar los traslapes y amarres.

2.5.5.8 Columnas y vigas de Madera

Se colocarán columnas de 16x16cm de sección, vigas secundarias de 7x10cm y vigas principales de 8x16cm, los elementos deberán ser de madera de Eucalipto, y tendrán que cumplir una adecuada clasificación visual y estar libres de grietas, nudos o cualquier defecto que afecte su buen aspecto.

2.5.5.9 Cubierta

La cubierta estará compuesta por placas de Eternit de 1.83x1.05 m, con una distancia entre correas de 0.85m y se colocará sobre la estructura de madera, deberá ser asegurada con pernos Tirafondo 3” de manera que quede perfectamente acoplada a la estructura.

2.5.6.0 Mampostería

La mampostería será con ladrillo visto, los ladrillos deberán estar bien cocidos, tendrán un color uniforme y deberán estar libres de cualquier desperfecto.

2.5.6.1 Ventanas

Se colocarán ventanas con perfiles de aluminio y vidrio de 6mm con las dimensiones indicadas en los planos

2.5.6.2 Puertas

Se instalarán puertas de madera de una sola hoja de acción con las dimensiones normalizadas según se indique en los planos.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

El presente análisis se ha realizado en base a los ensayos efectuados en 9 especies de madera estructural ecuatoriana obtenida de un depósito de madera ubicado en la ciudad de Ambato, parroquia Totoras, obteniéndose sus propiedades físicas y mecánicas.

Los ensayos se efectuaron en dos estados de humedad de la madera: Humedad natural y seco al horno; a partir de los cuales, a través de una interpolación se determinaron sus propiedades físicas y mecánicas a un contenido de humedad del 12%.

Los resultados de cada propiedad se han analizado dividiéndose en 4 etapas que se ordenan de la siguiente manera:

- Propiedades físico-mecánicas en humedad natural
- Propiedades físico-mecánicas en estado seco al horno
- Propiedades físico-mecánicas ajustadas al 12% de humedad
- Relación entre las propiedades resistentes y el contenido de humedad.

En cada apartado se presentarán las propiedades físico-mecánicas promedio de las especies maderables. Los valores obtenidos de manera individual para cada probeta se registran en el anexo 1.

La relación que existe entre densidad-contenido de humedad, resistencia-contenido de humedad y módulo de elasticidad-contenido de humedad tiene el mismo comportamiento en todas las especies maderables que han sido estudiadas, por lo que en cada apartado se analizarán los resultados de 1 sola especie.

3.1.1 Propiedades Físicas

De cada una de las probetas ensayadas, se determinaron el contenido de humedad y densidad, estas propiedades han sido de gran influencia en la capacidad resistente de la madera.

3.1.1.1 Humedad

De cada especie se elaboraron 3 probetas cuyo contenido de humedad fue tomado en humedad natural y 3 en un estado seco al horno. De esas 3 probetas fue obtenido un contenido de humedad promedio el cual se observa en las tablas siguientes. Este mismo

patrón se siguió para probetas de compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática y tracción paralela.

- **Contenido de humedad en probetas en humedad natural**

Tabla 30. Contenido de humedad en probetas de compresión paralela en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA	
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
ABÍO	25.09
CIPRÉS	16.39
COLORADO	20.20
EUCALIPTO	38.23
INTACHI	18.90
MORAL FINO	12.45
PINO	15.66
SEIQUE	17.29
YUMBINGUE	15.91

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 31. Contenido de humedad en probetas de compresión perpendicular en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR	
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
ABÍO	22.13
CIPRÉS	17.68
COLORADO	18.20
EUCALIPTO	28.43
INTACHI	18.05
MORAL FINO	14.51
PINO	19.34
SEIQUE	16.33
YUMBINGUE	19.07

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 32. Contenido de humedad en probetas de flexión estática en humedad natural

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA	
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
ABÍO	20.11
CIPRÉS	16.67
COLORADO	19.82
EUCALIPTO	30.70
INTACHI	18.20
MORAL FINO	14.00
PINO	17.61
SEIQUE	21.90
YUMBINGUE	15.56

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 33. Contenido de humedad en probetas de tracción paralela en humedad natural

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA	
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
ABÍO	15.83
CIPRÉS	13.13
COLORADO	15.30
EUCALIPTO	16.25
INTACHI	18.47
MORAL FINO	13.12
PINO	13.90
SEIQUE	14.30
YUMBINGUE	17.54

Elaborado por: Estefanía Cruz

Las maderas con mayor con mayor contenido de humedad son claramente el Eucalipto que llega hasta el 38.23% y 28.43% de humedad, el Abío es la especie que le sigue con contenidos de humedad hasta del 22.13 y 31.99%. Por otra parte, el Moral Fino es la especie que menor contenido de humedad promedio posee en humedad natural alcanzando un límite inferior hasta del 12.45%

La tabla 34 muestra un resumen del porcentaje de humedad natural al que se encontraban las muestras de madera para los diferentes ensayos.

Tabla 34. Porcentaje de humedad natural en muestras de madera (%)

ESPECIE	PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA	PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR	PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA	PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA
ABÍO	25.09	22.13	20.11	15.83
CIPRES	16.39	17.68	16.67	13.13
COLORADO	20.20	18.20	19.82	15.30
EUCALIPTO	38.23	28.43	30.70	16.25
INTACHI	18.90	18.05	18.20	18.47
MORAL FINO	12.45	14.51	14.00	13.12
PINO	15.66	19.34	17.61	13.90
SEIQUE	17.29	16.33	21.90	14.30
YUMBINGUE	15.91	19.07	15.56	17.54

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Contenido de humedad en probetas en estado seco al horno**

Luego de haber sometido las probetas a un secado en horno por 48 horas con la finalidad de llegar a un estado anhidro (0% de humedad) de la madera se ha conseguido los siguientes valores de contenido de humedad.

Tabla 35. Contenido de humedad en probetas de compresión paralela en estado seco al horno

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA	
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
ABÍO	2.61
CIPRÉS	0.51
COLORADO	1.67
EUCALIPTO	5.73
INTACHI	1.38
MORAL FINO	0.63
PINO	0.45
SEIQUE	0.54
YUMBINGUE	2.66

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 36. Contenido de humedad en probetas de compresión perpendicular en estado seco al horno

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR	
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
ABÍO	0.29
CIPRÉS	1.59
COLORADO	1.35
EUCALIPTO	0.96
INTACHI	1.50
MORAL FINO	0.22
PINO	1.27
SEIQUE	1.39
YUMBINGUE	0.76

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 37. Contenido de humedad en probetas de flexión estática en estado seco al horno

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA	
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
ABÍO	1.87
CIPRÉS	2.35
COLORADO	2.66
EUCALIPTO	1.25
INTACHI	1.47
MORAL FINO	1.30
PINO	1.55
SEIQUE	2.85
YUMBINGUE	1.29

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 38. Contenido de humedad en probetas de tracción paralela en estado seco al horno

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA	
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
ABÍO	2.07
CIPRÉS	1.73
COLORADO	1.80
EUCALIPTO	2.62
INTACHI	1.30
MORAL FINO	1.24
PINO	1.35
SEIQUE	2.39
YUMBINGUE	1.50

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tal como se muestra en la tabla 35, en estado anhidro la madera que más bajo contenido de humedad alcanza a tener es el Moral Fino cuyo contenido de humedad más cercano al 0% fue de 0.22% en probetas de compresión perpendicular. Sin embargo, para todas las especies en estudio se logró llegar a contenidos de humedad por debajo del 3%.

Tabla 39. Porcentaje de humedad en estado seco al horno en muestras de madera (%)

ESPECIE	PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA	PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR	PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA	PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA
ABÍO	2.61	0.29	1.87	2.07
CIPRES	0.51	1.59	2.35	1.73
COLORADO	1.67	1.35	2.66	1.80
EUCALIPTO	5.73	0.96	1.25	2.62
INTACHI	1.38	1.50	1.47	1.30
MORAL FINO	0.63	0.22	1.30	1.24
PINO	0.45	1.27	1.55	1.35
SEIQUE	0.54	1.39	2.85	2.39
YUMBINGUE	2.66	0.76	1.29	1.50

- **Humedad del 12%**

Para llegar al contenido de humedad del 12%, que es al cual deben estar las probetas para determinar su densidad y sus propiedades resistentes, se ha realizado una interpolación lineal entre las propiedades obtenidas en humedad natural y en estado seco al horno.

3.1.1.2 Densidad

Considerando los pesos y volúmenes de cada probeta se han determinado las siguientes densidades promedio en gr/cm³. Se calcularon las densidades para cada humedad (humedad natural y humedad seca al horno), y entre densidades obtenidas se realizó una interpolación simple para obtener la densidad al 12% de humedad de cada especie.

- **Densidad en probetas en humedad natural**

Tabla 40. Densidad en probetas de compresión paralela en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	25.09	0.651
CIPRES	16.39	0.459
COLORADO	20.20	0.663
EUCALIPTO	38.23	0.863
INTACHI	18.90	0.730
MORAL FINO	12.45	0.624
PINO	15.66	0.464
SEIQUE	17.29	0.614
YUMBINGUE	15.91	0.946

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 41. Densidad en probetas de compresión perpendicular en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	22.13	0.778
CIPRES	17.68	0.542
COLORADO	18.20	0.667
EUCALIPTO	28.43	0.882
INTACHI	18.05	0.698
MORAL FINO	14.51	0.683
PINO	19.34	0.439
SEIQUE	16.33	0.635
YUMBINGUE	19.07	1.056

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 42. Densidad en probetas de flexión estática en humedad natural

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	20.11	0.902
CIPRES	16.67	0.524
COLORADO	19.82	0.673
EUCALIPTO	30.70	0.990
INTACHI	18.20	0.844
MORAL FINO	14.00	0.669
PINO	17.61	0.494
SEIQUE	21.90	0.552
YUMBINGUE	15.56	1.070

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 43. Densidad en probetas de tracción paralela en humedad natural

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	15.83	0.789
CIPRES	13.13	0.521
COLORADO	15.30	0.692
EUCALIPTO	16.25	0.817
INTACHI	18.47	0.824
MORAL FINO	13.12	0.648
PINO	13.90	0.473
SEIQUE	14.30	0.627
YUMBINGUE	17.54	0.988

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Densidad en probetas en estado seco al horno**

Tabla 44. Densidad en probetas de compresión paralela en estado seco al horno

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	2.61	0.610
CIPRES	0.51	0.430
COLORADO	1.67	0.592
EUCALIPTO	5.73	0.762
INTACHI	1.38	0.658
MORAL FINO	0.63	0.591
PINO	0.45	0.429
SEIQUE	0.54	0.589
YUMBINGUE	2.66	0.945

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 45. Densidad en probetas de compresión perpendicular en estado seco al horno

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	0.29	0.672
CIPRES	1.59	0.460
COLORADO	1.35	0.615
EUCALIPTO	0.96	0.747
INTACHI	1.50	0.651
MORAL FINO	0.22	0.626
PINO	1.27	0.385
SEIQUE	1.39	0.490
YUMBINGUE	0.76	0.983

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 46. Densidad en probetas de flexión estática en estado seco al horno

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	1.87	0.850
CIPRES	2.35	0.504
COLORADO	2.66	0.637
EUCALIPTO	1.25	0.856
INTACHI	1.47	0.796
MORAL FINO	1.30	0.618
PINO	1.55	0.451
SEIQUE	2.85	0.525
YUMBINGUE	1.29	1.012

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 47. Densidad en probetas de tracción paralela en estado seco al horno

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	2.07	0.722
CIPRES	1.73	0.479
COLORADO	1.80	0.627
EUCALIPTO	2.62	0.758
INTACHI	1.30	0.739
MORAL FINO	1.24	0.603
PINO	1.35	0.449
SEIQUE	2.39	0.578
YUMBINGUE	1.50	0.973

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Densidad en probetas al 12% de humedad**

Tabla 48. Densidad en probetas de compresión paralela al 12% de humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	12	0.627
CIPRES	12	0.451
COLORADO	12	0.632
EUCALIPTO	12	0.781
INTACHI	12	0.701
MORAL FINO	12	0.623
PINO	12	0.456
SEIQUE	12	0.606
YUMBINGUE	12	0.946

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 49. Densidad en probetas de compresión perpendicular al 12% de humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	12	0.729
CIPRES	12	0.513
COLORADO	12	0.648
EUCALIPTO	12	0.801
INTACHI	12	0.681
MORAL FINO	12	0.673
PINO	12	0.417
SEIQUE	12	0.593
YUMBINGUE	12	1.028

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 50. Densidad en probetas de flexión estática al 12% de humedad

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	12	0.879
CIPRES	12	0.518
COLORADO	12	0.656
EUCALIPTO	12	0.905
INTACHI	12	0.826
MORAL FINO	12	0.661
PINO	12	0.479
SEIQUE	12	0.538
YUMBINGUE	12	1.055

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 51. Densidad en probetas de tracción paralela al 12% de humedad

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	12	0.770
CIPRES	12	0.516
COLORADO	12	0.676
EUCALIPTO	12	0.799
INTACHI	12	0.792
MORAL FINO	12	0.644
PINO	12	0.469
SEIQUE	12	0.618
YUMBINGUE	12	0.983

Elaborado por: Estefanía Cruz

La tabla 50, muestra una densidad promedio que ha sido calculada a partir de las densidades obtenidas para los cuatro tipos de probetas (compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, flexión estática y tracción paralela).

Tabla 52. Densidad promedio para un 12% de humedad

	COMP. PARALELA	COMP. PERPEND.	FLEXIÓN ESTÁTICA	TRACCIÓN PARALELA	PROMEDIO
PROPIEDAD ESPECIE	DENSIDAD [gr/cm³]	DENSIDAD [gr/cm³]	DENSIDAD [gr/cm³]	DENSIDAD [gr/cm³]	DENSIDAD [gr/cm³]
ABÍO	0.627	0.729	0.879	0.770	0.751
CIPRES	0.451	0.513	0.518	0.516	0.500
COLORADO	0.632	0.648	0.656	0.676	0.653
EUCALIPTO	0.781	0.801	0.905	0.799	0.822
INTACHI	0.701	0.681	0.826	0.792	0.750
MORAL FINO	0.623	0.673	0.661	0.644	0.650
PINO	0.456	0.417	0.479	0.469	0.455
SEIQUE	0.606	0.593	0.538	0.618	0.589
YUMBINGUE	0.946	1.028	1.055	0.983	1.003

Elaborado por: Estefanía Cruz

En el gráfico que se muestra a continuación se podrá observar la relación entre la densidad para los diferentes tipos de probetas según su especie. Existe una ligera variación entre las densidades para probetas de una misma especie, esta variación

puede deberse a múltiples factores como la altura y la edad del árbol; mientras estos factores incrementan, también incrementa la densidad.

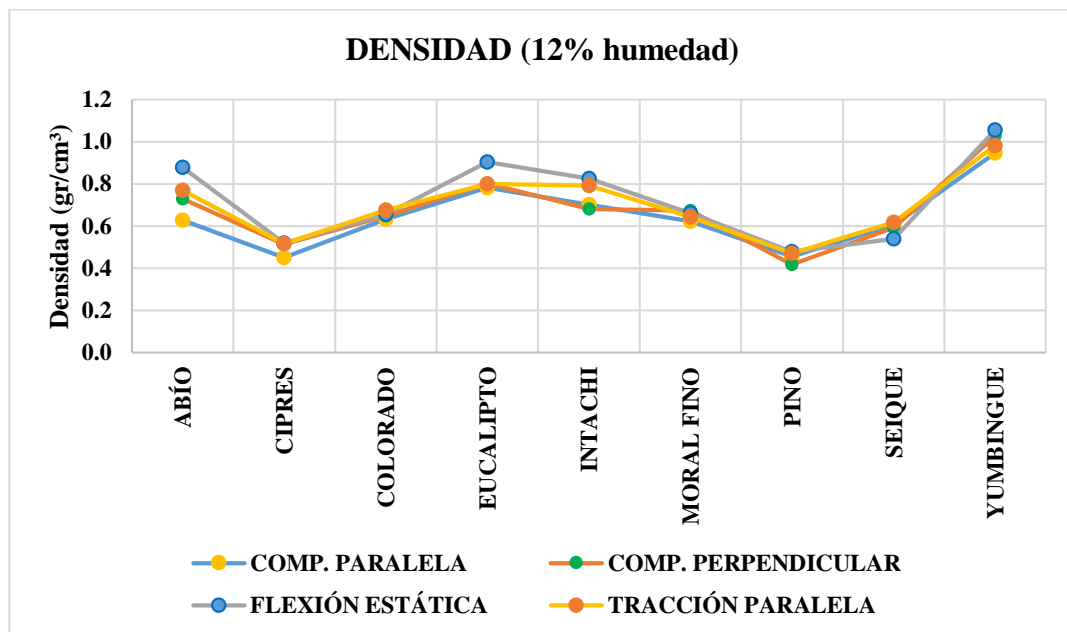


Figura 40. Variación de la densidad entre tipo de probetas

Elaborado por: Estefanía Cruz

López y Valencia [33] demostraron este comportamiento en su estudio acerca de la variación de la densidad de la madera de Pino. También pueden intervenir otros factores como sistemas de plantación, tratamientos silviculturales e incluso la cantidad de duramen y albura contenidas en las muestras [34]. Sin embargo, se puede observar que la variabilidad entre densidad de probetas de la misma especie es mínima.

Con la densidad promedio al 12% de humedad mostrada en la tabla 50, se puede observar en el gráfico 41 que las maderas que se caracterizan por tener la más alta densidad son el Yumbingue, Eucalipto, Abío e Intachi.

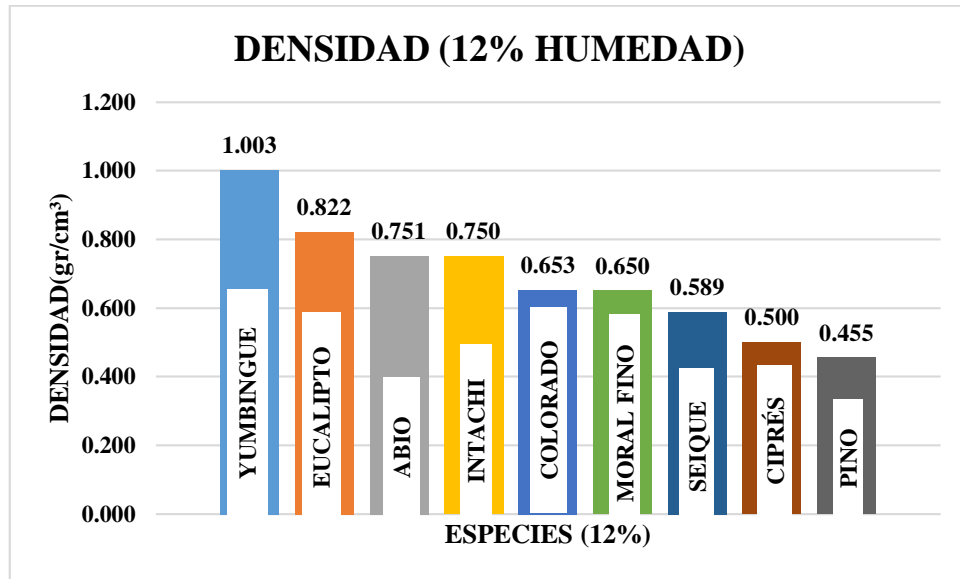


Figura 41. Densidad promedio de las especies maderables al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Al ser la densidad, una medida de la cantidad de material sólido que posee la madera, se puede decir que estas maderas son las más duras o pesadas, le siguen las especies de Colorado, Moral Fino y Seique con una menor densidad considerándose como semiduras, y finalmente el Pino y Ciprés se caracterizan como las maderas más livianas o blandas por tener la menor densidad.

- **Clasificación Estructural**

Esta densidad promedio, ha servido de base para poder darle una clasificación estructural a cada especie forestal según la NEC-SE-MD ESTRUCTURAS DE MADERA.

La clasificación que propone la norma se especifica en el capítulo 1, en base a estos rangos, las especies forestales que han venido siendo estudiadas se clasifican estructuralmente según su densidad de la siguiente manera:

Tabla 53. Clasificación estructural de las maderas según su densidad

CLASIFICACIÓN SEGÚN DENSIDAD (gr/cm ³)			
ESPECIES	DENSIDAD	GRUPO ESTRUCTURAL	
YUMBINGUE	1.003	A	>0.71
EUCALIPTO	0.822		
ABÍO	0.751		
INTACHI	0.750		
COLORADO	0.653	B	0.56-0.70
MORAL FINO	0.650		
SEIQUE	0.589		
CIPRES	0.500	C	0.40-0.55
PINO	0.455		

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Densidad de Referencia**

Las densidades que han sido obtenidas para cada especie han sido comparadas con las obtenidas en otros estudios realizados por varios investigadores para un contenido de humedad del 12% con la finalidad de saber si los resultados concuerdan con otros estudios.

Tabla 54. Comparación entre densidad obtenida y densidad referenciada

ESPECIE	DENSIDAD OBTENIDA (CH 12%)	DENSIDAD (OTROS ESTUDIOS) (CH 12%)	REFERENCIA
ABÍO	0.751	0.78-0.84	<i>Quispe Lourdes</i> [35]
CIPRES	0.500	0.36-0.49	<i>Velín Anahí</i> [36]
COLORADO	0.653	0.60	<i>Cruz Flavio</i> [37]
EUCALIPTO	0.822	0.827	<i>Espinosa P., Proaño D., Barrera L.</i> [19]
INTACHI	0.750	0.68-0.97	<i>Morejón Carmen</i> [38]
MORAL FINO	0.650	0.68	<i>Limongi Ricardo</i> [39]
PINO	0.455	0.43-0.48	<i>Vinueza Marco</i> [40]
SEIQUE	0.589	0.55	<i>Vinueza Marco</i> [28]
YUMBINGUE	1.003	0.933	<i>Espinosa P., Proaño D., Barrera L.</i> [19]

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Relación Densidad-Contenido de humedad**

Según Kollmann [41], cuando la especie maderable tiene una densidad menor que 1.20 gr/cm³, al aumentar el contenido de humedad, aumenta también la densidad, es decir estas variables son directamente proporcionales, mientras que en especies cuya densidad sea mayor a 1.20 gr/cm³, si aumenta el contenido de humedad, la densidad disminuye. Este comportamiento se debe a que es mayor el hinchamiento volumétrico en maderas más pesadas que en maderas livianas.

En la figura 42 se observa el comportamiento entre la densidad y la humedad de una probeta de madera de Abío. A un contenido de humedad del 25.09% posee una densidad de 0.651 gr/cm³, y cuando la madera pasa por un proceso de secado reduciendo su contenido de humedad hasta el 2.61%, su densidad también disminuye a 0.610 gr/cm² comprobando la teoría de Kollmann.

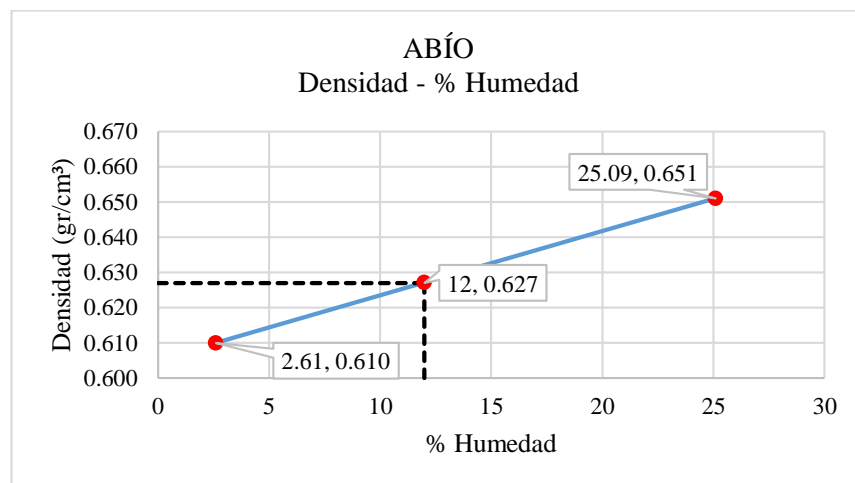


Figura 42. Comportamiento Densidad-Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Las densidades que se han calculado en probetas en humedad natural resultaron ser mayores que las calculadas en probetas en estado seco al horno, pues las primeras tienen mayor contenido de humedad. Este comportamiento directamente proporcional entre estas dos variables lo presentan todas las especies y en todos los tipos de probetas, debido a que ninguna de ellas tiene una densidad mayor a 1.20 gr/cm³.

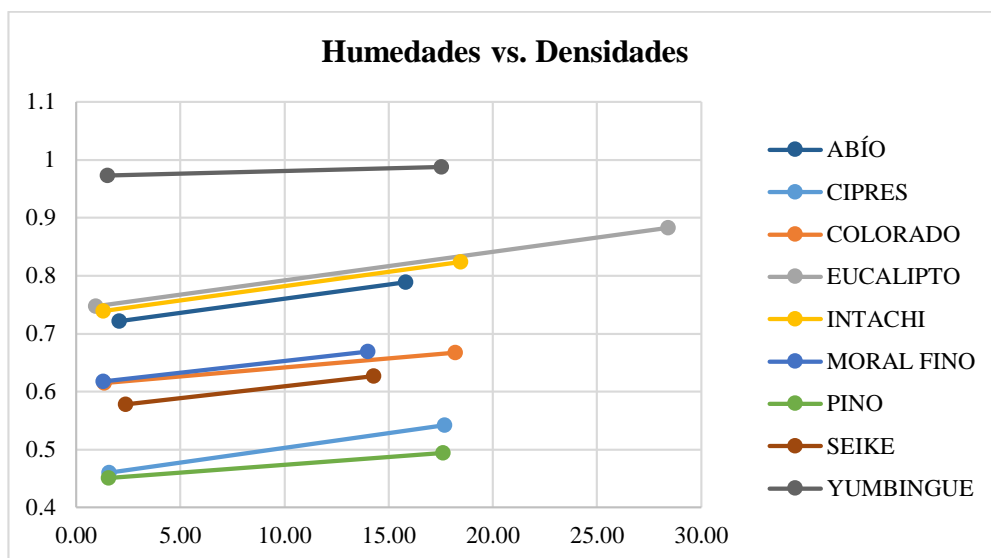


Figura 43. Variación de la densidad con respecto a la humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

3.1.2 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas que se obtuvieron como resultado de cada ensayo fueron las resistencias máximas frente a compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática y tracción paralela, el Módulo de Elasticidad, Módulo de Ruptura y esfuerzos admisibles para cada especie.

3.1.2.1 Resistencia a Compresión Paralela

Tabla 55. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARALELA [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	25.09	30.21	8.423E-03	18.58	2.700E-03
CIPRES	16.39	27.28	1.383E-02	16.97	4.045E-03
COLORADO	20.20	37.85	1.073E-02	25.96	4.303E-03
EUCALIPTO	38.23	41.80	7.471E-03	26.37	2.694E-03
INTACHI	18.90	37.95	2.719E-02	18.22	6.005E-03
MORAL FINO	12.45	58.22	7.853E-03	39.09	3.842E-03
PINO	15.66	30.03	1.181E-02	16.80	3.691E-03
SEIQUE	17.29	34.99	6.774E-03	25.54	3.093E-03
YUMBINGUE	15.91	68.85	9.396E-03	36.14	3.009E-03

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 56. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en estado seco al horno

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARALELA [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	2.61	50.66	1.087E-02	33.43	5.968E-03
CIPRES	0.51	56.51	1.575E-02	36.64	7.020E-03
COLORADO	1.67	44.40	7.076E-03	30.94	4.095E-03
EUCALIPTO	5.73	55.54	6.128E-03	42.87	4.353E-03
INTACHI	1.38	53.46	1.495E-02	47.80	1.120E-02
MORAL FINO	0.63	73.32	8.438E-03	59.21	6.460E-03
PINO	0.45	37.74	7.162E-03	31.10	5.762E-03
SEIQUE	0.54	78.95	1.396E-02	52.81	5.686E-03
YUMBINGUE	2.66	92.16	8.015E-03	63.91	4.537E-03

Elaborado por: Estefanía Cruz

Luego de realizar el ajuste de las propiedades mediante interpolación para un 12% de humedad, los valores obtenidos de resistencia son:

Tabla 57. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas al 12% de humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARALELA [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	12	42.12	9.844E-03	27.23	4.6032E-03
CIPRES	12	35.36	1.436E-02	22.41	4.867E-03
COLORADO	12	40.75	9.112E-03	28.16	4.211E-03
EUCALIPTO	12	52.89	6.387E-03	39.69	4.033E-03
INTACHI	12	44.06	1.707E-02	29.87	4.0810E-03
MORAL FINO	12	58.79	7.875E-03	39.86	3.941E-03
PINO	12	31.88	1.069E-02	20.24	4.190E-03
SEIQUE	12	48.87	9.044E-03	39.86	3.911E-03
YUMBINGUE	12	75.73	8.989E-03	44.34	3.460E-03

Elaborado por: Estefanía Cruz

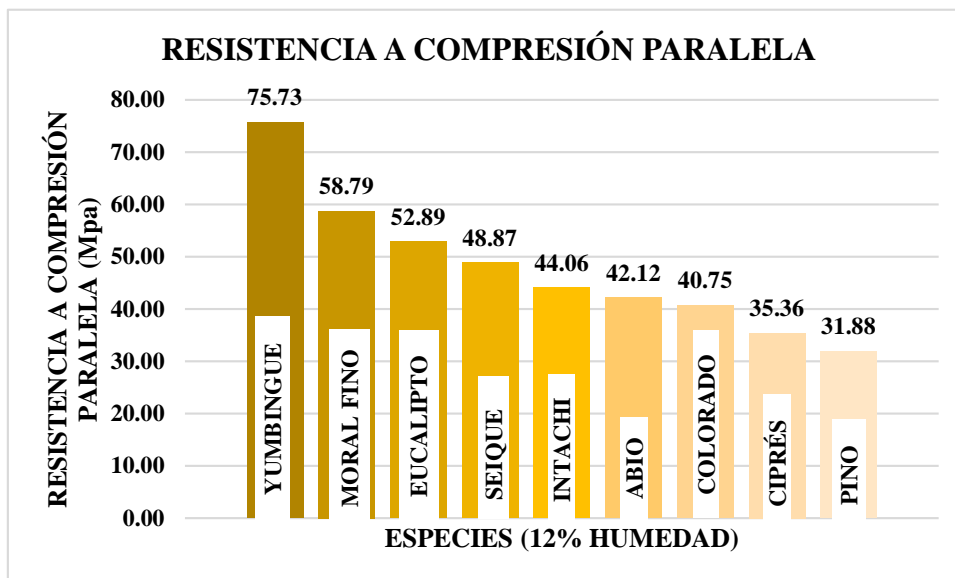


Figura 44. Resistencia a compresión paralela al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Como se observa en la figura 43, frente a esfuerzos de compresión paralela a la fibra, las especies que mayor resistencia máxima ofrecen son el Yumbingue, Moral Fino, Eucalipto, Seique e Intachi, mientras que el Abío, Colorado, Ciprés y Pino presentan resistencias más bajas.

- **Relación resistencia-contenido de humedad**

Se puede observar que para todas las especies hay un incremento de resistencia luego de haberse sometido a un proceso de secado, es decir, para todas las especies, la mayor resistencia a compresión paralela la presentan en un estado seco al horno o anhidro comprobando una relación inversa entre el porcentaje de humedad y la resistencia en la madera. Mientras disminuya la humedad, aumenta la resistencia y viceversa.

Este comportamiento puede observarse gráficamente en la figura 44, que muestra la relación entre resistencia y contenido de humedad. La resistencia va en deceso mientras el contenido de humedad va aumentando.

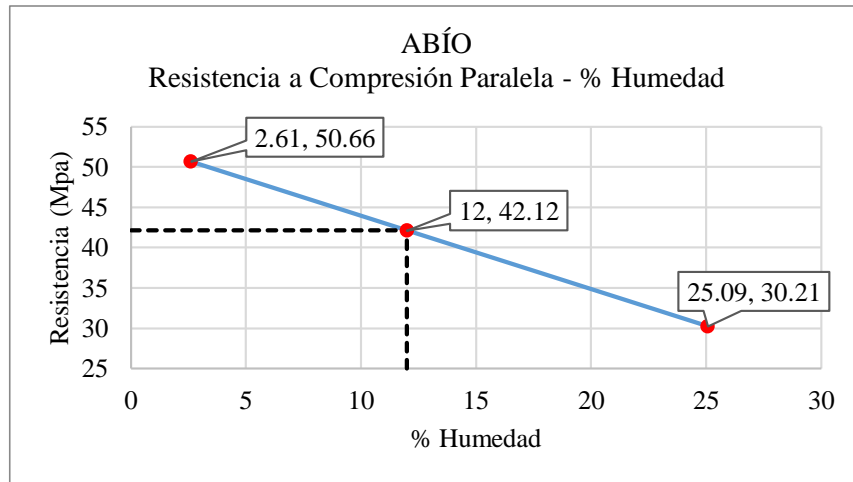


Figura 45. Comportamiento Resistencia a compresión paralela –Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

En este punto es importante señalar que, cuando la madera llega al punto de saturación de las fibras que es un contenido de humedad que puede variar entre el 25 y el 35%, su resistencia permanecerá constante. Es decir, la variación de la humedad afecta a las propiedades mecánicas siempre y cuando la humedad de la madera esté por debajo del punto de saturación de las fibras.

Tabla 58. Módulo de Elasticidad a compresión paralela en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	25.09	7140
CIPRES	16.39	4393
COLORADO	20.20	6771
EUCALIPTO	38.23	10268
INTACHI	18.90	3197
MORAL FINO	12.45	9461
PINO	15.66	4620
SEIQUE	17.29	8300
YUMBINGUE	15.91	13186

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 59. Módulo de Elasticidad a compresión paralela en estado seco al horno.

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	2.61	7508
CIPRES	0.51	5777
COLORADO	1.67	8187
EUCALIPTO	5.73	11466
INTACHI	1.38	4416
MORAL FINO	0.63	10379
PINO	0.45	5955
SEIQUE	0.54	9915
YUMBINGUE	2.66	17655

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 60. Módulo de Elasticidad a compresión paralela al 12% de humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	12.00	7355
CIPRES	12.00	4775
COLORADO	12.00	7398
EUCALIPTO	12.00	11235
INTACHI	12.00	3677
MORAL FINO	12.00	9496
PINO	12.00	4941
SEIQUE	12.00	8810
YUMBINGUE	12.00	14505

Elaborado por: Estefanía Cruz

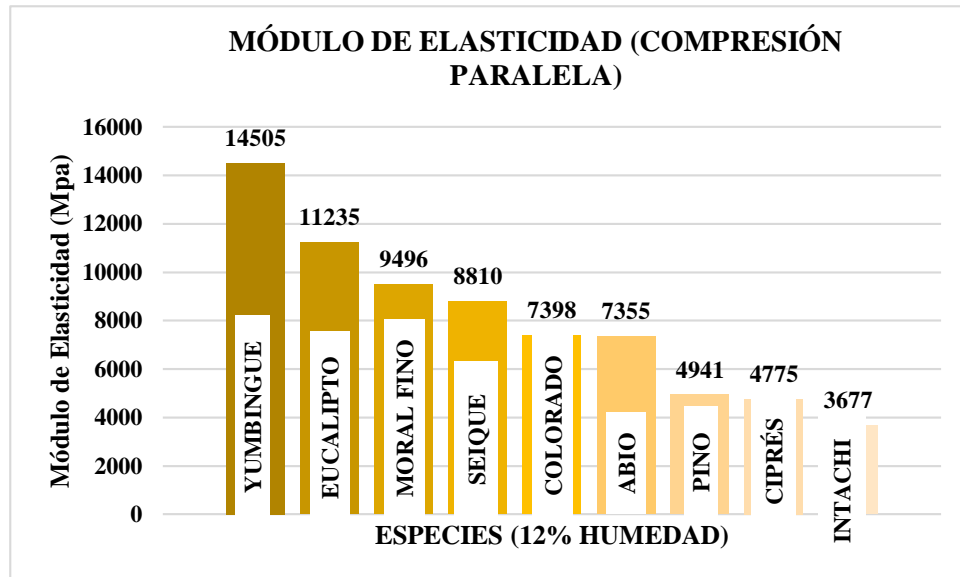


Figura 46. Módulo de Elasticidad a compresión paralela al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Las especies con módulo de elasticidad (MOE) más alto a un 12% de humedad son las especies de Yumbingue, Eucalipto, Moral Fino, Seique y Colorado, dado que el módulo de elasticidad es un indicativo de la rigidez del material, quiere decir que estas especies presentan mayor oposición para deformarse dentro del rango elástico del material cuando se someten a cargas de compresión en dirección paralela a las fibras.

Las especies con menor módulo de elasticidad como el Abío, Pino, Ciprés e Intachi, indican que han sufrido las mayores deformaciones al ser sometidos a esfuerzos de compresión paralela dentro del rango elástico.

- **Relación Módulo de Elasticidad- Contenido de humedad**

Por debajo del punto de saturación de las fibras, la humedad afecta también a la elasticidad del material. Cuando la humedad se va perdiendo logra que el material se vuelva más rígido, es decir con menor capacidad de deformación dentro del rango elástico, esto se puede notar en los módulos de elasticidad obtenidos para probetas en estado de humedad natural y para probetas secadas al horno. El módulo de elasticidad para probetas secadas en horno es superior para todas las especies que el obtenido en una humedad natural. Por ejemplo, el Módulo de Elasticidad del Abío es de 7140 Mpa a una humedad del 25.09%, cuando la humedad desciende al 2.61%, el módulo de

elasticidad aumentó a 7508 Mpa. Realizando una interpolación lineal entre ambos valores, se ha encontrado un módulo de elasticidad de 7355 Mpa para un 12% de humedad.

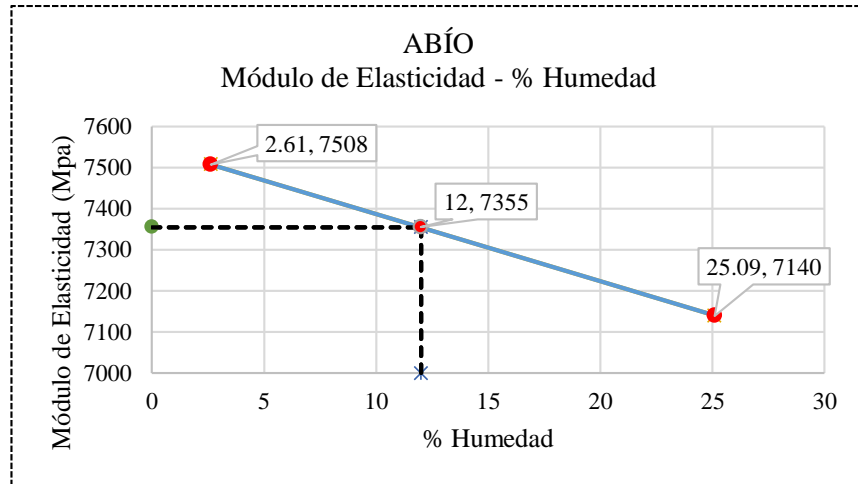


Figura 47. Comportamiento Módulo de Elasticidad – Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Esfuerzos admisibles en probetas en humedad natural**

La Norma ecuatoriana de la construcción en estructuras de madera especifica que el diseño de los elementos de madera deben hacerse por el método de esfuerzos admisibles. Para el cálculo de estos esfuerzos se utilizaron los factores de reducción correspondientes a cada tipo de ensayo.

Tabla 61. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión paralela en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	25.09	15.11
CIPRES	16.39	13.64
COLORADO	20.20	18.93
EUCALIPTO	38.23	20.90
INTACHI	18.90	18.97
MORAL FINO	12.45	29.11
PINO	15.66	15.01
SEIQUE	17.29	17.50
YUMBINGUE	15.91	34.43

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 62. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión paralela en estado seco al horno

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	2.61	25.33
CIPRES	0.51	28.25
COLORADO	1.67	22.20
EUCALIPTO	5.73	27.77
INTACHI	1.38	27.53
MORAL FINO	0.63	36.66
PINO	0.45	18.87
SEIQUE	0.54	39.47
YUMBINGUE	2.66	46.08

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 63. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión paralela al 12% de humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	12	21.06
CIPRES	12	17.68
COLORADO	12	20.37
EUCALIPTO	12	26.44
INTACHI	12	22.34
MORAL FINO	12	29.40
PINO	12	15.94
SEIQUE	12	24.43
YUMBINGUE	12	37.87

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Mecanismos de falla**

Luego de haber ensayado un total de 6 probetas por especie, se determinaron los mecanismos de falla en cada una de estas, las fallas han sido descritas según la norma ASTM D143 para probetas pequeñas de madera libres de defectos que se indicaron en el capítulo 1.










Tabla 64. Fallas producidas en probetas de compresión paralela

ESPECIE	TIPO DE SECADO	PROBETA	Aplastamiento	Separación/ División	Compresión y corte	Enrollado en los extremos	
ABÍO	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1				x	
		2				x	
		3				x	
CIPRÉS	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1			x		
		2			x		
		3			x		
COLORADO	Humedad natural	1				x	
		2				x	
		3					x
	Secado al horno	1				x	
		2				x	
		3				x	
EUCALIPTO	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1				x	
		2				x	
		3				x	
INTACHI	Humedad natural	1				x	
		2				x	
		3					x
	Secado al horno	1				x	
		2				x	
		3				x	
MORAL FINO	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1				x	
		2				x	
		3				x	
PINO	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1				x	
		2				x	
		3				x	
SEIQUE	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1	x				
		2	x				
		3	x				
YUMBINGUE	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1			x		
		2			x		
		3			x		

Elaborado por: Estefanía Cruz

Como se observa en la tabla 62, las probetas ensayadas presentaron diferentes mecanismos de falla al ser sometidas a cargas de compresión paralela a sus fibras. En la tabla 63 se observan las fallas que más se han replicado en cada una de las especies.

Tabla 65. Fallas producidas por cargas de compresión paralela a la fibra

ABÍO	CIPRÉS	COLORADO	EUCALIPTO	INTACHI
				
Compresión y corte	Separación	Enrollado de los extremos	Aplastamiento	Compresión y corte
MORAL FINO	PINO	SEIQUE	YUMBINGUE	
				
Compresión y corte	Compresión y corte	Aplastamiento	Separación	

Elaborado por: Estefanía Cruz

3.1.2.2 Resistencia a Compresión Perpendicular

Tabla 66. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	22.13	23.96	3.964E-01	7.12	1.807E-02
CIPRES	17.68	7.92	1.238E-01	3.78	1.057E-02
COLORADO	18.20	16.98	2.175E-01	10.47	3.633E-02
EUCALIPTO	28.43	20.65	3.858E-01	11.66	3.459E-02
INTACHI	18.05	14.28	1.043E-01	9.04	3.495E-02
MORAL FINO	14.51	11.50	1.211E-01	7.51	4.447E-02
PINO	19.34	3.83	1.068E-01	1.51	6.877E-03
SEIQUE	16.33	6.41	1.357E-01	3.82	3.223E-02
YUMBINGUE	19.07	32.52	1.831E-01	13.55	1.246E-02

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 67. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en estado seco al

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	0.29	28.30	5.456E-02	20.56	1.738E-02
CIPRES	1.59	8.65	1.211E-01	4.12	2.211E-02
COLORADO	1.35	24.30	9.614E-02	12.59	2.971E-02
EUCALIPTO	0.96	27.72	4.116E-02	15.59	3.378E-02
INTACHI	1.50	18.87	2.544E-01	13.05	3.198E-02
MORAL FINO	0.22	19.30	5.764E-02	14.17	3.284E-02
PINO	1.27	6.87	1.462E-01	4.34	3.710E-02
SEIQUE	1.39	11.46	4.945E-02	9.08	3.702E-02
YUMBINGUE	0.76	34.88	4.005E-02	26.40	2.660E-02

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 68. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas al 12% de humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	12.00	25.97	2.379E-01	13.35	1.775E-02
CIPRES	12.00	8.18	1.228E-01	3.90	1.464E-02
COLORADO	12.00	19.67	1.728E-01	11.25	3.389E-02
EUCALIPTO	12.00	24.88	1.797E-01	14.01	3.410E-02
INTACHI	12.00	15.96	1.592E-01	10.51	3.386E-02
MORAL FINO	12.00	12.87	1.099E-01	8.68	4.243E-02
PINO	12.00	5.06	1.228E-01	2.66	1.915E-02
SEIQUE	12.00	7.87	1.107E-01	5.35	3.362E-02
YUMBINGUE	12.00	33.43	1.279E-01	18.51	1.792E-02

Elaborado por: Estefanía Cruz

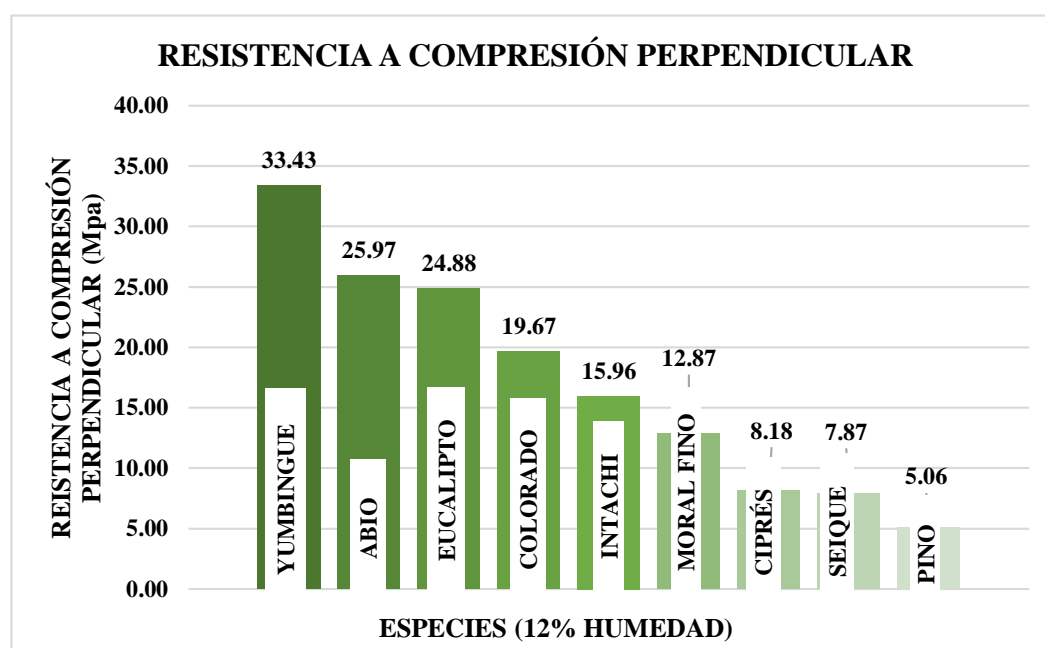


Figura 48. Resistencia a compresión perpendicular al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Frente a fuerzas que actúan perpendicularmente a las fibras, las especies que presentan una mayor resistencia son el Yumbingue, Abío, Eucalipto, Colorado e Intachi. El Moral Fino, Ciprés Seique y Pino se caracterizan por ser menos resistentes frente a este tipo de esfuerzos.

- **Relación resistencia-contenido de humedad**

El mismo comportamiento que presentaron las resistencias de las muestras en dirección paralela a la fibra con respecto a su contenido de humedad, es para probetas de compresión perpendicular. A medida que se va secando la humedad de las muestras, su resistencia aumenta.

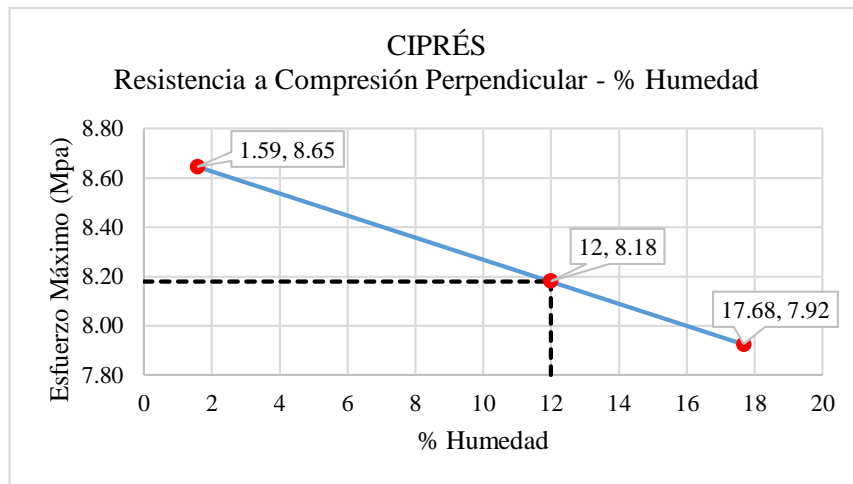


Figura 49. Comportamiento Resistencia compresión perpendicular – Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

La figura 48 muestra que la resistencia del Ciprés a compresión perpendicular es de 7.92 Mpa a un contenido de humedad del 17.68% y aumenta a 8.65 Mpa cuando el contenido de humedad disminuye a 1.59%. A un 12% de humedad el material tiene una resistencia de 8.18 Mpa. Este comportamiento resistencia – humedad lo presentaron todas las especies.

Tabla 69. Módulo de Elasticidad a compresión perpendicular en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	22.13	411.00
CIPRES	17.68	156.00
COLORADO	18.20	319.00
EUCALIPTO	28.43	349.00
INTACHI	18.05	264.00
MORAL FINO	14.51	294.00
PINO	19.34	220.00
SEIQUE	16.33	119.00
YUMBINGUE	19.07	613.00

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 70. Módulo de Elasticidad a compresión perpendicular en estado seco al horno

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	0.29	542.00
CIPRES	1.59	198.00
COLORADO	1.35	424.00
EUCALIPTO	0.96	469.00
INTACHI	1.50	429.00
MORAL FINO	0.22	371.00
PINO	1.27	257.00
SEIQUE	1.39	248.00
YUMBINGUE	0.76	690.00

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 71. Módulo de Elasticidad a compresión perpendicular al 12% de humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	12.00	471.00
CIPRES	12.00	171.00
COLORADO	12.00	357.00
EUCALIPTO	12.00	421.00
INTACHI	12.00	324.00
MORAL FINO	12.00	307.00
PINO	12.00	235.00
SEIQUE	12.00	156.00
YUMBINGUE	12.00	643.00

Elaborado por: Estefanía Cruz

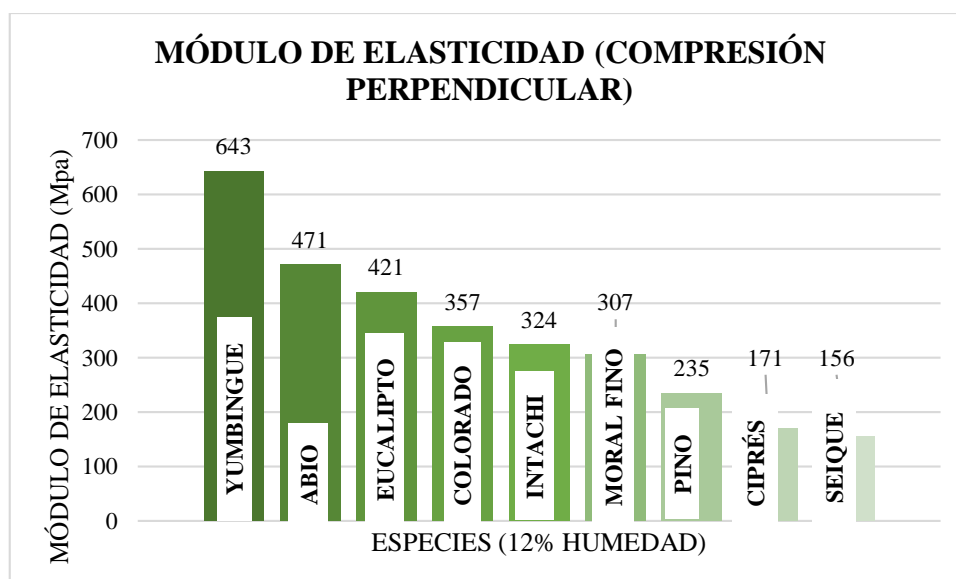


Figura 50. Módulo de Elasticidad a compresión perpendicular al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Para este tipo de cargas, las especies que presentan una mayor rigidez o módulo de elasticidad al 12% de humedad son el Yumbingue, Abío, Eucalipto y Colorado.

- **Relación MOE compresión paralela – MOE compresión perpendicular**

Haciendo una comparación entre el módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela y el módulo de elasticidad en compresión perpendicular, este último varía entre aproximadamente el 2 y el 7% con respecto al primero.

Tabla 72. Relación entre el MOE en compresión paralela y MOE en compresión perpendicular

ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	MÓDULO DE ELASTICIDAD COMP. PARALELA (Mpa)	MÓDULO DE ELASTICIDAD COMP. PERPENDICULAR (Mpa)	RELACIÓN MOE COMP PARALELA-MOE COMP. PERPEND.
ABÍO	12	7355	471	6.41%
CIPRES	12	4775	171	3.58%
COLORADO	12	7398	357	4.83%
EUCALIPTO	12	11235	421	3.75%
INTACHI	12	3677	324	8.82%
MORAL FINO	12	9496	307	3.24%
PINO	12	4941	235	4.76%
SEIQUE	12	8810	156	1.77%
YUMBINGUE	12	14505	643	4.43%

Elaborado por: Estefanía Cruz

El módulo de elasticidad a compresión perpendicular del Ciprés por ejemplo es el 3.58% del módulo de elasticidad a compresión paralela, es decir la rigidez que el ciprés presenta frente a una carga aplicada perpendicularmente a sus fibras es tan solo el 3.58% de la rigidez que presenta esta especie frente a una carga aplicada en sentido paralelo a sus fibras dentro del rango elástico del material.

- **Relación Módulo de Elasticidad- Contenido de humedad**

La relación inversamente proporcional entre el Módulo de Elasticidad y el Contenido de humedad se refleja también en estas muestras. En la figura 50 se observa el comportamiento del módulo de elasticidad a compresión perpendicular del Ciprés con respecto al contenido de humedad.

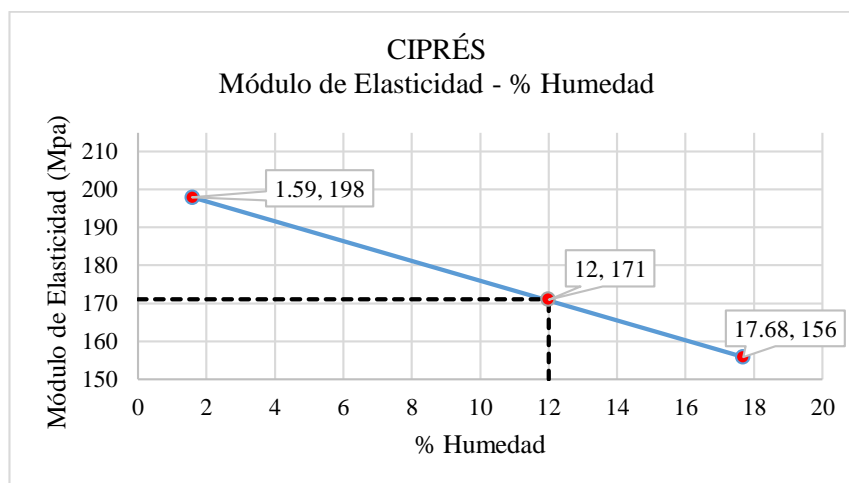


Figura 51. Comportamiento Módulo de Elasticidad – Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Cuando el material está a un contenido de humedad promedio del 17.68% tiene un módulo de elasticidad de 156 Mpa, mientras se va perdiendo el agua por el proceso de secado, el material llega hasta un contenido de humedad del 1.59% alcanzando una rigidez de 198 Mpa. A un 12% de humedad el Ciprés presenta un MOE a compresión perpendicular de 171 Mpa. El comportamiento del MOE en relación con el contenido de humedad es la misma para todas las especies.

Tabla 73. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión perpendicular en humedad natural

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	22.13	4.45
CIPRES	17.68	2.36
COLORADO	18.20	8.21
EUCALIPTO	28.43	7.29
INTACHI	18.05	4.52
MORAL FINO	14.51	3.75
PINO	19.34	0.76
SEIQUE	16.33	1.91
YUMBINGUE	19.07	6.77

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 74. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión perpendicular en estado seco al horno

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	0.29	12.85
CIPRES	1.59	2.57
COLORADO	1.35	15.78
EUCALIPTO	0.96	9.46
INTACHI	1.50	8.17
MORAL FINO	0.22	7.09
PINO	1.27	2.17
SEIQUE	1.39	4.54
YUMBINGUE	0.76	13.20

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 75. Esfuerzos admisibles en probetas de compresión perpendicular al 12% de humedad

PROBETAS DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	12	8.35
CIPRES	12	2.44
COLORADO	12	11.00
EUCALIPTO	12	8.59
INTACHI	12	5.85
MORAL FINO	12	4.34
PINO	12	1.33
SEIQUE	12	2.67
YUMBINGUE	12	9.26

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Mecanismos de falla**

Tabla 76. Fallas producidas en probetas de compresión perpendicular









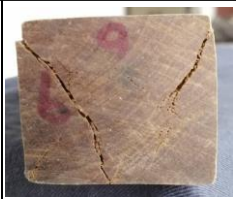
ESPECIE	TIPO DE SECADO	PROBETA	Aplastamiento	Separación de cuña	Corte	Separación/ División	Compresión y corte	
ABÍO	Humedad natural	1		x				
		2		x				
		3			x			
	Secado al horno	1				x		
		2				x		
		3				x		
CIPRÉS	Humedad natural	1						
		2						
		3						
	Secado al horno	1				x		
		2				x		
		3					x	
COLORADO	Humedad natural	1					x	
		2					x	
		3						x
	Secado al horno	1						x
		2					x	
		3						x
EUCALIPTO	Humedad natural	1			x			
		2		x				
		3			x			
	Secado al horno	1						x
		2				x		
		3						x
INTACHI	Humedad natural	1	x		x			
		2	x		x			
		3	x		x			
	Secado al horno	1			x			
		2			x			
		3			x			
MORAL FINO	Humedad natural	1	x					
		2	x					
		3	x					
	Secado al horno	1				x		
		2					x	
		3				x		
PINO	Humedad natural	1						
		2						
		3						
	Secado al horno	1					x	
		2					x	
		3					x	
SEIQUE	Humedad natural	1	x					
		2	x					
		3	x					
	Secado al horno	1						x
		2			x			
		3			x			
YUMBINGUE	Humedad natural	1					x	
		2			x			
		3						x
	Secado al horno	1			x			
		2			x			
		3			x			

Elaborado por: Estefanía Cruz

Las probetas de ciprés y pino en estado de humedad natural fallaron mucho antes de que se produjera una rotura visible en la probeta.

En probetas sometidas a compresión perpendicular a la fibra, la tabla 75 muestra algunas de las fallas producidas en probetas de compresión perpendicular.

Tabla 77. Fallas producidas por cargas de compresión perpendicular a la fibra

ABÍO	CIPRÉS	COLORADO	EUCALIPTO	INTACHI
				
Separación de cuña	Corte	Compresión y corte	Compresión y corte	Aplastamiento seguido de corte
MORAL FINO	PINO		SEIQUE	YUMBINGUE
				
Corte	Separación		Aplastamiento	Separación de cuña

Elaborado por: Estefanía Cruz

3.1.2.3 Resistencia a Flexión estática

Tabla 78. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en humedad natural

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA							
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CARGA MÁXIMA [KN]	MÓDULO DE RUPTURA [Mpa]	DEFLEXIÓN EN CARGA MÁXIMA [mm]	CARGA EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [KN]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFLEXIÓN EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [mm]
ABÍO	20.11	11.53	98.25	26.61	5.76	49.06	7.51
CIPRES	16.67	5.25	44.73	20.20	3.42	29.18	10.09
COLORADO	19.82	5.26	44.85	12.78	3.85	32.80	7.50
EUCALIPTO	30.70	11.52	98.12	40.19	5.73	48.83	8.59
INTACHI	18.20	14.51	123.58	24.57	7.60	64.74	8.78
MORAL FINO	14.00	10.17	86.68	22.50	5.95	50.69	9.15
PINO	17.61	5.86	49.94	26.81	2.84	24.21	6.32
SEIQUE	21.90	6.10	51.97	25.55	2.84	24.16	6.73
YUMBINGUE	15.56	12.55	106.90	19.48	8.72	74.31	9.76

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 79. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en estado seco al horno

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA							
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CARGA MÁXIMA [KN]	MÓDULO DE RUPTURA [Mpa]	DEFLEXIÓN EN CARGA MÁXIMA [mm]	CARGA EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [KN]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFLEXIÓN EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [mm]
ABÍO	1.87	14.16	120.67	21.05	8.58	73.09	10.59
CIPRES	2.35	5.46	48.32	13.64	4.38	37.35	11.45
COLORADO	2.66	8.45	72.02	16.83	7.01	59.71	11.90
EUCALIPTO	1.25	15.28	130.15	26.87	8.98	76.47	10.30
INTACHI	1.47	19.40	165.27	27.13	12.76	108.75	14.45
MORAL FINO	1.30	12.67	107.96	21.77	8.44	71.89	11.41
PINO	1.55	10.30	87.72	25.15	6.66	56.77	13.22
SEIQUE	2.85	8.12	69.18	26.08	4.07	34.64	8.56
YUMBINGUE	1.29	13.77	117.31	12.14	10.87	98.30	11.97

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 80. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas al 12% de humedad

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA							
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CARGA MÁXIMA [KN]	MÓDULO DE RUPTURA [Mpa]	DEFLEXIÓN EN CARGA MÁXIMA [mm]	CARGA EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [KN]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFLEXIÓN EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [mm]
ABÍO	12.00	12.70	108.22	24.14	7.01	59.75	8.88
CIPRES	12.00	5.32	45.31	18.06	3.74	31.85	10.53
COLORADO	12.00	6.72	57.24	14.63	5.29	45.06	9.51
EUCALIPTO	12.00	13.90	118.46	31.73	7.79	66.38	9.67
INTACHI	12.00	16.32	139.03	25.52	9.51	81.04	10.88
MORAL FINO	12.00	10.57	90.03	22.38	6.34	54.03	9.51
PINO	12.00	7.41	63.15	26.23	4.18	35.59	8.73
SEIQUE	12.00	7.15	60.92	25.83	3.48	29.61	7.68
YUMBINGUE	12.00	12.85	109.50	17.65	9.26	78.87	10.31

Elaborado por: Estefanía Cruz

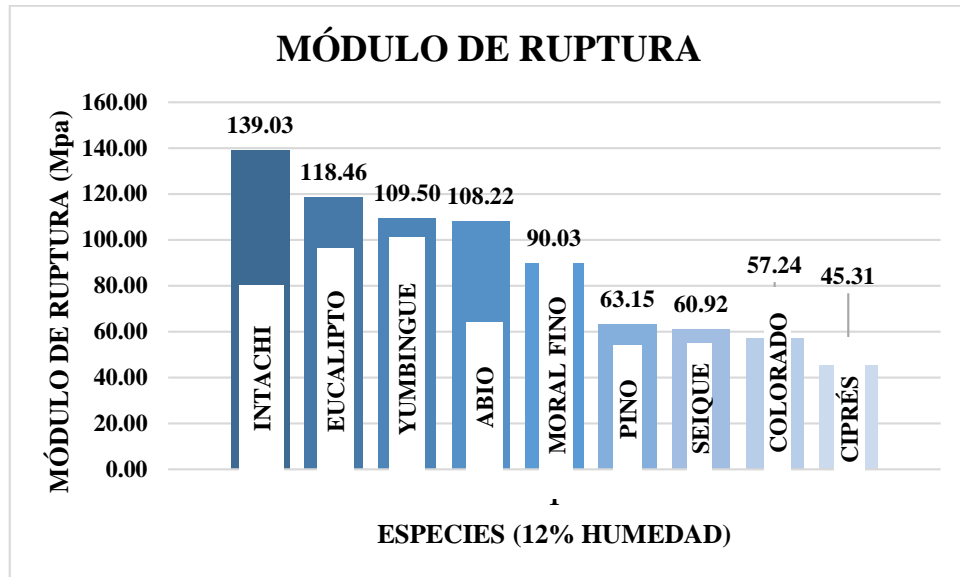


Figura 52. Módulo de ruptura al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

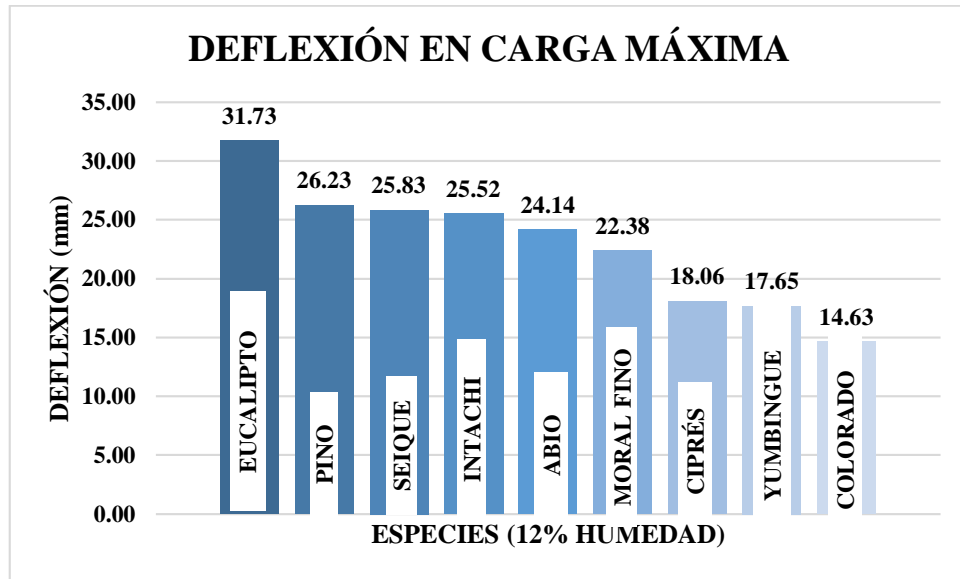


Figura 53. Deflexión en carga máxima al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Para ensayos de flexión estática se presentan en las tablas 76, 77 y 78, la carga máxima que soportaron las muestras, el esfuerzo unitario y su correspondiente deflexión. Como se observa en la figura 51, la resistencia máxima en ensayos de flexión es conocida como Módulo de Ruptura, evaluando este criterio se puede ver que el Intachi, Eucalipto, Yumbingue, Abío son las especies que mayor resistencia presentan ante solicitaciones de flexión con valores por encima de los 100 Mpa a un contenido de humedad del 12%, las especies de Pino, Seique, Colorado y Ciprés ofrecen menor resistencia a flexión.

En la figura 52 se puede observar la deflexión producida en las muestras cuando estas se encuentran al 12% de humedad, tal como se observa las muestras que mayor deflexión presentan cuando están sometidas a la máxima carga a la que pueden soportar, son el Eucalipto, Pino y Seique.

- **Relación resistencia – contenido de humedad**

Evaluando el Módulo de ruptura de las especies en humedad natural, se observó que este aumenta mientras la humedad va disminuyendo tal como ocurrió en esfuerzos de compresión.

En la figura 52 se puede observar que la resistencia a flexión promedio en madera de Colorado es de 44.85 Mpa a una humedad del 19.82%, mientras que ya a una humedad mucho menor que es del 2.66% su resistencia a flexión o módulo de ruptura alcanza los 72.02 Mpa. A una humedad del 12%, la resistencia a flexión de esta madera es de 57.24 Mpa.

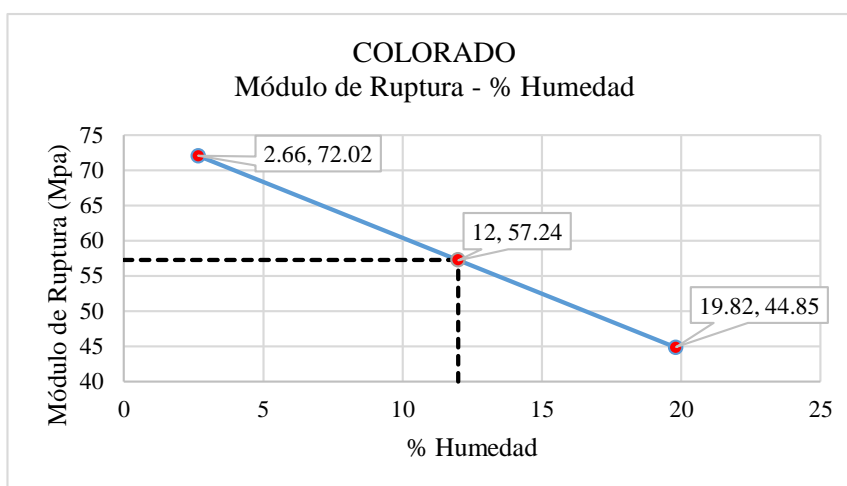


Figura 54. Comportamiento Módulo de ruptura – Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 81. Módulo de Elasticidad a flexión estática de probetas en humedad natural

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	20.11	10950
CIPRES	16.67	4861
COLORADO	19.82	7271
EUCALIPTO	30.70	9572
INTACHI	18.20	12407
MORAL FINO	14.00	9333
PINO	17.61	6456
SEIQUE	21.90	6049
YUMBINGUE	15.56	12756

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 82. Módulo de Elasticidad a flexión estática de probetas en estado seco al horno

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	1.87	11617
CIPRES	2.35	5456
COLORADO	2.66	8322
EUCALIPTO	1.25	12426
INTACHI	1.47	12647
MORAL FINO	1.30	10555
PINO	1.55	7269
SEIQUE	2.85	6808
YUMBINGUE	1.29	13139

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 83. Módulo de Elasticidad a flexión estática de probetas al 12% de humedad

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	12.00	11247
CIPRES	12.00	5055
COLORADO	12.00	7750
EUCALIPTO	12.00	11384
INTACHI	12.00	12496
MORAL FINO	12.00	9526
PINO	12.00	6740
SEIQUE	12.00	6444
YUMBINGUE	12.00	12852

Elaborado por: Estefanía Cruz

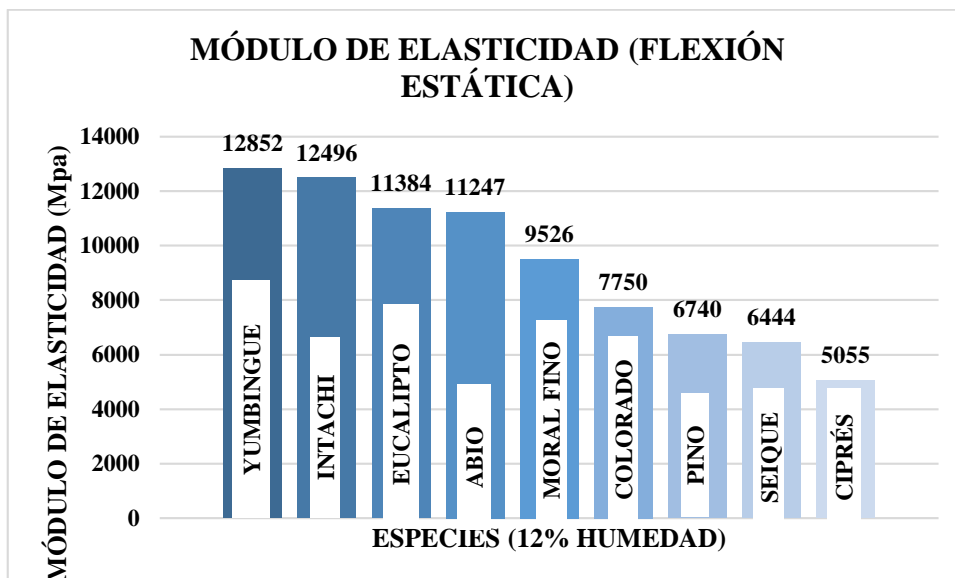


Figura 55. Módulo de Elasticidad a Flexión estática al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

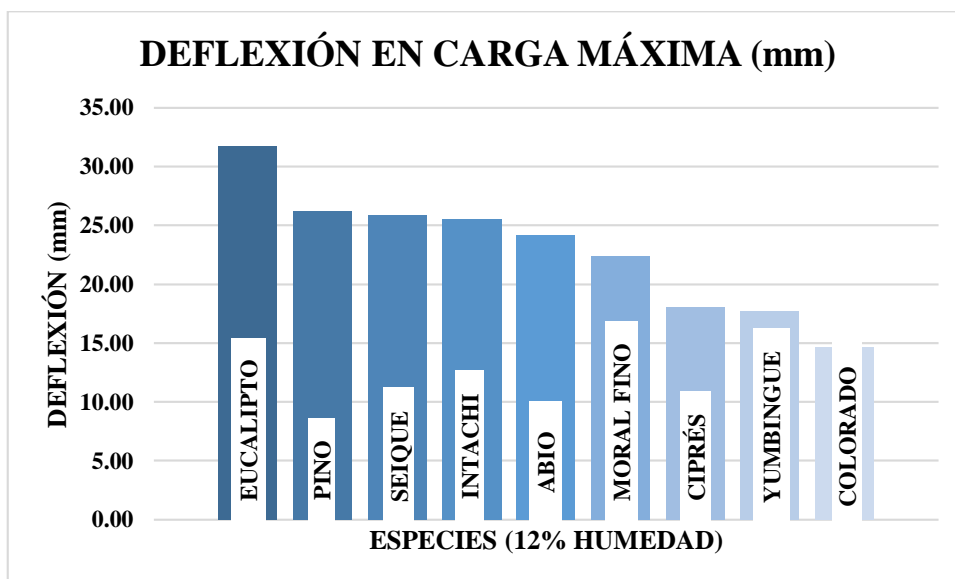


Figura 56. Deflexión en carga máxima al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

La mayor rigidez frente a cargas de Flexión lo presentan las maderas de Yumbingue, Intachi, Abío y Eucalipto debido a que tienen el mayor valor del Módulo de elasticidad, especies como el Pino, Seique y Ciprés alcanzar mayores valores de deformación debido a que tienen módulos de elasticidad más bajos.

Según el Manual de Diseño para maderas del grupo Andino, el Módulo de Elasticidad obtenido de los ensayos de flexión estática se puede tomar como el genérico para cada especie.

La figura 55 presenta la deflexión promedio que se presentó en cada especie a un contenido de humedad del 12% en el momento en que está soportando la máxima carga que puede resistir el espécimen.

- **Relación Módulo de Elasticidad – Contenido de Humedad**

Dentro del rango elástico del material, su rigidez aumenta a medida que disminuye su contenido de humedad y viceversa, tal cual se observa en probetas de compresión. La figura 56 muestra como el módulo de elasticidad promedio de madera de Colorado es de 7271 Mpa para un contenido de humedad promedio de 19.82%, cuando la madera ha llegado a una humedad del 2.66% su módulo de elasticidad promedio alcanzó los 8322 Mpa. Al 12% de humedad esta madera tiene una rigidez promedio de 7750 Mpa.

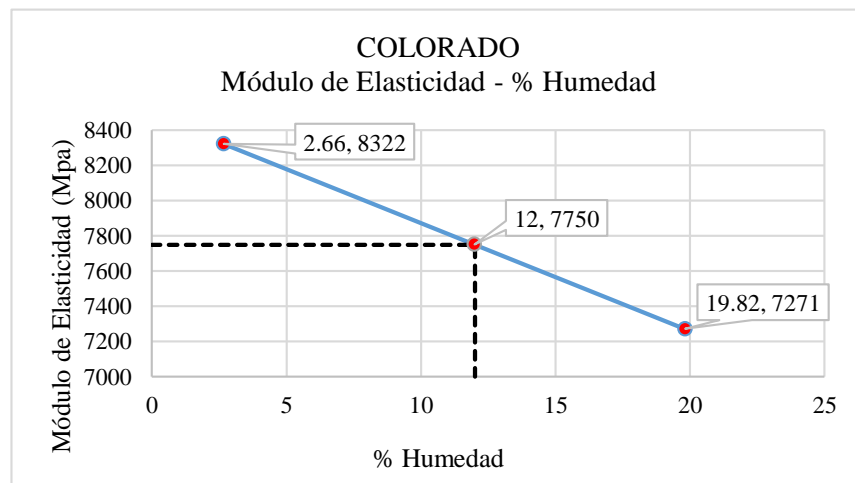


Figura 57. Comportamiento Módulo de Elasticidad – Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 84. Esfuerzos admisibles en probetas de flexión estática en humedad natural

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	20.11	30.76
CIPRES	16.67	14.00
COLORADO	19.82	14.04
EUCALIPTO	30.70	30.72
INTACHI	18.20	38.69
MORAL FINO	14.00	27.14
PINO	17.61	15.63
SEIQUE	21.90	16.27
YUMBINGUE	15.56	33.47

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 85. Esfuerzos admisibles en probetas de flexión estática en estado seco al horno

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	1.87	37.78
CIPRES	2.35	14.55
COLORADO	2.66	22.55
EUCALIPTO	1.25	40.74
INTACHI	1.47	51.74
MORAL FINO	1.30	33.80
PINO	1.55	27.46
SEIQUE	2.85	21.66
YUMBINGUE	1.29	36.72

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 86. Esfuerzos admisibles en probetas de flexión estática al 12% de humedad

PROBETAS DE FLEXIÓN ESTÁTICA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	12%	33.88
CIPRES	12%	14.18
COLORADO	12%	17.92
EUCALIPTO	12%	37.08
INTACHI	12%	43.52
MORAL FINO	12%	28.18
PINO	12%	19.77
SEIQUE	12%	19.07
YUMBINGUE	12%	34.28

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Mecanismos de falla**








Tabla 87. Fallas producidas en probetas de flexión estática

ESPECIE	TIPO DE SECADO	PROBETA	Tensión transversal	Tensión astillada	Tensión abrupta	
ABÍO	Humedad natural	1		x		
		2		x		
		3		x		
	Secado al horno	1		x		
		2		x		
		3		x		
CIPRÉS	Humedad natural	1	x			
		2	x			
		3	x			
	Secado al horno	1			x	
		2			x	
		3			x	
COLORADO	Humedad natural	1		x		
		2		x		
		3		x		
	Secado al horno	1	x			
		2	x			
		3	x			
EUCALIPTO	Humedad natural	1		x		
		2		x		
		3		x		
	Secado al horno	1	x			
		2	x			
		3	x			
INTACHI	Humedad natural	1	x			
		2	x			
		3	x			
	Secado al horno	1			x	
		2			x	
		3			x	
MORAL FINO	Humedad natural	1	x			
		2	x			
		3	x			
	Secado al horno	1			x	
		2			x	
		3			x	
PINO	Humedad natural	1		x		
		2		x		
		3		x		
	Secado al horno	1				x
		2				x
		3				x
SEIQUE	Humedad natural	1		x		
		2		x		
		3		x		
	Secado al horno	1	x			
		2	x			
		3	x			
YUMBINGUE	Humedad natural	1	x			
		2	x			
		3	x			
	Secado al horno	1			x	
		2			x	
		3			x	

Elaborado por: Estefanía Cruz

Bajo cargas de flexión estática, las fallas que se presentaron en las muestras ensayadas fueron de tensión transversal, tensión astillada y tensión abrupta.

Tabla 88. Fallas producidas por flexión estática

ABÍO	CIPRÉS
	
Tensión astillada	Tensión transversal
COLORADO	EUCALIPTO
	
Tensión transversal	Tensión astillada
INTACHI	MORAL FINO
	
Tensión astillada	Tensión astillada
PINO	SEIQUE
	
Tensión abrupta	Tensión transversal
YUMBINGUE	
	
Tensión transversal	

Elaborado por: Estefanía Cruz

3.1.2.4 Resistencia a Tracción paralela

Tabla 89. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en humedad

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	15.83	78.96	3.15E-02	78.96	3.15E-02
CIPRES	13.13	48.33	4.28E-02	48.33	4.28E-02
COLORADO	15.30	65.74	4.51E-02	65.74	4.51E-02
EUCALIPTO	16.25	71.91	4.61E-02	71.91	4.61E-02
INTACHI	18.47	62.06	4.91E-02	62.06	4.91E-02
MORAL FINO	13.12	64.00	3.73E-02	64.00	3.73E-02
PINO	13.90	53.09	3.93E-02	53.09	3.93E-02
SEIQUE	14.30	29.52	2.49E-02	29.52	2.49E-02
YUMBINGUE	17.54	88.12	2.93E-02	88.12	2.93E-02

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 90. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas en estado

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	2.07	116.49	4.14E-02	116.49	4.14E-02
CIPRES	1.73	61.35	4.88E-02	61.35	4.88E-02
COLORADO	1.80	101.02	5.12E-02	101.02	5.12E-02
EUCALIPTO	2.62	100.68	4.30E-02	100.68	4.30E-02
INTACHI	1.30	103.04	6.64E-02	103.04	6.64E-02
MORAL FINO	1.24	88.07	4.70E-02	88.07	4.70E-02
PINO	1.35	80.42	5.89E-02	80.42	5.89E-02
SEIQUE	2.39	45.28	3.58E-02	45.28	3.58E-02
YUMBINGUE	1.50	146.05	3.69E-02	146.05	3.69E-02

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 91. Resistencia máxima y esfuerzo en el límite proporcional en probetas al 12% de

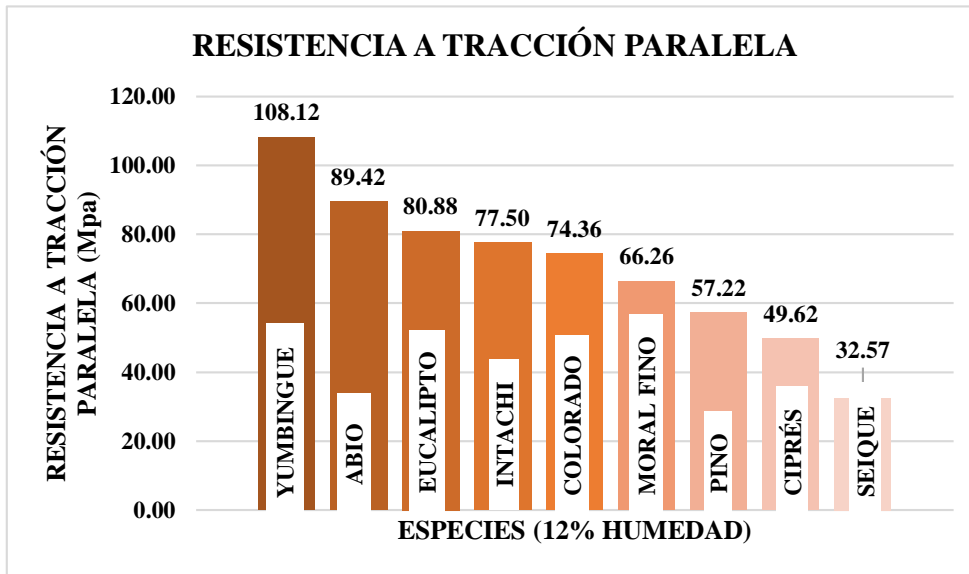
PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA					
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]
ABÍO	12	89.42	3.42E-02	89.42	3.42E-02
CIPRES	12	49.62	4.34E-02	49.62	4.34E-02
COLORADO	12	74.36	4.66E-02	74.36	4.66E-02
EUCALIPTO	12	80.88	4.52E-02	80.88	4.52E-02
INTACHI	12	77.50	5.56E-02	77.50	5.56E-02
MORAL FINO	12	66.26	3.82E-02	66.26	3.82E-02
PINO	12	57.22	4.23E-02	57.22	4.23E-02
SEIQUE	12	32.57	2.70E-02	32.57	2.70E-02
YUMBINGUE	12	108.12	3.19E-02	108.12	3.19E-02

Elaborado por: Estefanía Cruz

Bajo tensiones aplicadas en dirección paralela a la fibra, las especies más resistentes a un 12% de humedad son el Yumbingue, Abío, Eucalipto, Intachi y Colorado, mientras que el Moral fino, Pino, Ciprés y Seique presentan resistencias más bajas para este contenido de humedad.

Como se podrá notar en las tablas 87, 88 y 89, el valor de la resistencia a tracción paralela es el mismo que el valor del esfuerzo en el límite proporcional, este comportamiento nos indica que cuando la madera se somete a esfuerzos de tracción paralela a sus fibras, se produce la rotura al llegar al límite proporcional, sin que exista un rango de plasticidad, es decir la madera tiene capacidad de deformarse solo elásticamente, a diferencia del comportamiento de la madera frente a esfuerzos de compresión y flexión.

Tabla 92. Resistencia a tracción paralela al 12% de humedad



Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Relación resistencia – contenido de humedad**

Tal como se ha observado en las muestras anteriores, el valor de la resistencia mecánica aumenta mientras la humedad va disminuyendo. En probetas de tracción paralela no es la excepción, la resistencia a tracción paralela a las fibras es mayor en probetas con menor contenido de humedad.

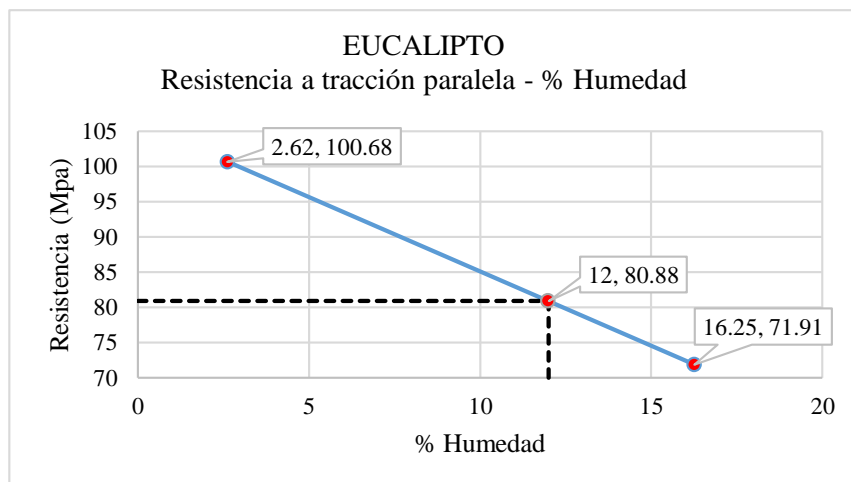


Figura 58. Comportamiento Resistencia a tracción paralela – Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

La figura 55 muestra el comportamiento de la resistencia mecánica promedio de madera de Eucalipto con respecto a su contenido de humedad.

A una humedad del 16.25% tiene una resistencia a tracción paralela promedio de 71.91 Mpa, luego de que la humedad descendió a un 2.62%, las muestras adquirieron una resistencia promedio de 100.68 Mpa. A un contenido del 12% de humedad el Eucalipto tiene una resistencia promedio a tracción de 80.88 Mpa.

Tabla 93. Módulo de Elasticidad a tracción paralela en humedad natural

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	15.83	2540
CIPRES	13.13	1130
COLORADO	15.30	1460
EUCALIPTO	16.25	1562
INTACHI	18.47	1309
MORAL FINO	13.12	1742
PINO	13.90	1357
SEIQUE	14.30	1191
YUMBINGUE	17.54	2995

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 94. Módulo de Elasticidad a tracción paralela en estado seco al horno

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	2.07	2834
CIPRES	1.73	1258
COLORADO	1.80	1983
EUCALIPTO	2.62	2375
INTACHI	1.30	1621
MORAL FINO	1.24	1909
PINO	1.35	1415
SEIQUE	2.39	1256
YUMBINGUE	1.50	3960

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 95. Módulo de Elasticidad a tracción paralela al 12% de humedad

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	12	2622
CIPRES	12	1143
COLORADO	12	1588
EUCALIPTO	12	1816
INTACHI	12	1426
MORAL FINO	12	1758
PINO	12	1366
SEIQUE	12	1203
YUMBINGUE	12	3329

Elaborado por: Estefanía Cruz

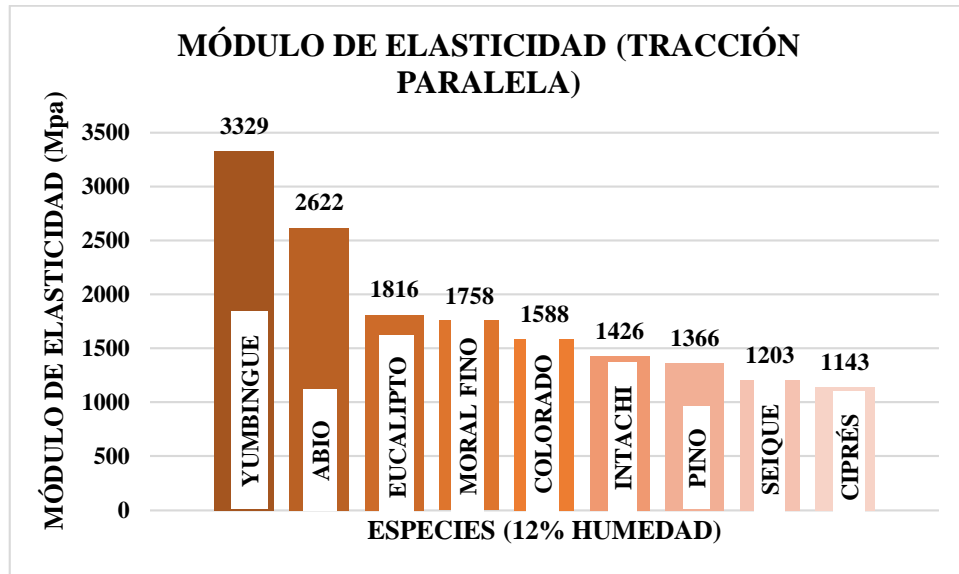


Figura 59. Módulo de Elasticidad a tracción paralela al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

El Yumbingue, Abío, Eucalipto y Moral presentan la mayor rigidez, adquiriendo los valores más altos de módulo de elasticidad frente a tensiones paralelas a la fibra, el Pino, Seique y Ciprés tienen un comportamiento más flexible bajo este tipo de tensiones puesto que disponen de los módulos de elasticidad más bajo entre las especies estudiadas.

- **Relación Módulo de Elasticidad – Contenido de humedad**

Tal como ocurre con la resistencia máxima a tracción, el módulo de elasticidad promedio aumentan mientras más bajo es el contenido de humedad.

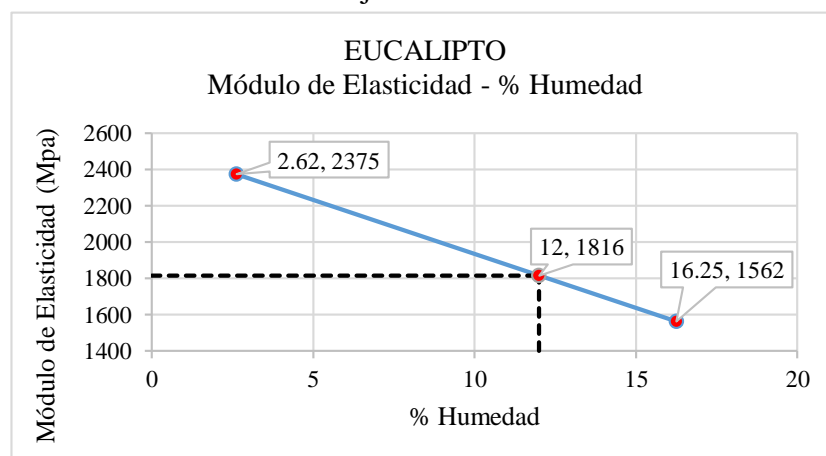


Figura 60. Comportamiento Módulo de Elasticidad – Contenido de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

En la figura 57, se observa como el módulo de elasticidad promedio del Eucalipto pasa de ser 1562 Mpa en una humedad promedio del 16.25% a ser 2375 Mpa a una humedad del 2.62%. A una humedad del 12% la rigidez promedio del Eucalipto es de 1816 Mpa.

Tabla 96. Esfuerzos admisibles en probetas en humedad natural

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	15.83	37.60
CIPRES	13.13	23.02
COLORADO	15.30	31.31
EUCALIPTO	16.25	34.24
INTACHI	18.47	29.55
MORAL FINO	13.12	30.48
PINO	13.90	25.28
SEIQUE	14.30	14.06
YUMBINGUE	17.54	41.96

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 97. Esfuerzos admisibles en probetas en estado seco al horno

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	2.07	55.47
CIPRES	1.73	29.21
COLORADO	1.80	48.11
EUCALIPTO	2.62	47.94
INTACHI	1.30	49.07
MORAL FINO	1.24	41.94
PINO	1.35	38.29
SEIQUE	2.39	21.56
YUMBINGUE	1.50	69.55

Elaborado por: Estefanía Cruz

Tabla 98. Esfuerzos admisibles en probetas al 12% de humedad

PROBETAS DE TRACCIÓN PARALELA		
ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]
ABÍO	12	42.58
CIPRES	12	23.63
COLORADO	12	35.41
EUCALIPTO	12	38.51
INTACHI	12	36.90
MORAL FINO	12	31.55
PINO	12	27.25
SEIQUE	12	15.51
YUMBINGUE	12	51.49

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Mecanismos de falla**










Tabla 99. Fallas producidas en probetas de tracción paralela

ESPECIE	TIPO DE SECADO	PROBETA	Tensión por cortes limpios	Combinación de tensión y corte	Tensión cortante	Tensión frágil	
ABÍO	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1			x		
		2			x		
		3			x		
CIPRÉS	Humedad natural	1			x		
		2			x		
		3			x		
	Secado al horno	1			x		
		2			x		
		3			x		
COLORADO	Humedad natural	1				x	
		2				x	
		3					x
	Secado al horno	1	x				
		2	x				
		3	x				
EUCALIPTO	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1			x		
		2			x		
		3			x		
INTACHI	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1				x	
		2				x	
		3				x	
MORAL FINO	Humedad natural	1					
		2			x		
		3			x		
	Secado al horno	1			x	x	
		2				x	
		3				x	
PINO	Humedad natural	1				x	
		2				x	
		3					x
	Secado al horno	1			x		
		2			x		
		3			x		
SEIQUE	Humedad natural	1				x	
		2				x	
		3					x
	Secado al horno	1					x
		2					x
		3					x
YUMBINGUE	Humedad natural	1	x				
		2	x				
		3	x				
	Secado al horno	1			x		
		2			x		
		3			x		

Elaborado por: Estefanía Cruz

En probetas sometidas a tensión paralela a sus fibras, algunas de las fallas que se produjeron son:

Tabla 100. Fallas producidas por cargas de tracción paralela a la fibra

ABÍO	CIPRÉS	COLORADO	EUCALIPTO	INTACHI
				
Combinación de tensión y corte	Combinación de tensión y corte	Tensión por cortes limpios	Combinación de tensión y corte	Tensión cortante
MORAL FINO	PINO	SEIQUE	YUMBINGUE	
				
Tensión cortante	Combinación de tensión y corte	Tensión frágil	Combinación de tensión y corte	

Elaborado por: Estefanía Cruz

- **Relación entre resistencias máximas al 12% de humedad**

Con el fin de ver la relación que existe entre las resistencias de las especies maderables al ser expuestas a las diferentes sollicitaciones mecánicas, se observa en la siguiente tabla un resumen de cada especie al 12% de humedad.

Tabla 101. Resistencias Máximas al 12% de humedad

	COMPRESIÓN PARALELA	COMPRESIÓN PERPENDICULAR	FLEXIÓN ESTÁTICA	TRACCIÓN PARALELA
ESPECIE	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARALELA [Mpa]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR [Mpa]	MÓDULO DE RUPTURA [Mpa]	RESISTENCIA A TRACCIÓN PARALELA [Mpa]
ABÍO	42.12	25.97	108.22	89.42
CIPRES	35.36	8.18	45.31	49.62
COLORADO	40.75	19.67	57.24	74.36
EUCALIPTO	52.89	24.88	118.46	80.88
INTACHI	44.06	15.96	139.03	77.50
MORAL FINO	58.79	12.87	90.03	66.26
PINO	31.88	5.06	63.15	57.22
SEIQUE	48.87	7.87	60.92	32.57
YUMBINGUE	75.73	33.43	109.50	108.12

Elaborado por: Estefanía Cruz

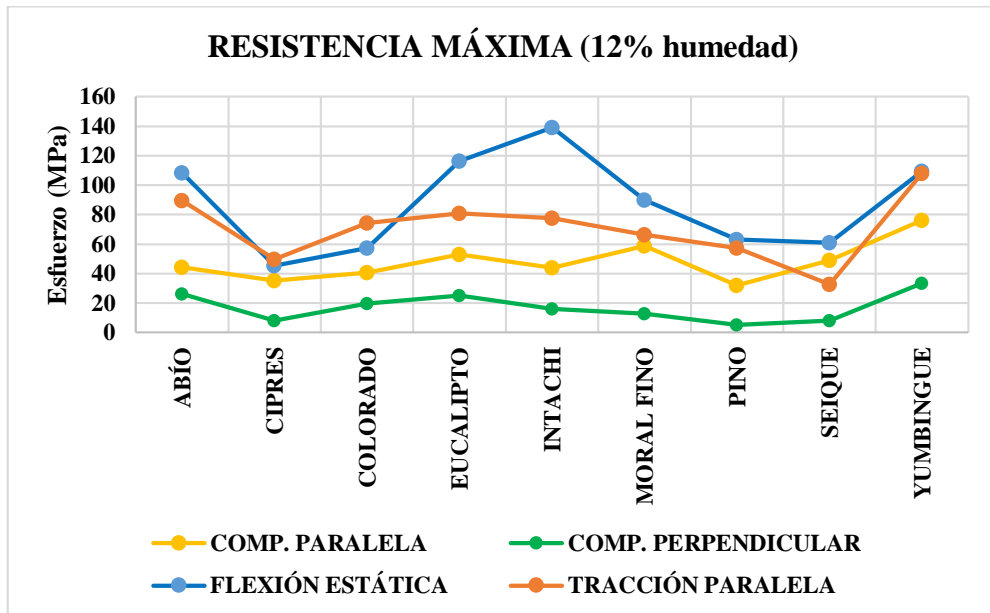


Figura 61. Resistencias Máximas al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

La figura 58 permite observar que, de manera general la resistencia más alta que ofrecen las especies en estudio es la resistencia a flexión o módulo de ruptura, seguida de la resistencia a tracción paralela a las fibras, la resistencia promedio a cargas de compresión paralela se encuentra por debajo de su resistencia a tracción y finalmente la resistencia más baja que presentan, es frente a cargas de compresión perpendicular a la fibra.

- **Relación entre módulos de elasticidad al 12% de humedad**

En la tabla 100 se observa un resumen de los valores de módulo de elasticidad para el 12% de humedad. Según la figura 59 es conveniente decir que las especies estudiadas presentan mayor rigidez frente a esfuerzos de flexión estática, seguida de compresión paralela a la fibra, mientras que para esfuerzos de tracción paralela a la fibra y compresión perpendicular a la fibra las especies presentan un comportamiento menos rígido.

Tabla 102. Módulos de Elasticidad al 12% de humedad

	COMPRESIÓN PARALELA	COMPRESIÓN PERPENDICULAR	FLEXIÓN ESTÁTICA	TRACCIÓN PARALELA
ESPECIE	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	7355	471	11247	2622
CIPRES	4775	171	5055	1143
COLORADO	7398	357	7750	1588
EUCALIPTO	11235	421	11384	1816
INTACHI	3677	324	12496	1426
MORAL FINO	9496	307	9526	1758
PINO	4941	235	6740	1366
SEIQUE	8810	156	6444	1203
YUMBINGUE	14505	643	12852	3329

Elaborado por: Estefanía Cruz

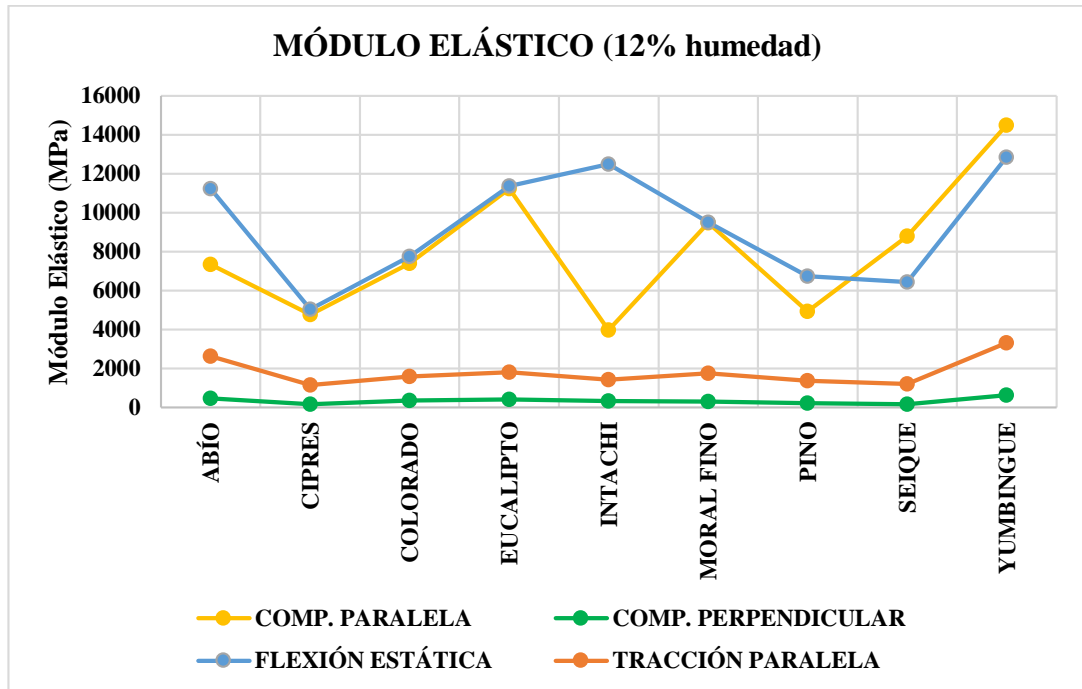


Figura 62. Módulos de Elasticidad al 12% de humedad

Elaborado por: Estefanía Cruz

3.1.3 Diseño y presupuesto de una vivienda tipo interés social

Con la finalidad de demostrar la factibilidad de la construcción de una vivienda de interés social con estructura de madera, se ha realizado un presupuesto de una vivienda cuya materia prima es Madera de Eucalipto.

Tabla 103. Presupuesto vivienda de interés social

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	REPLANTEO DE VIVIENDA	u	1	\$ 105.90	\$ 105.90
2	LIMPIEZA DE SUPERFICIE	m2	70	\$ 0.44	\$ 30.80
3	EXCAVACION A MANO CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	25.35	\$ 25.63	\$ 649.72
4	REPLANTILLO DE H.S 140 Kg/CM2, e=5cm	m3	0.65	\$ 143.42	\$ 93.22
5	ACERO DE REFUERZO	kg	407.19	\$ 1.96	\$ 798.09
6	HORMIGON PREMEZCLADO F' C = 210 KG/CM2. EQUIPO: VIBRADOR, BOMBA, SIN ENCOFRADO	m3	34	\$ 228.41	\$ 7,765.94
7	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150X 3.5MM	m2	69	\$ 12.69	\$ 875.61
8	COLUMNAS DE 16X16 incluye instalación	m	36.65	\$ 15.21	\$ 557.45
9	VIGAS DE MADERA 7X10 incluye instalación	m	51.2	\$ 8.80	\$ 450.56
10	VIGAS DE MADERA 8X16	m	30.55	\$ 11.28	\$ 344.60
11	CUBIERTA ECUATEJA	m2	78	\$ 21.97	\$ 1,713.66
12	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	m2	132.72	\$ 18.84	\$ 2,500.45
13	VENTANA ALUMINIO ESTANDAR Y VIDRIO e = 4mm	m2	8.16	\$ 49.26	\$ 401.96
14	PUERTAS INTERIORO DE 0.8 X2.1m CON CERRADURA	u	6	\$ 236.91	\$ 1,421.46
15	INSTALACIONES ELÉCTRICA	global	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
16	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	global	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
				Total USD \$	\$ 19,709.42

Elaborado por: Estefanía Cruz

Actualmente el precio de las viviendas de interés social con bono del Estado que ofrece el MIDUVI está en \$24.463,00

Tabla 104. Comparación de costos de viviendas de interés social

VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE MADERA DE EUCALIPTO	VIVIENDA CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	DIFERENCIA
\$ 19,709.42	\$ 24,463.00	\$ 4,753.58

Elaborado por: Estefanía Cruz

El análisis de precios unitarios en base a los que se realizó el presupuesto se pueden observar en el anexo 3.

Los planos arquitectónicos y estructurales de la vivienda se encuentran en el anexo 4.

3.2 Verificación de la hipótesis

Luego de haber realizado los ensayos mecánicos correspondientes en las especies maderables a diferentes contenidos de humedad, se demostró que tanto sus propiedades resistentes ante cargas de compresión, flexión y tracción, así como su densidad y módulo de elasticidad varían según el contenido de humedad de la madera.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Entre las especies de madera estructural típica ecuatoriana de mayor comercialización en la ciudad de Ambato están el Abío, Ciprés, Colorado, Eucalipto, Intachi, Moral Fino, Pino, Seique y Yumbingue.
- El contenido de humedad natural promedio hallado en las muestras de madera, varía según la especie, en Abío 15.83 - 25.09%, Ciprés 13.13 – 17.68%, Colorado 15.30 – 20.20%, Eucalipto 16.25 – 38.23%, Intachi 18.05 – 18.90%, Moral Fino 12.45 – 14.51%, Pino 13.90 – 19.34%, Seique 14.30 – 21.90% y Yumbingue 15.56 – 19.07%.
- El contenido de humedad promedio hallado en muestras secadas al horno, varía según la especie, en Abío 0.29 - 2.61%, Ciprés 0.51 - 2.35%, Colorado 1.35 - 2.66%, Eucalipto 0.96 – 5.73%, Intachi 1.30 – 1.50%, Moral Fino 0.22 - 1.30%, Pino 0.45 – 1.55%, Seique 0.54 – 2.85% y Yumbingue 0.76 – 2.66%.
- La densidad promedio obtenida en las muestras de madera al 12% de humedad es de Abío 0.751 gr/cm³, Ciprés 0.500 gr/cm³, Colorado 0.653 gr/cm³, Eucalipto 0.822 gr/cm³, Intachi 0.750 gr/cm³, Moral Fino 0.650 gr/cm³, Pino 0.455 gr/cm³, Seique 0.589 gr/cm³ y Yumbingue 1.003 gr/cm³; catalogándose como maderas duras el Yumbingue, Eucalipto, Abío e Intachi, como maderas semiduras el Colorado, Moral Fino y Seique y como maderas suaves el Ciprés y el Pino.
- La resistencia promedio a compresión paralela a las fibras al 12% de humedad es de Abío 42.12 Mpa, Ciprés 35.36 Mpa, Colorado 40.75 Mpa, Eucalipto 52.89 Mpa, Intachi 44.06 Mpa, Moral Fino 58.79 Mpa, Pino 31.88 Mpa, Seique 48.87 Mpa y Yumbingue 75.73 Mpa.
- La resistencia promedio a compresión perpendicular a las fibras al 12% de humedad es de Abío 25.97 Mpa, Ciprés 8.18 Mpa, Colorado 19.67 Mpa,

Eucalipto 24.88 Mpa, Intachi 15.96 Mpa, Moral Fino 12.87 Mpa, Pino 5.06 Mpa, Seique 7.87 Mpa y Yumbingue 33.43 Mpa.

- La resistencia promedio a flexión al 12% de humedad es de Abío 108.22 Mpa, Ciprés 45.31 Mpa, Colorado 57.24 Mpa, Eucalipto 118.46 Mpa, Intachi 139.03 Mpa, Moral Fino 90.03 Mpa, Pino 63.15 Mpa, Seique 60.92 Mpa y Yumbingue 109.50 Mpa.
- La resistencia promedio a tracción paralela a las fibras al 12% de humedad es de Abío 89.42 Mpa, Ciprés 49.62 Mpa, Colorado 74.36 Mpa, Eucalipto 80.88 Mpa, Intachi 77.50 Mpa, Moral Fino 66.26 Mpa, Pino 57.22 Mpa, Seique 32.57 Mpa y Yumbingue 108.12 Mpa.
- El Módulo de Elasticidad promedio a compresión paralela a la fibra al 12% de humedad es de Abío 7355 Mpa, Ciprés 4775 Mpa, Colorado 7398 Mpa, Eucalipto 11235 Mpa, Intachi 3677 Mpa, Moral Fino 9496 Mpa, Pino 4941 Mpa, Seique 8810 Mpa, Yumbingue 14505Mpa.
- El Módulo de Elasticidad promedio a compresión perpendicular a la fibra al 12% de humedad es de Abío 471 Mpa, Ciprés 171 Mpa, Colorado 357 Mpa, Eucalipto 421 Mpa, Intachi 324 Mpa, Moral Fino 307 Mpa, Pino 235 Mpa, Seique 156 Mpa y Yumbingue 643 Mpa.
- El Módulo de Elasticidad a compresión perpendicular es apenas el 6.41% del Módulo de Elasticidad a compresión paralela para el Abío, el 3.58% para Ciprés, 4.83% para Colorado, 3.75% para Eucalipto, 8.82% para Intachi, 3.24% para Moral Fino, 4.76% para Pino, 1.77% para Seique y 4.43% para Yumbingue.
- El Módulo de Elasticidad promedio a flexión al 12% de humedad es de Abío 11247 Mpa, Ciprés 5055 Mpa, Colorado 7750 Mpa, Eucalipto 11384 Mpa, Intachi 12496 Mpa, Moral Fino 9526 Mpa, Pino 6740 Mpa, Seique 6444 Mpa y Yumbingue 12852 Mpa.

- El Módulo de Elasticidad promedio a tracción paralela a la fibra al 12% de humedad es de Abío 2622 Mpa, Ciprés 1143 Mpa, Colorado 1588 Mpa, Eucalipto 1816 Mpa, Intachi 1426 Mpa, Moral Fino 1758 Mpa, Pino 1366 Mpa, Seique 1203 Mpa y Yumbingue 3329 Mpa.
- A medida que la humedad aumente, las propiedades resistentes de la madera frente a cargas de compresión paralela a las fibras, compresión perpendicular a las fibras, flexión estática y tracción paralela a las fibras, disminuyen hasta cuando la madera alcanza una humedad igual al punto de saturación de sus fibras.
- Cuando el contenido de humedad disminuye, la madera aumenta su rigidez. Para todas las especies estudiadas, su módulo de elasticidad es mayor en muestras secadas al horno que en muestras en humedad natural que son las que poseen mayor contenido de humedad. La variación de la rigidez del material llegará hasta cuando la madera alcance el punto de saturación de las fibras.
- Las especies que presentaron las mejores resistencias mecánicas y módulos de elasticidad fueron el Yumbingue (Oriente), Eucalipto (Sierra), Abío (Oriente), Intachi (Oriente) y Moral Fino (Oriente).
- La construcción de una vivienda de interés social con estructura de madera de Eucalipto es factible por dar beneficios como aislamiento térmico y bajo consumo energético.

4.2 Recomendaciones

- Las especies de Seique, Ciprés y Pino que resultaron ser las maderas más livianas, se recomienda utilizarse como maderas de recubrimiento, en pisos, madera para mueblería, para tableros contrachapados, puertas, ventanas y cielos rasos.

- Las especies de Yumbingue, Moral Fino y Eucalipto que son las especies que mayor resistencia a compresión paralela presentaron, se las recomienda utilizarse en columnas o pilotes.
- El Yumbingue, Abío y Eucalipto se recomienda utilizarse también en elementos como vigas y soleras ya que tienen la más alta resistencia a compresión perpendicular.
- Intachi, Eucalipto y Yumbingue y Abío al ser las especies que mejor comportamiento tienen a flexión y tracción se recomienda utilizar estas especies maderables en elementos como columnas y vigas.
- El proceso de fabricación de los especímenes deberá ser minuciosamente controlado, verificando que no tengan ningún tipo de defecto por aserrado o por cualquier otro motivo, que pueda afectar la calidad visual y mecánica de la muestra, además cerciorarse que las muestras vengan de una misma pieza de madera para que exista homogeneidad en el cálculo de sus propiedades físico mecánicas.
- Para una obtención de resultados más precisa, las muestras de las que se determinarán sus propiedades físico-mecánicas deberán permanecer en el sitio donde serán ensayadas por un tiempo mínimo de 24 horas para que las muestras adquieran un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente.
- Al momento de efectuar los ensayos, verificar que la máquina esté debidamente calibrada, utilizar los bloques de carga adecuados según el tamaño y forma de la muestra que se vaya a analizar y además ajustar las muestras con la precarga adecuada para evitar que los resultados proporcionados por el programa de las máquinas de ensayos contengan información adicional irrelevante.
- Al momento de registrar los pesos secos de las muestras maderables, se recomienda que al sacarlas del horno se dejen enfriar lo suficiente hasta cuando su peso se mantenga constante.

- Se recomienda que los depósitos de madera contengan información acerca de las propiedades físico-mecánicas de las maderas que comercializan con la finalidad de que los consumidores puedan hacer la mejor selección según sea el uso que se necesite.
- Tomar en consideración que el aprovechamiento de las especies forestales debe hacerse siempre con un manejo sustentable de los bosques y plantaciones, cuidando de que las especies puedan degradarse o extinguirse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. Lameiro and I. Javier, “ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICA DE LA MADERA DE ROBLE GALLEGO,” pp. 1–8.
- [2] J. Sotomayor and M. Ramírez, “Anisotropía del módulo de elasticidad y de resistencia en compresión de la madera de *Pinus michoacana*, *Pinus douglasiana* y *Pinus pringlei*,” *Acta Univ.*, vol. 24, no. 5, pp. 3–12, 2014.
- [3] C. N. Villacís Núñez, G. Moncayo, C. Narváez Muñoz, and J. G. Melo, “Caracterización de las propiedades mecánicas de la madera de balsa (*Ochroma Pyramidale*) Ecuatoriana,” *Congr. Cienc. y Tecnol. ESPE*, vol. 13, no. 1, pp. 61–64, 2018, doi: 10.24133/cctespe.v13i1.788.
- [4] S. R. Dávalos, “Diseño probabilístico de estructuras de madera en Norteamérica,” *Madera y bosques*, vol. 2, no. 1, pp. 9–31, 1996.
- [5] E. T. Miret, *Razón y ser de los Tipos Estructurales*. .
- [6] B. Edwards and P. Hyeet, *Guía Básica de la sostenibilidad*. .
- [7] O. Velasco, F. Val Hernández, Y. Varela de la Cruz, and J. Cabrero, “Construir con madera.” <https://issuu.com/catedramadera/docs/construir-con-madera>.
- [8] A. Gutiérrez Oliva, “La madera en la construcción. Economía, eficiencia y diseño,” *Inf. la Construcción*, vol. 35, no. 358, pp. 5–28, 1984, doi: 10.3989/ic.1984.v35.i358.1930.
- [9] M. CAMICON, *NEC-SE-MD Estructuras de madera*, no. 84. 2013.
- [10] Instituto Nacional de Estadística y Censos, “Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), noviembre 2021,” 2021.
- [11] M. Romero, Marco; Velastegui, Diego; Robles, “Descripción de las Cadenas Productivas de Madera en el Ecuador,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., pp. 2013–2015, 2021.
- [12] Á. Salvador, “Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021,” *Insula*, vol. 723, pp. 9–12, 2006, doi: 10.2307/j.ctv4w3tkp.17.

- [13] M. V. Alava, “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS MADERAS, GUAYACÁN TRÉBOL, QUIEBRA FILO, CHANUNL, PINO PATULA. SANDE, Y SU RELACIÓN CON LA DENSIDAD BÁSICA.,” 2014.
- [14] A. Valera Royo, “ESTUDIO HISTÓRICO-CONSTRUCTIVO DEL ARTESONADO MUDÉJAR. INTERVENCIÓN PARA SU CONSTRUCCIÓN.”
- [15] (JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA), “MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO.” .
- [16] J. Rodríguez, “Higroscopicidad.” <https://labmaderaseucd.wixsite.com/2015/higroscopicidad>.
- [17] (Instituto Ecuatoriano de Normalización), “NTE INEN 1161 Madera. Acondicionamiento para ensayos tenológicos.pdf.” .
- [18] M. González, “La Construcción de Viviendas en Madera,” *Cent. Transf. Tecnológica*, pp. 13–55.
- [19] P. Espinosa, D. Proaño, L. Barrera, and E. Arpi, “Catálogo de madera estructuralímite proporcionaldf.” .
- [20] S. Spavento, Eleana; Keil, Gabriel; Monteoliva, “PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA,” 2004.
- [21] (Diccionario de Arquitectura y Construcción), “Definición de elasticidad y conceptos relacionados.” <https://www.parro.com.ar/definicion-de-elasticidad>.
- [22] N. Ríos, C. Pérez, M. Nicolás, A. González, J. Cetina, and V. Chulim, “Construcción de Estructuras de Madera.”
- [23] M. Giuliano, “Desarrollo de bases para la implementación de alternativas de construcción y reparación de puentes en caminos secundarios, ocupando materias primas ecológicas y sustentables.”
- [24] F. Quesada Molina, “La construcción con madera en la ciudad de Cuenca – Ecuador,” *Estud. sobre Arte Actual*, vol. 4, no. 4, p. 14, 2016.

- [25] (Maderame), “La Madera de Eucalipto: Características y principales usos.” <https://maderame.com/enciclopedia-madera/eucalipto/>.
- [26] M. Figueroa, “Vivienda Vernácula Región Costa/ Casa Manaba.” .
- [27] M. Vinueza, “Ficha Técnica N.4: LAUREL.” <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-4-laurel/>.
- [28] M. Vinueza, “Ficha Técnica N° 4 CHUNCHO.” p. 2, 1995, [Online]. Available: <https://ecuadorforestal.org/noticias-y-eventos/ficha-tecnica-no-9-chuncho/>.
- [29] (Centro de Arquitectura y diseño Contemporáneo ecuatoriano ARQA), “Prototipo Post-terremoto Vivienda Rural.” <https://arqa.com/arquitectura/prototipo-post-terremoto-vivienda-rural.html>.
- [30] V. Salazar, “Vivienda con estructura de madera en la ciudad de guayaquil,” p. 196, 2014.
- [31] (Ministerio de Agricultura y Ganadería), “Cobertura y uso de la tierra.” .
- [32] REALIA, “Vivienda de interés social.” <https://www.realia.es/que-es-vivienda-de-interes-social>.
- [33] M. L. Locia and S. V. Manzo, “Variación de la densidad relativa de la madera de *Pinus greggii* Engelm. del norte de México,” *Madera y Bosques*, vol. 7, no. 1, pp. 37–46, 2001.
- [34] B. Zobel and J. Van Buijtenen, *Wood Variation: Its Causes and Control*. 1989.
- [35] L. Quispe, “Caracterización dendrológica de 20 especies forestales del bosque montano húmedo en la región del Madidi,” *Atlas la Prop. Soc. y Serv. Ambient. en México.*, pp. 1–141, 2014.
- [36] A. Velín, *Comparación de la transición microestructural del duramen en *Eucalyptus globulus* y *Cupressus macrocarpa* en función de la edad y sus efectos en las propiedades físico – mecánicas de la madera*, vol. 21, no. 1. 2020.
- [37] F. Cruz, “Características de la madera de Colorado.” <https://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-p4/inia-p4-27.htm>.

- [38] C. Morejón, “Determinacion de las propiedades físicas y mecánicas de tres especies forestal: *Piptocoma discolor* (Kunth.) Pruski (pigue), *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav. (chonta) y *Pouteria glomerata* (intachi).,” *Esc. Super. politécnica chimborazo*, p. 86, 2018, [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8502/1/33T0182.pdf>.
- [39] R. Limongi, “Moral fino *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud Especie de uso múltiple del bosque seco del Ecuador.” 2012.
- [40] M. Vinueza, “Ficha Técnica No. 14 Pino.” <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-14-pino-pinus-patula/>.
- [41] F. F. P. Kollmann, E. W. Kuenzi, and A. J. Stamm, *Principles of Wood Science and Technology*. 1975.

ANEXOS

Anexo 1: Propiedades físico mecánicas de probetas individuales

CONTENIDO DE HUMEDAD													
PROBETAS EN HUMEDAD NATURAL													
		COMPRESIÓN PARALELA			COMPRESIÓN PERPENDICULAR			FLEXIÓN ESTÁTICA			TRACCIÓN PARALELA		
	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ABÍO	Peso húmedo (gr)	399.74	391.17	393.83	293.3	300.95	294.88	1758	1728	1712	171.91	172.95	169.54
	Peso seco (gr)	319.22	312.49	315.37	242.42	245.76	239.86	1475	1424	1429	145.05	151.96	147.21
	w (%)	25.22	25.18	24.88	20.99	22.46	22.94	19.19	21.35	19.8	18.52	13.81	15.17
	w (%) Promedio	25.09			22.13			20.11			15.83		
	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
CIPRÉS	Peso húmedo (gr)	240	223	230.5	177.66	218.82	226.54	966	1054	1020	108.47	110.66	112.13
	Peso seco (gr)	203.9	192.44	199.43	150.19	187.1	192.31	824	907	875	96.66	97.24	98.9
	w (%)	17.7	15.88	15.58	18.29	16.95	17.8	17.23	16.21	16.57	12.22	13.8	13.38
	w (%) Promedio	16.39			17.68			16.67			13.13		
	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
COLORADO	Peso húmedo (gr)	344.63	337.68	322.54	253.21	246.72	282.49	1317	1302	1257	149.62	151.87	153.28
	Peso seco (gr)	285.1	279.78	270.96	215.03	207.54	239.45	1082	1099	1054	130.02	132.27	132.13
	w (%)	20.88	20.69	19.04	17.76	18.88	17.97	21.72	18.47	19.26	15.07	14.82	16.01
	w (%) Promedio	20.20			18.20			19.82			15.30		
	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
EUCALIPTO	Peso húmedo (gr)	455	451	440	345.55	334.1	340.18	1759	1887	1855	173.92	171.17	173.14
	Peso seco (gr)	327.82	327.3	318.63	270.56	260.72	262.85	1330	1449	1431	149.71	147.28	148.79
	w (%)	38.8	37.79	38.09	27.72	28.15	29.42	32.26	30.23	29.63	16.17	16.22	16.37
	w (%) Promedio	38.23			28.43			30.71			16.25		
	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
INTACHI	Peso húmedo (gr)	382.07	375.22	374.84	274.52	270.47	278.47	1659	1673	1682	182.54	177.98	180.18
	Peso seco (gr)	322.46	315.22	314.51	231.36	227.63	238.67	1380	1435	1428	151.73	150.14	154.59
	w (%)	18.49	19.03	19.18	18.65	18.82	16.68	20.22	16.59	17.79	20.31	18.54	16.55
	w (%) Promedio	18.90			18.05			18.20			18.47		
	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

MORAL FINO	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	317.5	321	315	267.05	263.6	261	1268	1236	1404	132.87	134.18	131.73
	Peso seco (gr)	280.6	286.8	280.6	231.36	232.34	227.63	1115	1091	1221	117.21	116.89	118.47
	w (%)	13.2	11.9	12.3	15.43	13.45	14.66	13.72	13.29	14.99	13.36	14.79	11.19
	w (%) Promedio	12.47			14.51			14.00			13.11		
PINO	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	236	229.5	240	167.34	173.27	170.86	959	960	1013	99.68	103.02	102.46
	Peso seco (gr)	203.38	198.65	207.95	140.17	144.6	143.81	814	816	863	87.56	90.42	89.94
	w (%)	16.04	15.53	15.41	19.38	19.83	18.81	17.81	17.65	17.38	13.84	13.93	13.92
	w (%) Promedio	15.66			19.34			17.61			13.90		
SEIQUE	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	325	316.5	291	244.8	259.6	224.37	1070	1065	1049	133.27	130.21	137.29
	Peso seco (gr)	278.61	268.61	247.91	209.85	224.12	192.58	884	866	862	115.43	114.91	120.28
	w (%)	16.65	17.83	17.38	16.65	15.83	16.51	21.04	22.98	21.69	15.46	13.31	14.14
	w (%) Promedio	17.29			16.33			21.90			14.30		
YUMBINGUE	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	488.85	490.18	490.87	404.7	398.06	405.23	2034	2104	2037	209.36	218.24	214.03
	Peso seco (gr)	425.28	419.78	423.11	338.64	334.83	341.09	1754	1829	1761	178.03	185.84	182.03
	w (%)	14.95	16.77	16.01	19.51	18.88	18.8	15.96	15.04	15.67	17.6	17.43	17.58
	w (%) Promedio	15.91			19.06			15.56			17.54		

CONTENIDO DE HUMEDAD													
PROBETAS EN SECADO AL HORNO													
		COMPRESIÓN PARALELA			COMPRESIÓN PERPENDICULAR			FLEXIÓN ESTÁTICA			TRACCIÓN PARALELA		
ABÍO	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	291.5	295.02	294.89	212.87	244.75	242.06	1414	1522	1505	144.75	143.7	146.9
	Peso seco (gr)	283.35	288.44	287.18	212.26	243.95	241.41	1395	1490	1474	141.52	140.83	144.17
	w (%)	2.88	2.28	2.68	0.29	0.33	0.27	1.36	2.15	2.1	2.28	2.04	1.89
	w (%) Promedio	2.61			0.30			1.87			2.07		
CIPRÉS	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	206.5	203	203.5	172.9	164.74	173.33	927	914	947	91.58	92.56	101.25
	Peso seco (gr)	205.47	201.69	202.73	169.89	162.51	170.58	905	891	928	89.27	91.15	100.18
	w (%)	0.5	0.65	0.38	1.77	1.37	1.61	2.43	2.58	2.05	2.59	1.55	1.07
	w (%) Promedio	0.51			1.58			2.35			1.74		
COLORADO	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	279.93	273.3	279.08	236.46	221.94	198.88	1193	1118	1133	127.19	131.48	117.34
	Peso seco (gr)	275.86	268.54	274.24	233.87	219.24	195.54	1167	1083	1105	124.48	129.11	115.74
	w (%)	1.48	1.77	1.76	1.11	1.23	1.71	2.23	3.23	2.53	2.18	1.84	1.38
	w (%) Promedio	1.67			1.35			2.66			1.80		
EUCALIPTO	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	362	367.5	365	270.31	267.06	263.77	1396	1380	1465	155.56	159.27	157.84
	Peso seco (gr)	339.86	348.99	346.41	267.66	264.71	261.19	1382	1358	1449	152.17	153.72	154.73
	w (%)	6.51	5.3	5.37	0.99	0.89	0.99	1.01	1.62	1.1	2.23	3.61	2.01
	w (%) Promedio	5.73			0.96			1.24			2.62		
INTACHI	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	313.45	314.08	319.45	236.31	234.24	242.29	1471	1415	1445	159.72	153.64	151.79
	Peso seco (gr)	308.02	310.84	315.21	233.24	229.95	239.15	1444	1396	1428	157.06	151.94	150.17
	w (%)	1.76	1.04	1.35	1.32	1.87	1.31	1.87	1.36	1.19	1.69	1.12	1.08
	w (%) Promedio	1.38			1.50			1.47			1.30		

MORAL FINO	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	290.5	286	288	229.65	231.49	225.81	1170	1069	1200	118.54	126.31	118.35
	Peso seco (gr)	288.58	284.33	286.2	229.1	230.98	225.37	1154	1055	1186	116.93	125.03	116.82
	w (%)	0.67	0.59	0.63	0.24	0.22	0.2	1.39	1.33	1.18	1.38	1.02	1.31
	w (%) Promedio	0.63			0.22			1.30			1.24		
PINO	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	218	211.5	203	141.33	147.19	141.25	853	873	833	91.94	88.47	90.15
	Peso seco (gr)	216.87	210.7	202.1	139.78	145.69	138.94	840	862	818	90.35	87.56	89.03
	w (%)	0.52	0.38	0.45	1.11	1.03	1.66	1.55	1.28	1.83	1.76	1.04	1.26
	w (%) Promedio	0.45			1.27			1.55			1.35		
SEIQUE	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	281.54	271.03	288.51	174.27	166.9	198.16	892	1013	947	119.87	126.2	114.08
	Peso seco (gr)	280.27	269.76	286.52	171.9	164.51	195.54	867	984	922	117.09	123.57	111.1
	w (%)	0.45	0.47	0.69	1.38	1.45	1.34	2.88	2.95	2.71	2.37	2.13	2.68
	w (%) Promedio	0.54			1.39			2.85			2.39		
YUMBINGUE	No. Probeta	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Peso húmedo (gr)	428.59	426.52	428.9	337.55	335.66	341.32	1723	1816	1783	203.07	205.05	199.29
	Peso seco (gr)	419.13	414.48	417.18	335.06	333.25	338.56	1705	1783	1766	199.27	202.13	197.02
	w (%)	2.26	2.9	2.81	0.74	0.72	0.82	1.06	1.85	0.96	1.91	1.44	1.15
	w (%) Promedio	2.66			0.76			1.29			1.50		

ESPECIE	HUMEDAD	N. PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm ³]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARALELA [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	HUMEDAD NATURAL	1	26.61	0.648	26.77	8.80E-03	16.38	2.31E-03	13.39	7099
		2	23.08	0.652	28.53	7.88E-03	15.45	2.10E-03	14.27	7342
		3	25.57	0.655	35.34	8.59E-03	23.93	3.69E-03	17.67	6981
		PROMEDIO	25.09	0.651	30.21	8.42E-03	18.58	2.70E-03	15.11	7140
	SECADO AL HORNO	1	2.87	0.608	48.26	1.26E-02	28.43	5.93E-03	24.13	5317
		2	2.21	0.619	60.09	1.01E-02	41.85	6.07E-03	30.04	8913
		3	2.74	0.603	43.62	9.97E-03	30	5.90E-03	21.81	8294
		PROMEDIO	2.61	0.61	50.66	1.09E-02	33.43	5.97E-03	25.33	7508
	INTERPOLAC.		12	0.627	42.12	9.85E-03	27.23	4.60E-03	21.06	7355
	CIPRÉS	HUMEDAD NATURAL	1	17.7	0.475	23.7	9.37E-03	15.45	3.88E-03	11.85
2			15.88	0.448	30.51	1.73E-02	19.49	4.73E-03	15.25	4616
3			15.58	0.455	27.62	1.48E-02	15.98	3.52E-03	13.81	4536
PROMEDIO			16.39	0.459	27.28	1.38E-02	16.97	4.05E-03	13.64	4393
SECADO AL HORNO		1	0.5	0.436	54.48	1.14E-02	37.55	6.23E-03	27.24	6672
		2	0.65	0.426	57.53	1.80E-02	36.05	7.01E-03	28.76	5299
		3	0.38	0.428	57.52	1.79E-02	36.34	7.83E-03	28.76	5361
		PROMEDIO	0.51	0.43	56.51	1.58E-02	36.64	7.02E-03	28.25	5777
INTERPOLAC.		12	0.451	35.36	1.44E-02	22.41	4.87E-03	17.68	4775	
COLORADO		HUMEDAD NATURAL	1	20.88	0.682	34.73	1.69E-02	22.47	5.01E-03	17.36
	2		20.69	0.671	40.8	8.38E-03	28.63	4.48E-03	20.4	7374
	3		19.04	0.636	38.03	6.94E-03	26.79	3.41E-03	19.02	8119
	PROMEDIO		20.2	0.663	37.85	1.07E-02	25.96	4.30E-03	18.93	6771
	SECADO AL HORNO	1	1.48	0.605	35.44	6.65E-03	24.83	3.95E-03	17.72	6413
		2	1.77	0.585	52.97	9.11E-03	36.33	4.81E-03	26.49	8589
		3	1.76	0.587	44.78	5.48E-03	31.65	3.52E-03	22.39	9561
		PROMEDIO	1.67	0.592	44.4	7.08E-03	30.94	4.10E-03	22.2	8187
	INTERPOLAC.		12	0.632	40.75	9.11E-03	28.16	4.21E-03	20.37	7398
	EUCALIPTO	HUMEDAD NATURAL	1	38.8	0.873	43.54	6.94E-03	28.33	2.96E-03	21.77
2			37.79	0.876	42.36	7.90E-03	24.85	2.46E-03	21.18	10970
3			38.09	0.841	39.5	7.57E-03	25.94	2.67E-03	19.75	9730
PROMEDIO			38.23	0.863	41.8	7.47E-03	26.37	2.69E-03	20.9	10268
SECADO AL HORNO		1	6.51	0.757	56.89	6.07E-03	46.31	4.64E-03	28.44	11687
		2	5.3	0.775	55.98	5.64E-03	42.29	3.80E-03	27.99	12339
		3	5.37	0.754	53.74	6.68E-03	40.01	4.62E-03	26.87	10371
		PROMEDIO	5.73	0.762	55.54	6.13E-03	42.87	4.35E-03	27.77	11466
INTERPOLAC.		12	0.781	52.89	6.39E-03	39.69	4.03E-03	26.44	11235	

INTACHI	HUMEDAD NATURAL	1	18.49	0.742	35.69	4.20E-02	18.4	6.56E-03	17.84	2805
		2	19.03	0.726	41.13	1.96E-02	20.85	7.66E-03	20.56	2721
		3	19.18	0.722	37.03	2.00E-02	15.41	3.79E-03	18.51	4065
		PROMEDIO	18.9	0.73	37.95	2.72E-02	18.22	6.01E-03	18.97	3197
	SECADO AL HORNO	1	1.76	0.653	44.01	5.47E-03	43.98	5.27E-03	22.15	6038
		2	1.04	0.656	52.27	1.46E-02	47.22	1.16E-02	26.87	4091
		3	1.35	0.663	64.11	2.48E-02	52.19	1.68E-02	33.56	3119
		PROMEDIO	1.38	0.658	53.46	1.50E-02	47.8	1.12E-02	27.53	4416
	INTERPOLAC.	12	0.701	44.06	1.71E-02	29.87	4.08E-03	22.34	3677	
	MORAL	HUMEDAD NATURAL	1	13.15	0.619	60.93	9.29E-03	38.46	4.43E-03	30.46
2			11.94	0.632	65.85	7.76E-03	50.37	4.23E-03	32.93	9272
3			12.26	0.621	47.88	6.51E-03	28.45	2.86E-03	23.94	9935
PROMEDIO			12.45	0.624	58.22	7.85E-03	39.09	3.84E-03	29.11	9461
SECADO AL HORNO		1	0.67	0.594	72.79	9.35E-03	58.68	7.23E-03	36.39	9412
		2	0.59	0.584	68.53	7.77E-03	59.66	6.52E-03	34.26	9989
		3	0.63	0.595	78.64	8.19E-03	59.29	5.63E-03	39.32	11737
		PROMEDIO	0.63	0.591	73.32	8.44E-03	59.21	6.46E-03	36.66	10379
INTERPOLAC.		12	0.623	58.79	7.88E-03	39.86	3.94E-03	29.4	9496	
PINO		HUMEDAD NATURAL	1	16.04	0.463	26.43	1.07E-02	15.23	3.60E-03	13.22
	2		15.53	0.453	29.97	1.14E-02	15.48	3.64E-03	14.98	4452
	3		15.41	0.477	33.68	1.34E-02	19.7	3.84E-03	16.84	5135
	PROMEDIO		15.66	0.464	30.03	1.18E-02	16.8	3.69E-03	15.01	4620
	SECADO AL HORNO	1	0.52	0.441	47.9	7.85E-03	38.59	5.91E-03	23.95	6846
		2	0.38	0.431	36.18	6.18E-03	26.96	4.40E-03	18.09	6463
		3	0.45	0.415	29.14	7.46E-03	27.76	6.98E-03	14.57	4555
		PROMEDIO	0.45	0.429	37.74	7.16E-03	31.1	5.76E-03	18.87	5955
	INTERPOLAC.	12	0.456	31.88	1.07E-02	20.24	4.19E-03	15.94	4941	
	SEIQUE	HUMEDAD NATURAL	1	16.65	0.642	38.03	6.91E-03	25.03	2.88E-03	19.01
2			17.83	0.623	30.14	4.62E-03	25.74	2.77E-03	15.07	9279
3			17.38	0.576	36.81	8.79E-03	25.84	3.63E-03	18.41	6916
PROMEDIO			17.29	0.614	34.99	6.77E-03	25.54	3.09E-03	17.5	8300
SECADO AL HORNO		1	0.45	0.592	80.56	1.39E-02	55.69	5.87E-03	40.28	10024
		2	0.47	0.57	74.47	1.28E-02	46.53	5.06E-03	37.24	10123
		3	0.69	0.603	81.81	1.51E-02	56.22	6.14E-03	40.91	9599
		PROMEDIO	0.54	0.589	78.95	1.40E-02	52.81	5.69E-03	39.47	9915
INTERPOLAC.		12	0.606	48.87	9.04E-03	39.86	3.91E-03	24.43	8810	
YUMBINGUE		HUMEDAD NATURAL	1	16.11	0.94	59.6	1.12E-02	30.83	2.98E-03	29.8
	2		15.73	0.948	73.08	7.18E-03	30.17	2.23E-03	36.54	14633
	3		15.9	0.949	73.88	9.83E-03	47.44	3.81E-03	36.94	13655
	PROMEDIO		15.91	0.946	68.85	9.40E-03	36.14	3.01E-03	34.43	13186
	SECADO AL HORNO	1	2.26	0.964	76.61	8.66E-03	67.81	5.63E-03	38.3	14682
		2	2.9	0.935	113.99	1.07E-02	64.17	4.85E-03	57	16158
		3	2.81	0.935	85.89	4.68E-03	59.73	3.13E-03	42.95	22125
		PROMEDIO	2.66	0.945	92.16	8.02E-03	63.91	4.54E-03	46.08	17655
	INTERPOLAC.	12	0.946	75.73	8.99E-03	44.34	3.46E-03	37.87	14505	

ESPECIE	HUMEDAD	N. PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm ³]	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]
ABÍO	HUMEDAD NATURAL	1	20.99	0.772	20.61	3.09E-01	7.36	2.00E-02	4.60	385
		2	22.46	0.791	25.51	4.31E-01	7.02	1.89E-02	4.38	391
		3	22.94	0.772	25.76	4.50E-01	7.00	1.54E-02	4.37	456
		PROMEDIO	22.13	0.778	23.96	3.96E-01	7.12	1.81E-02	4.45	411
	SECADO AL HORNO	1	0.29	0.605	30.51	6.92E-02	20.59	1.31E-02	12.87	545
		2	0.33	0.712	27.62	5.93E-02	20.91	1.99E-02	13.07	558
		3	0.27	0.698	26.77	3.52E-02	20.17	1.92E-02	12.61	524
		PROMEDIO	0.29	0.672	28.30	5.46E-02	20.56	1.74E-02	12.85	542
	INTERPOLAC.		12.00	0.729	25.97	2.38E-01	13.35	1.78E-02	8.35	471
	CIPRÉS	HUMEDAD NATURAL	1	18.29	0.468	7.32	9.63E-02	3.51	1.11E-02	2.24
2			16.95	0.573	7.20	1.35E-01	3.58	1.02E-02	2.19	150
3			17.80	0.587	9.25	1.40E-01	4.24	1.04E-02	2.65	186
PROMEDIO			17.68	0.542	7.92	1.24E-01	3.78	1.06E-02	2.36	156
SECADO AL HORNO		1	1.77	0.47	8.65	1.39E-01	4.42	2.16E-02	2.76	205
		2	1.37	0.442	8.47	1.10E-01	4.42	2.15E-02	2.76	196
		3	1.61	0.468	8.82	1.14E-01	3.51	2.32E-02	2.19	193
		PROMEDIO	1.59	0.46	8.65	1.21E-01	4.12	2.21E-02	2.57	198
INTERPOLAC.		12.00	0.513	8.18	1.23E-01	3.90	1.46E-02	2.44	171	
COLORADO		HUMEDAD NATURAL	1	17.76	0.65	14.51	2.11E-01	11.72	3.70E-02	7.40
	2		18.88	0.626	18.90	1.97E-01	10.37	3.29E-02	8.39	309
	3		17.97	0.725	17.52	2.45E-01	9.32	3.91E-02	8.85	321
	PROMEDIO		18.20	0.667	16.98	2.18E-01	10.47	3.63E-02	8.21	319
	SECADO AL HORNO	1	1.11	0.667	24.80	3.35E-02	12.37	3.14E-02	15.52	394
		2	1.23	0.618	21.03	2.78E-02	13.42	2.97E-02	15.63	452
		3	1.71	0.56	27.06	2.27E-01	11.97	2.80E-02	16.18	427
		PROMEDIO	1.35	0.615	24.30	9.61E-02	12.59	2.97E-02	15.78	424
	INTERPOLAC.		12.00	0.648	19.67	1.73E-01	11.25	3.39E-02	11.00	357
	EUCALIPTO	HUMEDAD NATURAL	1	27.72	0.902	17.35	3.29E-01	11.46	2.62E-02	6.44
2			28.15	0.869	22.81	4.33E-01	11.82	3.86E-02	8.11	317
3			29.42	0.876	21.81	3.96E-01	11.69	3.90E-02	7.31	302
PROMEDIO			28.43	0.882	20.65	3.86E-01	11.66	3.46E-02	7.29	349
SECADO AL HORNO		1	0.99	0.746	26.77	3.52E-02	15.11	3.99E-02	9.45	379
		2	0.89	0.749	26.43	4.29E-02	17.96	3.14E-02	9.87	572
		3	0.99	0.747	29.97	4.54E-02	13.71	3.01E-02	9.07	456
		PROMEDIO	0.96	0.747	27.72	4.12E-02	15.59	3.38E-02	9.46	469
INTERPOLAC.		12.00	0.801	24.88	1.80E-01	14.01	3.41E-02	8.59	421	

INTACHI	HUMEDAD NATURAL	1	18.65	0.697	14.85	1.08E-01	9.76	3.23E-02	4.40	302
		2	18.82	0.686	13.73	1.06E-01	9.10	4.30E-02	4.19	212
		3	16.68	0.711	14.27	9.93E-02	8.27	2.96E-02	4.97	280
		PROMEDIO	18.05	0.698	14.28	1.04E-01	9.04	3.50E-02	4.52	264
	SECADO AL HORNO	1	1.32	0.645	17.45	3.89E-02	13.34	3.03E-02	8.23	434
		2	1.87	0.637	17.35	3.29E-01	13.16	2.45E-02	8.35	545
		3	1.31	0.671	21.81	3.96E-01	12.64	4.11E-02	7.92	308
		PROMEDIO	1.50	0.651	18.87	2.54E-01	13.05	3.20E-02	8.17	429
	INTERPOLAC.		12.00	0.681	15.96	1.59E-01	10.51	3.39E-02	5.85	324
	MORAL	HUMEDAD NATURAL	1	15.43	0.698	11.23	8.62E-02	7.71	4.43E-02	3.82
2			13.45	0.677	11.57	1.62E-01	7.00	4.34E-02	3.54	304
3			14.66	0.674	11.70	1.15E-01	7.82	4.57E-02	3.89	296
PROMEDIO			14.51	0.683	11.50	1.21E-01	7.51	4.45E-02	3.75	294
SECADO AL HORNO		1	0.24	0.624	20.72	6.85E-02	12.34	3.28E-02	6.81	354
		2	0.22	0.636	19.74	6.55E-02	15.49	3.11E-02	7.29	359
		3	0.20	0.617	17.45	3.89E-02	14.68	3.46E-02	7.18	402
		PROMEDIO	0.22	0.626	19.30	5.76E-02	14.17	3.28E-02	7.09	371
INTERPOLAC.		12.00	0.673	12.87	1.10E-01	8.68	4.24E-02	4.34	307	
PINO		HUMEDAD NATURAL	1	19.38	0.432	3.59	9.69E-02	1.43	6.87E-03	0.80
	2		19.83	0.446	4.02	1.10E-01	1.58	7.22E-03	0.74	219
	3		18.81	0.44	3.88	1.14E-01	1.52	6.55E-03	0.76	232
	PROMEDIO		19.34	0.439	3.83	1.07E-01	1.51	6.88E-03	0.76	220
	SECADO AL HORNO	1	1.11	0.382	7.22	1.77E-01	3.98	3.45E-02	1.91	283
		2	1.03	0.392	7.07	1.56E-01	4.83	3.81E-02	2.57	261
		3	1.66	0.382	6.31	1.06E-01	4.22	3.88E-02	2.04	225
		PROMEDIO	1.27	0.385	6.87	1.46E-01	4.34	3.71E-02	2.17	257
	INTERPOLAC.		12.00	0.417	5.06	1.23E-01	2.66	1.92E-02	1.33	235
	SEIQUE	HUMEDAD NATURAL	1	16.65	0.637	5.90	1.04E-01	3.84	3.43E-02	1.80
2			15.83	0.678	6.25	1.48E-01	3.11	2.64E-02	1.91	118
3			16.51	0.59	7.07	1.56E-01	4.52	3.60E-02	2.02	126
PROMEDIO			16.33	0.635	6.41	1.36E-01	3.82	3.22E-02	1.91	119
SECADO AL HORNO		1	1.38	0.473	12.29	5.15E-02	9.68	4.41E-02	4.73	222
		2	1.45	0.456	11.53	5.13E-02	8.86	3.51E-02	4.53	252
		3	1.34	0.54	10.56	4.55E-02	8.69	3.18E-02	4.35	269
		PROMEDIO	1.39	0.49	11.46	4.95E-02	9.08	3.70E-02	4.54	248
INTERPOLAC.		12.00	0.593	7.87	1.11E-01	5.35	3.36E-02	2.67	156	
YUMBINGUE		HUMEDAD NATURAL	1	19.51	1.065	30.63	1.94E-01	12.73	1.20E-02	6.93
	2		18.88	1.047	28.86	1.28E-01	13.51	1.26E-02	6.57	604
	3		18.80	1.056	38.06	2.27E-01	14.40	1.27E-02	6.80	607
	PROMEDIO		19.07	1.056	32.52	1.83E-01	13.55	1.25E-02	6.77	613
	SECADO AL HORNO	1	0.74	0.971	31.66	4.50E-02	26.20	2.47E-02	13.73	682
		2	0.72	0.98	35.16	3.32E-02	26.95	2.85E-02	12.91	703
		3	0.82	0.998	37.81	4.20E-02	26.05	2.67E-02	12.97	684
		PROMEDIO	0.76	0.983	34.88	4.01E-02	26.40	2.66E-02	13.20	690
	INTERPOLAC.		12.00	1.028	33.43	1.28E-01	18.51	1.79E-02	9.26	643

ESPECIE	HUMEDAD	N. PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm ³]	CARGA MÁXIMA [KN]	MÓDULO DE RUPTURA [Mpa]	DEFLEXIÓN EN CARGA MÁXIMA [mm]	CARGA EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [KN]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFLEXIÓN EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [mm]	ESFUERZO ADMISIBLE[Mpa]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]	
ABÍO	HUMEDAD NATURAL	1	19.19	0.920	12.12	103.30	23.46	6.19	52.73	7.92	32.34	11186	
		2	21.35	0.895	11.20	95.44	26.19	6.09	51.86	7.71	29.88	11301	
		3	19.80	0.890	11.27	96.00	30.19	5.00	42.59	6.90	30.05	10364	
		PROMEDIO	20.11	0.902	11.53	98.25	26.61	5.76	49.06	7.51	30.76	10950	
	SECADO AL HORNO	1	1.36	0.799	14.56	124.09	21.27	8.49	72.30	10.04	38.84	12104	
		2	2.15	0.882	12.77	108.79	19.71	7.67	65.36	9.62	34.06	11414	
		3	2.10	0.869	15.16	129.13	22.16	9.58	81.60	12.10	40.42	11332	
		PROMEDIO	1.87	0.850	14.16	120.67	21.05	8.58	73.09	10.59	37.78	11617	
	INTERPOLAC.			12.00	0.879	12.70	108.22	24.14	7.01	59.74	8.88	33.88	11247
	CIPRÉS	HUMEDAD NATURAL	1	17.23	0.512	4.93	41.98	18.09	2.78	23.72	8.22	13.14	4850
2			16.21	0.540	3.95	33.64	11.89	3.39	28.89	9.91	10.53	4898	
3			16.57	0.521	6.88	58.58	30.62	4.10	34.93	12.14	18.34	4836	
PROMEDIO			16.67	0.524	5.25	44.73	20.20	3.42	29.18	10.09	14.00	4861	
SECADO AL HORNO		1	2.43	0.506	5.21	48.22	12.51	2.92	24.84	8.62	14.90	4842	
		2	2.58	0.497	5.10	45.13	12.58	4.20	35.81	9.94	15.24	6052	
		3	2.05	0.509	6.06	51.62	15.85	6.03	51.42	15.79	15.26	5473	
		PROMEDIO	2.35	0.504	5.46	48.32	13.64	4.38	37.35	11.45	15.13	5456	
INTERPOLAC.			12.00	0.517	5.32	45.90	18.06	3.73	31.84	10.53	14.37	5055	
COLORADO		HUMEDAD NATURAL	1	21.72	0.685	5.33	45.37	11.49	4.07	34.65	7.98	14.20	7295
	2		18.47	0.671	3.49	29.70	7.58	2.61	22.22	5.50	9.30	6793	
	3		19.26	0.662	6.98	59.49	19.26	4.87	41.52	9.03	18.62	7725	
	PROMEDIO		19.82	0.673	5.26	44.85	12.78	3.85	32.80	7.50	14.04	7271	
	SECADO AL HORNO	1	2.23	0.662	10.16	86.56	15.96	8.59	73.19	13.16	27.10	9345	
		2	3.23	0.625	6.17	52.59	12.66	4.63	39.46	8.97	16.46	7390	
		3	2.53	0.623	9.03	76.93	21.88	7.80	66.47	13.57	24.08	8231	
		PROMEDIO	2.66	0.637	8.45	72.02	16.83	7.01	59.71	11.90	22.55	8322	
	INTERPOLAC.			12.00	0.657	6.71	57.23	14.63	5.29	45.06	9.51	17.92	7750
	EUCALIPTO	HUMEDAD NATURAL	1	31.46	0.994	13.11	111.66	44.24	7.34	62.51	11.03	34.95	9527
2			29.36	0.989	10.06	85.71	35.63	4.77	40.61	7.67	26.83	8897	
3			31.28	0.989	11.38	96.99	40.70	5.09	43.37	7.08	30.36	10291	
PROMEDIO			30.70	0.990	11.52	98.12	40.19	5.73	48.83	8.59	30.72	9572	
SECADO AL HORNO		1	1.31	0.865	14.70	125.24	22.99	8.38	71.43	10.65	39.20	11271	
		2	1.19	0.836	11.08	94.43	23.42	6.81	58.02	7.79	29.56	12520	
		3	1.24	0.867	20.04	170.78	34.20	11.73	99.97	12.45	53.46	13488	
		PROMEDIO	1.25	0.856	15.28	130.15	26.87	8.98	76.47	10.30	40.74	12426	
INTERPOLAC.			12.00	0.905	13.91	118.46	31.73	7.79	66.38	9.68	37.08	11384	

INTACHI	HUMEDAD NATURAL	1	20.22	0.841	13.99	119.19	22.70	7.80	66.42	8.77	37.31	12721
		2	16.59	0.839	14.38	122.54	23.93	8.17	69.64	9.76	38.36	11986
		3	17.79	0.852	15.14	129.02	27.08	6.83	58.15	7.81	40.39	12514
		PROMEDIO	18.20	0.844	14.51	123.58	24.57	7.60	64.74	8.78	38.69	12407
	SECADO AL HORNO	1	1.87	0.814	20.06	170.88	28.22	13.24	112.82	15.10	53.49	12556
		2	1.36	0.790	19.84	169.07	27.93	12.46	106.12	14.15	52.93	12600
		3	1.19	0.784	18.29	155.86	25.23	12.59	107.30	14.10	48.79	12786
PROMEDIO	1.47	0.796	19.40	165.27	27.13	12.76	108.75	14.45	51.74	12647		
INTERPOLAC.	12.00	0.826	16.32	139.03	25.52	9.51	81.05	10.88	43.53	12496		
MORAL FINO	HUMEDAD NATURAL	1	13.72	0.652	11.11	94.61	26.79	6.23	53.04	9.76	29.62	9130
		2	13.29	0.633	10.78	91.85	21.01	6.76	57.63	10.42	28.75	9292
		3	14.99	0.724	8.64	73.58	19.69	4.86	41.41	7.26	23.03	9578
		PROMEDIO	14.00	0.669	10.17	86.68	22.50	5.95	50.69	9.15	27.14	9333
	SECADO AL HORNO	1	1.39	0.625	12.13	103.32	18.34	8.42	71.74	11.33	32.34	10640
		2	1.33	0.575	12.74	108.54	26.85	7.23	61.63	10.93	33.98	9474
		3	1.18	0.653	13.15	112.01	20.14	9.66	82.32	11.98	35.06	11550
PROMEDIO	1.30	0.618	12.67	107.96	21.77	8.44	71.89	11.41	33.80	10555		
INTERPOLAC.	12.00	0.661	10.56	90.03	22.39	6.34	54.03	9.51	28.19	9525		
PINO	HUMEDAD NATURAL	1	17.81	0.488	5.79	49.34	28.90	3.17	26.99	7.12	15.44	6372
		2	17.65	0.490	5.43	46.27	26.84	2.59	22.06	6.25	14.49	5930
		3	17.38	0.504	6.36	54.21	24.70	2.77	23.57	5.61	16.97	7065
		PROMEDIO	17.61	0.494	5.86	49.94	26.81	2.84	24.21	6.32	15.63	6456
	SECADO AL HORNO	1	1.55	0.446	10.91	92.94	26.81	7.47	63.61	14.50	29.10	7370
		2	1.28	0.459	10.56	89.98	24.13	5.99	51.03	10.87	28.17	7891
		3	1.83	0.448	9.42	80.25	24.51	6.53	55.67	14.29	25.12	6546
PROMEDIO	1.55	0.451	10.30	87.72	25.15	6.66	56.77	13.22	27.46	7269		
INTERPOLAC.	12.00	0.479	7.41	63.14	26.23	4.17	35.58	8.73	19.76	6740		
SEIQUE	HUMEDAD NATURAL	1	21.04	0.555	6.31	53.78	27.98	2.39	20.40	5.86	16.84	5848
		2	22.98	0.555	5.60	47.68	22.38	3.10	26.40	7.77	14.93	5708
		3	21.69	0.546	6.39	54.45	26.28	3.02	25.69	6.55	17.05	6591
		PROMEDIO	21.90	0.552	6.10	51.97	25.55	2.84	24.16	6.73	16.27	6049
	SECADO AL HORNO	1	2.88	0.498	7.80	66.45	25.90	3.95	33.69	8.68	20.80	6525
		2	2.95	0.554	8.30	70.74	26.26	4.16	35.44	8.32	22.14	7160
		3	2.71	0.522	8.26	70.36	26.10	4.08	34.79	8.67	22.02	6739
PROMEDIO	2.85	0.525	8.12	69.18	26.08	4.07	34.64	8.56	21.66	6808		
INTERPOLAC.	12.00	0.538	7.15	60.91	25.83	3.48	29.61	7.68	19.07	6443		
YUMBINGUE	HUMEDAD NATURAL	1	15.96	1.061	12.60	107.38	20.61	7.20	61.33	8.40	33.62	12271
		2	15.04	1.093	12.37	105.41	20.04	9.64	82.13	10.42	33.00	13250
		3	15.67	1.054	12.67	107.92	17.81	9.33	79.46	10.47	33.78	12747
		PROMEDIO	15.56	1.070	12.55	106.90	19.48	8.72	74.31	9.76	33.47	12756
	SECADO AL HORNO	1	1.06	0.974	14.97	127.50	10.67	10.12	96.25	10.60	39.91	13663
		2	1.85	1.049	12.38	105.45	14.81	12.38	105.45	14.81	33.01	11962
		3	0.96	1.012	13.97	118.98	10.94	10.11	93.20	10.50	37.25	13790
PROMEDIO	1.29	1.012	13.77	117.31	12.14	10.87	98.30	11.97	36.72	13139		
INTERPOLAC.	12.00	1.056	12.85	109.50	17.65	9.26	80.29	10.31	34.28	12852		

ESPECIE	HUMEDAD	N. PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	DENSIDAD [gr/cm ³]	RESISTENCIA A TRACCIÓN PARALELA [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL [Mpa]	DEFORMACIÓN UNITARIA [mm/mm]	ESFUERZO ADMISIBLE [Mpa]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [Mpa]	
ABÍO	HUMEDAD NATURAL	1	18.52	0.757	76.72	3.62E-02	76.72	3.62E-02	36.53	2120	
		2	13.81	0.768	85.19	2.99E-02	85.19	2.99E-02	40.57	2852	
		3	15.17	0.842	74.97	2.83E-02	74.97	2.83E-02	35.7	2650	
		PROMEDIO	15.83	0.789	78.96	3.15E-02	78.96	3.15E-02	37.6	2540	
	SECADO AL HORNO	1	2.28	0.731	111.69	3.65E-02	111.69	3.65E-02	53.18	3063	
		2	2.04	0.707	119.19	4.17E-02	119.19	4.17E-02	56.76	2856	
		3	1.89	0.729	118.6	4.59E-02	118.6	4.59E-02	56.48	2582	
		PROMEDIO	2.07	0.722	116.49	4.14E-02	116.49	4.14E-02	55.47	2834	
	INTERPOLAC.			12	0.77	89.42	3.42E-02	89.42	3.42E-02	42.58	2622
	CIPRÉS	HUMEDAD NATURAL	1	12.22	0.509	48.91	4.41E-02	48.91	4.41E-02	23.29	1110
2			13.8	0.533	50.95	4.27E-02	50.95	4.27E-02	24.26	1194	
3			13.38	0.52	45.14	4.16E-02	45.14	4.16E-02	21.49	1085	
PROMEDIO			13.13	0.521	48.33	4.28E-02	48.33	4.28E-02	23.02	1130	
SECADO AL HORNO		1	2.59	0.471	58.72	4.65E-02	58.72	4.65E-02	27.96	1262	
		2	1.55	0.459	61.52	5.05E-02	61.52	5.05E-02	29.3	1218	
		3	1.07	0.506	63.79	4.93E-02	63.79	4.93E-02	30.38	1294	
		PROMEDIO	1.73	0.479	61.35	4.88E-02	61.35	4.88E-02	29.21	1258	
INTERPOLAC.			12	0.516	49.62	4.34E-02	49.62	4.34E-02	23.63	1143	
COLORADO		HUMEDAD NATURAL	1	15.07	0.705	71.47	4.73E-02	71.47	4.73E-02	34.03	1512
	2		14.82	0.686	67.08	4.29E-02	67.08	4.29E-02	31.94	1565	
	3		16.01	0.686	58.68	4.51E-02	58.68	4.51E-02	27.94	1302	
	PROMEDIO		15.3	0.692	65.74	4.51E-02	65.74	4.51E-02	31.31	1460	
	SECADO AL HORNO	1	2.18	0.634	64.75	5.28E-02	64.75	5.28E-02	45.92	1828	
		2	1.84	0.665	92.53	5.25E-02	92.53	5.25E-02	44.06	1763	
		3	1.38	0.58	114.09	4.84E-02	114.09	4.84E-02	54.33	2359	
		PROMEDIO	1.8	0.627	90.46	5.12E-02	90.46	5.12E-02	48.11	1983	
	INTERPOLAC.			12	0.676	71.78	4.66E-02	71.78	4.66E-02	35.41	1588
	EUCALIPTO	HUMEDAD NATURAL	1	16.17	0.797	78.73	4.37E-02	78.73	4.37E-02	37.49	1801
2			16.22	0.841	61.41	4.58E-02	61.41	4.58E-02	29.24	1340	
3			16.37	0.814	75.6	4.89E-02	75.6	4.89E-02	36	1546	
PROMEDIO			16.25	0.817	71.91	4.62E-02	71.91	4.62E-02	34.24	1562	
SECADO AL HORNO		1	2.23	0.721	104.17	4.36E-02	104.17	4.36E-02	49.6	2390	
		2	3.61	0.792	105.44	5.04E-02	105.44	5.04E-02	50.21	2092	
		3	2.01	0.761	92.42	3.50E-02	92.42	3.50E-02	44.01	2641	
		PROMEDIO	2.62	0.758	100.68	4.30E-02	100.68	4.30E-02	47.94	2375	
INTERPOLAC.			12	0.799	80.88	4.52E-02	80.88	4.52E-02	38.51	1816	

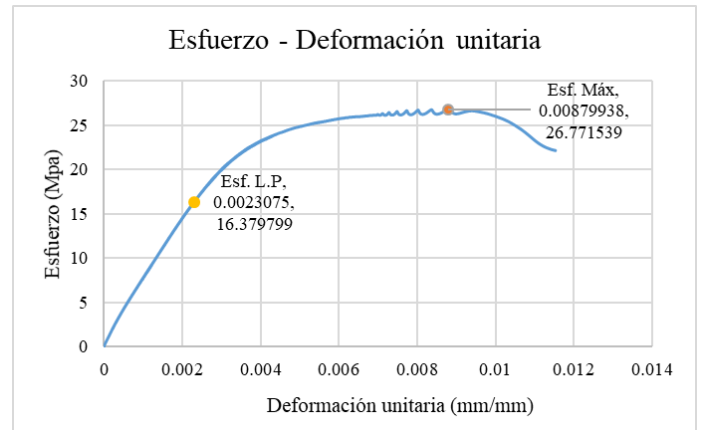
INTACHI	HUMEDAD NATURAL	1	20.31	0.841	57.99	5.77E-02	57.99	5.77E-02	27.61	1005
		2	18.54	0.814	57.27	4.92E-02	57.27	4.92E-02	27.27	1165
		3	16.55	0.817	70.92	4.04E-02	70.92	4.04E-02	33.77	1756
		PROMEDIO	18.47	0.824	62.06	4.91E-02	62.06	4.91E-02	29.55	1309
	SECADO AL HORNO	1	1.69	0.766	93.24	6.67E-02	93.24	6.67E-02	44.4	1399
		2	1.12	0.733	102.94	8.12E-02	102.94	8.12E-02	49.02	1269
		3	1.08	0.717	112.94	5.14E-02	112.94	5.14E-02	53.78	2195
PROMEDIO	1.3	0.739	103.04	6.64E-02	103.04	6.64E-02	49.07	1621		
INTERPOLAC.	12	0.792	77.5	5.56E-02	77.5	5.56E-02	36.9	1426		
MORAL FINO	HUMEDAD NATURAL	1	13.36	0.623	55.61	4.19E-02	55.61	4.19E-02	26.48	1327
		2	14.79	0.664	72.86	3.49E-02	72.86	3.49E-02	34.7	2089
		3	11.19	0.656	63.52	3.51E-02	63.52	3.51E-02	30.25	1811
		PROMEDIO	13.12	0.648	64	3.73E-02	64	3.73E-02	30.48	1742
	SECADO AL HORNO	1	1.38	0.573	82.89	4.29E-02	82.89	4.29E-02	39.47	1933
		2	1.02	0.637	93.31	4.18E-02	93.31	4.18E-02	44.43	2233
		3	1.31	0.6	88.02	5.64E-02	88.02	5.64E-02	41.91	1559
PROMEDIO	1.24	0.603	88.07	4.70E-02	88.07	4.70E-02	41.94	1909		
INTERPOLAC.	12	0.644	66.26	3.82E-02	66.26	3.82E-02	31.55	1758		
PINO	HUMEDAD NATURAL	1	13.84	0.464	52.52	4.44E-02	52.52	4.44E-02	25.01	1183
		2	13.93	0.472	60.75	3.87E-02	60.75	3.87E-02	28.93	1572
		3	13.92	0.484	45.99	3.49E-02	45.99	3.49E-02	21.9	1316
		PROMEDIO	13.9	0.473	53.09	3.93E-02	53.09	3.93E-02	25.28	1357
	SECADO AL HORNO	1	1.76	0.464	80.79	5.09E-02	80.79	5.09E-02	37.8	1561
		2	1.04	0.435	88.52	7.91E-02	88.52	7.91E-02	42.15	1119
		3	1.26	0.448	73.37	4.69E-02	73.37	4.69E-02	34.94	1565
PROMEDIO	1.35	0.449	80.89	5.89E-02	80.89	5.89E-02	38.29	1415		
INTERPOLAC.	12	0.469	57.3	4.23E-02	57.3	4.23E-02	27.25	1366		
SEIQUE	HUMEDAD NATURAL	1	15.46	0.616	28.28	2.71E-02	28.28	2.71E-02	13.46	1042
		2	13.31	0.621	29.35	2.27E-02	29.35	2.27E-02	13.98	1293
		3	14.14	0.645	30.93	2.50E-02	30.93	2.50E-02	14.73	1236
		PROMEDIO	14.3	0.627	29.52	2.50E-02	29.52	2.50E-02	14.06	1191
	SECADO AL HORNO	1	2.37	0.566	34.58	2.99E-02	34.58	2.99E-02	16.47	1158
		2	2.13	0.616	43.61	3.83E-02	43.61	3.83E-02	20.77	1140
		3	2.68	0.55	57.65	3.92E-02	57.65	3.92E-02	27.45	1469
PROMEDIO	2.39	0.578	45.28	3.58E-02	45.28	3.58E-02	21.56	1256		
INTERPOLAC.	12	0.618	32.57	2.70E-02	32.57	2.70E-02	15.51	1203		
YUMBINGUE	HUMEDAD NATURAL	1	17.6	0.968	75.73	2.76E-02	75.73	2.76E-02	36.06	2743
		2	17.43	1.02	100.97	3.10E-02	100.97	3.10E-02	48.08	3259
		3	17.58	0.976	87.67	2.94E-02	87.67	2.94E-02	41.75	2985
		PROMEDIO	17.54	0.988	88.12	2.93E-02	88.12	2.93E-02	41.96	2995
	SECADO AL HORNO	1	1.91	0.98	147.84	3.44E-02	147.84	3.44E-02	70.4	4300
		2	1.44	1.004	162.21	4.00E-02	162.21	4.00E-02	77.24	4059
		3	1.15	0.937	128.1	3.64E-02	128.1	3.64E-02	61	3522
PROMEDIO	1.5	0.973	146.05	3.69E-02	146.05	3.69E-02	69.55	3960		
INTERPOLAC.	12	0.983	108.12	3.19E-02	108.12	3.19E-02	51.49	3329		

Anexo 2: Curvas Esfuerzo-Deformación unitaria

COMPRESIÓN PARALELA

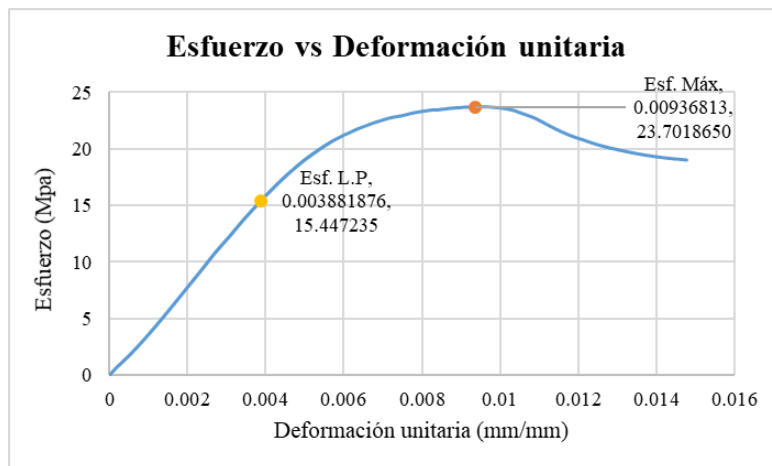
ABÍO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
2.14E-04	2.05
3.02E-04	2.76
4.01E-04	3.52
5.02E-04	4.31
6.08E-04	5.06
7.15E-04	5.81
8.23E-04	6.58
9.35E-04	7.35
1.05E-03	8.16
1.16E-03	8.92
1.27E-03	9.62
1.38E-03	10.38
1.49E-03	11.13
1.61E-03	11.93
1.72E-03	12.68
1.83E-03	13.43
1.95E-03	14.18
2.07E-03	14.94
2.19E-03	15.70
2.32E-03	16.49
2.46E-03	17.22
2.59E-03	18.00
2.74E-03	18.82
2.89E-03	19.52
3.07E-03	20.23
3.26E-03	21.03
3.48E-03	21.79
3.74E-03	22.57
4.04E-03	23.32
4.42E-03	24.03
4.93E-03	24.78
5.67E-03	25.47
7.04E-03	26.15
1.18E-02	21.99



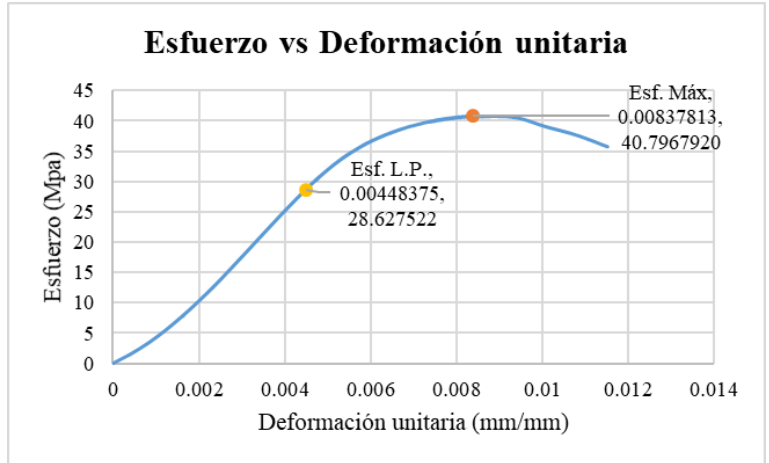
CIPRÉS

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
2.08E-04	0.83
4.24E-04	1.53
6.28E-04	2.23
8.19E-04	2.94
1.01E-03	3.68
1.19E-03	4.40
1.37E-03	5.15
1.54E-03	5.84
1.71E-03	6.59
1.88E-03	7.33
2.05E-03	8.02
2.22E-03	8.78
2.39E-03	9.48
2.56E-03	10.22
2.72E-03	10.93
2.90E-03	11.64
3.09E-03	12.37
3.27E-03	13.12
3.45E-03	13.84
3.64E-03	14.52
3.83E-03	15.26
4.03E-03	16.00
4.24E-03	16.71
4.45E-03	17.42
4.68E-03	18.13
4.94E-03	18.91
5.22E-03	19.61
5.53E-03	20.30
5.90E-03	21.04
6.35E-03	21.74
6.90E-03	22.43
7.63E-03	23.03
9.05E-03	23.66



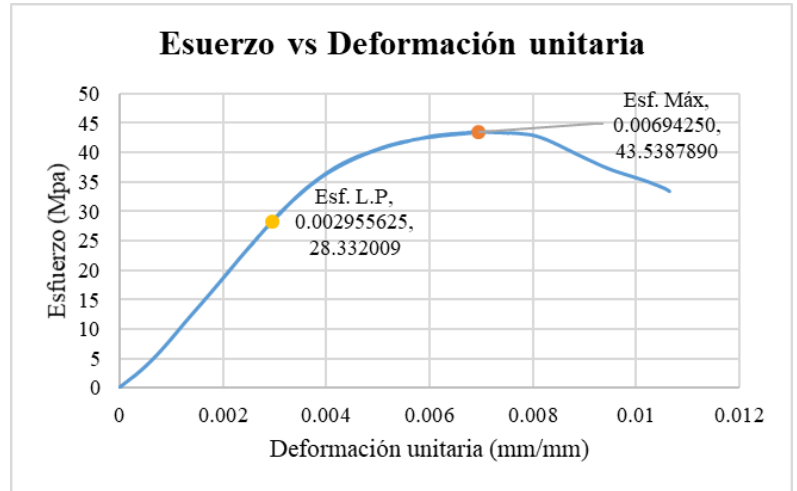
COLORADO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
3.46E-04	1.30
6.29E-04	2.49
8.94E-04	3.73
1.13E-03	4.95
1.35E-03	6.20
1.55E-03	7.41
1.74E-03	8.61
1.93E-03	9.84
2.11E-03	11.06
2.29E-03	12.28
2.46E-03	13.50
2.62E-03	14.71
2.78E-03	15.94
2.95E-03	17.18
3.11E-03	18.39
3.27E-03	19.59
3.43E-03	20.82
3.59E-03	22.04
3.75E-03	23.29
3.91E-03	24.46
4.07E-03	25.71
4.24E-03	26.92
4.41E-03	28.13
4.59E-03	29.39
4.78E-03	30.65
4.97E-03	31.81
5.19E-03	33.03
5.43E-03	34.29
5.70E-03	35.46
6.02E-03	36.68
6.41E-03	37.90
6.92E-03	39.07
7.69E-03	40.26



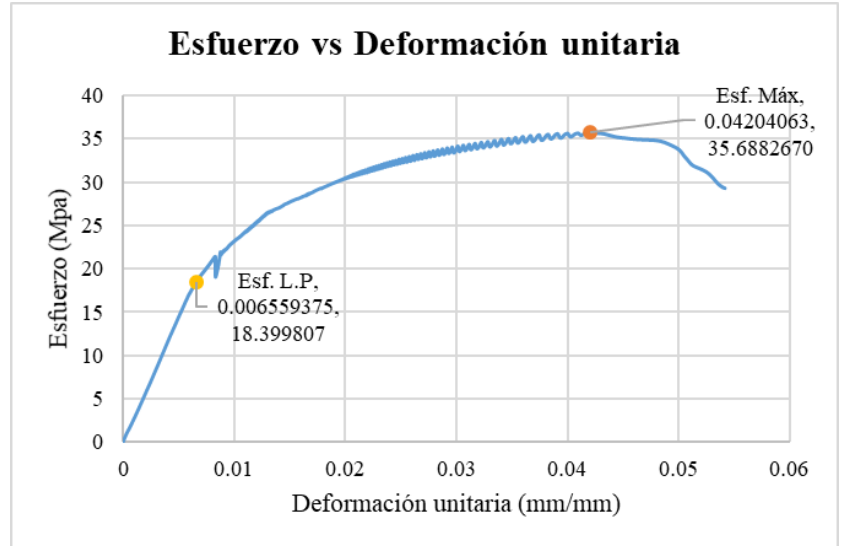
EUCALIPTO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
3.06E-04	2.23
4.75E-04	3.51
6.22E-04	4.74
7.63E-04	6.04
8.95E-04	7.32
1.02E-03	8.59
1.14E-03	9.83
1.26E-03	11.13
1.39E-03	12.40
1.52E-03	13.72
1.64E-03	14.95
1.77E-03	16.22
1.89E-03	17.51
2.01E-03	18.80
2.14E-03	20.08
2.26E-03	21.33
2.38E-03	22.59
2.50E-03	23.88
2.63E-03	25.19
2.76E-03	26.41
2.89E-03	27.65
3.02E-03	29.02
3.17E-03	30.18
3.31E-03	31.54
3.47E-03	32.78
3.64E-03	34.10
3.83E-03	35.36
4.03E-03	36.55
4.29E-03	37.90
4.59E-03	39.28
4.95E-03	40.32
5.44E-03	41.68
6.20E-03	42.94



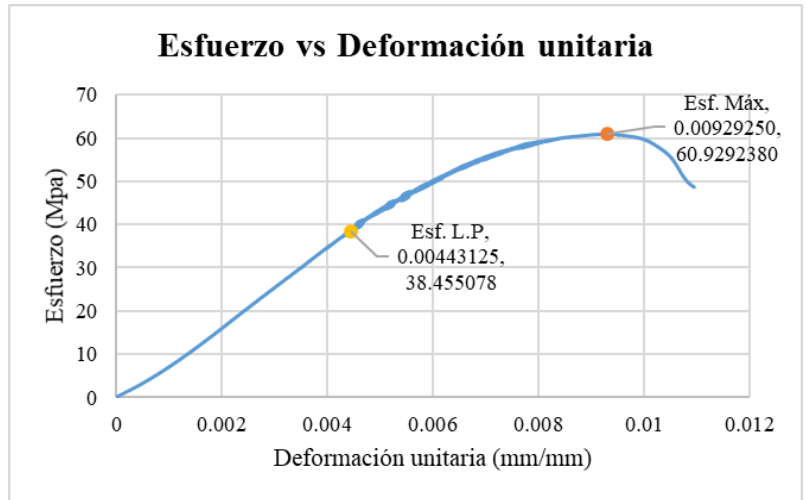
INTACHI

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
3.22E-04	1.00
7.52E-04	2.09
1.16E-03	3.19
1.53E-03	4.23
1.91E-03	5.33
2.29E-03	6.43
2.66E-03	7.49
3.03E-03	8.61
3.39E-03	9.70
3.75E-03	10.77
4.11E-03	11.86
4.48E-03	12.95
4.86E-03	14.04
5.25E-03	15.13
5.63E-03	16.23
6.03E-03	17.24
6.53E-03	18.34
7.09E-03	19.40
7.78E-03	20.52
8.77E-03	21.83
9.60E-03	22.72
1.06E-02	23.81
1.16E-02	24.87
1.26E-02	25.95
1.39E-02	26.99
1.58E-02	28.08
1.77E-02	29.25
1.97E-02	30.31
2.22E-02	31.28
2.52E-02	32.39
2.91E-02	33.65
3.45E-02	34.77
4.27E-02	35.65
5.39E-02	29.46



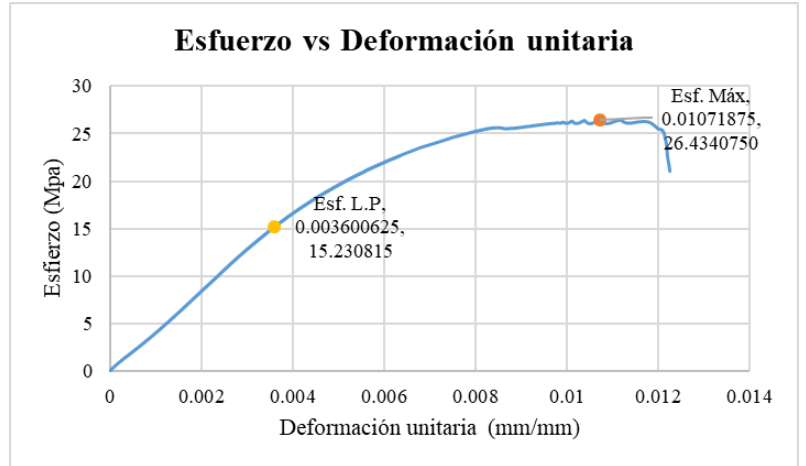
MORAL FINO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
3.81E-04	2.51
6.31E-04	4.25
8.71E-04	6.09
1.09E-03	7.85
1.30E-03	9.62
1.50E-03	11.43
1.70E-03	13.21
1.89E-03	14.99
2.08E-03	16.79
2.26E-03	18.55
2.46E-03	20.36
2.64E-03	22.16
2.84E-03	23.93
3.03E-03	25.71
3.22E-03	27.53
3.41E-03	29.30
3.61E-03	31.09
3.80E-03	32.86
3.99E-03	34.71
4.19E-03	36.45
4.39E-03	38.24
4.53E-03	39.64
4.79E-03	41.72
5.05E-03	43.91
5.30E-03	45.53
5.57E-03	47.06
5.81E-03	48.52
6.10E-03	50.39
6.42E-03	52.69
6.77E-03	54.40
7.12E-03	55.97
7.61E-03	57.84
8.25E-03	59.65



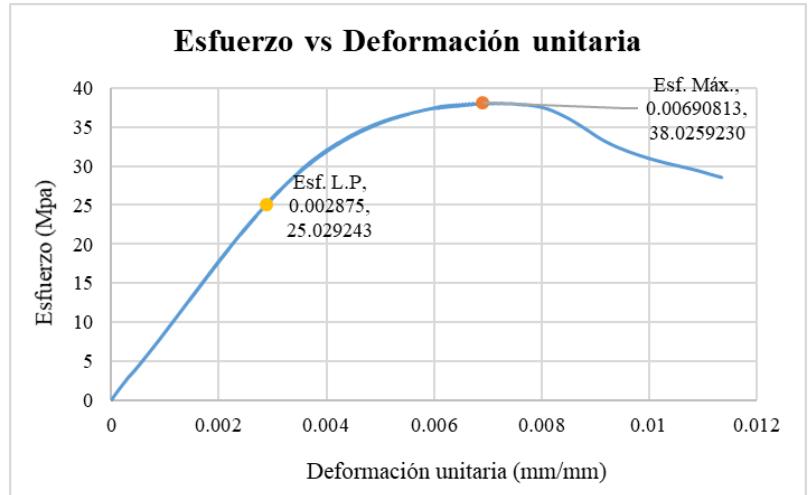
PINO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
2.26E-04	1.07
4.53E-04	1.91
6.45E-04	2.67
8.39E-04	3.43
1.04E-03	4.23
1.22E-03	4.98
1.40E-03	5.74
1.58E-03	6.58
1.75E-03	7.31
1.92E-03	8.09
2.09E-03	8.86
2.26E-03	9.65
2.44E-03	10.41
2.61E-03	11.20
2.78E-03	11.97
2.97E-03	12.73
3.17E-03	13.54
3.36E-03	14.28
3.56E-03	15.07
3.76E-03	15.80
3.99E-03	16.60
4.22E-03	17.34
4.48E-03	18.12
4.75E-03	18.91
5.03E-03	19.72
5.34E-03	20.46
5.65E-03	21.26
6.00E-03	22.02
6.38E-03	22.76
6.81E-03	23.56
7.28E-03	24.27
7.85E-03	25.05
8.75E-03	25.54
1.22E-02	23.78



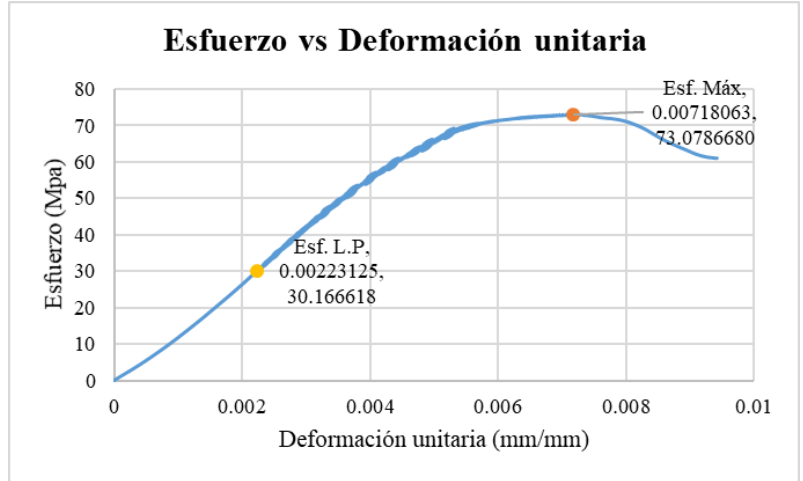
SEIQUE

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
3.23E-04	3.06
4.63E-04	4.12
5.93E-04	5.22
7.19E-04	6.28
8.46E-04	7.42
9.67E-04	8.48
1.09E-03	9.56
1.21E-03	10.64
1.33E-03	11.75
1.45E-03	12.84
1.57E-03	13.89
1.69E-03	14.95
1.81E-03	16.11
1.93E-03	17.25
2.05E-03	18.32
2.18E-03	19.39
2.30E-03	20.45
2.43E-03	21.56
2.57E-03	22.67
2.70E-03	23.72
2.84E-03	24.78
2.99E-03	25.97
3.14E-03	26.98
3.30E-03	28.04
3.48E-03	29.10
3.66E-03	30.13
3.88E-03	31.38
4.11E-03	32.40
4.36E-03	33.38
4.66E-03	34.63
5.03E-03	35.54
5.53E-03	36.64
6.32E-03	37.69



YUMBINGUE

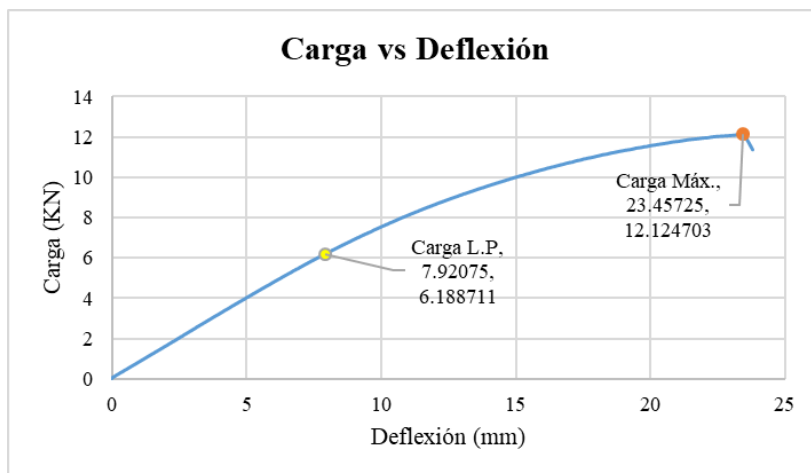
ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
3.33E-04	3.67
5.19E-04	5.81
6.95E-04	7.94
8.64E-04	10.08
1.02E-03	12.21
1.18E-03	14.34
1.33E-03	16.48
1.48E-03	18.60
1.62E-03	20.76
1.77E-03	22.90
1.91E-03	25.04
2.04E-03	27.18
2.18E-03	29.33
2.32E-03	31.68
2.47E-03	33.64
2.61E-03	36.16
2.68E-03	36.81
2.91E-03	40.83
2.98E-03	41.60
3.10E-03	43.16
3.22E-03	44.74
3.49E-03	49.39
3.58E-03	49.87
3.78E-03	52.72
3.98E-03	55.28
4.15E-03	57.52
4.37E-03	59.94
4.53E-03	61.12
4.76E-03	63.03
5.00E-03	65.94
5.16E-03	66.63
5.55E-03	70.18
6.26E-03	71.93



FLEXIÓN ESTÁTICA

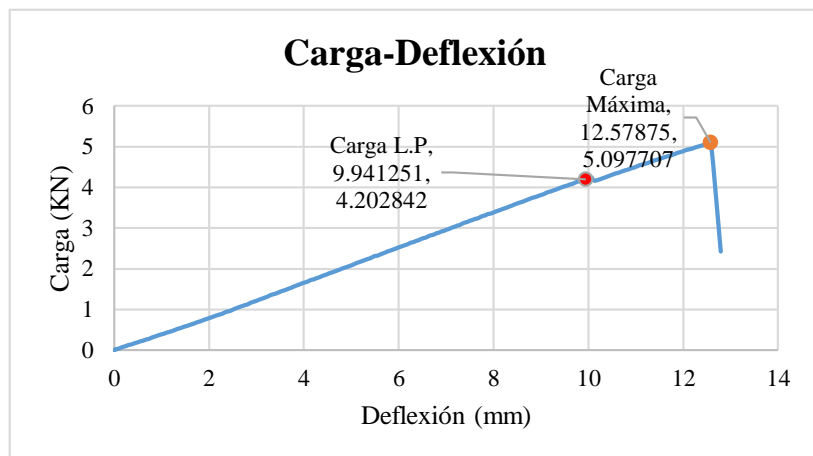
ABÍO

CARGA-DEFLEXIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
4.30E-01	0.37
8.72E-01	0.72
1.32E+00	1.08
1.76E+00	1.43
2.20E+00	1.78
2.64E+00	2.13
3.07E+00	2.48
3.51E+00	2.84
3.95E+00	3.19
4.40E+00	3.55
4.84E+00	3.89
5.29E+00	4.24
5.75E+00	4.60
6.22E+00	4.95
6.68E+00	5.30
7.16E+00	5.65
7.65E+00	6.01
8.16E+00	6.35
8.69E+00	6.71
9.23E+00	7.06
9.79E+00	7.41
1.04E+01	7.77
1.10E+01	8.12
1.16E+01	8.47
1.23E+01	8.82
1.31E+01	9.18
1.39E+01	9.53
1.47E+01	9.88
1.56E+01	10.23
1.65E+01	10.58
1.76E+01	10.93
1.88E+01	11.28
2.03E+01	11.64
2.21E+01	11.98



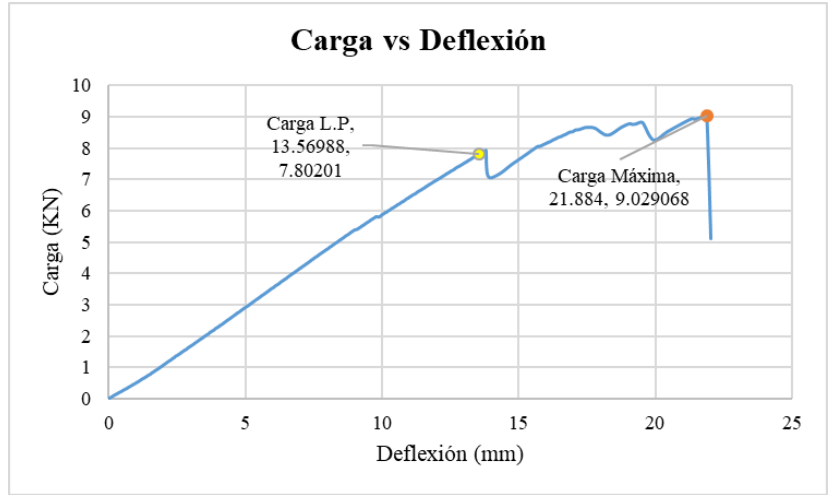
CIPRÉS

CARGA-DEFLEXIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
3.81E-01	0.14
9.22E-01	0.33
1.45E+00	0.52
1.95E+00	0.71
2.47E+00	0.90
2.92E+00	1.08
3.39E+00	1.28
3.87E+00	1.46
4.33E+00	1.64
4.80E+00	1.83
5.27E+00	2.02
5.74E+00	2.21
6.21E+00	2.40
6.67E+00	2.58
7.15E+00	2.77
7.60E+00	2.96
8.08E+00	3.15
8.55E+00	3.34
9.03E+00	3.52
9.51E+00	3.72
9.99E+00	3.90
1.05E+01	4.09
1.10E+01	4.27
1.14E+01	4.46
1.19E+01	4.65
1.24E+01	4.84
1.30E+01	5.03
1.35E+01	5.21
1.40E+01	5.41
1.45E+01	5.59
1.50E+01	5.77
1.56E+01	5.97



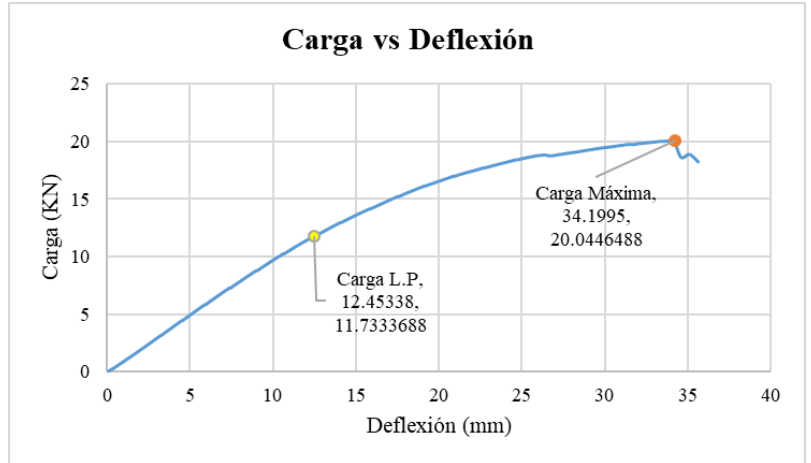
COLORADO

CARGA-DEFLEXIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
3.59E-01	0.18
8.81E-01	0.44
1.37E+00	0.69
1.81E+00	0.95
2.23E+00	1.21
2.66E+00	1.47
3.09E+00	1.72
3.51E+00	1.99
3.93E+00	2.25
4.35E+00	2.50
4.76E+00	2.76
5.18E+00	3.02
5.59E+00	3.28
6.00E+00	3.53
6.42E+00	3.79
6.83E+00	4.05
7.24E+00	4.31
7.66E+00	4.57
8.08E+00	4.82
8.50E+00	5.08
8.93E+00	5.34
9.43E+00	5.60
9.99E+00	5.86
1.04E+01	6.11
1.09E+01	6.38
1.14E+01	6.63
1.18E+01	6.89
1.23E+01	7.15
1.28E+01	7.41
1.33E+01	7.67
1.38E+01	7.92
1.61E+01	8.18
1.67E+01	8.43
1.82E+01	8.41



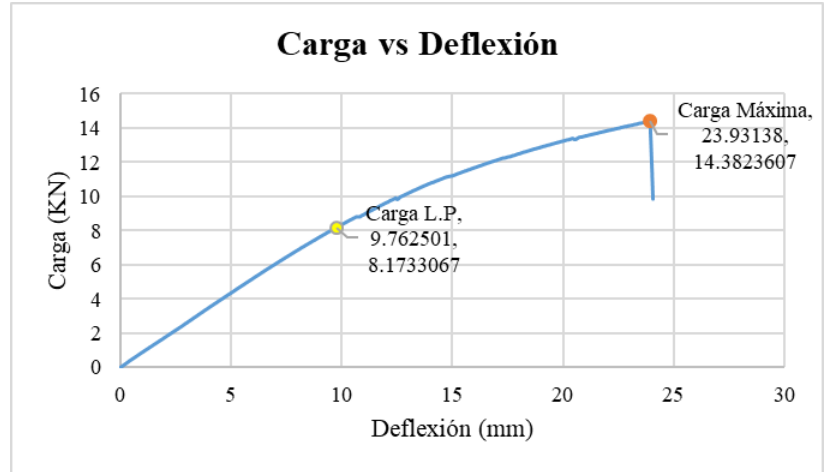
EUCALIPTO

CARGA-DEFLECCIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
5.86E-01	0.55
1.19E+00	1.13
1.79E+00	1.72
2.37E+00	2.30
2.94E+00	2.89
3.54E+00	3.48
4.10E+00	4.07
4.70E+00	4.65
5.27E+00	5.24
5.85E+00	5.83
6.46E+00	6.40
7.05E+00	7.00
7.72E+00	7.58
8.32E+00	8.17
8.93E+00	8.76
9.61E+00	9.35
1.02E+01	9.93
1.10E+01	10.52
1.16E+01	11.11
1.24E+01	11.68
1.31E+01	12.28
1.39E+01	12.87
1.48E+01	13.45
1.56E+01	14.04
1.66E+01	14.63
1.75E+01	15.19
1.85E+01	15.80
1.97E+01	16.38
2.09E+01	16.97
2.23E+01	17.56
2.39E+01	18.15
2.58E+01	18.74
2.93E+01	19.32
3.27E+01	19.90



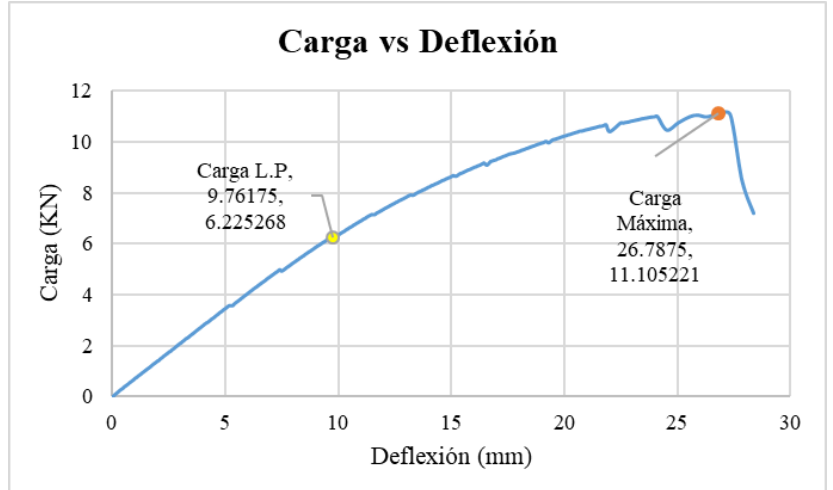
INTACHI

CARGA-DEFLEXIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
4.09E-01	0.38
8.97E-01	0.80
1.39E+00	1.22
1.88E+00	1.64
2.38E+00	2.07
2.87E+00	2.49
3.35E+00	2.92
3.82E+00	3.34
4.31E+00	3.76
4.80E+00	4.18
5.29E+00	4.61
5.79E+00	5.02
6.29E+00	5.45
6.80E+00	5.87
7.31E+00	6.29
7.84E+00	6.72
8.38E+00	7.14
8.94E+00	7.57
9.50E+00	7.98
1.01E+01	8.41
1.08E+01	8.81
1.15E+01	9.25
1.21E+01	9.66
1.29E+01	10.10
1.36E+01	10.52
1.44E+01	10.94
1.53E+01	11.36
1.63E+01	11.78
1.72E+01	12.21
1.84E+01	12.63
1.95E+01	13.05
2.09E+01	13.47
2.22E+01	13.90
2.37E+01	14.32



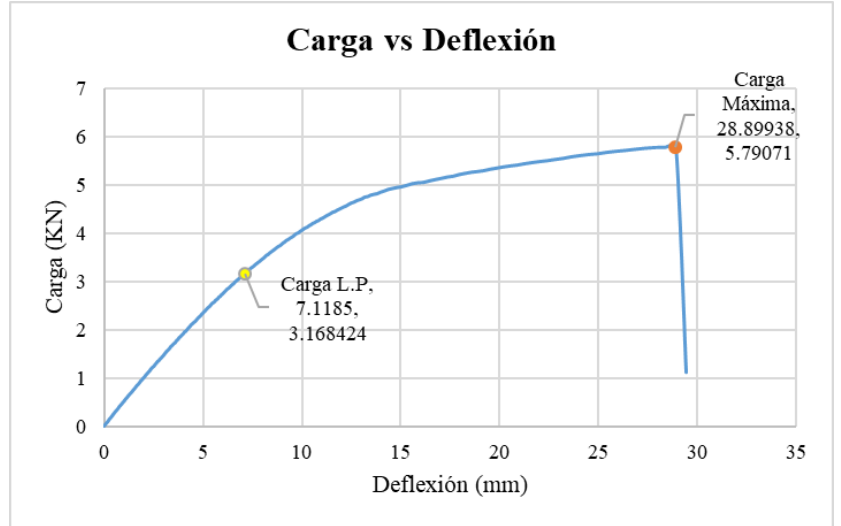
MORAL FINO

CARGA-DEFLEXIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
3.52E-01	0.28
8.22E-01	0.60
1.31E+00	0.94
1.78E+00	1.26
2.25E+00	1.59
2.73E+00	1.91
3.20E+00	2.24
3.68E+00	2.57
4.15E+00	2.90
4.64E+00	3.23
5.12E+00	3.55
5.73E+00	3.88
6.21E+00	4.22
6.71E+00	4.54
7.21E+00	4.87
7.91E+00	5.20
8.44E+00	5.53
8.97E+00	5.86
9.53E+00	6.18
1.03E+01	6.51
1.09E+01	6.84
1.16E+01	7.15
1.23E+01	7.50
1.30E+01	7.82
1.38E+01	8.16
1.46E+01	8.49
1.55E+01	8.82
1.64E+01	9.15
1.74E+01	9.47
1.85E+01	9.80
1.97E+01	10.13
2.09E+01	10.47
2.28E+01	10.77
2.63E+01	10.98



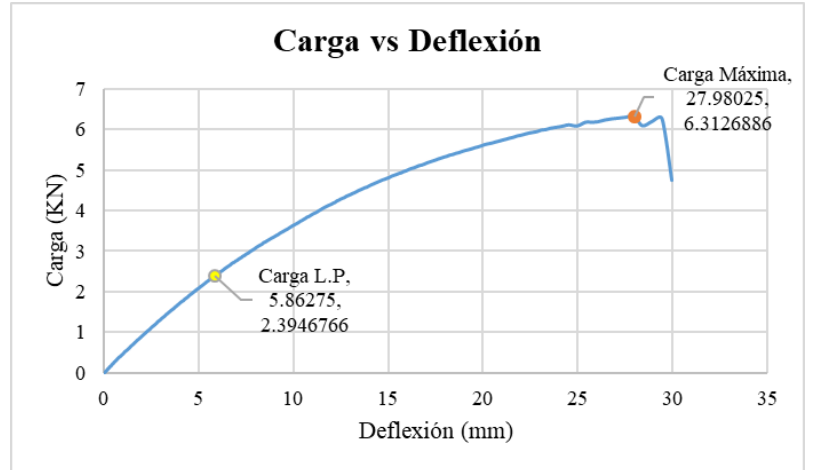
PINO

CARGA-DEFLEXIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
2.20E-01	0.11
5.85E-01	0.31
9.46E-01	0.49
1.34E+00	0.68
1.73E+00	0.87
2.11E+00	1.06
2.51E+00	1.24
2.92E+00	1.43
3.33E+00	1.62
3.74E+00	1.80
4.18E+00	1.99
4.61E+00	2.18
5.06E+00	2.38
5.52E+00	2.56
5.99E+00	2.75
6.48E+00	2.94
6.98E+00	3.12
7.52E+00	3.31
8.08E+00	3.49
8.68E+00	3.69
9.31E+00	3.87
9.99E+00	4.06
1.07E+01	4.25
1.16E+01	4.44
1.25E+01	4.63
1.36E+01	4.81
1.53E+01	5.00
1.76E+01	5.19
2.02E+01	5.38
2.32E+01	5.56
2.68E+01	5.75



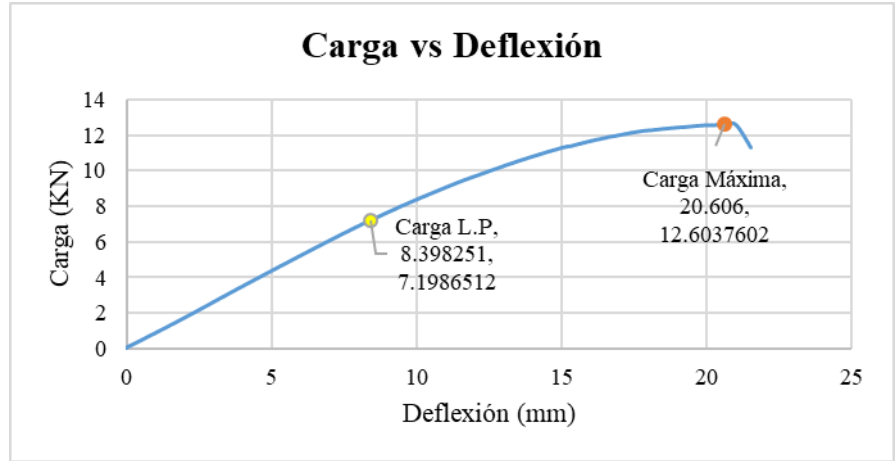
SEIQUE

CARGA-DEFLECCIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
2.86E-01	0.14
6.71E-01	0.33
1.09E+00	0.52
1.52E+00	0.70
1.96E+00	0.89
2.41E+00	1.08
2.86E+00	1.27
3.33E+00	1.45
3.81E+00	1.64
4.30E+00	1.83
4.80E+00	2.02
5.32E+00	2.20
5.86E+00	2.39
6.43E+00	2.58
7.01E+00	2.77
7.62E+00	2.95
8.24E+00	3.14
8.93E+00	3.33
9.61E+00	3.52
1.03E+01	3.70
1.10E+01	3.90
1.17E+01	4.09
1.25E+01	4.27
1.33E+01	4.46
1.42E+01	4.65
1.52E+01	4.84
1.62E+01	5.03
1.73E+01	5.21
1.86E+01	5.40
1.99E+01	5.59
2.14E+01	5.77
2.31E+01	5.97
2.54E+01	6.17
2.84E+01	6.08



YUMBINGUE

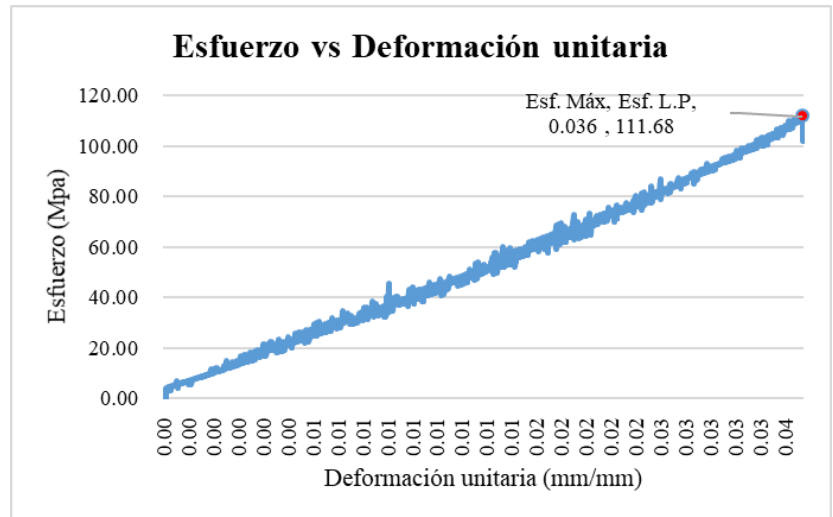
CARGA-DEFLEXIÓN	
Deflexión (mm)	Carga (KN)
0.00E+00	0.00
4.34E-01	0.39
8.80E-01	0.77
1.33E+00	1.14
1.76E+00	1.52
2.20E+00	1.89
2.63E+00	2.27
3.04E+00	2.64
3.46E+00	3.02
3.89E+00	3.40
4.31E+00	3.77
4.75E+00	4.14
5.18E+00	4.52
5.62E+00	4.89
6.06E+00	5.27
6.50E+00	5.65
6.95E+00	6.02
7.39E+00	6.40
7.86E+00	6.78
8.33E+00	7.14
8.83E+00	7.53
9.33E+00	7.91
9.85E+00	8.28
1.04E+01	8.65
1.10E+01	9.03
1.15E+01	9.40
1.22E+01	9.77
1.28E+01	10.15
1.35E+01	10.53
1.42E+01	10.90
1.50E+01	11.28
1.59E+01	11.66
1.70E+01	12.03
1.88E+01	12.41



TRACCIÓN PARALELA

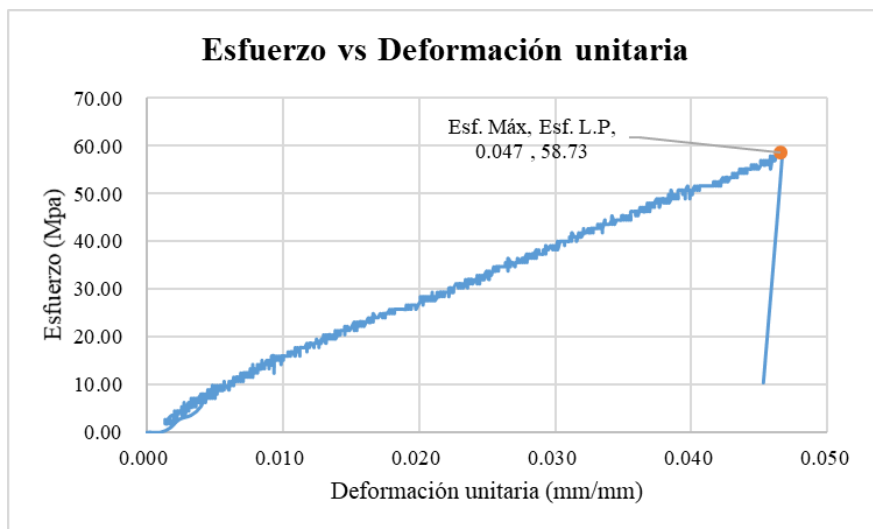
ABÍO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
2.60E-03	6.12
2.78E-03	8.52
3.30E-03	10.93
3.66E-03	13.34
4.18E-03	19.00
4.70E-03	19.78
5.04E-03	23.81
5.56E-03	24.59
6.08E-03	28.62
6.42E-03	32.65
6.94E-03	33.44
7.48E-03	45.60
7.82E-03	39.87
8.34E-03	42.28
8.86E-03	44.69
9.72E-03	48.72
1.11E-02	51.13
1.27E-02	53.53
1.41E-02	57.57
1.55E-02	61.60
1.70E-02	64.00
1.84E-02	66.41
2.00E-02	68.82
2.14E-02	74.48
2.29E-02	76.88
2.43E-02	84.17
2.57E-02	81.70
2.73E-02	87.35
2.88E-02	91.39
3.04E-02	95.42
3.18E-02	97.83
3.33E-02	101.86
3.47E-02	104.26
3.63E-02	109.92
3.65E-02	111.68



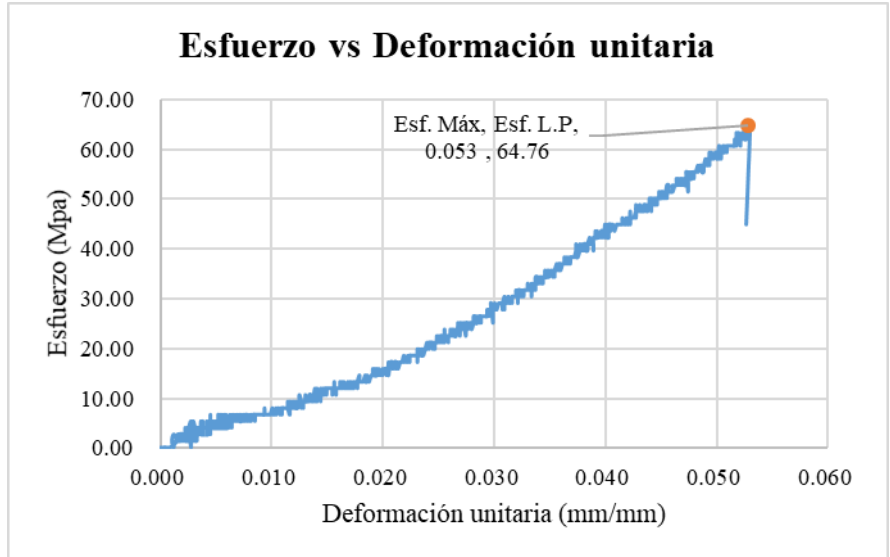
CIPRÉS

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
2.08E-03	3.63
2.60E-03	4.51
2.96E-03	5.40
3.64E-03	7.18
4.16E-03	8.06
4.86E-03	8.94
5.38E-03	9.83
6.08E-03	10.71
6.60E-03	10.70
7.12E-03	12.48
7.82E-03	12.47
8.34E-03	13.35
9.02E-03	14.23
9.54E-03	15.12
1.13E-02	16.00
1.32E-02	19.57
1.49E-02	21.35
1.67E-02	24.91
1.86E-02	25.80
2.03E-02	28.47
2.22E-02	28.46
2.40E-02	32.03
2.59E-02	34.70
2.78E-02	36.48
2.93E-02	39.15
3.12E-02	40.04
3.32E-02	42.71
3.49E-02	45.38
3.68E-02	48.05
3.87E-02	48.94
4.05E-02	51.61
4.24E-02	53.39
4.41E-02	55.17
4.60E-02	57.84
4.65E-02	58.73



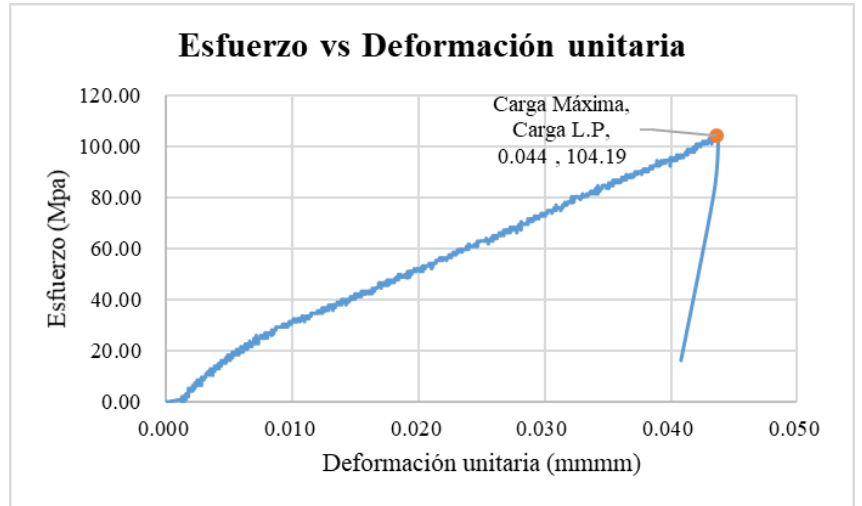
COLORADO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
2.08E-03	2.69
2.76E-03	2.69
3.46E-03	2.69
3.64E-03	4.01
4.34E-03	4.01
4.86E-03	4.01
5.38E-03	5.33
5.90E-03	5.33
6.58E-03	5.33
7.10E-03	5.33
7.80E-03	5.33
9.02E-03	6.66
1.08E-02	7.98
1.27E-02	9.30
1.46E-02	11.94
1.65E-02	11.94
1.84E-02	13.26
2.05E-02	17.22
2.24E-02	17.22
2.45E-02	21.18
2.66E-02	22.50
2.85E-02	25.14
3.05E-02	29.11
3.26E-02	31.75
3.47E-02	34.39
3.68E-02	38.35
3.89E-02	39.67
4.10E-02	44.95
4.32E-02	47.60
4.53E-02	51.56
4.76E-02	54.20
4.96E-02	58.16
5.21E-02	60.80
5.28E-02	64.76
5.09E-02	1.37



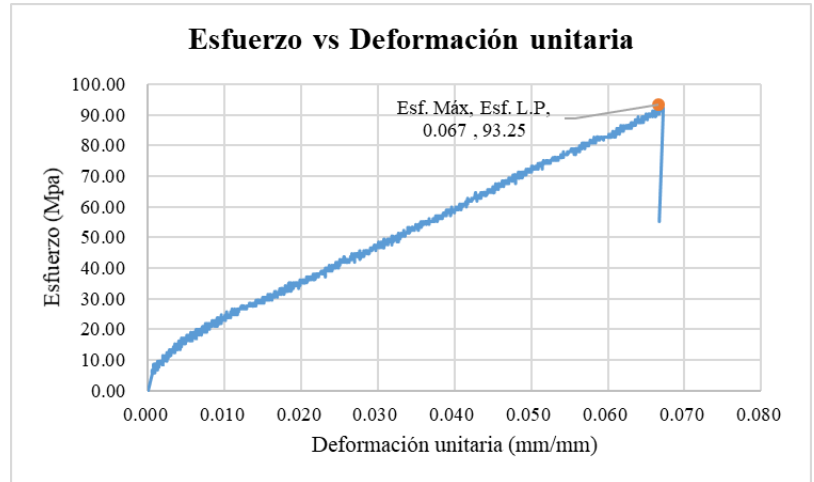
EUCALIPTO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
0.00E+00	0.00
1.56E-03	2.19
2.08E-03	5.45
2.44E-03	7.62
2.96E-03	9.79
3.66E-03	11.96
4.18E-03	13.04
4.52E-03	16.30
5.22E-03	17.38
5.74E-03	19.55
6.26E-03	21.72
6.78E-03	22.81
7.30E-03	24.98
7.82E-03	26.06
9.20E-03	29.32
1.08E-02	33.66
1.25E-02	36.91
1.42E-02	39.08
1.60E-02	43.42
1.77E-02	46.68
1.96E-02	52.10
2.14E-02	55.36
2.33E-02	58.62
2.52E-02	62.96
2.69E-02	67.30
2.88E-02	70.55
3.07E-02	75.98
3.28E-02	79.23
3.47E-02	84.66
3.66E-02	87.91
3.85E-02	92.25
4.05E-02	96.59
4.22E-02	100.93
4.36E-02	104.19
4.05E-02	15.21



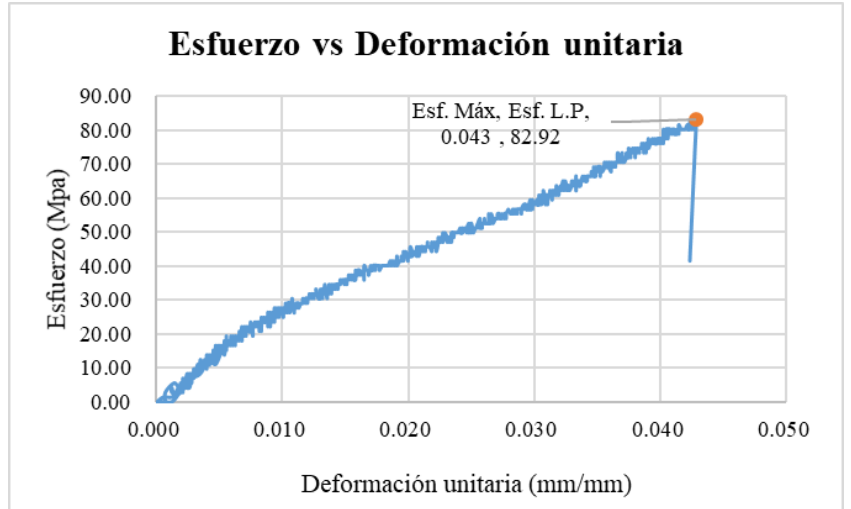
INTACHI

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
1.22E-03	8.58
2.08E-03	9.54
2.96E-03	11.44
3.82E-03	15.24
4.68E-03	16.19
5.56E-03	18.10
6.26E-03	19.05
7.12E-03	19.05
7.98E-03	20.95
8.86E-03	22.85
9.72E-03	23.80
1.22E-02	27.61
1.46E-02	28.56
1.72E-02	31.41
1.96E-02	34.27
2.22E-02	38.07
2.48E-02	40.93
2.74E-02	43.78
2.99E-02	46.64
3.25E-02	49.49
3.51E-02	53.29
3.75E-02	56.15
4.01E-02	59.95
4.27E-02	64.71
4.51E-02	65.66
4.79E-02	70.42
5.05E-02	72.32
5.31E-02	75.17
5.56E-02	78.03
5.83E-02	81.83
6.08E-02	82.78
6.32E-02	86.59
6.58E-02	89.44
6.67E-02	93.25



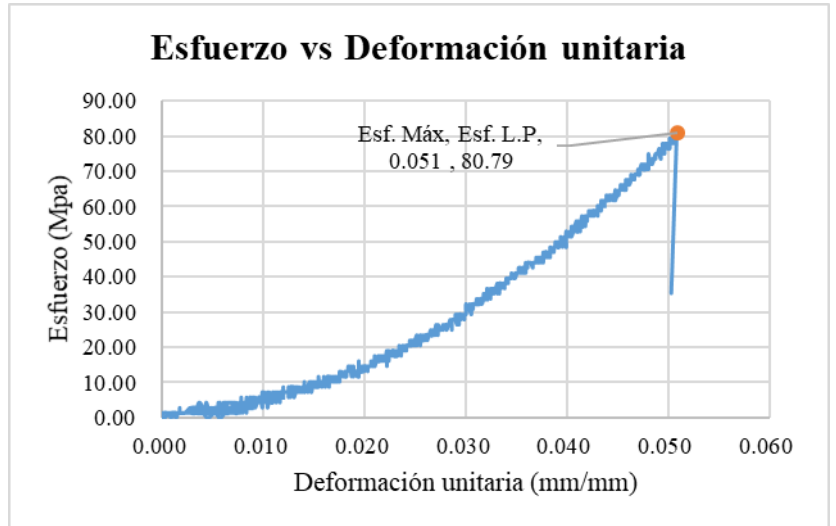
MORAL FINO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
1.90E-03	5.61
2.08E-03	5.61
2.60E-03	6.99
3.30E-03	11.13
3.98E-03	11.13
4.50E-03	12.51
5.02E-03	15.27
5.54E-03	18.03
6.24E-03	18.03
6.76E-03	19.41
7.28E-03	20.79
7.80E-03	22.18
8.32E-03	24.94
9.02E-03	24.94
9.72E-03	24.94
1.14E-02	29.08
1.32E-02	31.84
1.51E-02	35.98
1.67E-02	38.74
1.86E-02	40.12
2.01E-02	45.64
2.20E-02	47.02
2.38E-02	49.78
2.55E-02	52.55
2.74E-02	53.93
2.92E-02	56.69
3.11E-02	60.83
3.26E-02	62.21
3.45E-02	67.73
3.63E-02	69.11
3.80E-02	73.25
3.97E-02	77.39
4.17E-02	80.15
4.29E-02	82.92



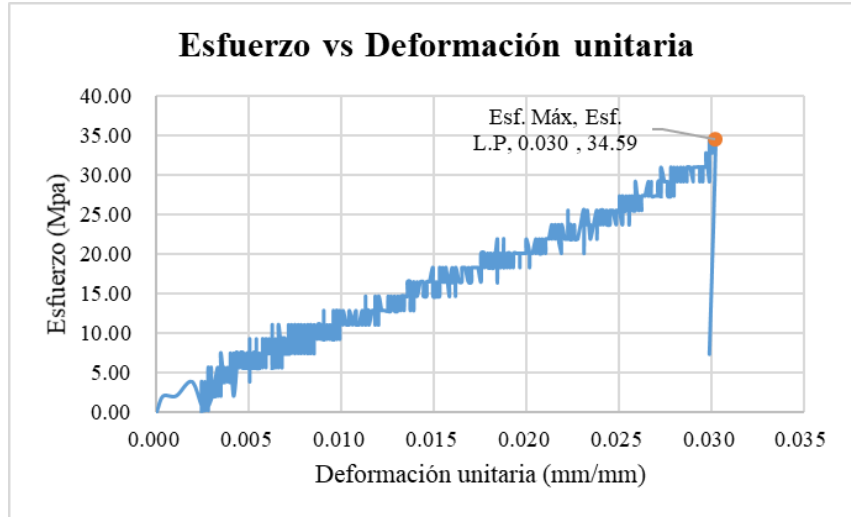
PINO

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
7.00E-04	1.47
2.26E-03	1.47
2.44E-03	1.47
2.96E-03	1.47
3.64E-03	1.47
4.16E-03	2.94
4.86E-03	1.47
5.38E-03	2.94
6.08E-03	2.94
6.60E-03	2.94
7.30E-03	2.94
7.82E-03	4.41
8.50E-03	2.94
9.72E-03	5.88
1.16E-02	7.34
1.35E-02	7.34
1.55E-02	10.28
1.75E-02	11.75
1.96E-02	14.69
2.17E-02	17.63
2.36E-02	19.10
2.57E-02	23.50
2.78E-02	24.97
2.99E-02	29.38
3.19E-02	35.25
3.40E-02	39.66
3.61E-02	42.60
3.82E-02	47.00
4.03E-02	52.88
4.24E-02	57.29
4.44E-02	63.16
4.65E-02	67.57
4.86E-02	73.44
5.07E-02	77.85
5.09E-02	80.79



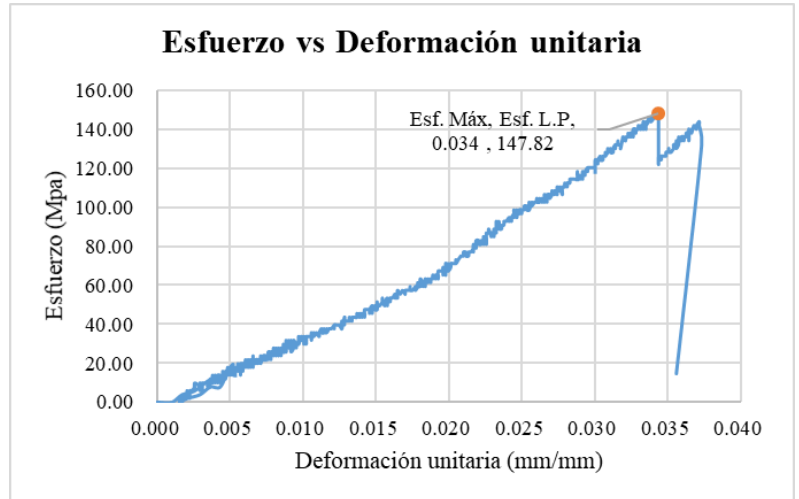
SEIQUE

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
2.42E-03	1.98
2.42E-03	1.98
2.94E-03	1.97
3.46E-03	3.79
3.82E-03	3.78
4.34E-03	5.60
4.86E-03	5.59
5.20E-03	5.59
5.54E-03	5.58
6.06E-03	7.40
6.42E-03	7.39
6.94E-03	7.39
7.46E-03	7.38
7.80E-03	9.20
8.32E-03	9.19
8.84E-03	11.01
9.20E-03	9.18
9.72E-03	12.82
1.06E-02	10.99
1.20E-02	12.80
1.34E-02	14.62
1.46E-02	16.44
1.60E-02	16.43
1.74E-02	18.25
1.87E-02	20.06
2.01E-02	20.06
2.13E-02	21.87
2.27E-02	21.87
2.40E-02	25.50
2.53E-02	25.50
2.67E-02	29.14
2.79E-02	29.13
2.93E-02	30.95
2.99E-02	34.59



YUMBINGUE

ESFUERZO-DEFORMACIÓN	
Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Mpa)
0.00E+00	0.00
1.74E-03	3.99
2.96E-03	7.97
3.48E-03	9.95
3.82E-03	11.94
4.34E-03	11.97
4.86E-03	15.91
5.22E-03	17.89
5.90E-03	19.88
6.42E-03	17.95
6.78E-03	19.93
7.30E-03	23.87
7.82E-03	25.86
8.34E-03	25.88
8.68E-03	25.91
9.38E-03	27.89
1.01E-02	31.84
1.15E-02	35.78
1.30E-02	41.68
1.46E-02	47.58
1.60E-02	53.48
1.75E-02	57.43
1.89E-02	63.33
2.03E-02	71.19
2.19E-02	79.05
2.33E-02	88.87
2.48E-02	96.73
2.64E-02	104.59
2.80E-02	110.49
2.93E-02	116.39
3.07E-02	126.21
3.23E-02	136.03
3.37E-02	143.89
3.44E-02	147.82
3.52E-02	128.25
3.68E-02	141.98



Anexo 3: Análisis de precios unitarios

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

FECHA: 20-07-2022

LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 1 de 14

Rubro:

Unidad: u

Detalle: Replanteo de vivienda

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					2.90563
Herramienta menor (5% MO)					2.90563
Taladro eléctrico	1	1.1	1.1	5	5.50000
Subtotal M					11.31126
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	5	12.50000
Maestro de obra	1.1	4.375	4.8125	5	24.06250
Residente de obra	1	4.31	4.31	5	21.55000
Subtotal N					58.11250
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Clavos	Kg	0.1	2.22	0.22200	
Estaca de madera	u	36	0.3	10.80000	
Piola	u	1	4.2	4.20000	
Tornillo autoperforante	u	60	0.06	3.60000	
Subtotal O				18.82200	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					88.24576
INDIRECTOS 5 %					4.41229
UTILIDAD 15 %					13.23686
COSTO TOTAL DEL RUBRO					105.89491
VALOR OFERTADO					105.90

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 2 de 14
 Unidad: m2

Rubro:

Detalle: LIMPIEZA DE SUPERFICIE

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.00772
Herramienta menor (5% MO)					0.00772
Sopladora	1	10	10	0.02	0.20000
Subtotal M					0.21544
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	0.02	0.05000
Operador de equipo liviano	1	4.347	4.347	0.02	0.08694
Maestro de obra	0.2	4.375	0.875	0.02	0.01750
Subtotal N					0.15444
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal O				0.00000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			0.36988
		INDIRECTOS 5 %			0.01849
		UTILIDAD 15 %			0.05548
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			0.44386
		VALOR OFERTADO			0.44

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 3 de 14
 Unidad: m3

Rubro:

Detalle: EXCAVACION A MANO CIMIENTOS Y PLINTOS

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.97088
Herramienta menor (5% MO)					0.97088
Subtotal M					1.94176
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	2	2.5	5	3.8835	19.41750
Subtotal N					19.41750
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal O				0.00000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			21.35926
		INDIRECTOS 5 %			1.06796
		UTILIDAD 15 %			3.20389
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			25.63111
		VALOR OFERTADO			25.63

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 4 de 14
 Unidad: m3

Rubro:

Detalle: REPLANTILLO DE H.S 140 Kg/CM2, e=5cm

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					1.98513
Herramienta menor (5% MO)					1.98513
Concretera	1	4.23	4.23	1.25	5.28750
Subtotal M					9.25776
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	8	2.5	20	1.25	25.00000
Albañil	1	3.125	3.125	1.25	3.90625
Operador de equipo liviano	1	4.347	4.347	1.25	5.43375
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.29	4.29	1.25	5.36250
Subtotal N					39.70250
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Arena gruesa	m3	0.65	15	9.75000	
Grava	m3	0.95	15	14.25000	
Cemento	kg	309	0.15	46.35000	
Agua	m3	0.24	0.87	0.20880	
Subtotal O				70.55880	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					119.51906
INDIRECTOS 5 %					5.97595
UTILIDAD 15 %					17.92786
COSTO TOTAL DEL RUBRO					143.42287
VALOR OFERTADO					143.42

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 5 de 14

Rubro:

Unidad: kg

Detalle: ACERO DE REFUERZO

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.01667
Herramienta menor (5% MO)					0.01667
Cizalla	1	1	1	0.02667	0.02667
Subtotal M					0.06001
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	2	2.5	5	0.02667	0.13335
Albañil	1	3.125	3.125	0.02667	0.08334
Maestro de obra	1	4.375	4.375	0.02667	0.11668
Subtotal N					0.33337
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Acero de refuerzo	kg	1.05	1.08	1.13400	
Alambre galvanizado No.18	Kg	0.05	2.07	0.10350	
Subtotal O				1.23750	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1.63088
	INDIRECTOS 5 %				0.08154
	UTILIDAD 15 %				0.24463
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.95706
	VALOR OFERTADO				1.96

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 6 de 14

Rubro:

Unidad: m3

Detalle: HORMIGON PREMEZCLADO F' C = 210 KG/CM2. EQUIPO: VIBRADOR, BOMBA, SIN ENCOFRADO

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.99150
Herramienta menor (5% MO)					0.99150
Vibrador	1	2.5	2.5	2	5.00000
Subtotal M					6.98300
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	2	5.00000
Albañil	1	3.125	3.125	2	6.25000
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.29	4.29	2	8.58000
Subtotal N					19.83000
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
f c= 240 Kg./cm2 (hormigón, transporte, bomba, plastificante)	m3	1	163.53	163.53000	
Subtotal O				163.53000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					190.34300
INDIRECTOS 5 %					9.51715
UTILIDAD 15 %					28.55145
COSTO TOTAL DEL RUBRO					228.41160
VALOR OFERTADO					228.41

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 7 de 14

Rubro:

Unidad: m2

Detalle: MALLA ELECTROSOLDADA 150x150X3.5MM

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.35156
Herramienta menor (5% MO)					0.35156
Subtotal M					0.70312
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	1.25	3.12500
Albañil	1	3.125	3.125	1.25	3.90625
Subtotal N					7.03125
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Materiales menores	lote	0.9	1.5	1.35000	
Malla Armex R-64 (6.25x2.40) 3.5mm 15 x 15	pln	0.067	22.23	1.48941	
Subtotal O				2.83941	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					10.57378
INDIRECTOS 5 %					0.52869
UTILIDAD 15 %					1.58607
COSTO TOTAL DEL RUBRO					12.68854
VALOR OFERTADO					12.69

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 8 de 14
 Unidad: m

Rubro:

Detalle: COLUMNAS DE 16X16 incluye instalación

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.21233
Herramienta menor (5% MO)					0.21233
Subtotal M					0.42466
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	0.66667	1.66668
Carpintero	1	3.87	3.87	0.66667	2.58001
Subtotal N					4.24669
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Columnas de 16x16	m	1	8	8.00000	
Subtotal O				8.00000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					12.67135
INDIRECTOS 5 %					0.63357
UTILIDAD 15 %					1.90070
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15.20562
VALOR OFERTADO					15.21

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 9 de 14
 Unidad: m

Rubro:

Detalle: VIGAS DE MADERA 7X10 incluye instalación

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.10617
Herramienta menor (5% MO)					0.10617
Subtotal M					0.21234
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	0.33333	0.83333
Carpintero	1	3.87	3.87	0.33333	1.28999
Subtotal N					2.12332
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Vigas de madera de 7x10	m	1	5	5.00000	
Subtotal O				5.00000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7.33566
INDIRECTOS 5 %					0.36678
UTILIDAD 15 %					1.10035
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8.80279
VALOR OFERTADO					8.80

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 10 de 14

Rubro:

Unidad: m

Detalle: VIGAS DE MADERA 8X16

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.06370
Herramienta menor (5% MO)					0.06370
Subtotal M					0.12740
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	0.2	0.50000
Carpintero	1	3.87	3.87	0.2	0.77400
Subtotal N					1.27400
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Vigas de madera 8x16	m	1	8	8.00000	
Subtotal O				8.00000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		9.40140
			INDIRECTOS 5 %		0.47007
			UTILIDAD 15 %		1.41021
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		11.28168
			VALOR OFERTADO		11.28

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 11 de 14
 Unidad: m2

Rubro:

Detalle: CUBIERTA ECUATEJA

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.39813
Herramienta menor (5% MO)					0.39813
Subtotal M					0.79626
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	1.25	3.12500
Instalador de revestimiento en general	1	3.87	3.87	1.25	4.83750
Subtotal N					7.96250
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cumbreros y remates	u	0.1	1.01	0.10100	
Ecuateja Universal super (Negro, rojo, ladrillo, tabaco)_	u	10.5	0.9	9.45000	
Subtotal O					9.55100
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P					0.00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					18.30976
INDIRECTOS 5 %					0.91549
UTILIDAD 15 %					2.74646
COSTO TOTAL DEL RUBRO					21.97171
VALOR OFERTADO					21.97

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 12 de 14
 Unidad: m2

Rubro:

Detalle: MAMPOSTERÍA DE LADRILLO

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.24788
Herramienta menor (5% MO)					0.24788
Andamios	1	0.55	0.55	0.5	0.27500
Subtotal M					0.77076
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	0.5	1.25000
Albañil	1	3.125	3.125	0.5	1.56250
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.29	4.29	0.5	2.14500
Subtotal N					4.95750
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cemento	kg	7.72	0.15	1.15800	
Arena	m3	0.031	18	0.55800	
Ladrillo	u	33	0.25	8.25000	
Agua	m3	0.008	0.87	0.00696	
Subtotal O				9.97296	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P				0.00000	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					15.70122
INDIRECTOS 5 %					0.78506
UTILIDAD 15 %					2.35518
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18.84146
VALOR OFERTADO					18.84

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 13 de 14
 Unidad: m2

Rubro:

Detalle: VENTANA ALUMINIO ESTANDAR Y VIDRIO e = 4mm

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.54144
Herramienta menor (5% MO)					0.54144
Subtotal M					1.08288
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	2.5	2.5	1.69996	4.24990
Instalador de revestimiento en general	1	3.87	3.87	1.69996	6.57885
Subtotal N					10.82875
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Vidrio claro 4 mm	m2	1	7.14	7.14000	
Aluminio + tornillos + silicon	global	1	22	22.00000	
Subtotal O					29.14000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P					0.00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					41.05163
INDIRECTOS 5 %					2.05258
UTILIDAD 15 %					6.15774
COSTO TOTAL DEL RUBRO					49.26196
VALOR OFERTADO					49.26

PROYECTO: DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL
 FECHA: 20-07-2022
 LUGAR: CANTÓN AMBATO - PROVINCIA DE TUNGURAHUA
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

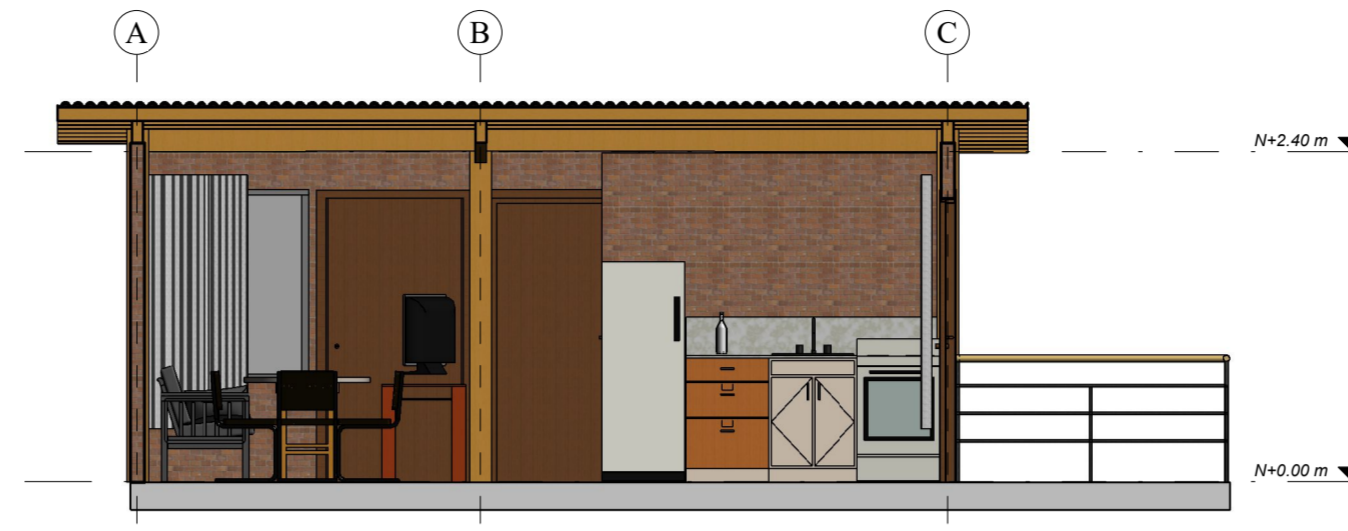
Hoja 14 de 14
 Unidad: u

Rubro:

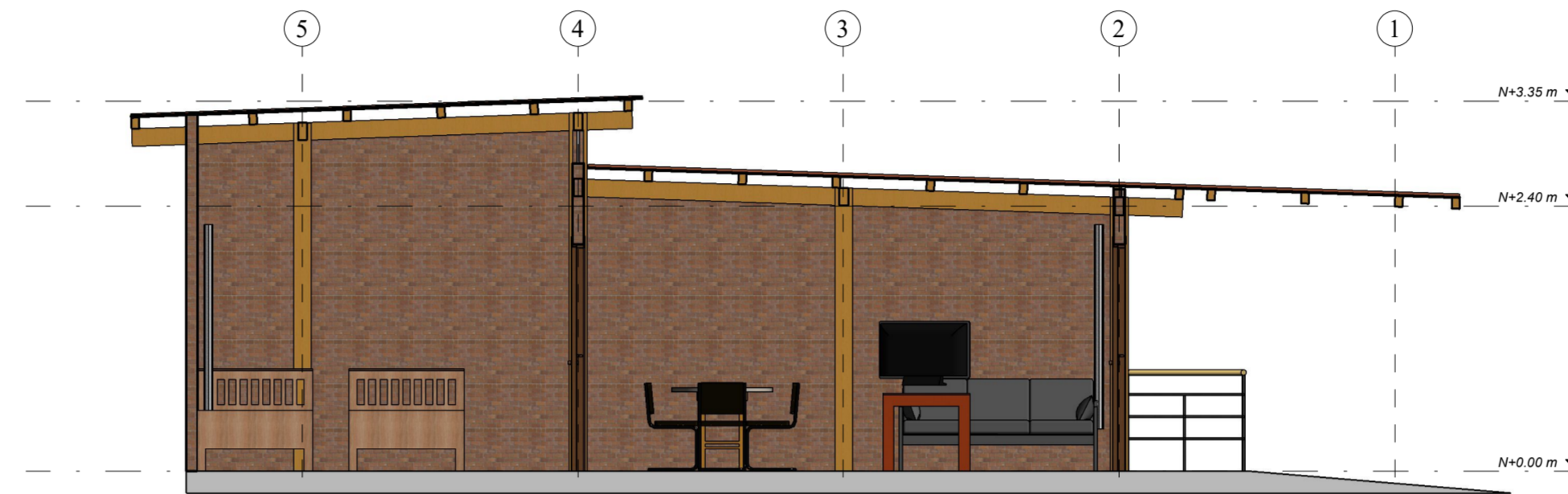
Detalle: Puertas interior de 0.8x2.1m segundo piso con cerradura

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.33736
Herramienta menor (5% MO)					0.33736
Subtotal M					0.67472
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Ayudante de carpintero	1	3.83	3.83	1.6	6.12800
Carpintero	0.1	3.87	0.387	1.6	0.61920
Subtotal N					6.74720
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Puertas de madera	u	1	190	190.00000	
Subtotal O					190.00000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P					0.00000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					197.42192
INDIRECTOS 5 %					9.87110
UTILIDAD 15 %					29.61329
COSTO TOTAL DEL RUBRO					236.90630
VALOR OFERTADO					236.91

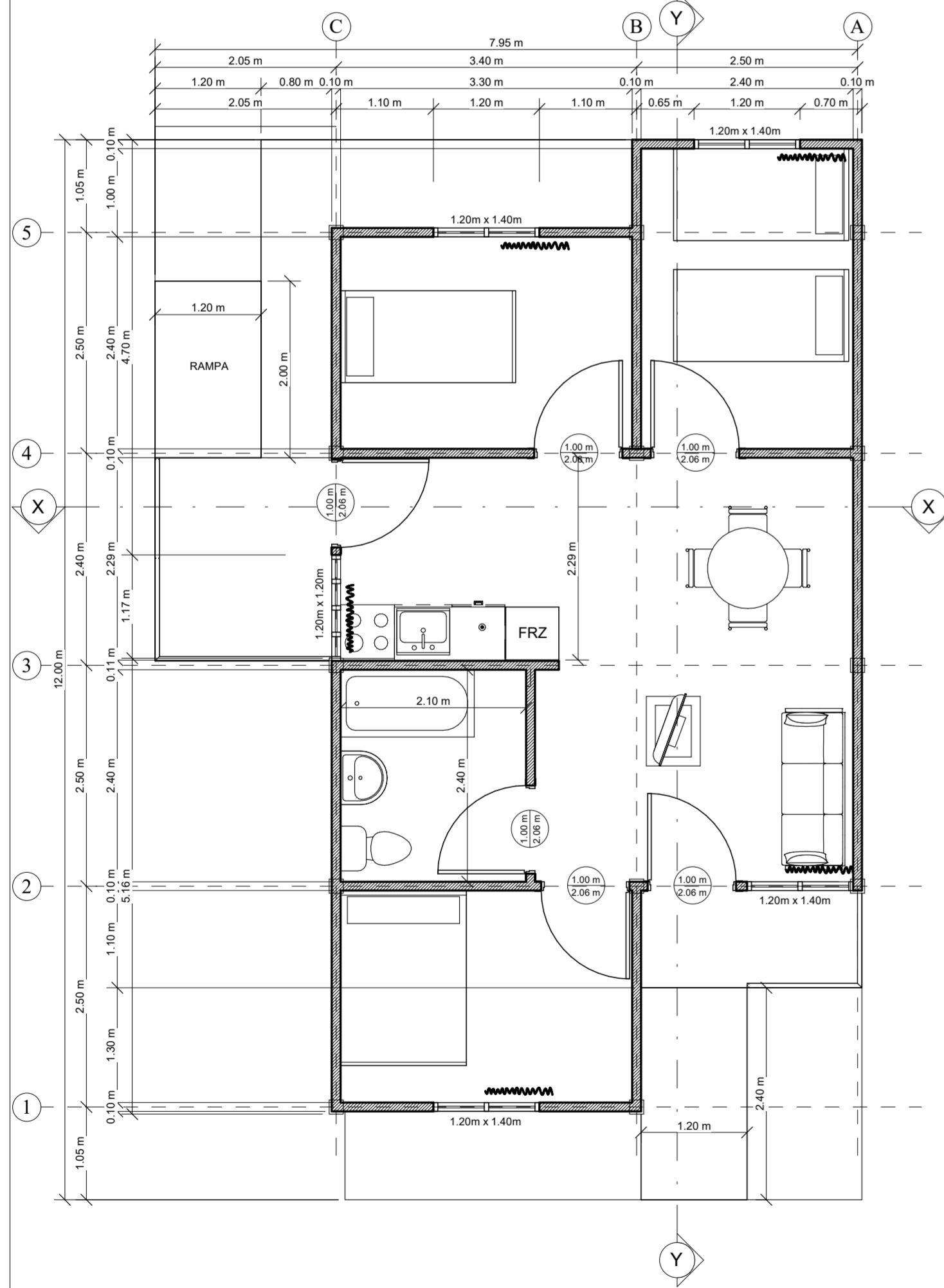
Anexo 4: Planos vivienda de interés social



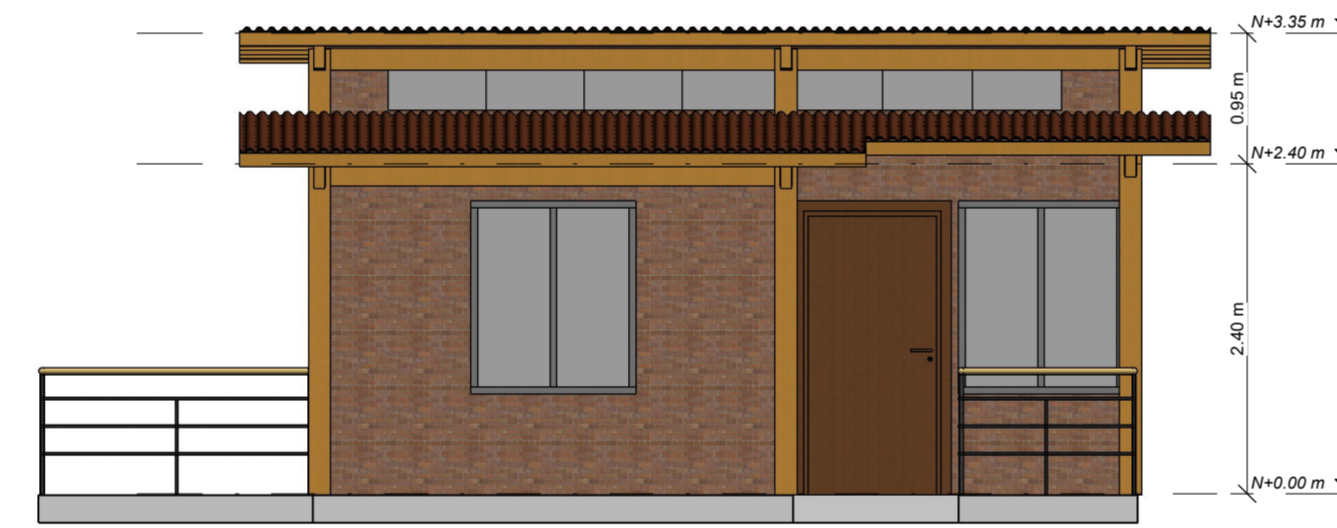
CORTE X-X
ESCALA 1:50



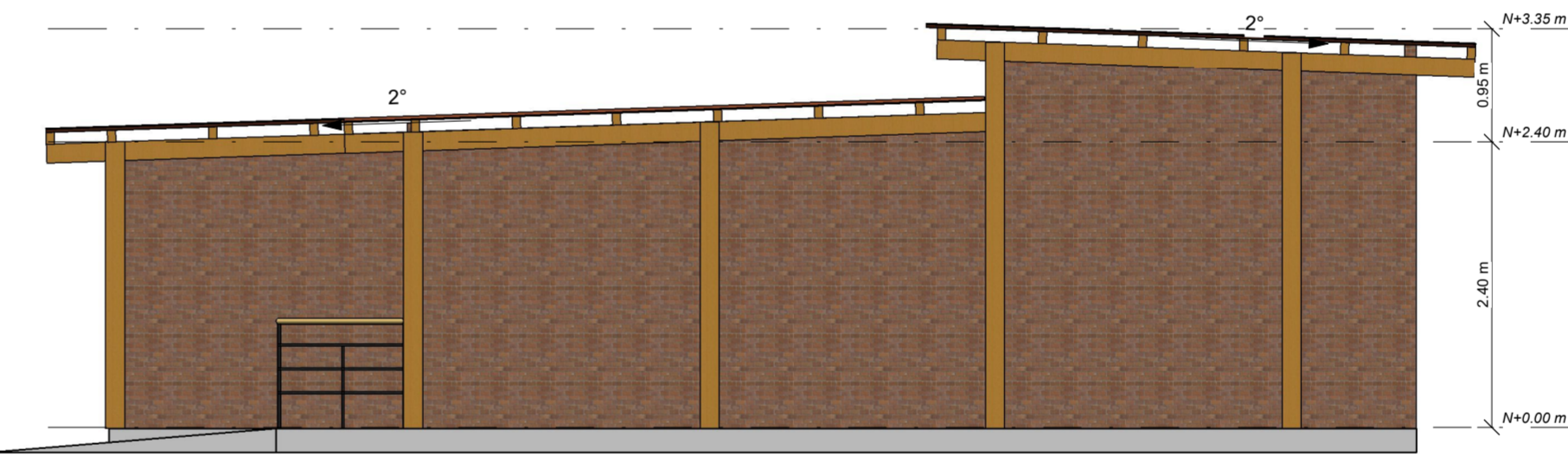
CORTE Y-Y
ESCALA 1:50



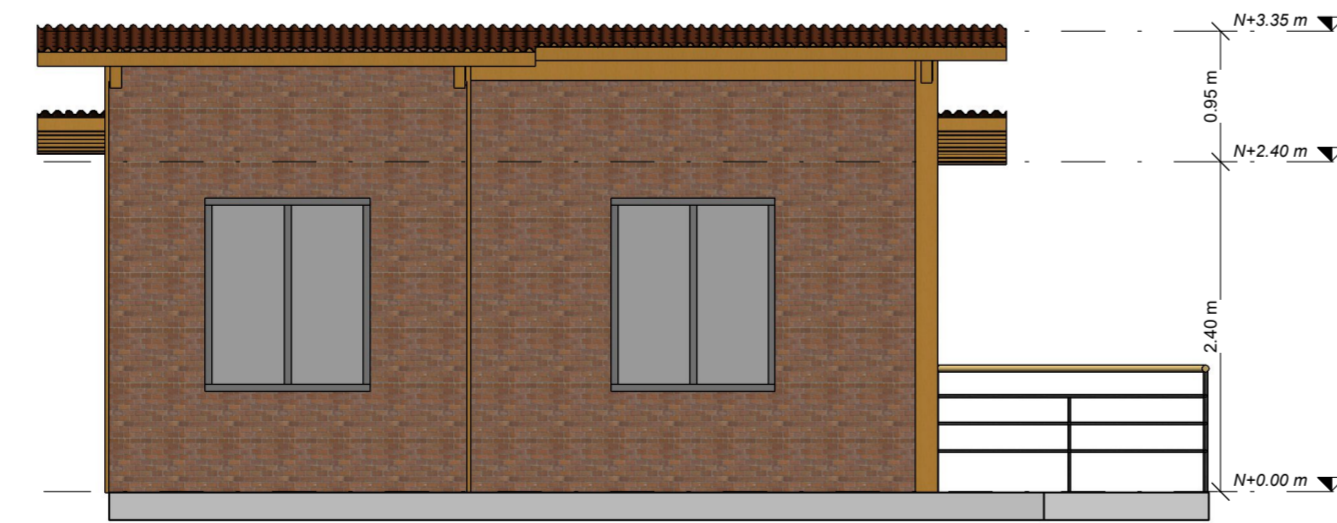
PLANTA BAJA N+0.00
ESCALA 1:50



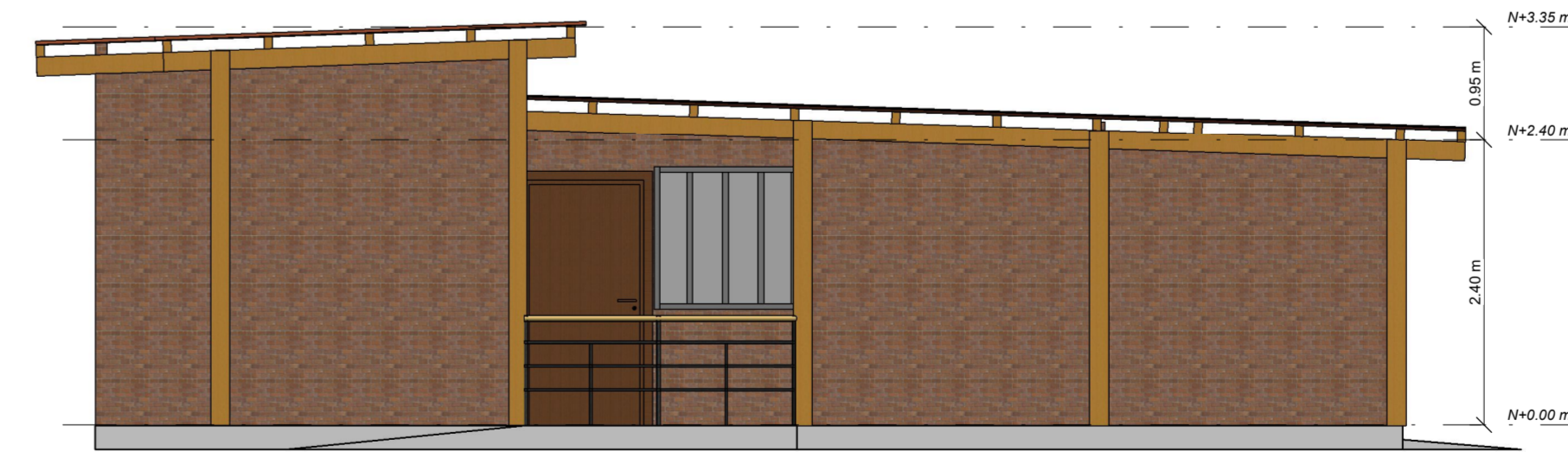
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:50



VISTA LATERAL DERECHA
ESCALA 1:50



VISTA POSTERIOR
ESCALA 1:50

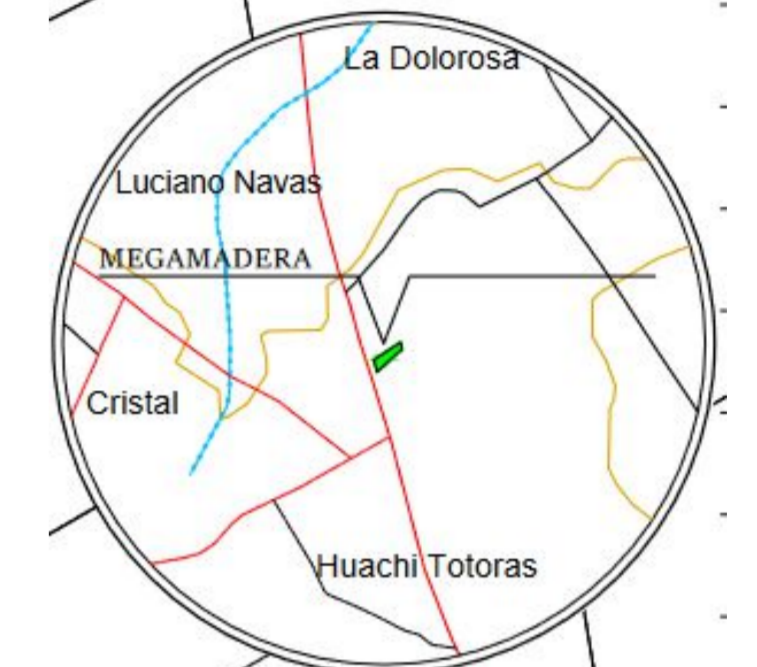


VISTA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:50

**UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO**
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



UBICACIÓN



LOTE DE PROYECTO

**PROYECTO EXPERIMENTAL:
"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES
FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA
ESTRUCTURAL ECUATORIANA Y
SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE
VIVIENDA SOCIAL"**

NOMBRE:
CYNTHIA ESTEFANÍA CRUZ SALINAS

TUTOR:
ING. Mg. Favio Portilla

CONTIENE:
PLANOS ARQUITECTÓNICO

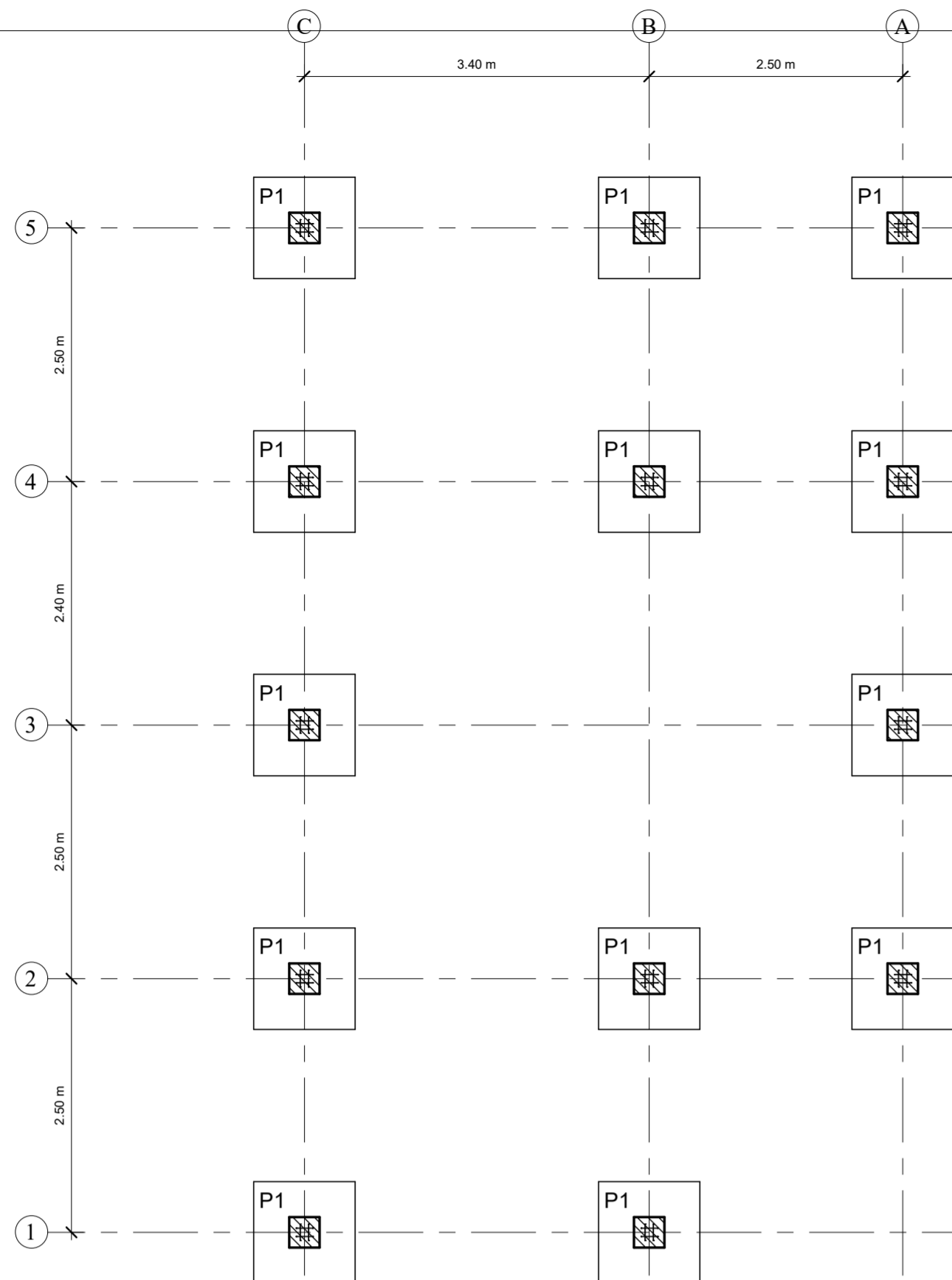
FECHA:
20/07/2022

ESCALA:
INDICADAS

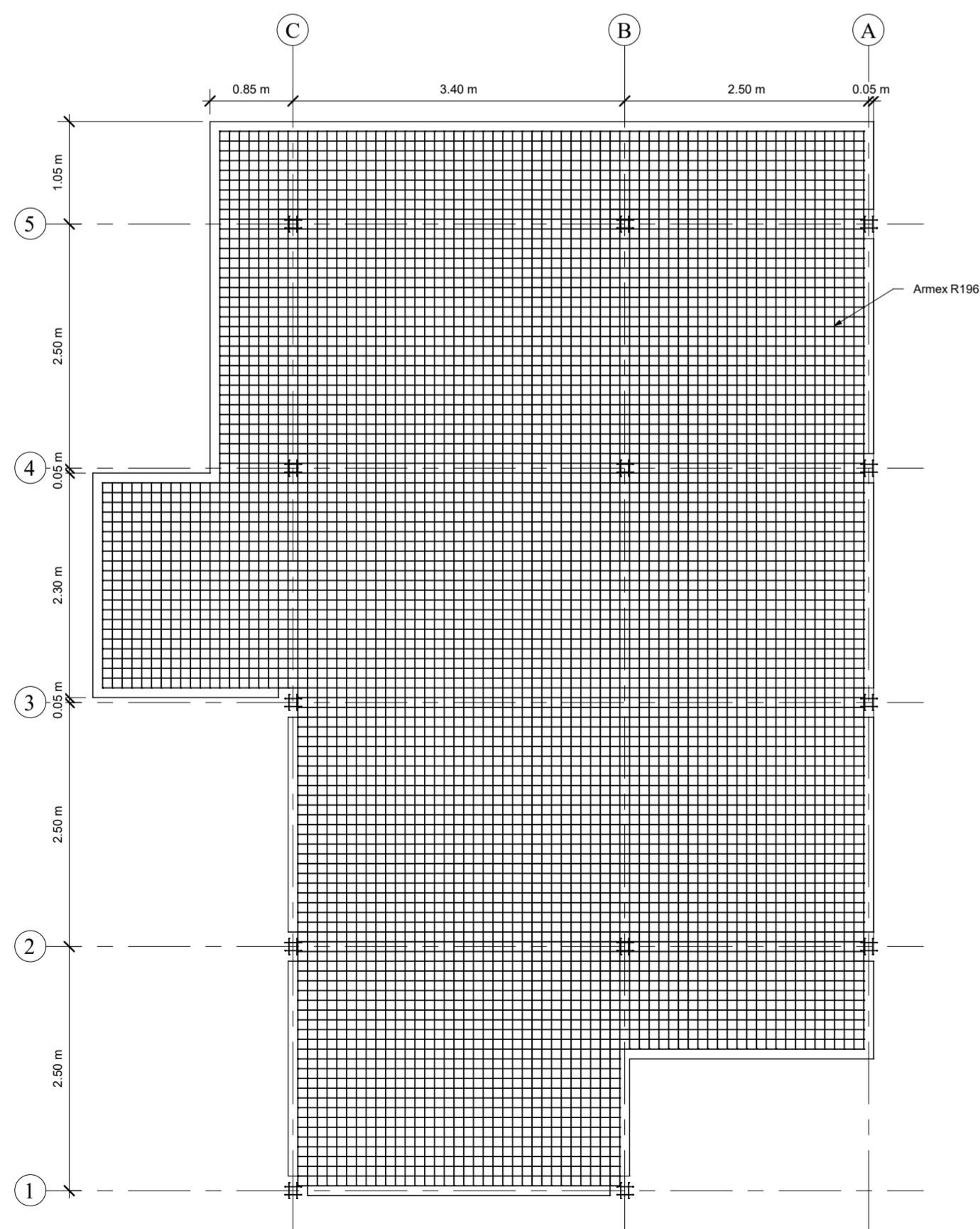
DISEÑO:

APROBÓ:

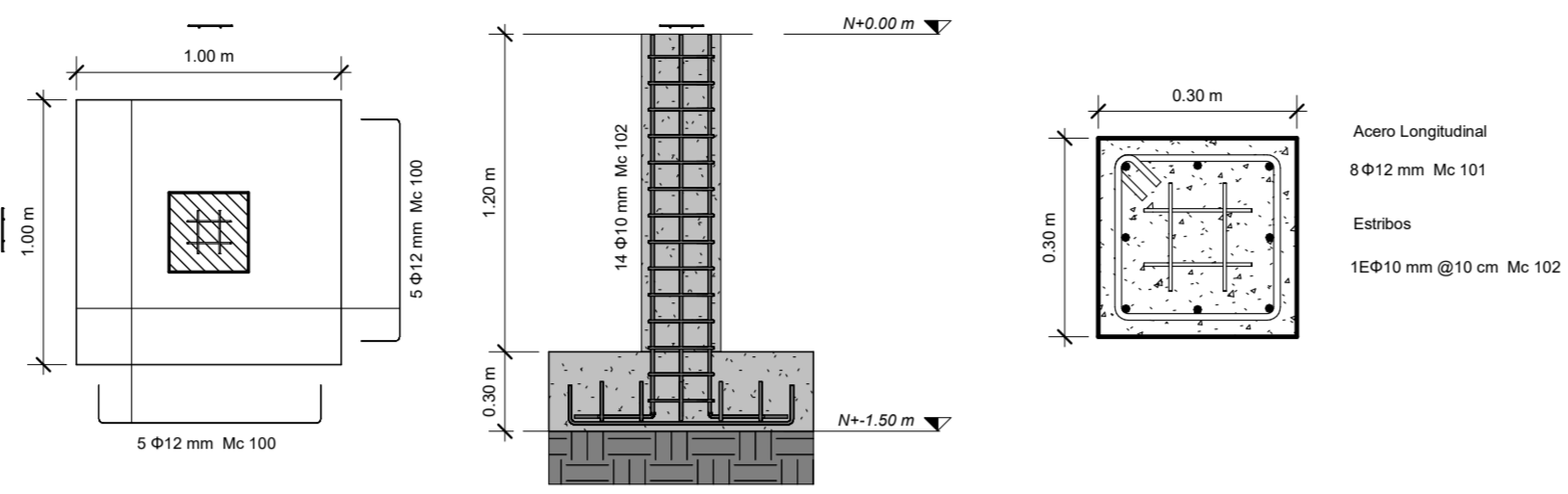
SELLOS:



CIMENTACIÓN N-1.50
ESCALA 1:50

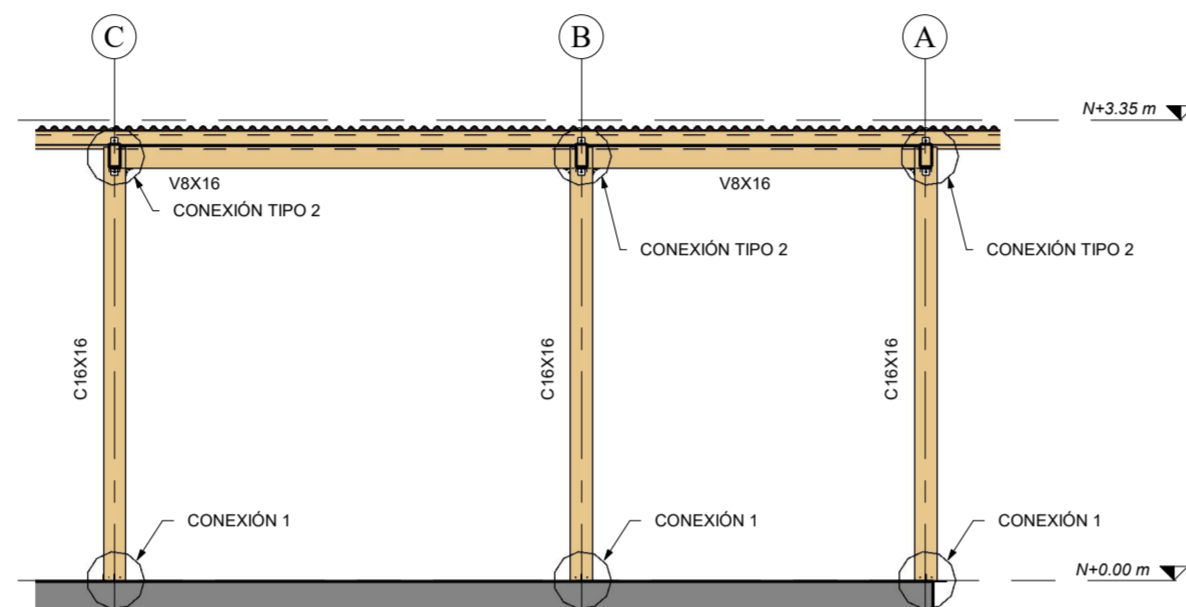


ARMADO CONTRAPISO N+0.00
ESCALA 1:50

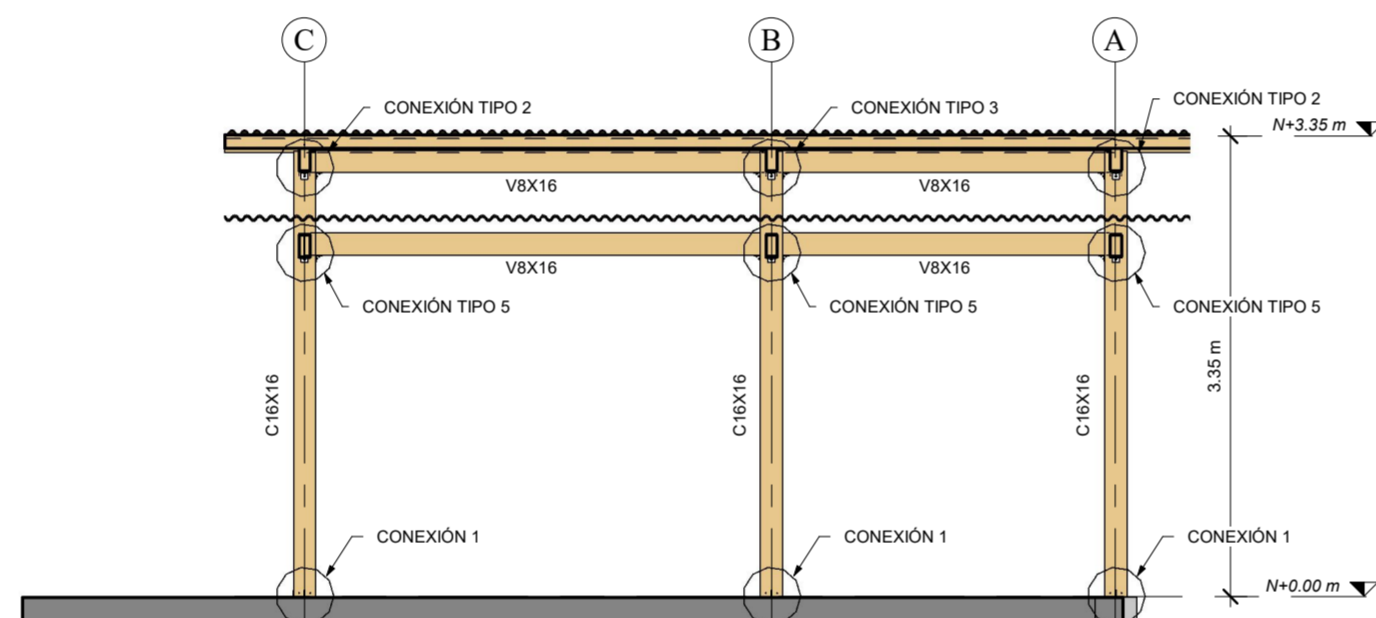


PLINTO TIPO P1
ESCALA 1:25

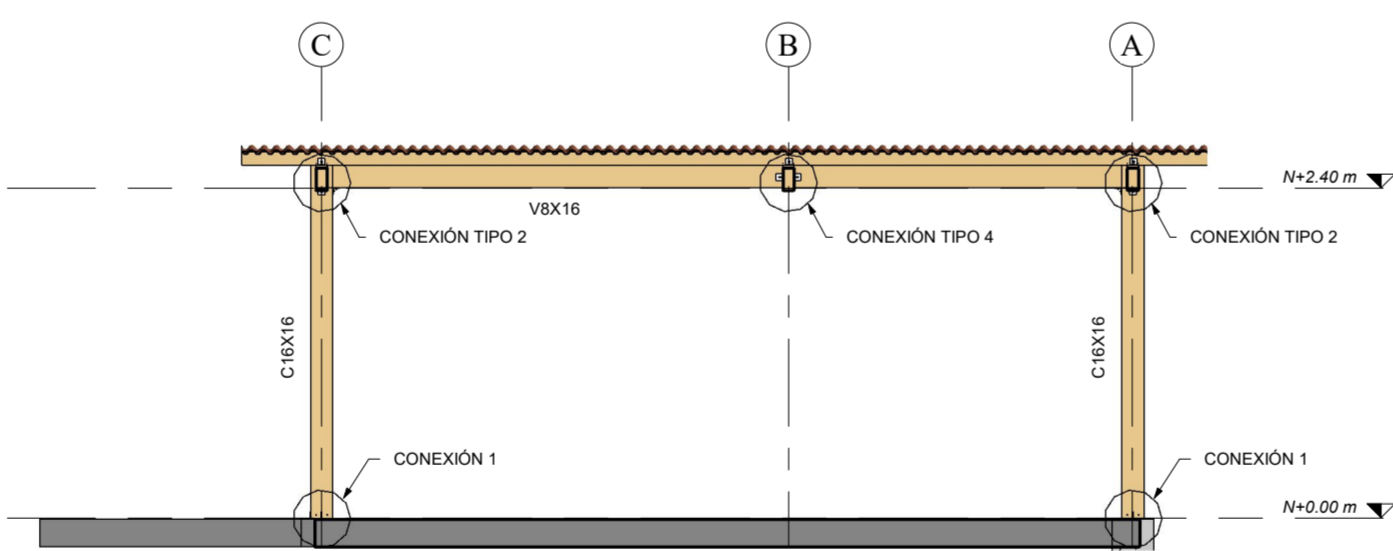
COLUMNA TIPO
ESCALA 1:10



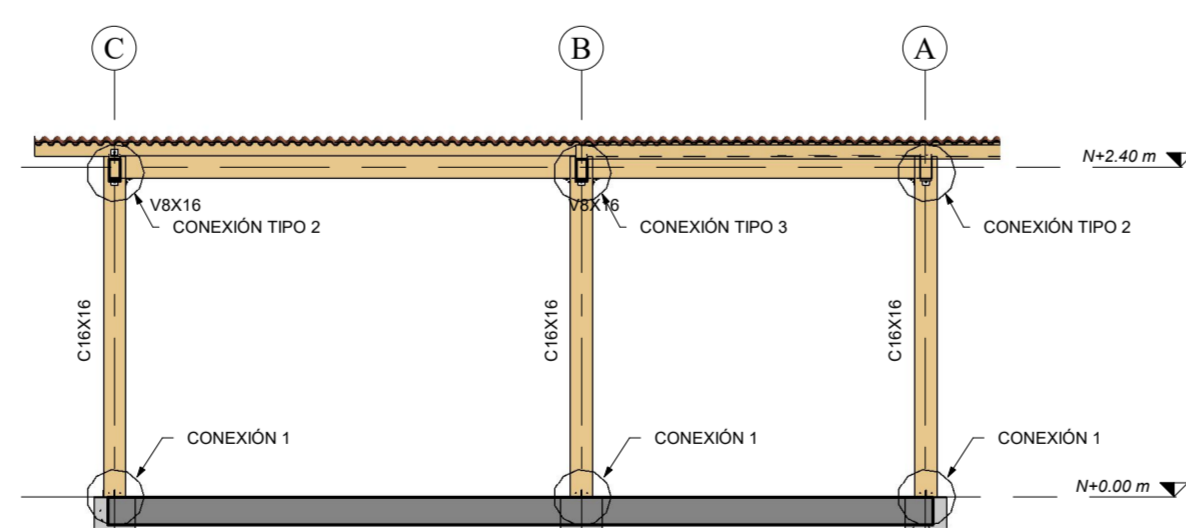
PÓRTICO EJE 5
ESCALA 1:50



PÓRTICO EJE 4
ESCALA 1:50



PÓRTICO EJE 3
ESCALA 1:50



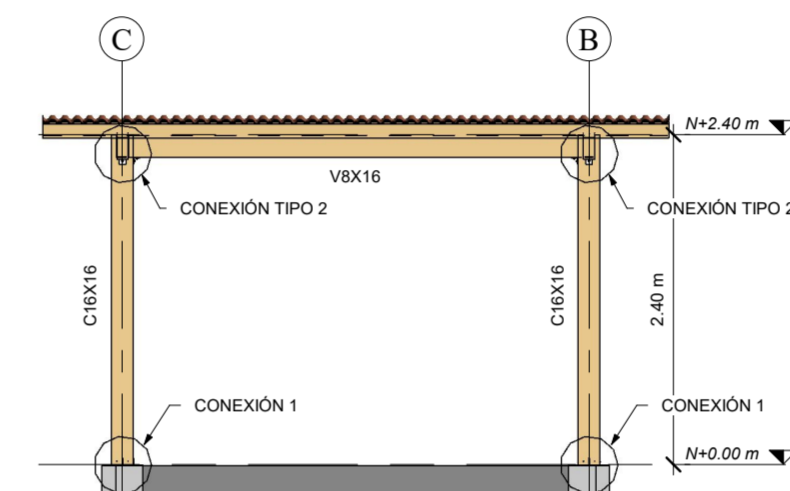
PÓRTICO EJE 2
ESCALA 1:50

PLANILLA DE HIERRO												
Mc	FORMA	Ø	Cant.	A	B	C	D	E	Long. de barra	Long. total	Peso (Kg)	
100	C	12 mm	130	150 mm	850 mm	150 mm	0 mm	0 mm	1.10 m	144.30 m	128.11	
101	L	12 mm	104	300 mm	1450 mm	0 mm	0 mm	1.75 m	1.75 m	179.50 m	159.74	
102	O	10 mm	182	0 mm	250 mm	250 mm	250 mm	250 mm	1.10 m	196.55 m	121.19	
			416								520.80 m	409.03

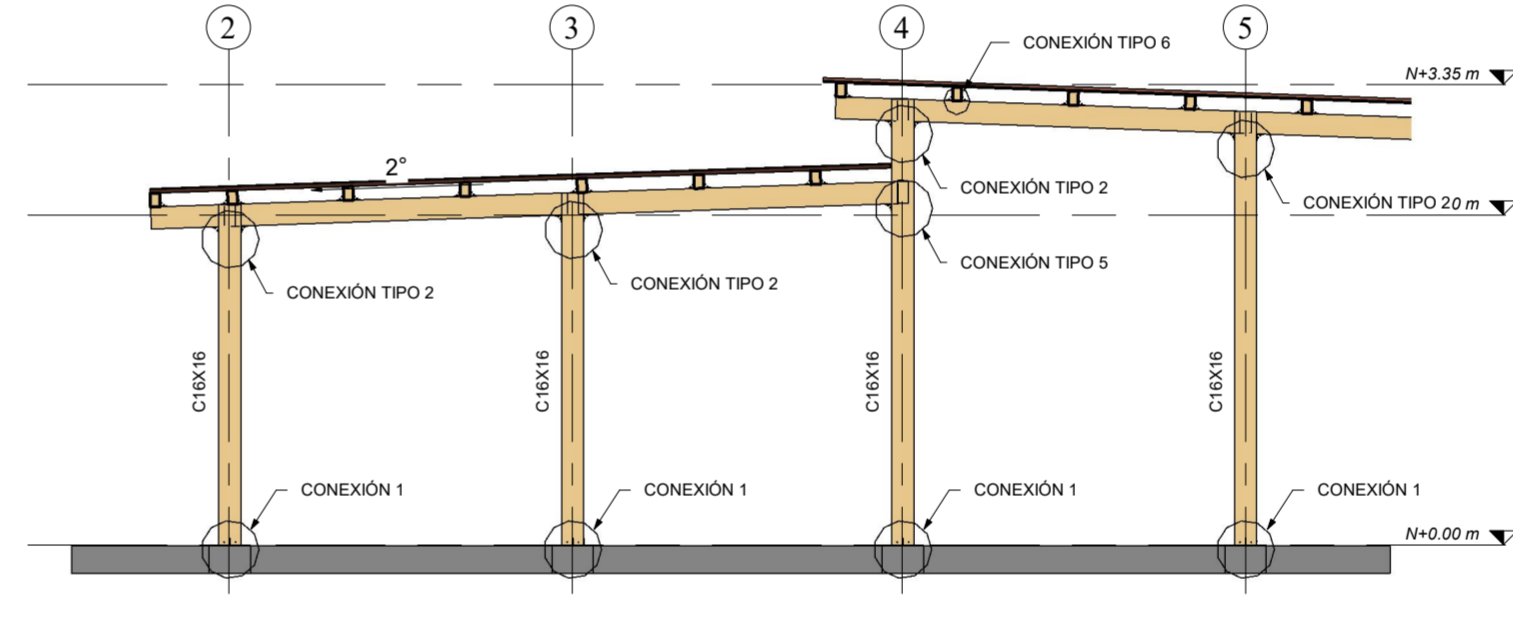
TABLA DE VIGAS			
TIPO	CANT.	NIVEL	LONGITUD
Principal	9	N+2.40	38.30 m
Principal	7	N+3.35	19.30 m
Secundarias	17	N+2.40	192.95 m

TABLA DE CIMENTACIONES					
TIPO	CANT.	h	b	e	VOLUMEN
P1	13	1.00 m	1.00 m	0.30 m	3.90 m³
					3.90 m³

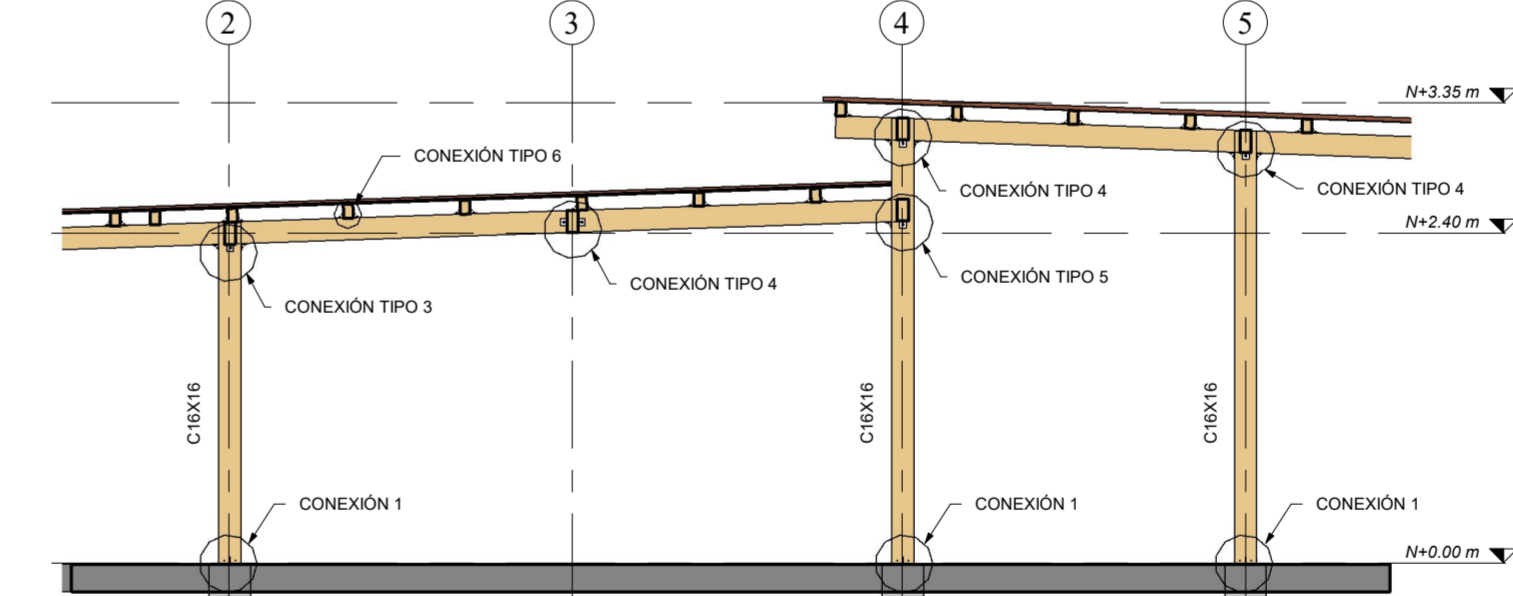
TABLA DE COLUMNAS					
TIPO	CANT.	MATERIAL	NIVEL BASE	LONG.	
C1	2	Madera	N+0.00	4.80 m	
C1.2	2	Madera	N+0.00	4.80 m	
C2	3	Madera	N+0.00	7.44 m	
C3	2	Madera	N+0.00	5.13 m	
C3.2	2	Madera	N+0.00	5.13 m	
C4	3	Madera	N+0.00	9.73 m	
C4.3	3	Madera	N+0.00	9.73 m	
C5	3	Madera	N+0.00	9.46 m	
C5.3	3	Madera	N+0.00	9.46 m	
Fuste: 13	13	Hormigón	N+0.00	15.60 m	
					15.60 m
					52.16 m



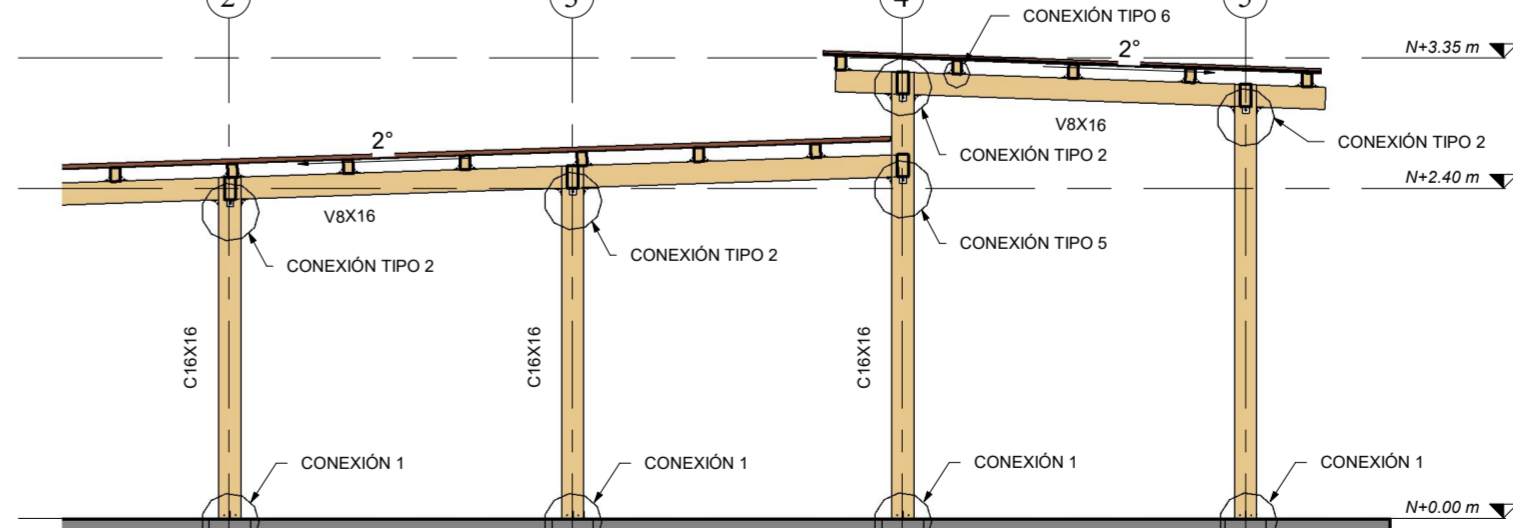
PÓRTICO EJE 1
ESCALA 1:50



PÓRTICO EJE A
ESCALA 1:50



PÓRTICO EJE B
ESCALA 1:50

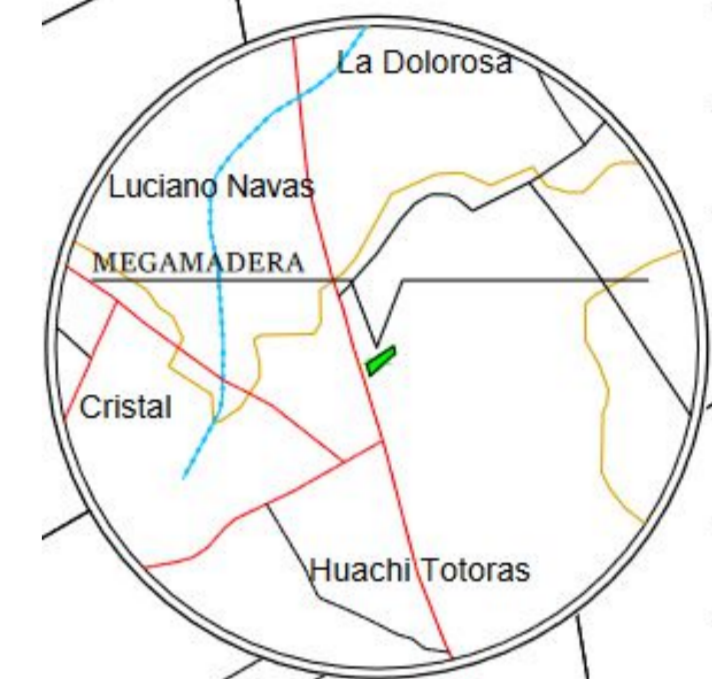


PÓRTICO EJE C
ESCALA 1:50

**UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO**
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



UBICACIÓN



LOTE DE PROYECTO

**PROYECTO EXPERIMENTAL:
"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES
FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA
ESTRUCTURAL ECUATORIANA Y
SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE
VIVIENDA SOCIAL"**

NOMBRE:
CYNTHIA ESTEFANÍA CRUZ SALINAS

TUTOR:
ING. Mg. Favio Portilla

CONTIENE:
PLANOS ESTRUCTURALES

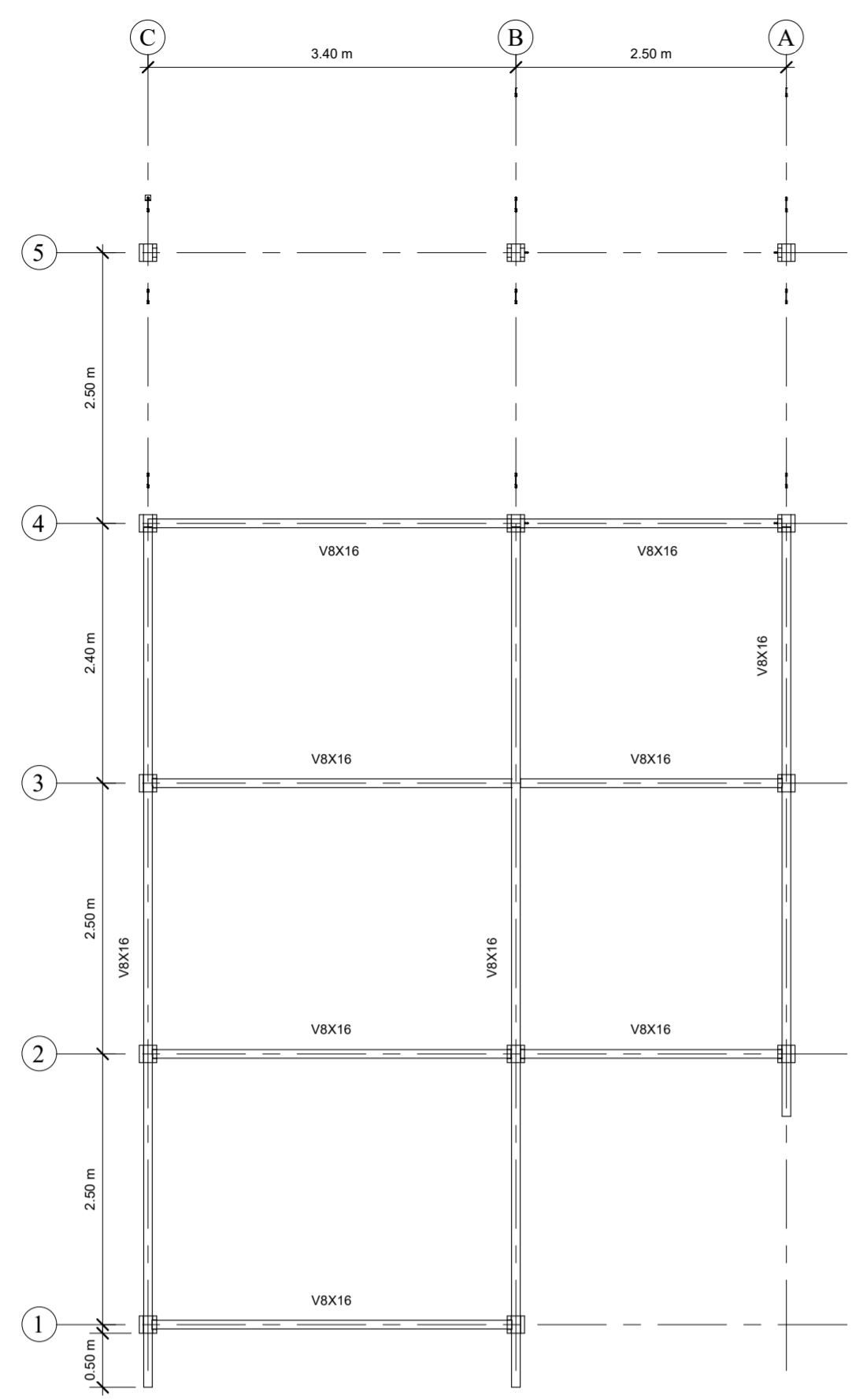
FECHA:
20/07/2022

ESCALA:
INDICADAS

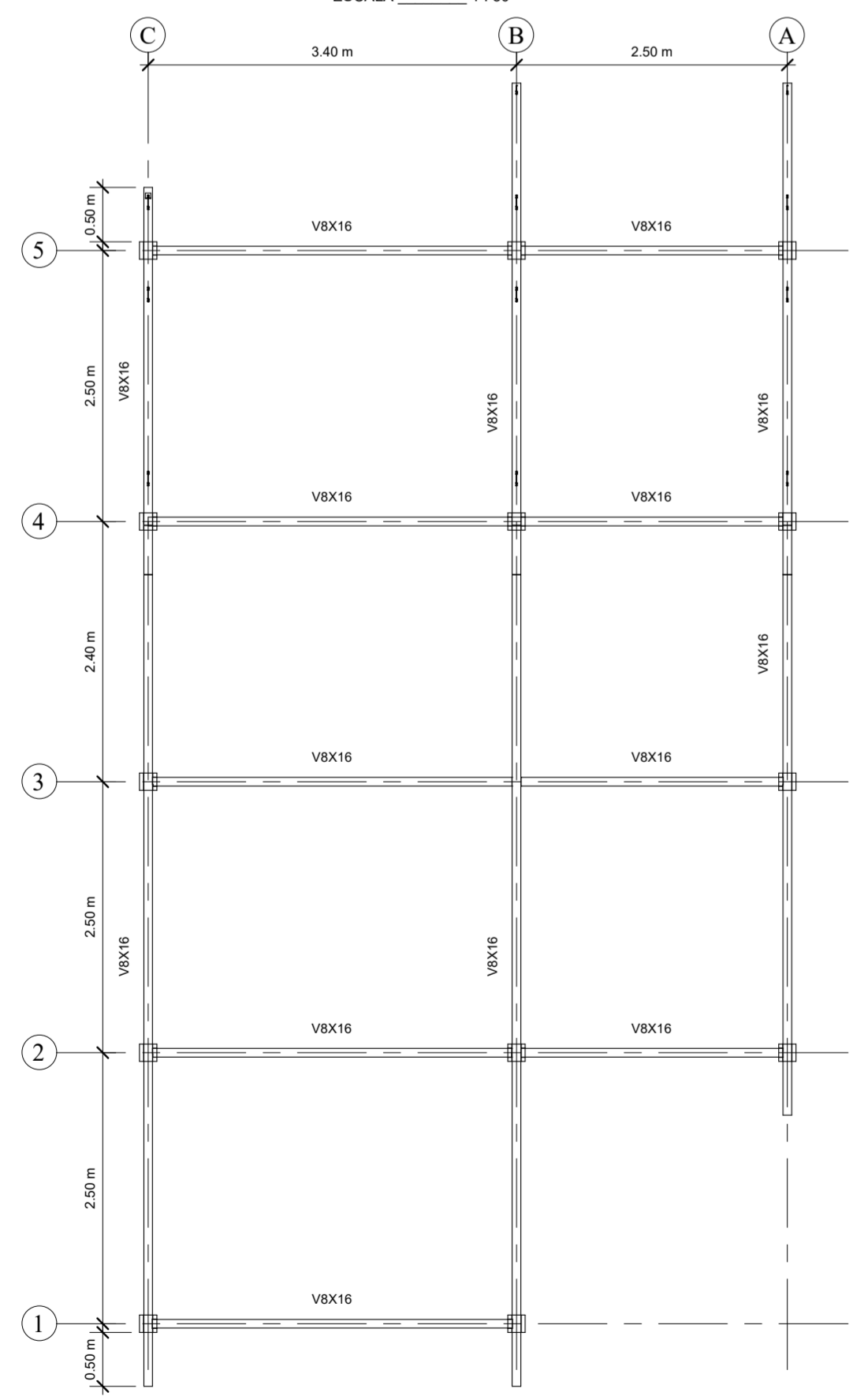
DISEÑO:

APROBÓ:

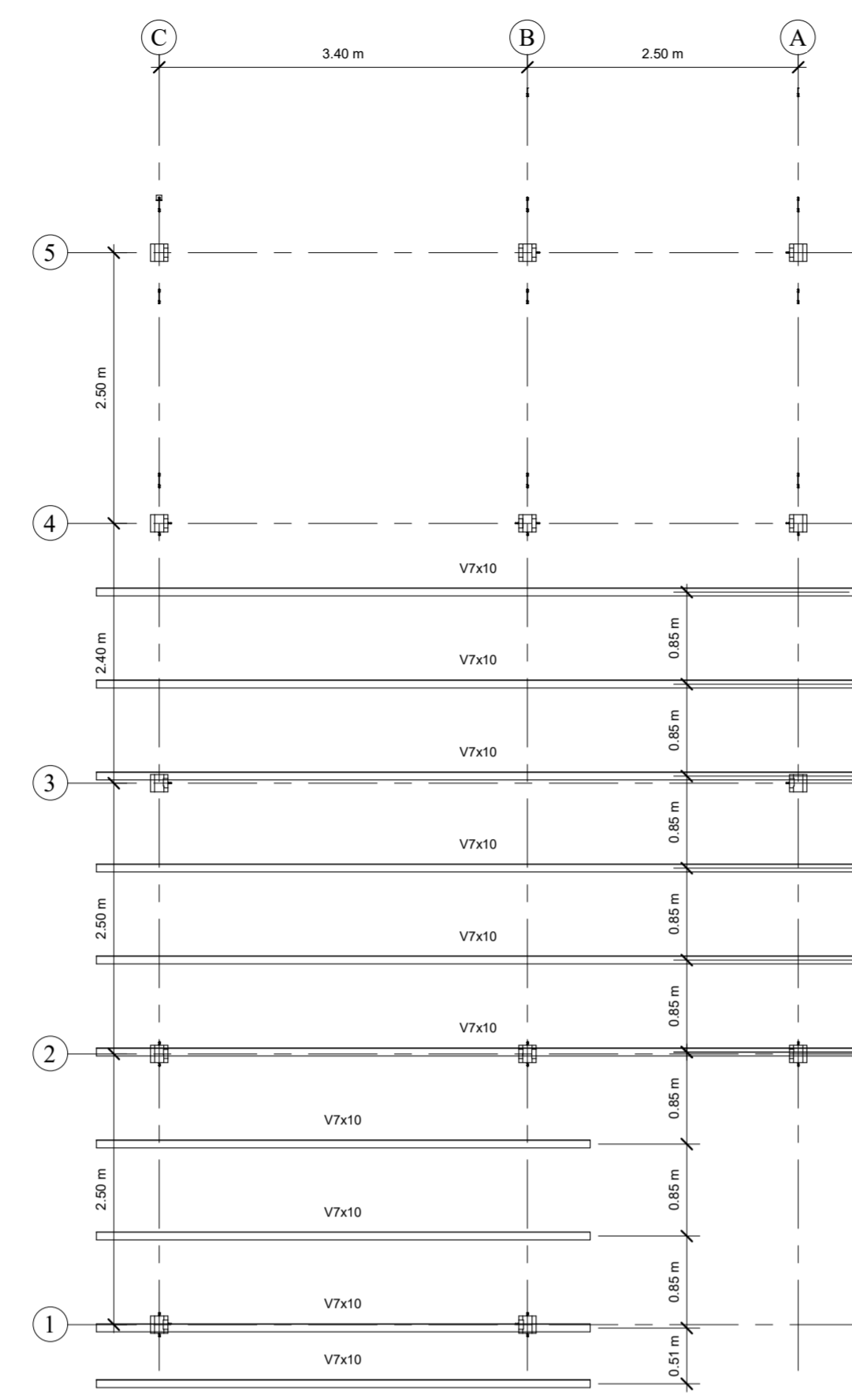
SELLOS:



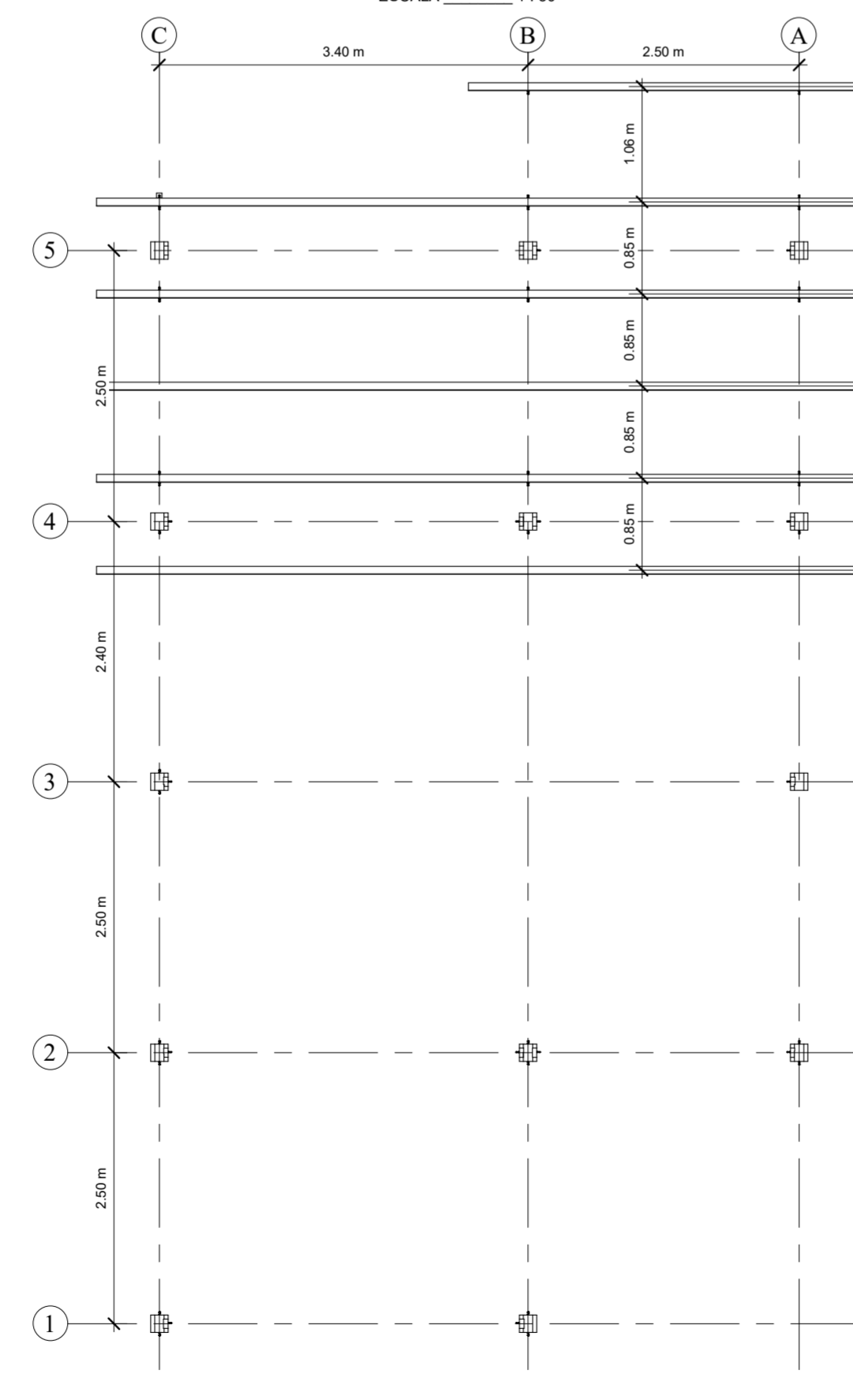
VIGAS PRINCIPALES N+2.40
ESCALA 1:50



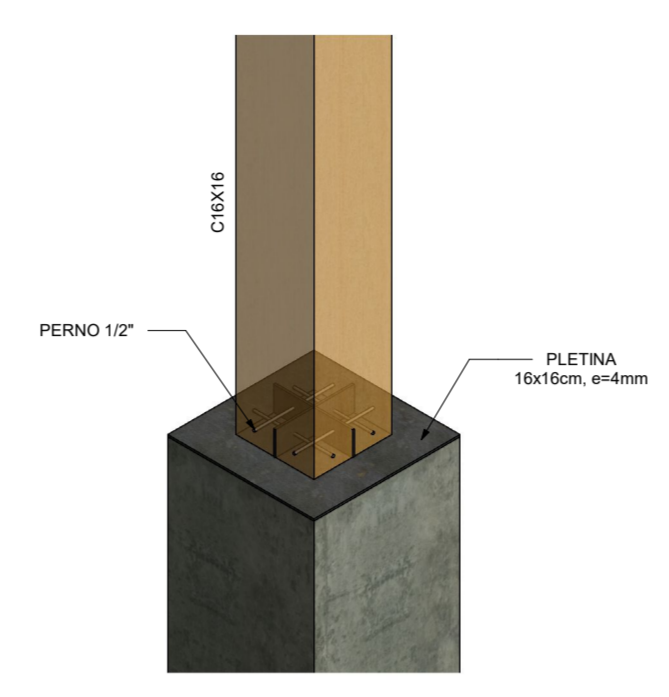
VIGAS PRINCIPALES N+3.35
ESCALA 1:50



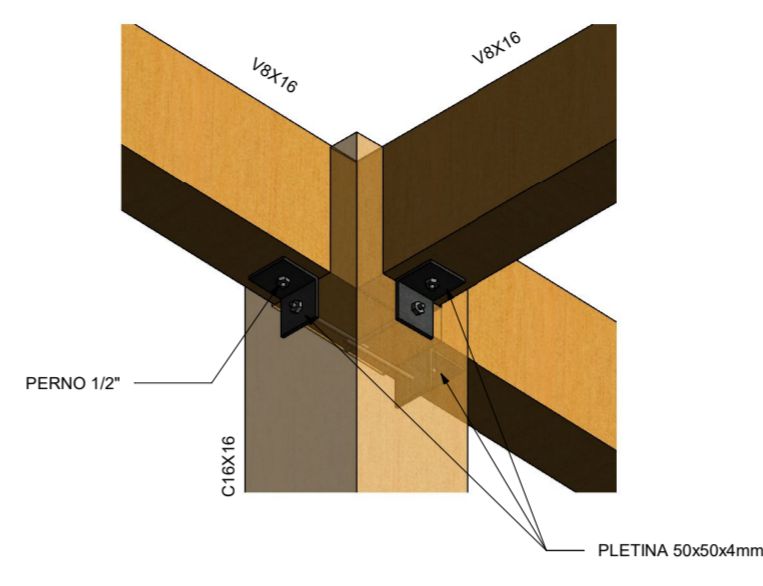
VIGAS SECUNDARIAS N+2.40
ESCALA 1:50



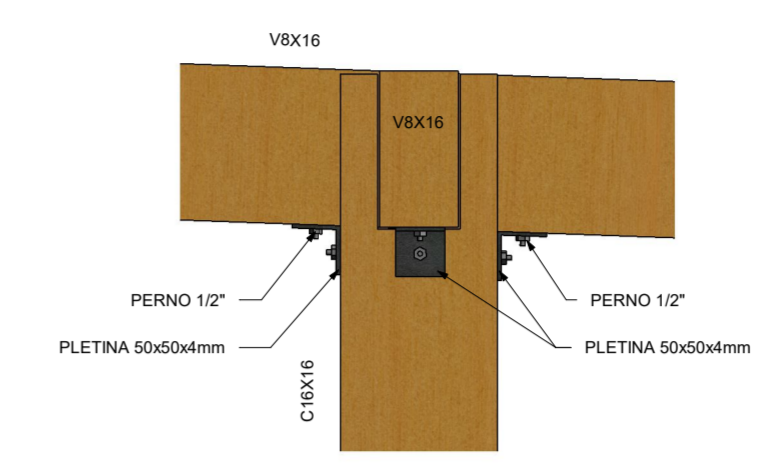
VIGAS SECUNDARIAS N+3.35
ESCALA 1:50



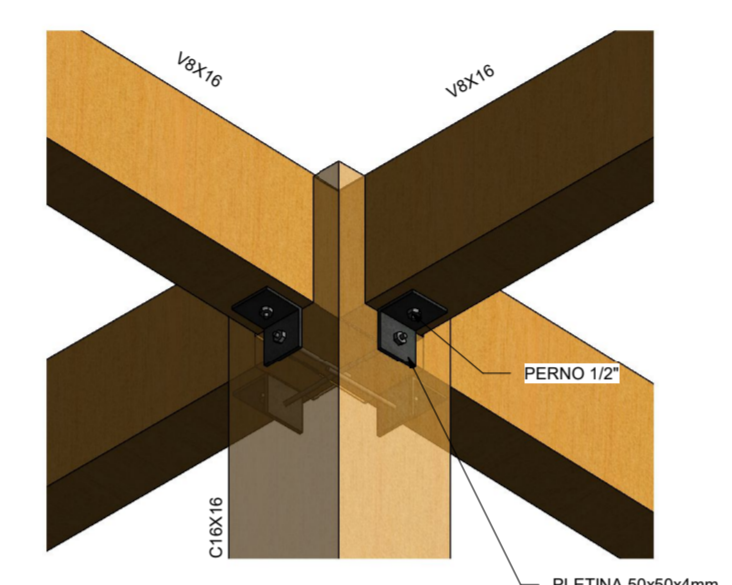
CONEXIÓN TIPO 1
ESCALA _____



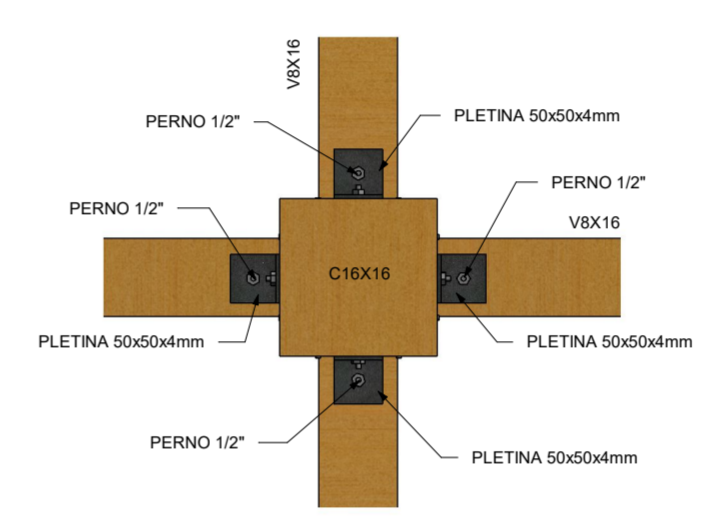
CONEXIÓN TIPO 2
ESCALA _____



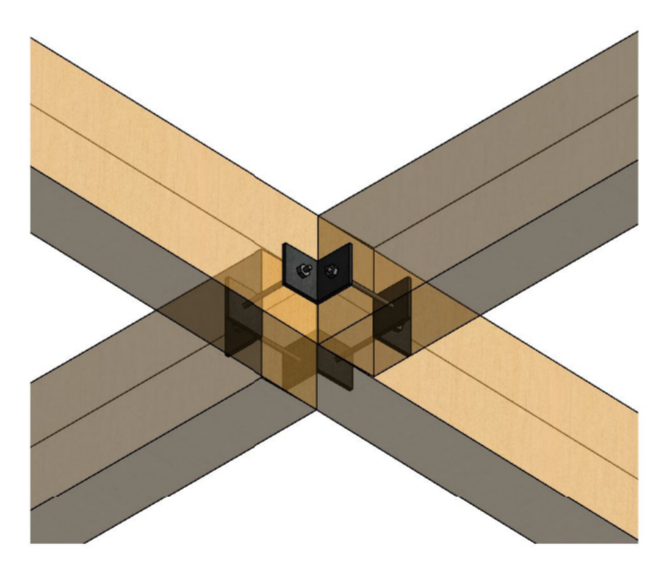
CONEXIÓN TIPO 2 LATERAL
ESCALA _____



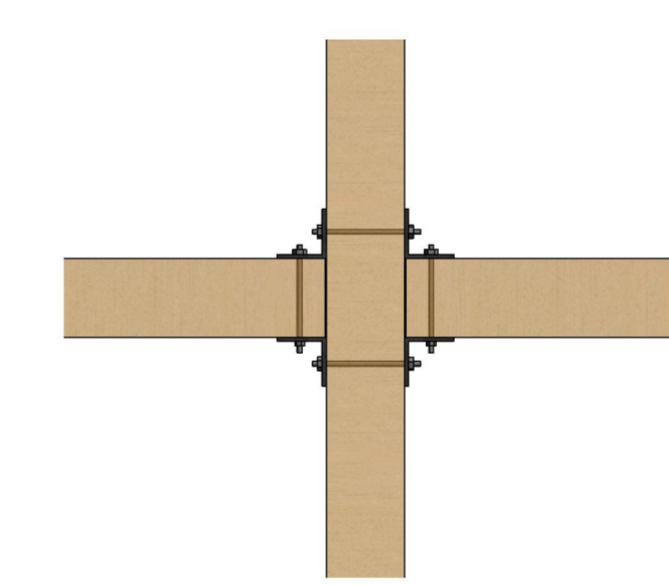
CONEXIÓN TIPO 3
ESCALA _____



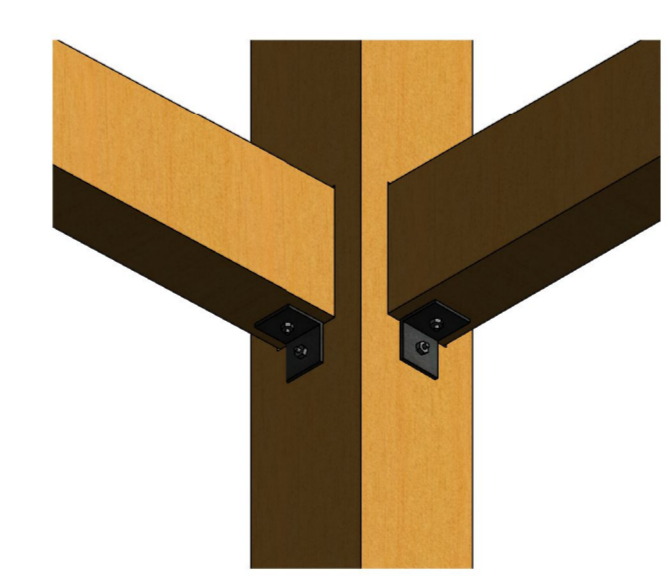
CONEXIÓN TIPO 3 VISTA INFERIOR
ESCALA _____



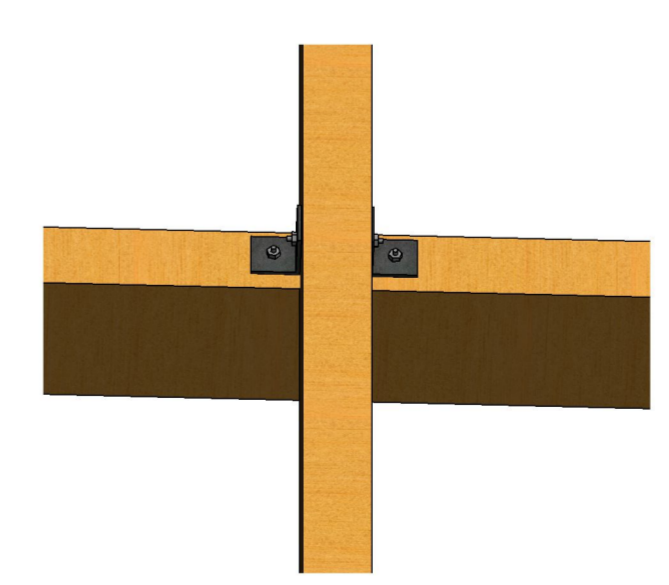
CONEXIÓN TIPO 4
ESCALA _____



CONEXIÓN TIPO 4 VISTA INFERIOR
ESCALA _____

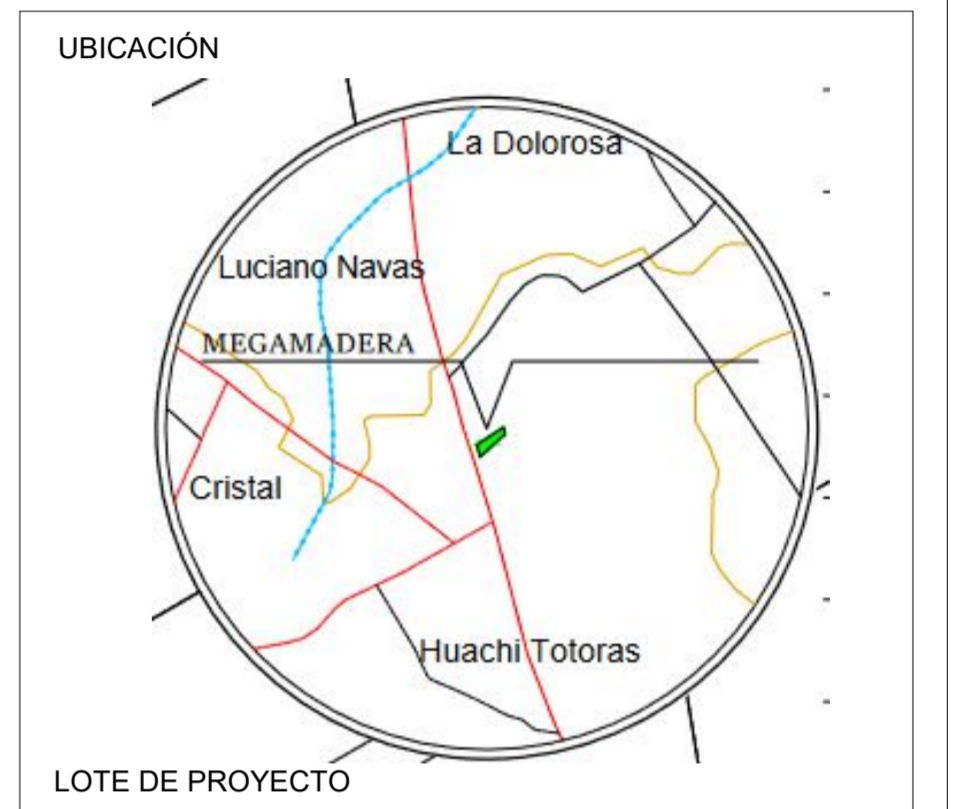


CONEXIÓN TIPO 5
ESCALA _____



CONEXIÓN TIPO 6
ESCALA _____

**UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO**
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**PROYECTO EXPERIMENTAL:
"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES
FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA
ESTRUCTURAL ECUATORIANA Y
SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE
VIVIENDA SOCIAL"**

NOMBRE:
CYNTHIA ESTEFANÍA CRUZ SALINAS

TUTOR:
ING. Mg. Favio Portilla

CONTIENE:
PLANOS ESTRUCTURALES

FECHA:
20/07/2022

ESCALA:
INDICADAS

DISEÑO:

APROBÓ:

SELLOS: