

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA
MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS,
CHOTA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES

Asesor: JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO

Chota – Perú

2021



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Silva Gonzáles Luis Enrique

Código del alumno: 2015051044

Correo electrónico: luisenriquesilva97@gmail.com

Teléfono: 976408265

DNI: 74698134

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO. LAJAS. CHOTA

5. FACULTAD DE: Ingeniería

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: Ingeniería civil

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Silva Tarrillo José Luis

Correo electrónico: jlsilvat@unach.edu.pe

Teléfono: 979006832

D.N.I: 46412746

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA: SILVA GONZÁLES LUIS ENRIQUE

DNI: 74698134

Fecha, 28/12/2021

Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera Polylepis

Multijuga, Olmos Alto, Lajas, Chota

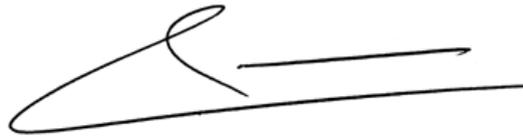
POR:

LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de**

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Mg. Ing. Willi Taipe Florez

PRESIDENTE



Mg. Ing. Jane Elizabeth Álvarez Llanos

SECRETARIO



Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez

VOCAL

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, ser misericordioso que día a día nos cuida, protege y llena con su infinito amor, sin ti nada sería posible, gracias por darme la sabiduría y fuerza necesaria para lograr esta meta académica.

A mi asesor el Ing. José Luis Silva Tarrillo, gracias por sus orientaciones, sugerencias y correcciones, gracias a todo su apoyo hoy puedo presentar esta investigación, que espero sea de beneficio para la población en general.

A la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, gracias por su apoyo en el proceso de recolección de muestras (árboles de la madera *Polylepis Multijuga*), es grato saber que hay personas interesadas en la investigación científica.

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada los miembros de mi familia que siempre creyeron en mí y me apoyaron en el cumplimiento de mis metas: A mi papa Moisés Silva Mego, a mi mamá María Clemencia Gonzáles Coronel, a mis hermanos Mery y Diego Silva González, y de manera especial a mi primo Stalin González González aunque Dios te haya llamado a su presencia, siempre estarás en nuestros corazones y tu ejemplo de lucha constante quedará arraigada en mi alma.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación del problema.....	20
1.3. Justificación e importancia	21
1.4. Delimitación de la investigación	22
1.5. Objetivos.....	22
1.5.1. Objetivo general	22
1.5.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes de la investigación	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	26
2.1.3. Antecedentes regionales	30
2.2. Marco teórico	31
2.2.1. Polylepis	31
2.2.2. Polylepis Multijuga	33
2.2.3. Árbol.....	35
2.2.4. Madera	36
2.2.5. Propiedades físicas de la madera	39
2.2.6. Propiedades mecánicas de la madera.....	40
2.2.7. Esfuerzos admisibles en la madera	42
2.2.8. Agrupamiento de la madera (Norma E.010)	45
2.2.9. Usos de la madera como material de construcción.....	46
2.3. Definición de términos	47

CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	48
3.1. Hipótesis	48
3.2. Variables.....	48
3.2.1. Variable independiente	48
3.2.2. Variable dependiente	48
3.3. Operacionalización de variables	48
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO	50
4.1. Ubicación geográfica del estudio	50
4.2. Unidad de análisis, población y muestra	51
4.2.1. Población	51
4.2.2. Muestra	52
4.2.3. Unidad de análisis.....	54
4.2.4. Unidad de observación	54
4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación	54
4.3.1. Tipo de investigación	54
4.3.2. Diseño de investigación.....	55
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
4.4.1. Técnicas	57
4.4.2. Instrumentos	57
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	58
4.5.1. Muestreo y acondicionamiento de madera	58
4.5.2. Ensayos en madera	59
4.5.3. Técnicas para el procesamiento de la información.....	67
4.5.4. Técnicas para el análisis de la información	67
4.6. Matriz de consistencia metodológica	67
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
5.1. Presentación de resultados.....	68
5.1.1. Contenido de humedad de la madera Polyleps Multijuga de la comunidad Olmos Alto	68

5.1.2. Resistencia a la compresión paralela de la madera Polylepsis Multijuga de la comunidad Olmos Alto.....	70
5.1.3. Resistencia a la compresión perpendicular de la madera Polylepsis Multijuga de la comunidad Olmos Alto	74
5.1.4. Resistencia a la flexión de la madera Polylepsis Multijuga de la comunidad Olmos Alto	78
5.1.5. Tensión paralela a la fibra de la madera Polylepsis Multijuga de la comunidad Olmos Alto	80
5.1.6. Tensión perpendicular a la fibra de la madera Polylepsis Multijuga de la comunidad Olmos Alto.....	83
5.1.7. Cizallamiento paralelo al grano de la madera Polylepsis Multijuga de la comunidad Olmos Alto.....	85
5.1.8. Esfuerzos admisibles de la madera Polylepsis Multijuga (quinua) de la comunidad Olmos Alto, Lajas.	87
5.1.9. Clasificación la madera Polylepsis Multijuga (quinua), según la norma E.010	91
5.2. Análisis, interpretación y discusión.....	97
5.2.1. Propiedades mecánicas de la madera Polylepsis Multijuga de la comunidad Olmos Alto, Lajas.....	97
5.2.2. Esfuerzos admisibles de la madera Polylepsis Multijuga (quinua) de la comunidad Olmos Alto, Lajas.	99
5.2.3. Clasificación de la madera Polylepsis Multijuga (quinua) según la norma E.010	101
5.3. Contrastación de hipótesis	103
CAPÍTULO VI. PROPUESTA	109
6.1. Formulación de la propuesta para la solución del problema	109
6.2. Beneficios que aporta la propuesta	117
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

ANEXOS	128
Anexo N° 1. Matriz de consistencia	128
Anexo N° 2. Panel fotográfico	129
Anexo N° 3. Ensayos en la UNACH.....	134
Anexo N° 4. Ensayos en SEGEMA	142
Anexo N° 5. Ensayos en la Universidad Nacional de Trujillo	147
Anexo N° 6. Documentación.....	172
Anexo N° 7. Diseño de una vivienda dual con techo de madera	176
Anexo N° 8. Planos de la vivienda modelada	207

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riqueza de especies del género <i>Polylepis</i> , en los departamentos de Perú	32
Tabla 2. Lista de las especies de <i>Polylepis</i> reportadas para el Perú, con rangos altitudinales, distribución departamental	32
Tabla 3. Coeficientes considerados para la determinación de los esfuerzos admisibles según la norma E.010	44
Tabla 4. Densidad básica para los grupos A, B y C	45
Tabla 5. Módulo de elasticidad para los grupos A, B y C	45
Tabla 6. Esfuerzos admisibles para los grupos A, B y C	45
Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables en estudio	49
Tabla 8. Muestra no probabilística para ensayos en madera	52
Tabla 9. Tipo de investigación según los principales criterios	55
Tabla 10. Cuadro de técnicas e instrumentos de recojo de datos	58
Tabla 11. Valores del contenido de humedad de las probetas de madera <i>Polylepis</i> Multijuga ensayadas	69
Tabla 12. Carga (kg) – deformación de las probetas de madera sometidas a compresión paralela al grano	71
Tabla 13. Compresión paralela al grano (kg/cm ²) de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga de la comunidad Olmos Alto	74
Tabla 14. Carga – deformación de las probetas de madera sometidas a compresión perpendicular al grano	75
Tabla 15. Compresión perpendicular al grano (kg/cm ²) de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga de la comunidad Olmos Alto	78
Tabla 16. Flexión estática (kg/cm ²) de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga de la comunidad Olmos Alto	79
Tabla 17. Tensión paralela a la fibra (kg/cm ²) de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga de la comunidad Olmos Alto	82
Tabla 18. Tensión perpendicular a la fibra (kg/cm ²) de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga de la comunidad Olmos Alto	84
Tabla 19. Cizallamiento paralelo al grano (kg/cm ²) de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga de la comunidad Olmos Alto	86
Tabla 20. Esfuerzos admisibles a flexión de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga	87
Tabla 21. Esfuerzos admisibles a tracción paralela de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga	88
Tabla 22. Esfuerzos admisibles a compresión paralela de la madera <i>Polylepis</i> Multijuga	89

Tabla 23. Esfuerzos admisibles a compresión perpendicular de la madera Polylepis Multijuga	89
Tabla 24. Esfuerzos admisibles a corte paralelo de la madera Polylepis Multijuga.....	90
Tabla 25. Propiedades mecánicas de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto	98
Tabla 26. Esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto	100
Tabla 27. Clasificación de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto.....	102
Tabla 28. Datos de esfuerzos admisibles para el análisis estadístico ANOVA.....	104
Tabla 29. Análisis de varianza en software Minitab 19, para el grupo A	105
Tabla 30. Análisis de varianza en software Minitab 19, para el grupo B.....	105
Tabla 31. Análisis de varianza en software Minitab 19, para el grupo C.....	105
Tabla 32. Resumen de los modelos estadísticos para el grupo A.....	106
Tabla 33. Resumen de los modelos estadísticos para el grupo B	106
Tabla 34. Resumen de los modelos estadísticos para el grupo C	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comercio de madera del Perú (Millones US\$)	17
Figura 2. Comparativo de las exportaciones de los principales rubros del sector maderas	18
Figura 3. Consumo de productos maderables en el Perú	19
Figura 4. Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores Perú, 2017.....	20
Figura 5. (A)Localidades con P. Multijuga y (B) Distribución potencial	31
Figura 6. Polylepis multijuga	34
Figura 7. Anatomía de un árbol.....	35
Figura 8. Estructura de la madera	36
Figura 9. Procesamiento industrial primario para la madera.....	37
Figura 10. Flujograma de la madera	38
Figura 11. Forma de obtener muestras para la determinación de las propiedades físicas.....	39
Figura 12. Ubicación de la comunidad Olmos Alto, Lajas	50
Figura 13. Comunidad Olmos Alto, Lajas	51
Figura 14. Ubicación del bosque de Polylepis Multijuga, a 3.10 km de la comunidad Olmos Alto	51
Figura 15. Bosque de Polylepis Multijuga en la comunidad Olmos Alto, Lajas	53
Figura 16. Selección de árboles del bosque de Polylepis Multijuga en la comunidad Olmos Alto	53
Figura 17. Diseño de investigación: descriptivo simple	56
Figura 18. Contenido de humedad de las probetas de madera a partir del ensayo de flexión, tensión y cizallamiento.....	68
Figura 19. Curvas carga – deformación para probetas de madera sometidas a compresión paralela al grano o carga axial	71
Figura 20. Curva esfuerzo – deformación para probetas sometidas a compresión paralela al grano	72
Figura 21. Resistencia máxima a compresión paralela (kg/cm ²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto.....	72
Figura 22. Módulo de elasticidad a compresión paralela (kg/cm ²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto.....	73
Figura 23. Esfuerzo de las fibras al límite proporcional a compresión paralela (kg/cm ²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto	73
Figura 24. Curvas carga – deformación para probetas de madera sometidas a compresión perpendicular al grano.....	76

Figura 25. Resistencia máxima a compresión perpendicular al grano de la madera Polylepis Multijuga.....	76
Figura 26. Esfuerzo a las fibras al límite proporcional a compresión perpendicular de la madera Polylepis Multijuga	77
Figura 27. Resistencia máxima a flexión estática de la madera Polylepis Multijuga	79
Figura 28. Curva esfuerzo – deformación.....	80
Figura 29. Curva esfuerzo – deformación para probetas sometidas a tensión paralela a la fibra	81
Figura 30. Resistencia máxima a tensión paralela a la fibra de la madera Polylepis Multijuga	82
Figura 31. Resistencia máxima a tensión perpendicular a la fibra de la madera Polylepis Multijuga.....	84
Figura 32. Cizallamiento paralelo al grano de la madera Polylepis Multijuga	86
Figura 33. Esfuerzos admisibles a flexión de la madera Polylepis Multijuga	88
Figura 34. Esfuerzos admisibles a tracción paralela de la madera Polylepis Multijuga	88
Figura 35. Esfuerzos admisibles a compresión paralela de la madera Polylepis Multijuga.....	89
Figura 36. Esfuerzos admisibles a compresión perpendicular de la madera Polylepis Multijuga	90
Figura 37. Esfuerzos admisibles a corte paralelo de la madera Polylepis Multijuga	90
Figura 38. Vista de la sección transversal y longitudinal de la madera Polylepis Multijuga....	91
Figura 39. Densidad básica de la madera Polylepis Multijuga	93
Figura 40. Módulo de elasticidad de la madera Polylepis Multijuga.....	93
Figura 41. Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo a flexión.....	94
Figura 42. Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo a compresión perpendicular.....	94
Figura 43. Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo al corte paralelo	95
Figura 44. Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo a tracción paralela	95
Figura 45. Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo a compresión paralela	96
Figura 46. Árboles de la especie Polylepis Multijuga, en la comunidad Olmos Alto.....	96
Figura 47. Propiedades mecánicas de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto.....	98
Figura 48. Esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto	100
Figura 49. Clasificación de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto	102
Figura 50. Gráfica de residuos para esfuerzos admisibles (kg/cm ²), grupo A.....	107
Figura 51. Gráfica de residuos para esfuerzos admisibles (kg/cm ²), grupo B.....	107

Figura 52. Gráfica de residuos para esfuerzos admisibles (kg/cm ²), grupo C.....	108
Figura 53. Vista de la primera planta.....	109
Figura 54. Vista de la segunda planta.....	110
Figura 55. Vista en planta de correas.....	112
Figura 56. Dimensiones de la armadura.....	113
Figura 57. Cargas concentradas en la armadura.....	114
Figura 58. Sección de las barras.....	115
Figura 59. Modos de vibración.....	116
Figura 60. Isométrico de la vivienda.....	116

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Contenido de humedad	39
Ecuación 2. Módulo de elasticidad a flexión	40
Ecuación 3. Módulo de rotura a flexión	40
Ecuación 4. Compresión axial.....	41
Ecuación 5. Resistencia de la compresión perpendicular a las fibras	41
Ecuación 6. Ecuación general de esfuerzos admisibles modificados según Curbelo (2010)	42
Ecuación 7. Ecuación para esfuerzos admisibles a flexión modificados	42
Ecuación 8. Ecuación para esfuerzos admisibles a tracción paralela modificados	43
Ecuación 9. Ecuación para esfuerzos admisibles a cortante paralelo modificados	43
Ecuación 10. Ecuación para esfuerzos admisibles a compresión perpendicular modificados	43
Ecuación 11. Ecuación para esfuerzos admisibles a compresión paralelo modificados	43
Ecuación 12. Ecuación para el módulo de elasticidad longitudinal modificado	43
Ecuación 13. Ecuación general para determinar los esfuerzos admisibles según la norma E.010	44
Ecuación 14. Cálculo del contenido de humedad por el método A.....	60
Ecuación 15. Cálculo del contenido de humedad por el método B.....	60
Ecuación 16. Cálculo de la resistencia al cizallamiento para obtener el módulo de rotura.....	61
Ecuación 17. Cálculo del esfuerzo al límite proporcional.....	62
Ecuación 18. Cálculo de la resistencia máxima por compresión axial.....	62
Ecuación 19. Cálculo del módulo de elasticidad.....	62
Ecuación 20. Esfuerzo límite proporcional	63
Ecuación 21. Cálculo de la resistencia a flexión (fm)	64
Ecuación 22. Cálculo del esfuerzo de la fibra al límite proporcional (ELP).....	64
Ecuación 23. Cálculo del módulo de ruptura (MOR)	64
Ecuación 24. Cálculo del módulo de elasticidad (MOE)	64
Ecuación 25. Cálculo del módulo de elasticidad MOE.....	65
Ecuación 26. Cálculo del módulo de ruptura MOR	65
Ecuación 27. Cálculo del esfuerzo de tracción (ET)	66

RESUMEN

La madera es uno de los recursos naturales, que mayores beneficios tiene en el diseño estructural de viviendas ecológicas. Con la investigación se clasificó la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) de la comunidad Olmos Alto de Lajas, en el grupo A, B o C según la norma E.010, para garantizar su uso estructural en la provincia de Chota. La muestra estuvo conformada por 5 árboles de 10 años de edad de la especie forestal nativa *Polylepis Multijuga*, las cuales se cortaron en trozas, viguetas y probetas como específica la NTP 251.008, ensayando las muestras en estado verde. La resistencia a flexión, tensión paralela, tensión perpendicular, compresión paralela, compresión perpendicular y cizallamiento de la madera asciende a 338.54, 105.79, 47.06, 194.36, 116.15 y 70.40 kg/cm². Estos valores se multiplicaron y/o dividieron por los factores de corrección por calidad, tamaño, seguridad y duración de carga obteniendo los esfuerzos admisibles a flexión, tracción paralela, compresión paralela, compresión perpendicular y corte paralelo equivalentes a 105.98, 66.12, 97.18, 72.60 y 17.60 kg/cm²; así mismo, la densidad básica promedio y el módulo de elasticidad promedio de la madera *Polylepis Multijuga* ascienden a valores de 0.51 gr/cm³ y 90030 kg/cm², por lo que se concluyó que esta especie forestal, se clasifica en el grupo C según la norma E.010 (MVCS, 2021). Finalmente, se modeló en ETABS 2018, una vivienda típica dual con techo de viguetas de madera *Polylepis Multijuga*, verificando que cumple con los modos de vibración y desplazamientos admisibles, para su aplicación estructural en Chota.

Palabras clave: Compresión, flexión, tensión, cizallamiento, contenido de humedad, madera verde.

ABSTRACT

Wood is one of the natural resources with the greatest benefits in the structural design of ecological housing. The research classified the *Polylepis Multijuga* (quinoa) wood from the Olmos Alto de Lajas community into groups A, B or C according to standard E.010, in order to guarantee its structural use in the province of Chota. The sample consisted of 5 trees 10 years old of the native forest species *Polylepis Multijuga*, which were cut into logs, beams and specimens as specified in NTP 251.008, testing the samples in the green state. The bending, parallel tension, perpendicular tension, parallel compression, perpendicular compression and shear strength of the wood amounted to 338.54, 105.79, 47.06, 194.36, 116.15 and 70.40 kg/cm². These values were multiplied and/or divided by the correction factors for quality, size, safety and load duration obtaining the allowable stresses in bending, parallel tension, parallel compression, perpendicular compression and parallel shear equivalent to 105.98, 66.12, 97.18, 72.60 and 17.60 kg/cm²; likewise, the average basic density and the average modulus of elasticity of *Polylepis Multijuga* wood amount to values of 0.51 gr/cm³ and 90030 kg/cm², so it was concluded that this forest species is classified in group C according to the E.010 standard (MVCS, 2021). (MVCS, 2021). Finally, a typical dual-roof dwelling with a *Polylepis Multijuga* wood joist roof was modeled in ETABS 2018, verifying that it complies with the allowable vibration modes and displacements, for its structural application in Chota.

Key words: compression, bending, tension, shear, moisture content, green wood.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Desde la antigüedad la madera ha constituido una de las principales materias primas en el desarrollo de la vida del hombre (Peña, 2019). En la actualidad, la tendencia mundial está orientada a la utilización industrial de la madera forestal (Chumbimune, 2017), pero en el momento de determinar su uso en la industria de la construcción el conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de la madera juega un rol importante (Fernandez et.al., 2019). Debido a que es cierto que los edificios con armazón de madera funcionan relativamente bien durante los terremotos (Migda, Szczepański & Jankowski, 2019), pero la calidad de la madera presenta variabilidad de una o más de sus características, entre sitios distintos, por lo que es de vital su análisis local para obtener una mejor ventaja estructural (Omonte et al., 2020).

Figura 1.

Comercio de madera del Perú (Millones US\$)

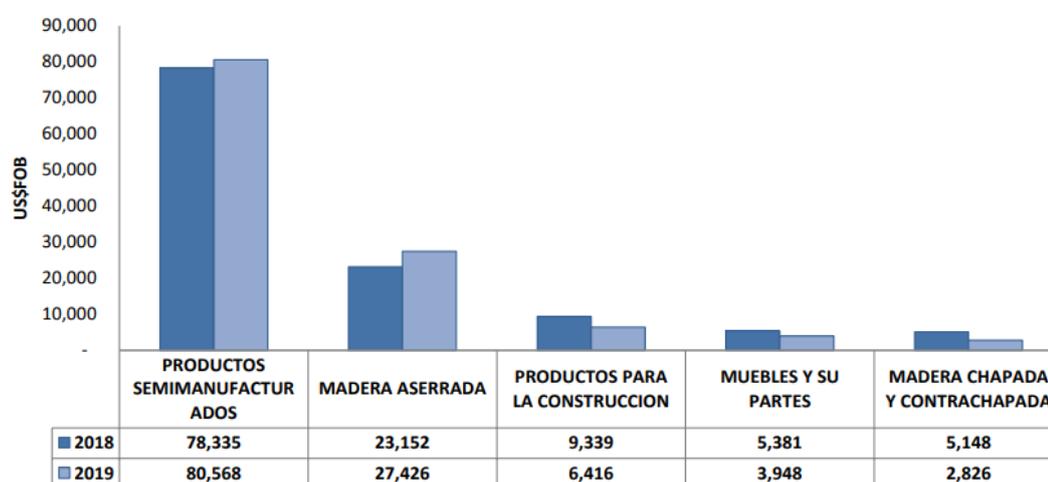


Nota: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR, 2018).

La industria maderera en el Perú se caracteriza por tener mayor número de importaciones que exportaciones (MINCETUR, 2018), a pesar de ser uno de los principales países productores de madera (Ministerio de la Producción, 2017, p. 18). Las exportaciones madereras peruanas, generalmente se basan en productos semi manufacturados, lo que lleva a que se terminen importando los productos madereros manufacturados (ADEX, 2020) que casi siempre son utilizados en el rubro de la construcción (FAO, 2018).

Figura 2.

Comparativo de las exportaciones de los principales rubros del sector maderas

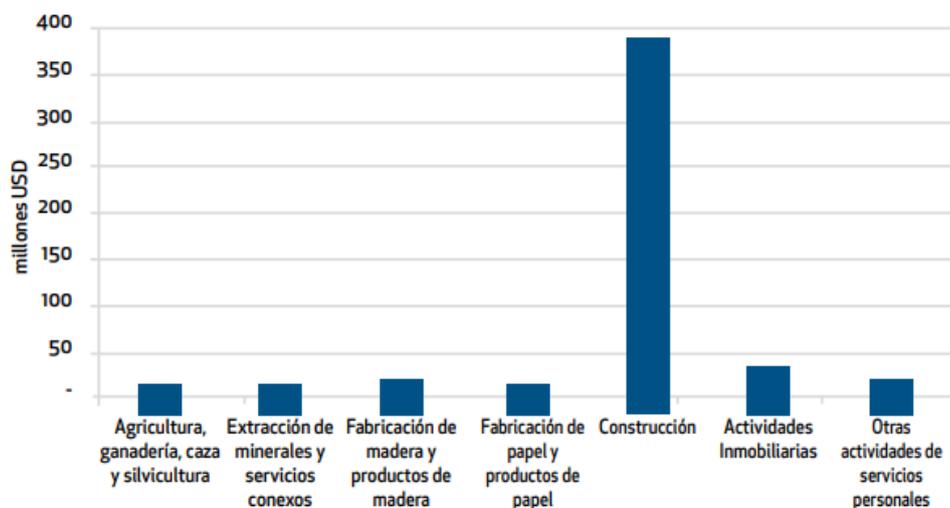


Nota: Asociación de exportadores (ADEX, 2020).

En las regiones del país, aún se utiliza a la madera como elemento estructural para la construcción, “los troncos redondos son aserrados y utilizados como pilares o vigas en casas ubicadas cerca de los bosques” (Elaieb-et al.,2017), pero la norma E.010 (MVCS, 2021), solo tiene a 25 especies forestales agrupadas para tal fin, por tanto, es necesario analizar otras especies madereras utilizadas en las provincias peruanas, considerando que el estudio de sus propiedades permite determinar su comportamiento y orientar sus aplicaciones, aportando información valiosa para la industria forestal, a su vez se estará impulsando la incorporación en el mercado de nuevas especies forestales (Dávila 2020).

Figura 3.

Consumo de productos maderables en el Perú



Nota: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018, p. 95).

Polylepis es un género que incluye aproximadamente 28 especies de árboles y arbustos distribuidos a lo largo de la Cordillera de los Andes, pero en comparación con otros países andinos, los que poseen la mayor cantidad de especies son Perú, Bolivia y Ecuador (Segovia-Salcedo, et al., 2018). La especie forestal *Polylepis Multijuga* se encuentra solamente en el norte del país, especialmente en la región Cajamarca (Díaz, 2019), lo que hace importante su caracterización por formar parte de los relictos boscosos autóctonos de las provincias Cajamarquinas (Romero, 2019), sin embargo, si se habla de su análisis para uso estructural en construcción, se tienen que tomar en cuenta los parámetros físicos y mecánicos, como la densidad, contracción y esfuerzos admisibles de la madera, para determinar su calidad (Marini et al., 2021).

La calidad de la madera se puede describir por muchas características, y de acuerdo con el significado clásico, está relacionada con el uso final de la madera (Marini et al., 2021), ya que si su uso es estructural se deben conocer los esfuerzos admisibles de la misma, por ser los parámetros de diseño para vigas y pilares de una edificación (MVCS, 2021).

En el distrito de Lajas, provincia de Chota, el 49.50% de las paredes exteriores, el 78.30% de los pisos y el 93.30% de los techos de las viviendas están construidas con materiales tradicionales (INEI, 2018). En los centros poblados del distrito de Lajas, los materiales que emplean generalmente para sus construcciones, es madera para vigas y pilares, adobes o tapias para los muros divisores y calamina o teja para la cobertura. Respecto a la madera, cada centro poblado utiliza la especie forestal más abundante en su zona, siendo la especie forestal *Polylepis multijuga* la más abundante en el centro poblado Olmos Alto, con aprox. 10 ha de bosque.

Figura 4.

Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores Perú, 2017



Nota: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018, p. 27)

En el centro poblado Olmos Alto, del distrito de Lajas, se utiliza la madera *Polylepis multijuga* con fines constructivos, pero se desconocen sus características físico-mecánicas, y por ende los esfuerzos admisibles de la madera, razón por la que es necesario conocer si *¿Los esfuerzos admisibles de la madera polylepis multijuga del centro poblado Olmos Alto son significativamente similares a los de la norma E.010 para darle uso estructural en el distrito de Lajas?*

1.2. Formulación del problema

¿Los esfuerzos admisibles de la madera polylepis multijuga del centro poblado Olmos Alto son significativamente similares a los de la norma E.010 para darle uso estructural en el distrito de Lajas?

1.3. Justificación e importancia

La madera de especies forestales utilizadas en la construcción siempre será objeto de estudio por su relevancia en relación a la norma E.010 (MVCS, 2021). Existen numerosos estudios de las propiedades físicas y mecánicas de especies madereras peruanas, pero ningún análisis ha abarcado a la madera *Polylepis Multijuga*, más conocida como quinua, a pesar de ser una especie forestal autóctona de la región Cajamarca, no ha recibido la atención que amerita pues su análisis científico es limitado, incluso la norma E.010, no tiene referencia de sus parámetros físico-mecánicos, y por ende no la tiene incorporada entre sus especies forestales, pero su uso estructural es amplio. En el centro poblado Olmos Alto, distrito de Lajas, esta madera es utilizada para la elaboración de pilares, vigas y armazón del techo de sus viviendas, sin embargo, se desconocen sus esfuerzos admisibles. Dávila (2020) asevera el estudio de las propiedades de la madera permite determinar su comportamiento y orientar sus aplicaciones; en base a tal afirmación, se realizó el estudio de la madera *Polylepis Multijuga* para determinar sus respectivos esfuerzos admisibles, poder clasificarla en un grupo estructural en base a la norma E.010, direccionando su uso estructural, y aportar información valiosa a la industria forestal, que a la vez sirve para la incorporación en el mercado de nuevas especies forestales locales. Entendido de tal forma, el presente estudio también ha coadyuvado a darle valor a la especie forestal *Polylepis Multijuga* y por ende se espera que logre llamar el interés de las autoridades locales en la reforestación del área con más plantaciones de quinua, evitando así, que se pierda una especie forestal autóctona que solo se encuentra en la región Norte del país (Romero, 2017).

1.4. Delimitación de la investigación

La investigación se desarrolló en 11 meses desde marzo de 2020 a febrero de 2021, se estudió a la especie forestal *Polylepis multijuga* del centro poblado Olmos Alto, del distrito de Lajas, provincia de Chota, con la finalidad de determinar los esfuerzos admisibles de la madera y clasificarla según la norma E.010 para su uso estructural.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Clasificar la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) de la comunidad Olmos Alto de Lajas, en el grupo A, B o C según la norma E.010, para garantizar su uso estructural en la provincia de Chota.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la resistencia a compresión paralela, compresión perpendicular, resistencia a la flexión, tensión paralela, tensión perpendicular y cizallamiento de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto, Lajas.
- Determinar los esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) de la comunidad Olmos Alto, Lajas.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Belleville et al. (2020) en su artículo científico “Assessment of physical and mechanical properties of Papua New Guinea timber species”, tuvieron como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de 26 especies maderables de Papua Nueva Guinea de bosques secundarios y plantaciones. Realizaron ensayos de compresión paralela, perpendicular, cizallamiento y flexión, los resultados mostraron que la rigidez y la resistencia a la flexión tienden a disminuir o permanecer sin cambios a lo largo del vástago. Las especies secadas al aire al 12% de contenido de humedad presentan resistencias a la compresión paralela del grano de 18.5 a 58.60 MPa, resistencia perpendicular al grano de 2.7 a 20.6 MPa, módulo de elasticidad de 4.8 a 14.6 GPa. Concluyeron que, las propiedades de especies seleccionadas de plantaciones y bosques de rebrote fueron generalmente más bajas que las encontradas en la literatura para bosques primarios.

Stanciu, et al. (2020) en su investigación “Physical and mechanical properties of ammonia-treated black locust wood” tuvieron como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de acacia negra tratada con amoníaco por 30 días (T1) y por 60 días (T2), para cambiar su color. Analizaron la densidad, valores de color y propiedades mecánicas. Según los resultados la densidad aumentó en casi un 20% debido a la fuga de amonio; en caso de flexión estática, el módulo de elasticidad (MOE) tiende a disminuir al aumentar el tiempo de exposición al amonio, pero el módulo de ruptura (MOR) aumenta en casi un 17% y la fuerza de ruptura también aumenta, en casi un 41%.

Prakosa, Muttaqin y Suhestin (2020) en su artículo científico “Sifat fisik dan mekanik kayu randu (Ceiba pentandra L. Gaerner) terdensifikasi dari hutan rakyat” tuvieron como objetivo determinar y mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la madera Randu del bosque comunitario, mediante cuatro tipos de tratamiento con una duración de vaporización de 30, 60, 90 minutos y sin vaporización. Realizaron ensayos físicos y mecánicos, con los que determinaron que la densidad básica de la especie Randu es 2.113 g/cm³, pero al aumentar el tiempo de vaporización llega a 2.318 g/cm³, el MOE de la muestra control es 45440 kg/cm², pero aumenta con cada tratamiento hasta 61393 kg/cm², el MOR es 630.28 kg/cm² y aumenta hasta 800.50 kg/cm², la resistencia a compresión paralela inicial es 137.34 kg/cm² y aumenta proporcionalmente hasta 147.78 kg/cm². Concluyeron que los valores de las propiedades mecánicas mejoraron al aumentar el tiempo de vaporización antes del prensado de la madera.

Liu, Du y Lyu (2020) en su artículo científico “Physical and Mechanical Properties of Poplar Wood Modified by Glucose-Urea-Melamine Resin/Sodium Silicate Compound” tuvieron como objetivo estudiar las propiedades físicas y mecánicas de la madera álamo modificada por resina de silicona de glucosa a base de agua. Para ello, analizaron las propiedades físicas y mecánicas de la madera natural y lo compararon con la madera tratada con silicato de sodio al 20% y 10% de fracción de masa (G10S20 y G20S10). La madera álamo presenta 0.385 g/cm³ de densidad, MOE 10.57 GPa, MOR 92.17 MPa y resistencia a la compresión paralela de 58.02 MPa. Según los resultados se reduce el grado de contracción de la madera modificada con G10S20 o G20S10 y mejora su estabilidad dimensional. Concluyeron que la resina de silicona de glucosa a base de agua puede mejorar en gran medida las propiedades de la madera a través de la hibridación.

Cai, Senalik y Ross (2021) en el capítulo 12 de su informe “Mechanical properties of wood-based composite materials. In: Wood handbook—wood as an engineering material” determinan las propiedades mecánicas de los materiales compuestos a base de madera. La madera roble blanco, arce rojo, abeto de Douglas, pino blanco y pino de hoja larga, presentan módulo de elasticidad de 12.27, 11.31, 13.44, 10.07 y 13.65 GPa. Las propiedades de la madera contrachapada de baldcypress, abeto, lauan, cedro rojo, secoya y pino sureño presentan resistencia al cizallamiento de 2.7, 1.4, 1.3, 1.7, 1.5 y 1.6 MPa. Los productos de tableros de partículas industriales tienen humedad entre 8.0 a 9.8%, módulo de elasticidad, ruptura y tracción de 18.90 MPa, 10.89 MPa, 1.17 MPa.

Ferreira, et al. (2019) en su investigación “Physical–mechanical properties of wood from a eucalyptus clone planted in an integrated crop-livestock-forest system” determinaron las propiedades físico-mecánicas de la madera de un clon de eucalipto a los 7 años de edad, cultivado en una plantación convencional y en un sistema integrado cultivo-ganado-bosque (iCLF), para ello muestrearon 12 y 36 árboles. Determinaron que los árboles del sistema iCLF tenía mayor densidad y resistencia. Concluyeron que la madera de iCLF a pesar de ser juvenil, puede emplearse para usos industriales, especialmente como madera aserrada.

Ortega (2017) en su tesis de maestría “Caracterización de la madera de monte bajo de dos especies de quercus del volcan popocatepetl”, evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de la madera de brotes de *Quercus laurina* y *Quercus obtusata* para orientar la designación de sus usos potenciales para a ello realizó ensayos de contenido de humedad, densidad básica, resistencia a compresión, resistencia a flexión, entre otros, llegando a concluir que pueden servir en dichas condiciones para uso estructural.

2.1.2. Antecedentes nacionales

López (2018) en su tesis “Determinación de valores admisibles para el diseño estructural con madera seca de especies Cachimbo Colorado y Capirona” estudiaron las propiedades mecánicas de flexión estática y compresión paralela a la fibra en muestras de madera seca de las especies Cachimbo Colorado y Capirona. El autor obtuvo la madera de cuatro proveedores distintos, observando que presentaban contenidos de humedad que variaban desde 12% hasta 16%, por lo que se secó al aire para uniformizar el CH a 12%, y determinó sus propiedades mecánicas. Aplicando los valores calculados en las 2 especies de madera seca, se realizó el diseño de un elemento de un tijeral como aplicación, comparándolos con los de madera húmeda. Logrando una reducción en sección y costos del orden de 81% y 67% en madera Cachimbo Colorado y Capirona en estado seco respectivamente.

Aguilar (2019) en su tesis “Propiedades mecánicas de madera de raleo de 6 años provenientes de plantaciones de Guazuma crinita en Puerto Inca-Huánuco” tuvo como objetivo determinar y evaluar las propiedades mecánicas de la madera de raleo proveniente de plantaciones forestales de 6 años, para ello realizó ensayos de laboratorios para madera húmeda. Llegó a concluir que, la aptitud de uso recomendada para la madera de raleo evaluada de seis años es como materia prima para la producción de tableros a base de madera, pulpa para papel y elaboración de pequeños artículos de madera.

Cordova y Maico (2019) en su investigación “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera roble corriente para su uso estructural según la normativa E-010 en Chanchamayo, 2019” ensayaron 42 muestras cuyas medidas se encuentran estandarizadas en las NTP, realizaron 7

tipos de ensayos: densidad básica, contenido de humedad, compresión perpendicular, compresión paralela, flexión estática, tracción y cizallamiento. Concluyeron que la madera roble corriente presenta buenas propiedades físicas y mecánicas clasificándolo dentro del grupo estructural B, lo que denota que se puede usar estructuralmente.

Ccahuana (2020) en su tesis “Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *vochysia kosnipatae* Huamantua (Alco kaspi) proveniente de plantación del distrito San Gabán 2019” tuvo como objetivo conocer las propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *vochysia kosnipatae* Huamantua de la plantación subestación experimental Agraria INIA de San Gabán, para ello, recolectó 5 árboles y una troza de 1.30 m por árbol, para elaborar probetas que fueron ensayadas en la UNAMAD y UNALM, determinando que el CH era 12.02%, DB 0.38 g/cm³, MOE 31.47 kg/cm², MOR 528.38 kg/cm², compresión perpendicular al grano 27.91 kg/cm², cizallamiento 56.70 kg/cm².

Bravo (2018) en su tesis “Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos, Las Piedras – Tambopata” tuvo como objetivo determinar y comparar la variabilidad de las propiedades físicas del *Dialium guianense* de cuatro porciones del árbol del distrito de las Piedras, provincia de Tambopata. Utilizó cinco árboles para determinar las propiedades de humedad, densidad, contracción e índice de estabilidad. Los resultados muestran que el contenido de humedad presenta una variación longitudinal de 55,58 a 60,20%, la densidad básica promedio fue de 0,78 g/cm³, clasificándola como densidad básica muy alta. Concluyó que, la especie

D. guianense, puede ser utilizada en: Construcción civil y marinas, postes, estructura para puentes, pisos industriales con alto tráfico, parquet, chapas decorativas, escaleras y aditamentos para carretas o carruajes.

Barrientos y Luza (2018) en su investigación “Determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera zapote procedente de Puerto Maldonado para la identificación de sus posibles usos estructurales según la norma técnica peruana E. 010” determinaron las propiedades físico mecánicas de la madera de Zapote proveniente de Puerto Maldonado, tuvieron como muestra 5 árboles, con los que elaboraron 240 probetas para los ensayos respectivos. Determinaron que, la densidad básica es 0.535 g/cm^3 , los esfuerzos admisibles para cizalladura paralelo al grano 20.83 kg/cm^2 , compresión axial 115.55 kg/cm^2 , compresión perpendicular al grano 151.94 kg/cm^2 , y flexión estática 221.98 kg/cm^2 . Concluyeron que, los esfuerzos admisibles sobrepasan los datos requeridos con la NTP E.010 para usos estructurales de construcción pesada, como: trabajos portuarios y marinos donde el factor más importante es la resistencia y durabilidad.

Códova (2018) en su tesis “Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del material compuesto bolaina blanca (Guazuma crinita C. Martius) con polipropileno” acondicionó material de raleos de 4, 5 y 6 años de edad de bolaina blanca procedente de plantaciones forestales en la provincia de Puerto Inca. Los resultados mostraron que existe una relación directa entre la cantidad de partículas de bolaina blanca y las propiedades contenido de humedad, densidad aparente, absorción, hinchamiento, módulo de elasticidad (MOE) y resistencia al impacto (parcialmente). Sólo el módulo de ruptura (MOR) disminuyó cuando se incrementó la cantidad de partículas de bolaina blanca en el material compuesto.

En líneas generales, los tratamientos presentaron mejores propiedades físicas respecto a los testigos, no obstante, las propiedades mecánicas resultaron inferiores.

Huamán (2020) en su tesis “Caracterización físico - mecánica de la madera de raleo de *Guazuma crinita* Martius proveniente de plantaciones de tres años, Huánuco - Perú” tuvo por objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera bolaina blanca, a los 42 meses de edad, proveniente de una plantación clonal a escala experimental de la empresa reforestadora Amazónica S.A. (RAMSA) situada en el puerto Inca de Huánuco. Realizó ensayos físicos y mecánicos según las NTP, determinando que las propiedades mecánicas flexión estática, módulo de elasticidad y compresión paralela fueron superiores hasta 22%, 21% y 40%, respectivamente, que la madera proveniente de plantaciones de bolaina blanca tradicionales. Finalmente, concluyó que la madera no cumple con la densidad básica especificada en la E.010, pero si con los parámetros mecánicos.

Cajahuamán, R.L. (2018) en su investigación “Determinación de valores admisibles para el diseño estructural especies Shihuahuaco y Huayruro con madera seca” estudió las propiedades mecánicas en probetas de madera en estado seco de las especies Shihuahuaco y Huayruro. Realizó ensayos de compresión axial y flexión estática en el laboratorio de la UNI en Lima. El contenido de humedad al momento del ensayo estuvo entre 10.7% y 16.5% por lo que se ajustaron a 12%. Con los resultados, el autor, determinó los esfuerzos admisibles y el módulo de elasticidad. Estos valores fueron comparados con los indicados en la norma E.010 que resultaron de ensayos de madera en condiciones húmedas. Dando como conclusión que los valores de madera en estado seco son superiores a los del estado verde.

2.1.3. Antecedentes regionales

Cabanillas (2019) en su tesis “Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del Eucalyptus Globulus extraído de Huambocancha y el triunfo – Cajamarca, 2018” tuvo como objetivo comparar las propiedades físicas y mecánicas del Eucalyptus globulus extraído de Huambocancha y EL Triunfo en su estado de humedad natural. Extrajo 5 árboles para elaborar un total de 300 probetas, 150 para cada lugar y 30 por cada ensayo. Concluyó que, la madera extraída de Huambocancha presenta mejores propiedades, las propiedades mecánicas se incrementan en función a las propiedades físicas, mientras mayor es la densidad y menor el contenido de humedad, mayor es la resistencia.

Fernández et al. (2019) en su artículo científico “Propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de Cordia alliodora (R. y P.) Oken de parcelas agroforestales en Jaén, Cajamarca” tuvo por objetivo describir las propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de C. alliodora proveniente de plantaciones agroforestales de 5 a 10 años, de 11 a 15 años y 16 a 20 años. Después de ensayar muestras en laboratorios llegó a concluir que, a partir de la densidad básica, contracciones totales y resistencia mecánica se puede ubicar a Cordia alliodora (R. y P.) Oken en el grupo de propiedades físicas y mecánicas de baja densidad.

Espinoza (2018) en su investigación “Estudio de la influencia de la edad del árbol en las propiedades mecánicas de la madera eucalipto en el distrito Bambamarca, Cajamarca – 2018” tuvo como muestra la madera Eucalipto Globulus de dos árboles de 10, 25, 40 y 55 años de edad, para elaborar probetas de dimensiones normalizadas que fueron ensayadas en la Universidad Nacional de Trujillo. Con los resultados el autor logró determinar los esfuerzos admisibles.

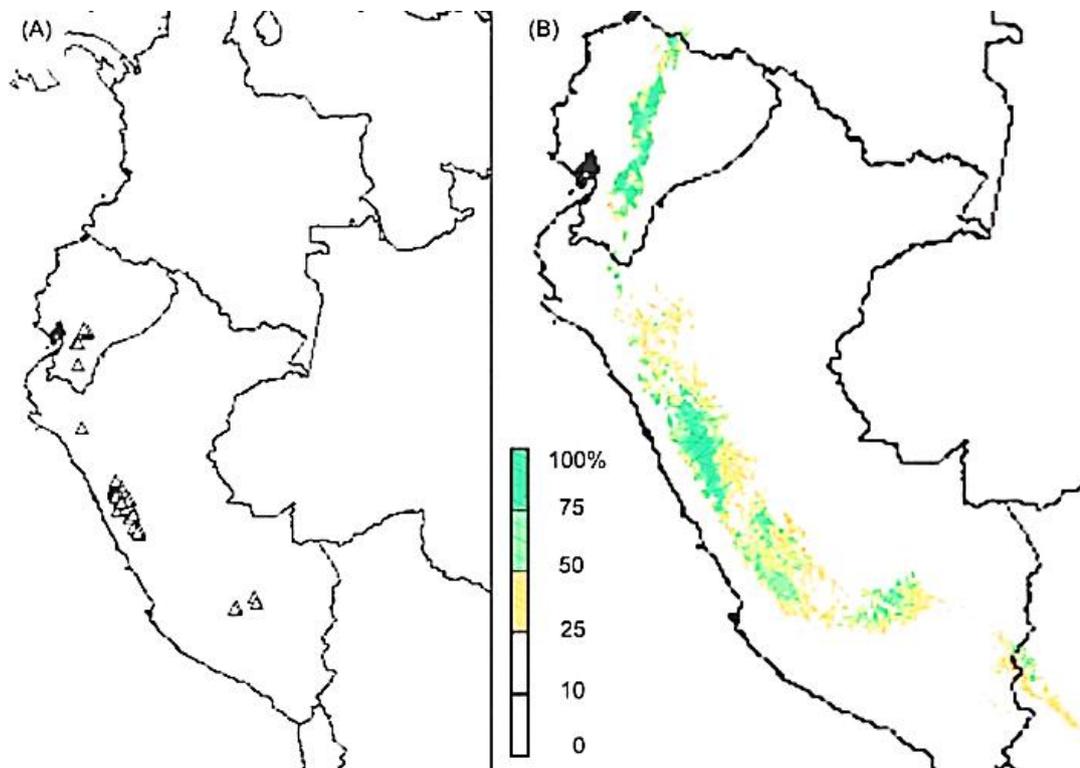
2.2. Marco teórico

2.2.1. *Polylepis*

Los bosques de *Polylepis* representan la vegetación natural de una gran parte de los Andes centrales a altitudes entre 3.500 m y 5.000 m (Ticse, 2018). Las aproximadamente 28 especies del género ocupan una gran variedad de hábitats, desde el límite superior de los bosques de neblina hasta los volcanes áridos del Altiplano (Kessler, 2006). Las especies *Polylepis* son arbustos o árboles, algunos hasta 10 m de altura y comparten características morfológicas, que incluyen troncos rojos y torcidos, corteza delgada y exfoliante, y pequeñas hojas imparipinnadas (Zutta, et al., 2012). En el Perú se reportan 19 especies (5 endémicas), siendo de esta manera el país que presenta la mayor diversidad en el género *Polylepis* (Castro y Flores, 2015).

Figura 5.

(A) Localidades con *P. Multijuga* y (B) Distribución potencial



Nota: (Zutta, et al., 2012)

Tabla 1.*Riqueza de especies del género Polylepis, en los departamentos de Perú*

Departamento	Abreviatura de departamentos según Brako & Zarucchi (1993)	Número de especies registradas
Cusco	CU	10
Ayacucho	AY	8
Ancash	AN	6
Junín	JU	6
Lima	LI	6
Apurímac	AP	5
Puno	PU	4
Arequipa	AR	3
Cajamarca	CA	3
La Libertad	LI	3
Tacna	TA	3
Huánuco	HU	2
Huancavelica	HV	2
Lambayeque	LA	2
Moquegua	MO	2
Pasco	PA	2
San Martín	SM	2
Amazonas	AM	1
Piura		1

Nota: (Mendoza y Cano, 2011)

Tabla 2.*Lista de las especies de Polylepis reportadas para el Perú, con rangos altitudinales, distribución departamental*

Especies	Altitud (m)	Departamento
P. canoi	3350 – 3400	AY, CU, JU
P. Flavipila	3650 – 4100	HV, LI
P. incana	3000 – 4200	AN, AP, AY, CU, HU, JU, LI, PA, PU
P. incarum	3100 – 4200	CU, PU
P. lanata	2900 – 4100	AP, AY, CU
P. mirophylla	3200 – 4000	AR, CU, LI
P. multijuga	2200 – 3600	AM, CA, LA
p. pauta	1800 – 4000	AY, CU, JU, SM
p. pepeí	3900 – 4500	AN, CU, PU, SM
P. recemosa	2900 – 4000	AN, AP, AY, CA, CU, HU, JU, LI, LL, PA
P. reticulata	3350 – 4450	AN, JU, LI, LL
P. regulosa	3000 – 4600	AR, MO, TA
P. serícea	2000 – 4100	AN, CU, JU, LL
P. subsericans	2900 – 5100	AP, AY, CU
P. subtusalbida	3000 – 4500	MO, TA
P. tarapacana	4200 – 4800	TA
P. tomentella	3500 – 4500	AP, AR, AY
P. triacontandra	3500 – 3900	PU
P. weberbaueri	2500 – 4200	AN, CA, LA, LI, PI

Nota: (Mendoza y Cano, 2011)

2.2.2. *Polylepis Multijuga*

“*Polylepis multijuga* son árboles de 4 a 15 m de altura, hojas imparipinnadas con 6-8 pares de folíolos abtrulados; raquis lanoso, vainas estipulares aguadas en el ápice con espuelas de hasta 1 cm de largo” (Ministerio del ambiente, 2021). Es una especie endémica del norte del Perú (Quinteros-Casaverde, Flores-Negrón y Wiliams, 2012), se diferencia con facilidad de otras especies por el número de folíolos y sus largas inflorescencias de no más de 20 flores (Díaz, 2019). Esta especie puede ser encontrada con mayor facilidad en las regiones de Cajamarca, Amazonas y Lambayeque, debido a que generalmente se desarrolla entre los 2200 a 3600 msnm (Mendoza y Cano, 2011).

Características taxonómicas (Díaz, 2019).

- Altura: 4 a 15 m
- Diámetro de tronco: 10 a 54 cm
- Fuste: Irregular o torcido
- Ramificación: simpodial
- Copa: irregular alargada y globosa, verde oscuro y claro
- Corteza externa: Agrietada y fisurada, de color marrón claro y oscuro a canela.
- Corteza interna: Laminar-fibroso, cariáceo, de color amarillo-cremoso, de sabor y olor perceptible.
- Flores: Unisexuales femeninas dioicas y hermafroditas, regulares, sésiles, con involucros, 0.3-1.6 cm de longitud, 1-8 mm de ancho, falcado, de color verde claro, consistencia membranosa, dialisépalos, ovado-lanceolado, de 1-5 mm de longitud, 1.5-2.5 mm de ancho.

Figura 6.

Polylepis multijuga



a) rama, b) superficie inferior de la hoja; c) punto de unión del prospecto, d) flor, e) fruta.

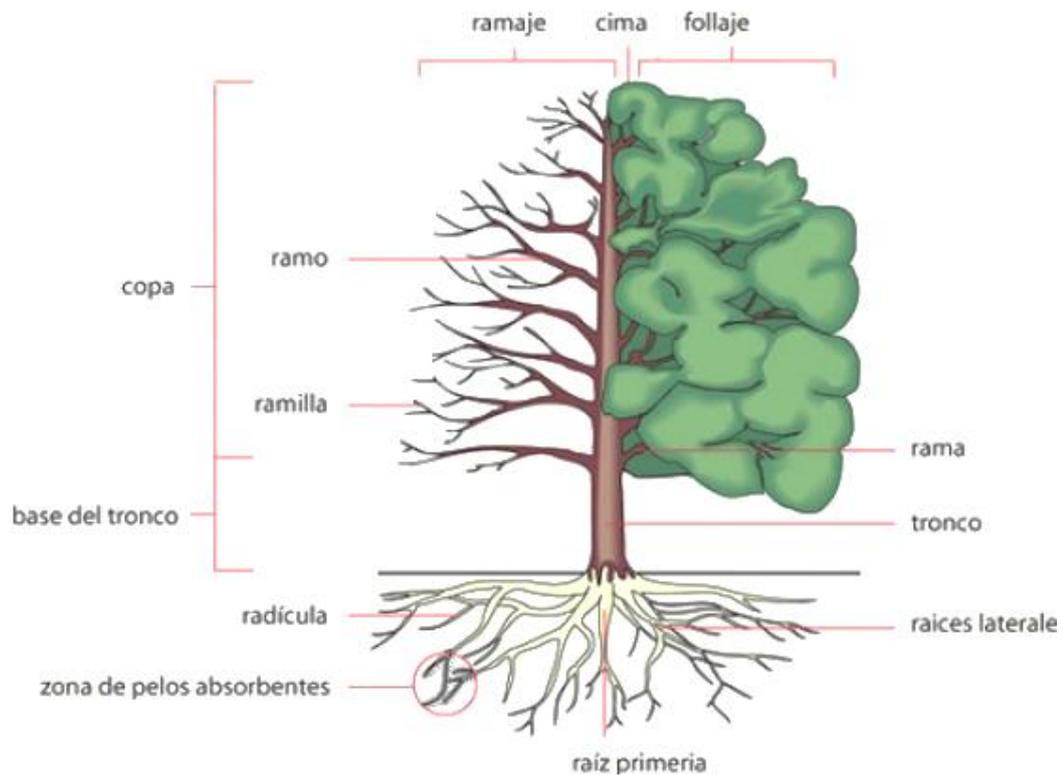
Nota: (Simpson, 1979, p. 20)

2.2.3. *Árbol*

El árbol es el elemento natural de donde se extrae la madera puede crecer de forma individual o colectiva, dando lugar al bosque. El bosque es una verdadera sociedad vegetal y no un simple conjunto de árboles, donde también conviven arbustos, helechos, musgos, lianas y otros vegetales. Los árboles crecen en longitud, empieza con la gemación de los brotes extremos del tronco, ramas y ramificaciones, y crecen en diámetro, que tiene lugar en el cambium, que es una capa cilíndrica generadora de la corteza, parte externa albura y parte interna duramen (Aguilar y Guzowski, 2011, p. 10).

Figura 7.

Anatomía de un árbol



Nota:(Aguilar y Guzowski, 2011, p. 10).

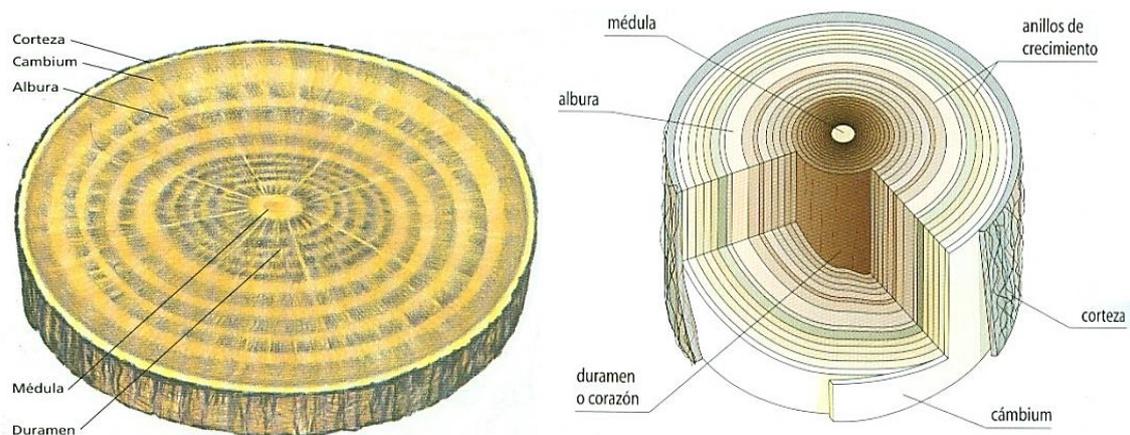
2.2.4. Madera

La madera fue uno de los primeros materiales utilizados por el ser humano, está compuesta de una agrupación de fibras y es un material poroso, debido a esto puede absorber agua del medio y así obtener cierta humedad (Castro y Paternina, 2020). La madera es un material natural utilizado en elementos estructurales dentro del ámbito de la Ingeniería Civil, pero por tratarse de un biomaterial, que tiene características complejas y variables se solicita primero su análisis físico-mecánico para su uso estructural (García, 2017). La madera está estructurada en:

- Corteza. Capa de protección externa de células muertas.
- Capa de cámbium. Capa delgada de tejido de células vivas que forman la madera nueva y la corteza.
- Albura. Madera nueva cuyas células conducen o almacenan nutrientes.
- Duramen. Madera madura que forma la columna vertebral del árbol.
- Médula. Núcleo central del árbol.
- Floema. Tejido interno de la corteza que lleva los nutrientes sintetizados.
- Anillo de crecimiento anual. Formada durante un período de crecimiento.
- Células radiales. Láminas que llevan los nutrientes en forma horizontal.

Figura 8.

Estructura de la madera



Nota: (Aguilar y Guzowski, 2011, p. 10).

Los procesos directos para el aprovechamiento de la madera son los siguientes según Vignote y Martínez (2006, p. 60):

- (1) Inventario, señalamiento, cubicación y limpia final.
- (2) Tala y poda. Es el corte del árbol, para la explotación se utilizan hachas o sierras mecánicas según la técnica del leñador (Abella, 2003).
- (3) Transporte. Los troncos son transportados hacia la serrería.
- (4) Descortezado. Separar en un tronco la corteza y la madera.
- (5) Aserrado. Es la primera transformación mecánica del tronco con sierras, consiste en dar a la madera dimensiones en espesor, ancho y largo, en el menor tiempo y con la menor potencia posible. (Aguilar y Guzowski, 2011)
- (6) Secado. Se reduce la cantidad de agua de la madera antes de trabajarla. Así se evitan deformaciones y variaciones en sus dimensiones. Puede ser:
 - Secado natural. Conste en almacenar los tableros apilados, protegidos contra la acción directa de la lluvia y el sol, de forma que queden espacios libres entre ellos por los que pueda circular el aire.
 - Secado artificial. Consiste en introducir la madera en grandes cámaras en las que se inyectan corrientes de aire cálido y seco.
- (7) Cepillado. Con este proceso se eliminan las irregularidades y se da a la madera un buen acabado.

Figura 9.

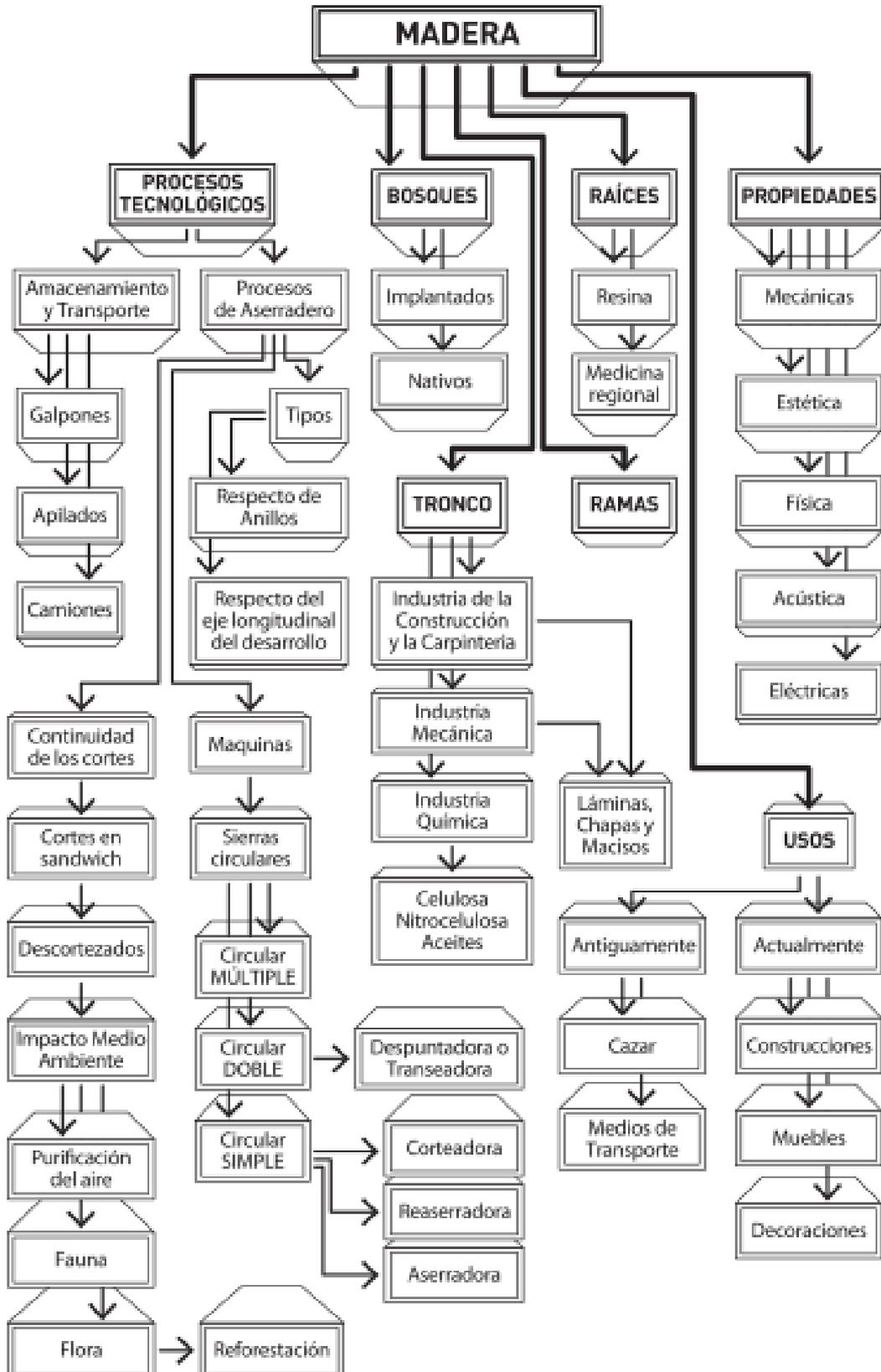
Procesamiento industrial primario para la madera



Nota: (Quirós, Chinchilla y Gómez., 2005, p. 12)

Figura 10.

Flujograma de la madera



Nota:(Aguilar y Guzowski, 2011, p. 10).

2.2.5. *Propiedades físicas de la madera*

Son aquellas que determinan su comportamiento ante los factores que intervienen en el medio ambiente natural sin que éste actúe química ni mecánicamente en su estructura interna (Quintana, 2018).

Contenido de humedad. La cantidad de agua en la madera se puede encontrar en tres tipos diferentes: agua libre, que se encuentra llenando las cavidades celulares; agua higroscópica, que podemos encontrar dentro de las paredes celulares, y agua de constitución, como parte integral de la estructura molecular (Enríquez, 2014).

Ecuación 1. Contenido de humedad

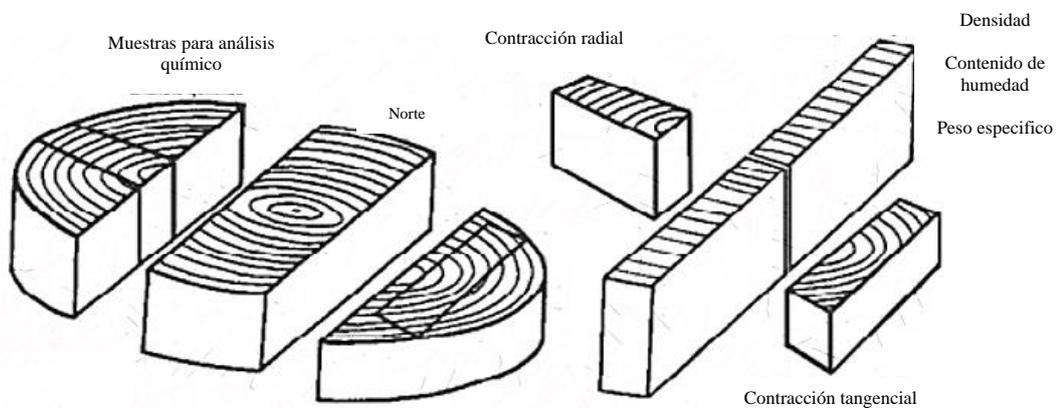
$$CH\% = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso anhidro}}{\text{Peso anhidro}} \times 100$$

Peso propio. El propio peso de la madera es importante porque forma parte de las cargas totales que inciden en el diseño del cálculo estructural (Ortiz, 2008).

Densidad básica. Relación entre el peso de una porción expresado en gramos y el volumen ocupado en centímetros cúbicos (Enríquez, 2014). Es una de las propiedades físicas más importantes por su relación con la resistencia mecánica (Cobas et al, 2018).

Figura 11.

Forma de obtener muestras para la determinación de las propiedades físicas



Nota: (Moya et al., 2010, p. 20).

2.2.6. *Propiedades mecánicas de la madera*

Son aquellas que definen la aptitud y capacidad para resistir cargas externas, excluyendo los esfuerzos debidos a las tensiones internas producto de los cambios de humedad (Spavento, Keil y Monteoliva, 2008, p. 3).

Resistencia a la flexión estática

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción que realiza la fuerza en la madera (Ramírez, 2019). Los parámetros a determinar de este ensayo son:

Módulo de elasticidad (MOE). Propiedad más importante para las maderas con fines estructurales se define como la capacidad que tiene un material para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas, donde el MOE es la medida de rigidez de la madera (González, 2018).

Ecuación 2. Módulo de elasticidad a flexión

$$MOE (kg/cm^2) = \frac{L^3}{4bh^3} \times \frac{P}{\Delta}$$

Módulo de rotura (MOR). Tensión unitaria máxima en flexión que soporta un material antes de que se produzca la falla. Cualquier incremento de carga sobre el material provocará la rotura del mismo (Spavento, Keil y Monteoliva, 2008, p. 7).

Ecuación 3. Módulo de rotura a flexión

$$MOR (kg/cm^2) = 1.5 \times \frac{QL}{bh^2}$$

Donde:

- P/Δ = pendiente de la curva carga vs deformación, kg/cm
- Q= carga de rotura en kg.
- L= distancia entre apoyos o luz de la probeta, en cm.
- b= ancho de la probeta, en cm.
- h= altura de la probeta, en cm

Resistencia a la compresión

Con algunas excepciones entre las maderas duras, las resistencias a la tracción y a la compresión pueden considerarse tensiones del mismo orden. Sin embargo, la resistencia a la compresión de la madera se da en su estructura celular, mientras que la resistencia al corte perpendicular a la fibra puede ser de tres a cuatro veces mayor que en la dirección paralela (Bautista, 2014).

Compresión paralela a la dirección de las fibras. La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras, esta proviene del hecho de que las fibras están orientadas en su eje longitudinal en esa dirección. La resistencia a la compresión paralela es aproximadamente la mitad de su resistencia a la tracción. (Ruiz, 2020; Rivero-Tenorio y Moya-Roque, 2018)

Ecuación 4. Compresión axial

$$CA (kg/cm^2) = \frac{Q}{A}$$

En la ecuación 4, se muestra la resistencia paralela a la dirección de las fibras o también denominada compresión axial, donde se obtiene al dividir la carga (kg) sobre el área de la muestra obtenida al multiplicar el ancho por el espesor.

Compresión perpendicular a las fibras. Esta ocurre al incrementarse 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. (Ruiz, 2020)

Ecuación 5. Resistencia de la compresión perpendicular a las fibras

$$CPF(kg/cm^2) = \frac{Q}{Ac}$$

Donde:

- Q= carga de rotura, kg.
- Ac= área de contacto placa metálica-probeta, cm².

2.2.7. *Esfuerzos admisibles en la madera*

“Es el esfuerzo que debe ser usado para realizar el diseño estructural y para revisar los criterios de aceptación” (Curbelo, 2010). Los esfuerzos admisibles son valores de resistencia mecánica que se obtienen para los materiales y que se derivan de pruebas experimentales. En el caso de la madera, a diferencia de otros materiales, debido a su naturaleza orto trópica y su gran variabilidad natural, los valores promedio deben reducirse por varios factores tales como defectos, variabilidad natural, contenido de humedad, tipo de esfuerzo, entre otros (Moya-Roque y González-Beltrán, 2013). “Es el esfuerzo resultante de multiplicar los esfuerzos de referencia para diseño (esfuerzos de flexión, tensión, compresión paralela, compresión perpendicular, corte y módulo de elasticidad longitudinal, que resisten los elementos de madera, referenciados) por los coeficientes de modificación aplicables” (Curbelo, 2010).

Según Curbelo (2010), la madera puede estar influenciada por diversos factores, que dan lugar a los coeficientes de modificación, entre los más importantes, destaca al factor de duración de carga (CD), debido a que la madera puede ser sometida a la fluencia y continúa deformándose cuando la carga se mantiene por largo período de tiempo, el factor de desviación del grado (CDG), que por razones de uso estructural se puede utilizar la fórmula de Hankinson, así mismo cuando la madera aumenta su contenido de humedad pierde resistencia y rigidez por tanto el factor de afectación es CM (Curbelo, 2010, pp. 21-24).

Ecuación 6. Ecuación general de esfuerzos admisibles modificados según Curbelo (2010)

$$F_i' = F_i \times CD \times C_m \times C_t \times C_s \times C_f \times C_F \times C_{fu} \times C_{in} \times C_r \times C_p \times C_T \\ \times C_b \times C_{rs} \times CDG$$

Ecuación 7. Ecuación para esfuerzos admisibles a flexión modificados

$$F_b' = F_b \times CD \times C_m \times C_t \times C_L \times C_F \times C_{fu} \times C_{in} \times C_r \times CDG$$

Ecuación 8. Ecuación para esfuerzos admisibles a tracción paralela modificados

$$F_t' = F_t \times CD \times C_m \times C_t \times CF \times C_{in} \times CDG$$

Ecuación 9. Ecuación para esfuerzos admisibles a cortante paralelo modificados

$$F_v' = F_v \times CD \times C_m \times C_t \times C_{in}$$

Ecuación 10. Ecuación para esfuerzos admisibles a compresión perpendicular modificados

$$F_p' = F_p \times C_m \times C_t \times C_{in} \times C_b$$

Ecuación 11. Ecuación para esfuerzos admisibles a compresión paralelo modificados

$$F_c' = F_c \times CD \times C_m \times C_t \times CF \times C_{in} \times C_p \times CDG$$

Ecuación 12. Ecuación para el módulo de elasticidad longitudinal modificado

$$E' = E \times C_m \times C_t \times C_{in} \times CT \times Cr$$

Donde:

- F_i' – esfuerzo admisible modificado para la sollicitación
- F_i – esfuerzo admisible para la sollicitación
- CD – coeficiente de modificación por duración de la carga.
- C_m – coeficiente de contenido de humedad.
- C_t – coeficiente de temperatura.
- CL – coeficiente de estabilidad (esbeltez) lateral de vigas.
- CF– coeficiente de forma.
- C_{fu} -coeficiente de apoyo de cara ancha.
- C_{in} – coeficiente de incisión.
- Cr - coeficiente de redistribución de cargas (acción conjunta).
- C_p – coeficiente de estabilidad de columna.
- CT – coeficiente de rigidez al pandeo (para E solamente).
- C_b – coeficiente de área de soporte
- CDG- Coeficiente de modificación por desviación del grano.

Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2021) expresa en la norma E.010 “Madera” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la fórmula para estimar los esfuerzos admisibles y los respectivos valores para los coeficientes de modificación.

Ecuación 13. Ecuación general para determinar los esfuerzos admisibles según la norma E.010

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{F.C. \times F.T.}{F.S. \times F.D.C.} \times \text{Esfuerzo básico}$$

Dónde:

- F.C = Coeficiente de reducción por calidad.
- F. T= Coeficiente de reducción por tamaño.
- F. S= Coeficiente de seguridad.
- F.D.C= Coeficiente de duración de carga

Tabla 3.

Coefficientes considerados para la determinación de los esfuerzos admisibles según la norma E.010

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Compresión perpendicular
F.C.	0.80	*	*	*
F.T.	0.90	*	*	*
F.S.	2.00	1.60	4.00**	1.60
F.D.C.	1.15	1.25	*	*

(*) Incluido en F.S.

(**) Incluye un coeficiente por concentración de esfuerzos= 2.00 debido a la posible presencia de rajaduras por secado en los extremos de las piezas.

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021)

2.2.8. Agrupamiento de la madera (Norma E.010)

El agrupamiento está basado en los valores de la densidad básica y de la resistencia mecánica (MVCS, 2021).

Tabla 4.

Densidad básica para los grupos A, B y C

Grupo	Densidad Básica
	g/cm ³
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021, p. 170)

Tabla 5.

Módulo de elasticidad para los grupos A, B y C.

Grupo	Módulo de Elasticidad (E)	
	MPa (kg/cm ²)	
	E mínimo	E promedio
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021, p. 170)

Tabla 6.

Esfuerzos admisibles para los grupos A, B y C

	Esfuerzos Admisibles				
	Mpa (kg/cm ²)				
	Flexión Fm	Tracción paralela Ft	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo Fv
A	20.6(210)	14.2(145)	14.2(145)	3.9(40)	1.5(15)
B	14.7(150)	10.3(105)	10.8(110)	2.70(28)	1.2(12)
C	9.8(100)	7.3(75)	7.8(80)	1.5(15)	0.8(8)

Es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras, estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021, p. 170)

Para ello deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo, estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

2.2.9. Usos de la madera como material de construcción

A raíz de la problemática ambiental y económica que atraviesa el planeta en la actualidad, se ha incrementado el interés por desarrollar investigaciones que estén encaminadas a utilizar recursos renovables y naturales, que puedan reemplazar o complementar los materiales convencionales utilizados en la construcción (acero, cemento y mampostería en arcilla) por otros que tengan un menor costo ambiental, económico y energético, como la madera (Gutierrez y Takeuchi, 2014, p. 245).

Los beneficios de la madera como material de construcción son: (Hernández y Elgueta, 2020)

- La madera es un recurso renovable, reciclable y abundante.
- La madera es un buen aislante térmico.
- La madera presenta un buen comportamiento frente al fuego.
- La madera es durable.
- La madera es un material de construcción confiable.
- La madera es versátil.
- La madera permite construir en altura. La obra más reciente corresponde al edificio “Lighthouse”, con 14 pisos y 48 metros de altura, construido en la ciudad de Joensuu, Finlandia.
- La construcción con madera genera menos gasto de energía y emisiones de CO₂, respecto de otros materiales de construcción.
- Las viviendas con estructura de madera son rápidas de construir. Una vivienda de 242 m² de superficie, 2 niveles, demanda un total de 16 días de trabajo para 2 personas.
- Las viviendas con estructura de madera tienen buen comportamiento frente a los sismos.

2.3. Definición de términos

Árbol. “Cualquier planta perenne con estructura leñosa que aporta madera. Todas las plantas de estructura leñosa, fibrosa y básica que pueblan la tierra para la satisfacción del hombre y de algunas especies animales, en sus necesidades fundamentales” (Ministerio de Agricultura, 2005, p. 52).

Esfuerzo básico. Es el esfuerzo mínimo obtenido de ensayos de propiedades mecánicas que sirve de base para la determinación del esfuerzo admisible. Este mínimo corresponde a un límite de exclusión del 5% (MVCS, 2021).

Esfuerzos admisibles. Son los esfuerzos de diseño del material para cargas de servicio, definidos para los grupos estructurales (MVCS, 2021).

Madera. La madera es un material de una cierta elasticidad que se encuentra en el tronco de los árboles, la cual se puede utilizar como solución alternativa en la construcción de edificios (Abbott, 2020).

Madera húmeda. “Es aquella cuyo contenido de humedad es superior al del equilibrio higroscópico” (MVCS, 2021).

Polylepis Multijuga. Es una especie botánica de planta con flor en la familia de las Rosáceas. Es endémica de Perú. Está amenazada por pérdida de hábitat. Posee dos subpoblaciones confinadas, una en Chachapoyas en Amazonas, y en el norte de Cajamarca (Zutta “et al” 2012).

CAPÍTULO III.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Ho: No existe diferencia significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga, y los esfuerzos admisibles estandarizados para el grupo A, B o C en la norma E.010 (MVCS, 2021), por tanto, se puede incorporar a esta especie maderera en la clasificación A, B o C.

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente

La variable independiente “Propiedades físico-mecánicas de la madera Polylepis Multijuga” hace referencia al ensayo de la madera para conocer sus características en estado natural y frente a la aplicación de cargas mecánicas a compresión, flexión y tracción.

3.2.2. Variable dependiente

La variable dependiente “Esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga” representa la transformación de la resistencia mecánica a compresión, flexión y tracción en los esfuerzos de diseño de la madera, por medio de la aplicación de coeficientes de modificación dados en la norma E.010, para clasificar la madera dentro del grupo A, B o C.

3.3. Operacionalización de variables

La matriz de operacionalización de la investigación “Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga, Olmos Alto, Lajas, Chota”, se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.

Matriz de operacionalización de variables en estudio

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional	
				Indicadores	Ítem
Variable independiente Propiedades físico mecánicas de la madera	Características de la madera en estado natural y frente a la aplicación de cargas mecánicas	Propiedades físicas de la madera	Propiedades inertes de la madera	Contenido de humedad	%
				Peso	kg
				Compresión perpendicular	Kg/cm ²
				Compresión axial	Kg/cm ²
				Cizallamiento	Kg/cm ²
				Tensión perpendicular a las fibras	Kg/cm ²
				Tracción paralela a las fibras	Kg/cm ²
				Flexión estática	Kg/cm ²
				Módulo de elasticidad	Kg/cm ²
				Variable dependiente Esfuerzos admisibles	Transformación de la resistencia mecánica a esfuerzos de diseño según la norma E.010.
Tracción paralela	Kg/cm ²				
Compresión paralela	Kg/cm ²				
Compresión perpendicular	Kg/cm ²				
Corte paralelo	Kg/cm ²				

CAPÍTULO IV.

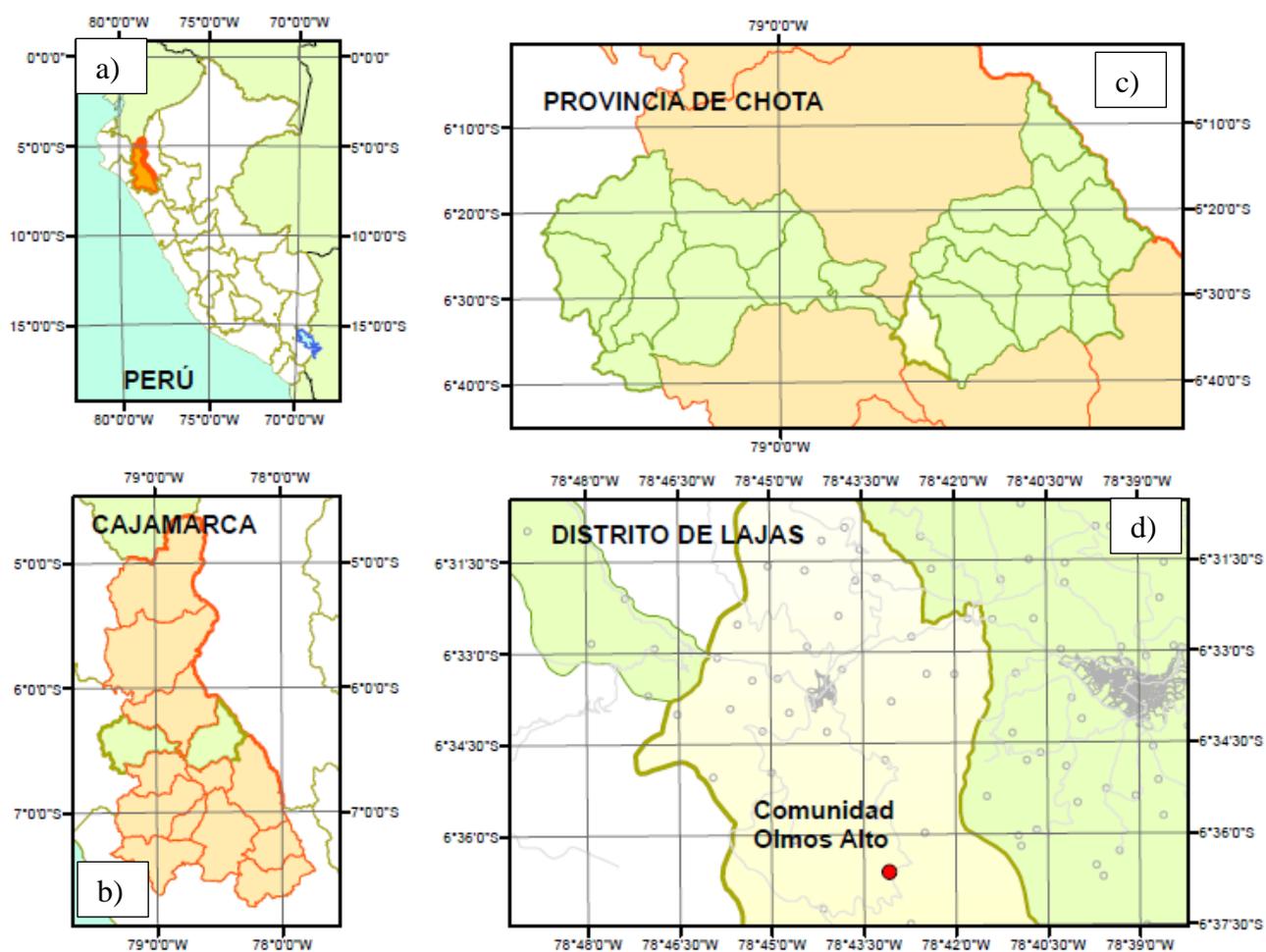
MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica del estudio

La investigación se ha ubicado geográficamente en el centro poblado Olmos Alto, del distrito de Lajas, provincia de Chota. En las coordenadas UTM WGS 84 17S 14f, 752325.00 m E y 9268740.90 m S, a la elevación de 2853 msnm.

Figura 12.

Ubicación de la comunidad Olmos Alto, Lajas



Nota: En la Fig. 12 se ha realizado el plano de ubicación de la comunidad de Olmos Alto, Lajas. a) Ubicación de Cajamarca en el mapa de Perú, b) Ubicación de Chota en el mapa de Cajamarca, c) Ubicación de la comunidad Olmos Alto en el distrito de Lajas. Elaboración propia.

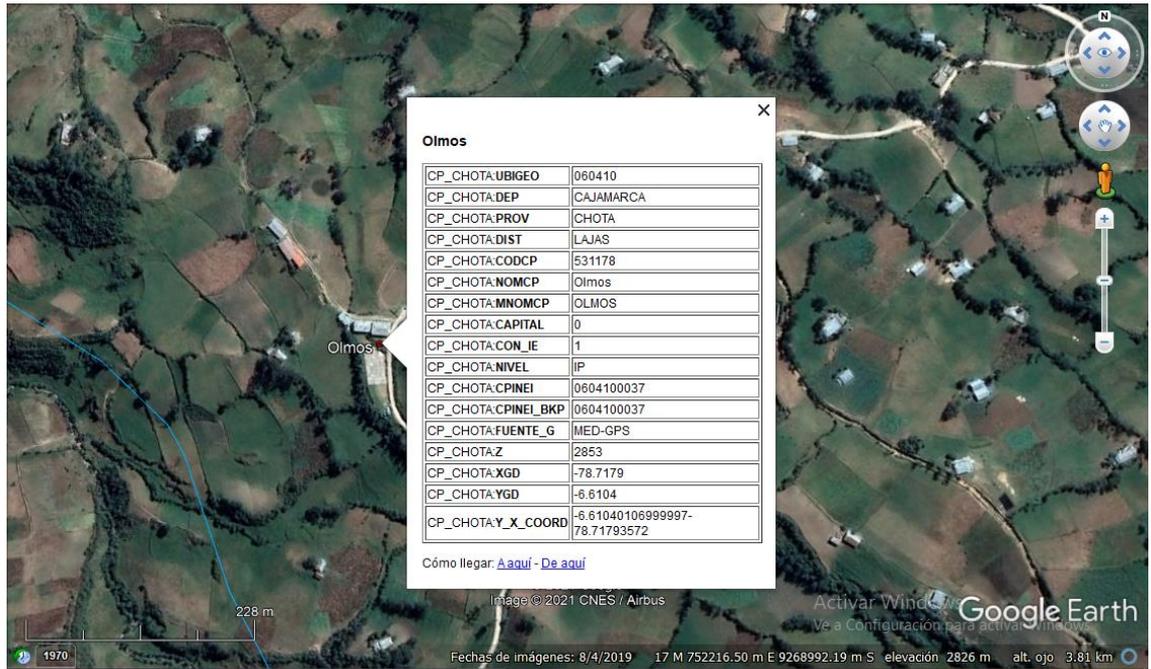
4.2. Unidad de análisis, población y muestra

4.2.1. Población

Todos los árboles de Quinua (*Polylepis Multijuga*) existentes en la comunidad Olmos Alto, del distrito de Lajas, provincia de Chota.

Figura 13.

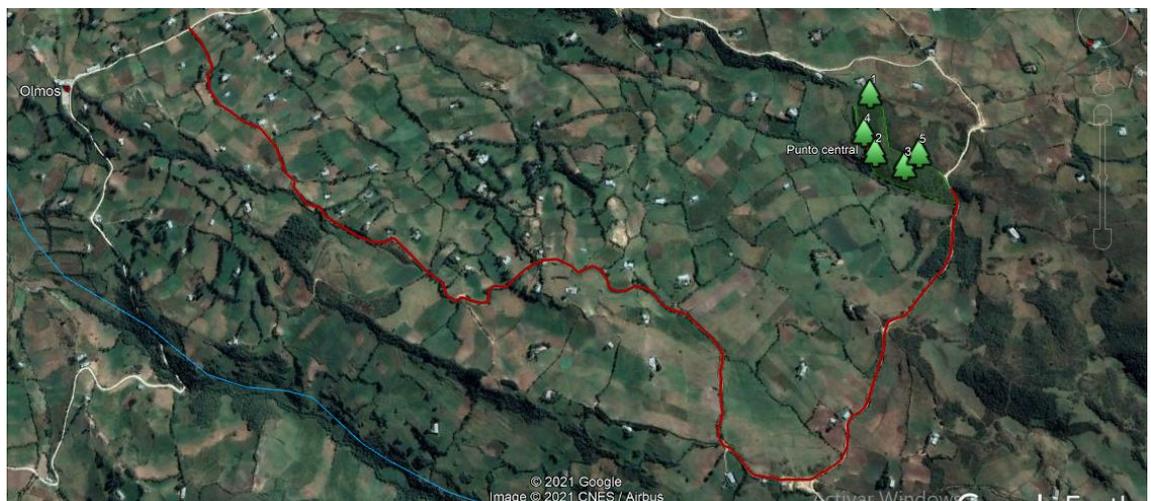
Comunidad Olmos Alto, Lajas



Nota: Google earth.

Figura 14.

Ubicación del bosque de *Polylepis Multijuga*, a 3.10 km de la comunidad Olmos Alto



Nota: Google earth.

4.2.2. Muestra

La muestra no probabilística estuvo conformada por 5 árboles de Quinua (*Polylepis Multijuga*) de la comunidad Olmos Alto, distrito de Lajas, provincia de Chota, con diámetro de tronco de 8” a 10”. La cantidad fue definida según la NTP 251.008 “Selección de muestras” (INACAL, 2016), que establece que el mínimo de árboles estudiados debe ser cinco por cada sectorización, con la probabilidad de escoger árboles de diferentes direcciones: Norte, Sur, Este, Oeste al azar. Así mismo, el procesamiento de la madera en trozas, viguetas y probetas para conocer sus propiedades mecánicas en estado húmedo, se realizó según la NTP 251.009 “Acondicionamiento de muestras” (INACAL, 2016).

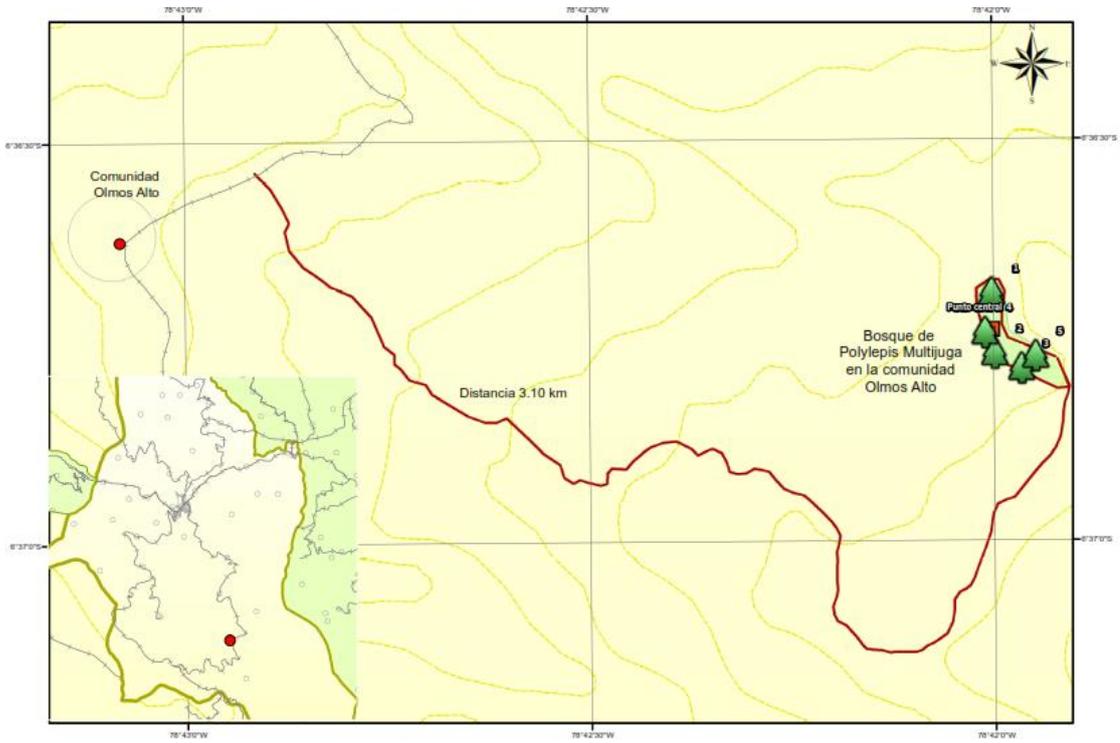
Tabla 8.

Muestra no probabilística para ensayos en madera

Ensayo	Sección muestra	Nº árboles	Trozas de madera	Viguetas	Nº probetas
Peso específico	Variable	5	3 trozas por árbol, 15 trozas en total	3 viguetas de cada troza, 45 viguetas en total	5
Contenido de humedad	Variable				5
Cizallamiento	5cm x 5cm x6.5 cm				5
Compresión paralela	5cm x 5cm x20 cm				5
Compresión perpendicular	5cm x 5cm x15 cm				5
Flexión estática	5cm x 5cm x76 cm				5
Tensión paralela	2.5cm x 2.5cm x 45cm				5
Tensión perpendicular	5cm x 5cm x 6.30cm				5

Figura 15.

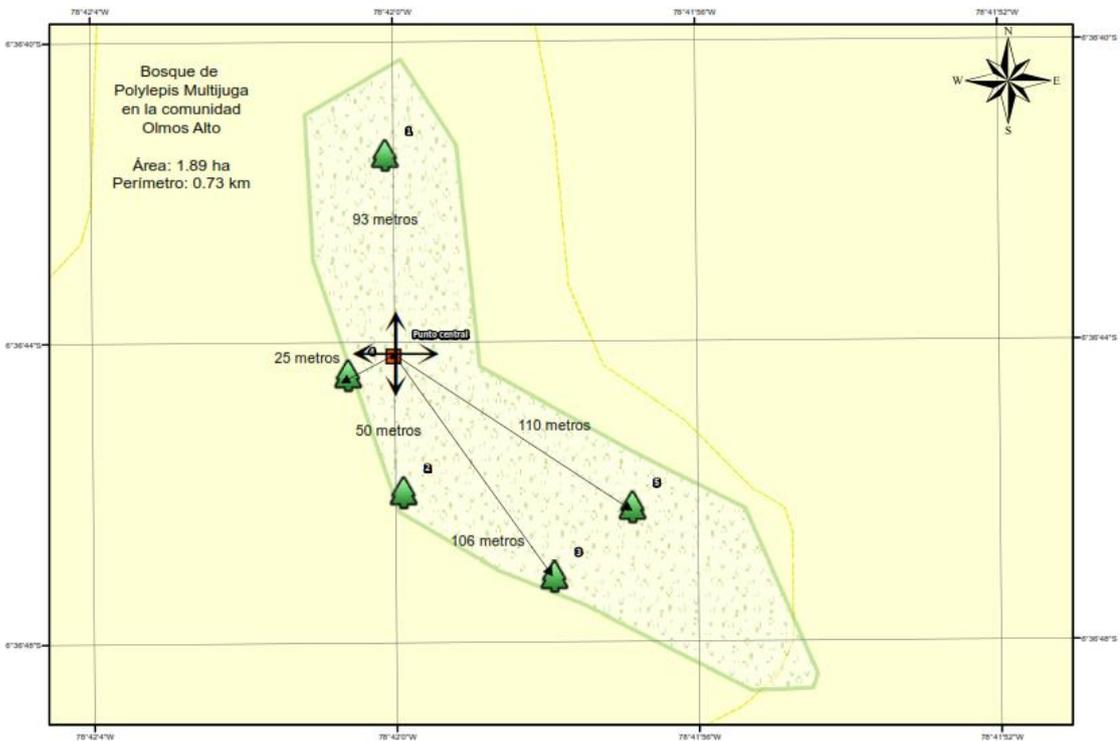
Bosque de Polylepis Multijuga en la comunidad Olmos Alto, Lajas



Nota: Acceso de la comunidad Olmos Alto al bosque de Polylepis Multijuga. Elaboración propia.

Figura 16.

Selección de árboles del bosque de Polylepis Multijuga en la comunidad Olmos Alto



Nota: Muestras que se han seleccionado para el análisis de la madera Polylepis Multijuga. Elaboración propia.

4.2.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis son las probetas de madera Quinua (*Polylepis Multijuga*) de la comunidad Olmos Alto, distrito de Lajas, provincia de Chota, elaboradas según las dimensiones dadas para cada ensayo.

4.2.4. Unidad de observación

La unidad de observación son los árboles de madera Quinua (*Polylepis Multijuga*) de la comunidad Olmos Alto, distrito de Lajas, provincia de Chota, porque su observación y medición inicial permitió definir su diámetro de tronco para la elección del sector de muestreo (árboles con diámetro de tronco de 8” a 10”).

4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación

4.3.1. Tipo de investigación

“El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, cada etapa precede a la siguiente y no se puede eludir pasos; parte de idea que se deriva en objetivos, que se prueban posteriormente con un diseño estadístico para validar la hipótesis” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 37). La investigación es de tipo cuantitativo porque se ha seguido un orden en los ensayos físico-mecánicos de la madera *Polylepis Multijuga*, para determinar sus esfuerzos admisibles en relación a las normas técnicas peruanas (NTP) y el Reglamento Nacional de Edificaciones norma E.010 (MVCS, 2021). Así mismo, los niveles de la investigación se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9.

Tipo de investigación según los principales criterios

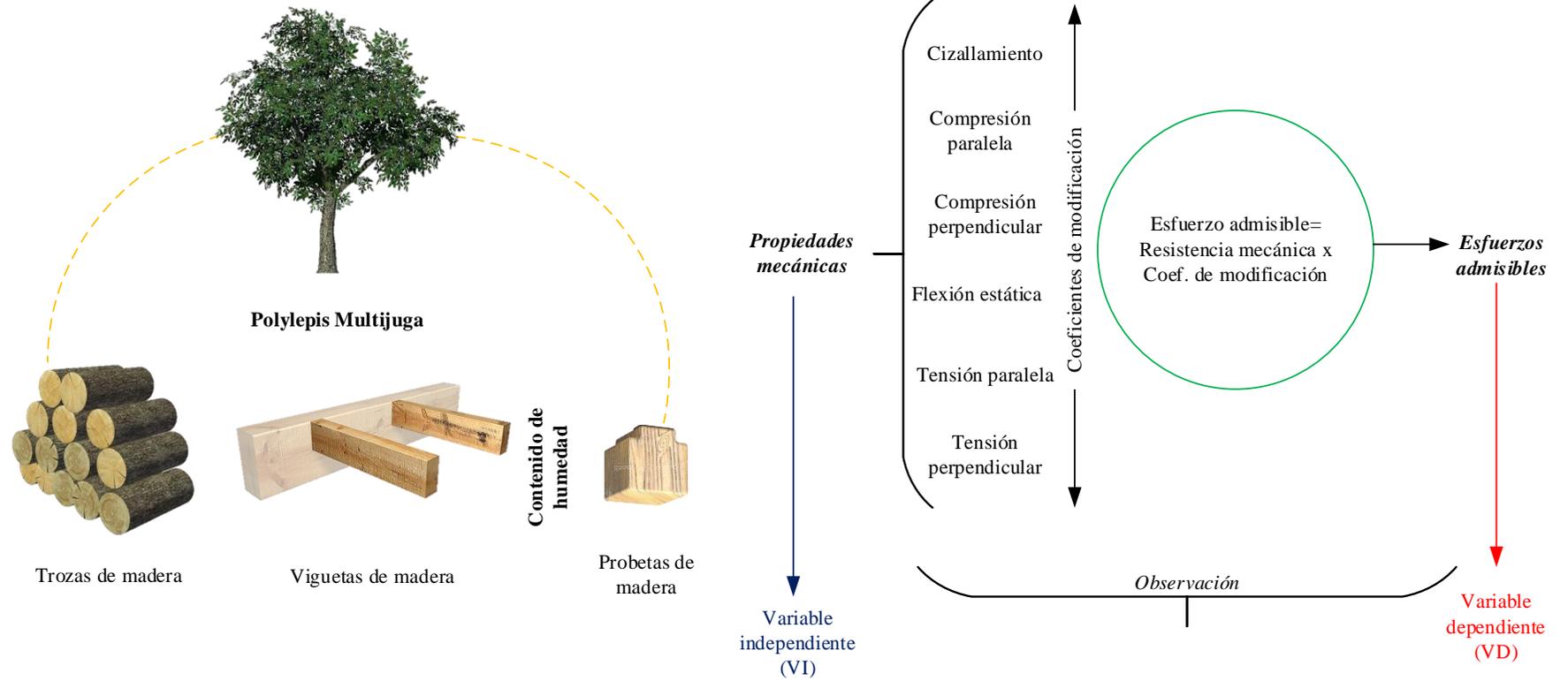
Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptiva
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Laboratorio y campo.
Intervención disciplinaria	Indisciplinaria

4.3.2. *Diseño de investigación*

El diseño de investigación fue descriptivo simple, se observaron y evaluaron diferentes unidades muestrales para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, luego se ponderaron estos valores por los coeficientes de modificación para determinar los esfuerzos admisibles para la madera *Polylepis Multijuga*, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 17.

Diseño de investigación: descriptivo simple



4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Técnicas

Observación. Proceso de recolección de datos en campo para definir las unidades muestrales, y guiar el procedimiento del análisis.

Ensayos de laboratorio. Son los ensayos que se han realizado a la madera *Polylepis Multijuga*, para conocer sus propiedades físicas y mecánicas.

Análisis de esfuerzos admisibles. Técnica que permitió la transformación de las propiedades mecánicas en esfuerzos admisibles de diseño, para el agrupamiento de la madera en la clasificación A, B o C de la norma E.010.

4.4.2. Instrumentos

Cuaderno de campo. Es un instrumento de registro de información en el que se compilaron cada uno de los datos necesarios para la ejecución de la investigación.

Protocolos de ensayos. Es un instrumento utilizado en laboratorio, en el que se registra el proceso seguido para realizar cada ensayo, así mismo los resultados son plasmados en su respectivo formato. Los ensayos que se realizaron son:

- NTP 251.010 Contenido de humedad de la madera
- NTP 251.013 Cizallamiento
- NTP 251.014 Compresión paralela al grano
- NTP 251.016 Compresión perpendicular al grano
- NTP 251.017 Flexión estática
- NTP 251.085 Tensión paralela a la fibra
- NTP 251.086 Tensión perpendicular a la fibra

Valores de esfuerzos admisibles para madera en estado Húmedo. Después de haber realizado los ensayos de laboratorio, se realizaron los cálculos para estimar los valores de esfuerzos admisibles para madera *Polylepis Multijuga*.

Tabla 10.

Cuadro de técnicas e instrumentos de recojo de datos

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
Variable independiente	Observación en campo	Observación	Cuaderno de campo
Propiedades físico-mecánicas	Normas técnicas peruanas de cada ensayo	Ensayos de laboratorio	Formato de protocolo
Variable dependiente	Resultados de los ensayos	Propuesta de valores de esfuerzos admisibles	Hojas de cálculo
Esfuerzos admisibles	mecánicos a la madera	para madera en estado húmedo	

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

4.5.1. Muestreo y acondicionamiento de madera

4.5.1.1. Selección y colección de muestras

Según la NTP 251.008 (INACAL, 2016), se deben seleccionar como mínimo cinco árboles cuando estos presentan un diámetro de tronco mayor a 30 cm. Los árboles se seleccionan al azar, tal como se muestra:

Equipos y materiales

- Sierra eléctrica o hachas
- Brújula
- Botella

Procedimiento

- Se determina el centro de actividad.
- Se gira la botella para definir al azar un rumbo (N, S, E, O, entre otros).
- Se define al azar los metros que se caminarán en esa dirección.
- Se toma el primer árbol de la especie que reúna las características específicas de la población de análisis.
- Se repite el análisis hasta completar los cinco árboles de la muestra.

4.5.1.2. Acondicionamiento de muestras

Para el acondicionamiento de muestras se aplica la NTP 251.009 (INACAL, 2016) de tal forma que los especímenes conserven sus propiedades inertes.

Equipos y materiales

- Aserrín

Procedimiento

- Se divide el fuste en trozas iguales, de una longitud tal, que suministre el número de probetas necesarias para los ensayos a realizar.
- De la troza se corta una pieza de madera al azar de 8 cm de espesor abarcando de corteza a corteza de tal forma que quede la médula incluida.
- Para mantener las viguetas en estado verde, se cubren a las mismas con aserrín hasta el momento del ensayo.
- Las probetas elaboradas para ensayos en ambiente normalizado se someten previamente al tratamiento profiláctico.

4.5.2. Ensayos en madera

4.5.2.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad se determina según los estándares de la NTP 251.010 (INACAL, 2020). Esta norma presenta dos métodos para estimar la humedad: Método A “Secado en estufa (primario)” y método B “Secado en estufa (secundario)”

- a) Método A – Secado en estufa (Primario)

Equipos y materiales

- Estufa
- Balanza
- Muestra de aserrín que pasa la malla 40/60

Procedimiento

- Se pesa las muestras usando una balanza.
- Se coloca las muestras en la estufa dentro del volumen ensayado.
- Se asume que la muestra ha alcanzado este punto cuando la pérdida de masa, en un intervalo de 3 horas, es igual o menor que dos veces la resolución de lectura de la balanza seleccionada.

Ecuación 14. Cálculo del contenido de humedad por el método A

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Dónde:

- m1: masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.
- m2: masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

b) Método B – Secado en estufa (secundario)

Equipos y materiales

- Estufa
- Balanza
- Material de madera

Procedimiento

- Se pesa las muestras usando una balanza.
- Se coloca las muestras en la estufa
- Se asume que la muestra ha alcanzado este punto cuando, al realizar el pesaje de la muestra en intervalos de aproximadamente 4h, no se aprecian cambios considerables en la masa de la misma.

Ecuación 15. Cálculo del contenido de humedad por el método B

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Dónde:

- m1: masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.
- m2: masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

4.5.2.2.Cizallamiento paralelo al grano

Se determina siguiendo los procedimientos de la NTP 251.013 (INACAL, 2015).

Equipos y materiales

- Probetas de 5 cm x 5 cm x 6,5 cm, recortadas en una de sus caras, cuidando que las superficies A, B y C resultantes sean perpendiculares al grano.
- Máquina de ensayos universales
- Cizalla

Procedimiento

- Se coloca la probeta en el dispositivo de cizallamiento de tal manera que la cara transversal reciba la presión de la cizalla.
- Se registra el tipo de falla.

Ecuación 16. Cálculo de la resistencia al cizallamiento para obtener el módulo de rotura

$$\text{Resistencia al cizallamiento} = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$$

Dónde:

- P: es la carga máxima soportada por la probeta en kilogramos.
- A: La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm².

4.5.2.3.Compresión axial o paralela al grano

Se utiliza los procedimientos establecidos en la NTP 251.014 (INACAL, 2020)

Equipos y materiales

- Probetas de 5x5 cm y 20 cm de longitud (método primario)
- Probetas de 2.5x2.5 cm y 10 cm de longitud (método secundario)
- Máquina de ensayos universales
- Medidor de deflexión

Procedimiento

- La carga se aplica sobre las bases del prisma.
- La carga debe aplicarse en forma continua durante todo el ensayo, a razón de 0,6 mm/min para el caso de probetas del método primario, y de 0,3 mm/min para probetas del método secundario.
- Los datos para la curva carga-deformación se deberán tomar hasta después de la rotura de la probeta.

Ecuación 17. Cálculo del esfuerzo al límite proporcional

$$ELP = \frac{P'}{A}$$

Ecuación 18. Cálculo de la resistencia máxima por compresión axial

$$RM = \frac{P}{A}$$

Ecuación 19. Cálculo del módulo de elasticidad

$$MOE = \frac{P'L}{AD}$$

Donde:

- P': Carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, en kg.
- P: Carga máxima soportada por la probeta, en kg.
- A: La superficie de la sección transversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm².
- L: Distancia entre las abrazaderas del deflectómetro, en cm.
- D: Deformación experimentada por la probeta al límite proporcional, en cm.

4.5.2.4. Compresión perpendicular al grano

La compresión perpendicular al grano se determina según la NTP 251.016 (INACAL, 2015).

Equipos y materiales

- Probetas según la NTP 251.008.
- Máquina de ensayos universales
- Medidor de deflexión

Procedimiento

- Se coloca la probeta centrada sobre la base de la máquina de ensayos.
- Se prensa a una velocidad de 0.3 mm/minuto.
- Se registra la curva carga – deformación.

Ecuación 20. Esfuerzo límite proporcional

$$ELP = \frac{P'}{S}$$

Donde:

- P': carga al límite proporcional, kg.
- S: superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión medida, cm².

4.5.2.5. Flexión estática

La flexión estática se determina según la NTP 251.017 (INACAL, 2019)

Equipos y materiales

- Probetas de 5 cm x 5 cm x 76 cm de longitud bajo el método primario
- Probetas de 2,5 cm x 2,5 cm x 41 cm de longitud bajo el método secundario
- Máquina de ensayos universales.
- Soportes
- Medidor de deflexión

Procedimiento

- Ubicación del plano neutral

- Aplicación de la carga y soportes, la carga se aplica en el centro de la muestra (distancia entre los soportes de 35 cm) para probetas grandes y (distancia entre los soportes de 17.5 cm) para probetas pequeñas.
- Se aplica la carga continuamente a la probeta con una velocidad constante de 2.5 mm/min para probetas grandes y 1.3 mm/min para pequeñas.
- Se registra la curva de la carga – deformación.
- Se realiza la descripción de falla de la probeta.
- Se determina el contenido de humedad de la probeta, inmediatamente después de realizado el ensayo.

Ecuación 21. Cálculo de la resistencia a flexión (fm)

$$f_m = \frac{m \times 0.5h}{i}$$

En la ecuación 22, la resistencia a la flexión (fm) es igual a división del 0.50 de la altura de la probeta (h) por m, donde $m = \frac{P \times L}{4}$ es igual a la división de la carga por la longitud efectiva entre cuatro, entre i, donde i es igual al $i = \frac{b \times h^3}{12}$, momento de inercia definido por la división de la base por el cubo de la altura entre 12.

Ecuación 22. Cálculo del esfuerzo de la fibra al límite proporcional (ELP)

$$ELP = \frac{3P'L}{2ae^2}$$

Ecuación 23. Cálculo del módulo de ruptura (MOR)

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2}$$

Ecuación 24. Cálculo del módulo de elasticidad (MOE)

$$MOE = \frac{P'L^3}{4ae^3Y}$$

Dónde:

- P': carga al límite proporcional en kg
- L: distancia entre soportes, luz de la probeta en cm,

- a: ancho de la probeta en cm,
- e: espesor de la probeta en cm.
- P: carga máxima en kg.
- Y: deflexión en el centro de la luz al límite proporcional en cm.

4.5.2.6. Tensión paralela a las fibras

La tensión paralela a las fibras se determina por la NTP 251.085 (INACAL, 2017).

Equipos y materiales

- Probetas con dimensiones particulares descritas en la NTP 251.085.
- Prensa de ensayos con una capacidad superior a los 2000 kg de carga.
- Dispositivo para la aplicación de carga.
- Un extensómetro.

Procedimiento

- Se mide el espesor "a" y el ancho "b" de cada probeta en el centro del eje transversal de la misma (las medidas son expresadas en milímetros).
- Se ubica la probeta en la mordaza y se centra correctamente.
- Se aplica la carga progresivamente.
- Se mide la deformación de la probeta con la ayuda de los extensómetros.
- Se aplica la carga a la misma velocidad hasta la ruptura de la probeta.
- Se registra esta carga.

Ecuación 25. Cálculo del módulo de elasticidad MOE

$$MOE = \frac{PL}{a \cdot b \cdot \Delta}$$

Ecuación 26. Cálculo del módulo de ruptura MOR

$$MOR = \frac{P}{a \cdot b}$$

Dónde:

- P': Carga en el límite proporcional, en kg
- Δ: incremento constante de la deformación de la probeta en cm
- a: Espesor de la probeta en centímetros
- b: Ancho de la probeta en la sección reducida, en centímetros
- P: Carga de rotura de la probeta en kg
- L: Distancia entre abrazaderas en cm

4.5.2.7. Tensión perpendicular a la fibra

La tensión perpendicular a la fibra se determina según NTP 251.086 (INACAL, 2020).

Equipos y materiales

- Máquina de ensayo universal
- Dispositivo para la aplicación de carga
- Probetas según la NTP 251.009

Procedimiento

- Se miden las dimensiones de la sección mínima de las probetas.
- Se ubica la probeta en la mordaza y se centra correctamente.
- Se aplica la carga progresivamente.
- Se aplica la carga a la velocidad especificada hasta que la probeta falle.
- Se registra esta carga en un formato.
- La velocidad de prueba debe ser 2.5 mm/min.
- Se determina el contenido de humedad de la probeta.

Ecuación 27. Cálculo del esfuerzo de tracción (ET)

$$ET = P/A$$

Dónde: P: Carga a la que se produjo la falla de la probeta en kg; y A: Área de la sección mínima (cm²).

4.5.3. Técnicas para el procesamiento de la información

Para el procesamiento la información se utilizaron técnicas computacionales, por medio del uso de los siguientes softwares:

- ArcGIS 10.5. Permite elaborar el mapa de ubicación de la zona de estudio, ubicando en el software el punto de referencia tomado con el GPS.
- Microsoft Excel 2016. Se utiliza para poner los datos de los ensayos de laboratorio, y para determinar los esfuerzos admisibles de la madera en estudio.

4.5.4. Técnicas para el análisis de la información

Para el análisis estadístico de la información se ha utilizado el software Minitab 19, utilizando el análisis ANOVA, ajustado a la regresión lineal, donde se acepta la hipótesis nula (H_0) si p-value es mayor al nivel de significancia y se rechaza H_0 para aceptar la hipótesis alternativa (H_1) si p-value es menor al nivel de significancia.

4.6. Matriz de consistencia metodológica

La matriz de consistencia metodológica se muestra en el Anexo N° 1.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

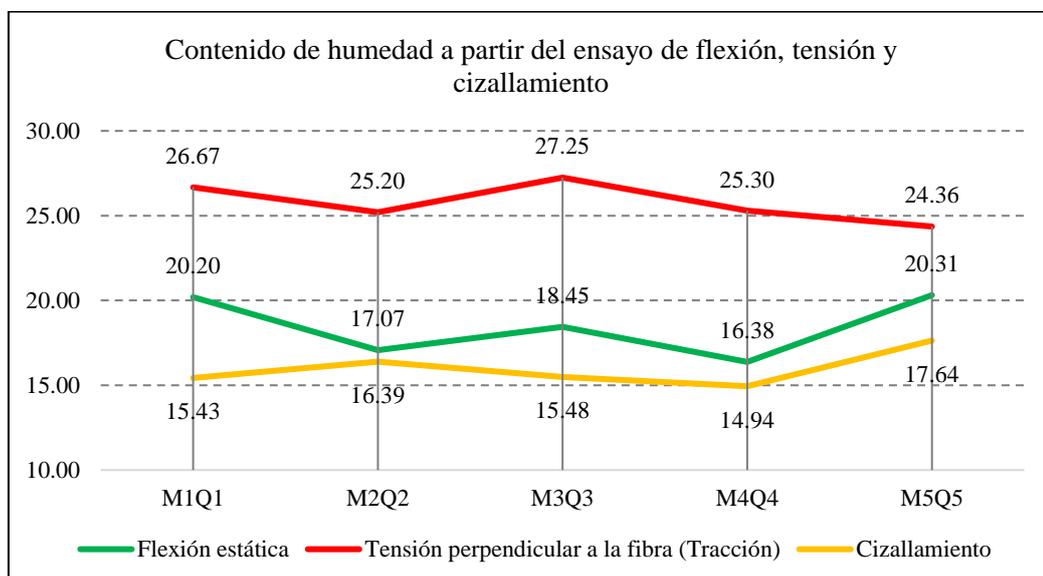
5.1.1. Contenido de humedad de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad

Olmos Alto

El contenido de humedad es la cantidad de agua contenida en la madera (Enríquez, 2014), este valor representa un precedente para los ensayos mecánicos a fin de conocer si la madera está en estado seco o húmedo. El contenido de humedad que define a la madera secada al aire es generalmente 12%, la norma E.010 (MVCS, 2021) menciona que para el diseño estructural la madera aserrada deberá estar seca y en ningún caso sobrepasar un contenido de humedad del 22%, pero a la vez los criterios de agrupamiento (densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles) son determinados para madera húmeda, y la norma expresa que pueden ser usados para madera seca. Por tanto, siguiendo el proceso de la NTP 251.010 se ha realizado el ensayo de contenido de humedad para la madera en estado húmedo, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 18.

Contenido de humedad de las probetas de madera a partir del ensayo de flexión, tensión y cizallamiento



Se elaboraron probetas de la madera *Polylepis Multijuga* según las dimensiones dadas en las normas técnicas peruanas, para cada ensayo, respetivamente. La madera *Polylepis Multijuga* alcanza valores de contenido de humedad promedio para las probetas después del ensayo de flexión estática, tensión perpendicular a la fibra y cizallamiento de 18.48%, 25.76% y 15.97%, respectivamente, lo que generaliza el estado verde de la madera. Las probetas de madera sometidas a cizallamiento tienden a tener menor humedad que las probetas sometidas a otros ensayos mecánicos; en cambio, las probetas de madera que son sometidas a tensión perpendicular a las fibras también denominado tracción, tienden a tener mayores rangos de humedad. El contenido de humedad de la madera *Polylepis Multijuga*, está dentro del rango (12-22%) que especifica la norma E.010 (MVCS, 2021) para su uso como elemento estructural en la construcción de viviendas. El coeficiente de variación de los valores de contenido de humedad determinados posterior a los ensayos de flexión, tracción y cizallamiento son menores a 10%, por ende, se garantiza la confiabilidad de los resultados según Estuardo (2012).

Tabla 11.

*Valores del contenido de humedad de las probetas de madera *Polylepis Multijuga* ensayadas*

Denominación de la muestra para determinar el contenido de humedad (%)	Determinación del Contenido de Humedad (%) a partir del Ensayo		
	Flexión estática	Tensión perpendicular a la fibra (Tracción)	Cizallamiento
M1Q1	20.20	26.67	15.43
M2Q2	17.07	25.20	16.39
M3Q3	18.45	27.25	15.48
M4Q4	16.38	25.30	14.94
M5Q5	20.31	24.36	17.64
Promedio (%)	18.48	25.76	15.97
Máximo	20.31	27.25	17.64
Mínimo	16.38	24.36	14.94
Desviación estándar	1.785	1.174	1.066
Coef. Variación	9.66%	4.56%	6.67%

5.1.2. Resistencia a la compresión paralela de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto

La resistencia a la compresión paralela de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto, representa la fuerza que realiza la madera contra las tensiones que tienden a aplastarla en sentido paralelo. Frente a las cargas aplicadas la madera tiende a deformarse, los valores de estos influyen decisivamente en el módulo de elasticidad. Se ensayaron cinco probetas, una por cada árbol extraído, llegando a obtener mayores cargas de aplicación para las muestras M5Q5 y M3Q3, con valores máximos de 6137 kg y 5193 kg, respectivamente (Tabla 12). La representación gráfica del esfuerzo – deformación al que se sometió a la madera *Polylepis Multijuga* se aprecia en la Fig. 19, donde además se distingue que la deformación en las probetas de madera oscila de 0.05 a 0.75 mm, formando puntos de declive promedio a los 0.40 mm. Los valores de resistencia máxima a compresión paralela alcanzadas por las cinco muestras de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto se muestran en la Fig. 21, donde el valor más bajo lo tiene la muestra M1Q1 con 153.72 kg/cm², y el valor más alto la muestra M5Q5 con 245.48 kg/cm². El módulo de elasticidad (MOE) de la madera se detalla en la Fig. 22, los valores alcanzan para una clasificación dentro del grupo C (55,000 a 90,000 kg/cm²), es importante debido a que un valor bajo de este módulo reduce en la práctica la resistencia a la compresión de piezas esbeltas. El esfuerzo de las fibras al límite proporcional (EFLP) se encuentra en un rango de 131.12 a 220 kg/cm² (Fig. 22). La resistencia máxima, MOE y EFLP a compresión paralela al grano (kg/cm²) promedio de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto es 194.36 kg/cm², 69,497.40 kg/cm² y 174.624 kg/cm², respectivamente (Tabla 13).

Tabla 12.

Carga (kg) – deformación de las probetas de madera sometidas a compresión paralela al grano

Deformación (mm)	Carga (kg) a compresión axial o compresión paralela al grano				
	M1Q1	M2Q2	M3Q3	M4Q4	M5Q5
0.05	620	560	600	580	600
0.10	1250	1250	950	1270	1160
0.15	1880	1820	1320	1840	1690
0.20	2510	2463	1690	2480	2240
0.25	3280	3023	2060	3040	2790
0.30	3560	3583	2430	3603	3340
0.35	3843	4200	2800	4200	3890
0.40		4543	3170	4579	4165
0.45			3540		4440
0.50			3910		4715
0.55			4280		4990
0.60			4650		5265
0.65			5193		5540
0.70					5839
0.75					6137

Figura 19.

Curvas carga – deformación para probetas de madera sometidas a compresión paralela al grano o carga axial

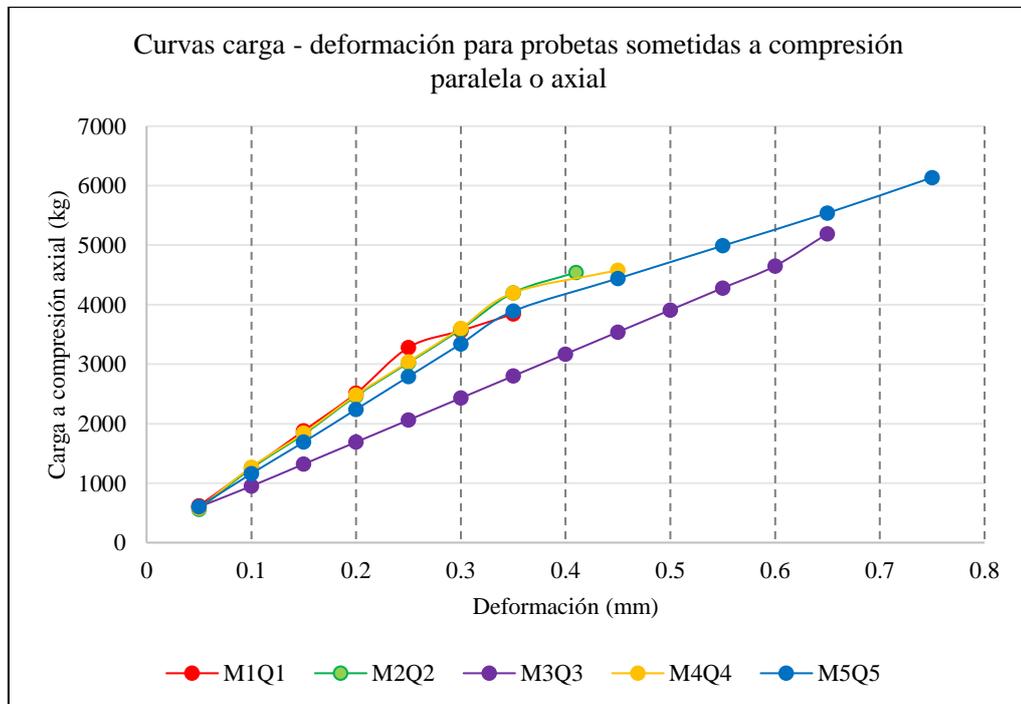


Figura 20.

Curva esfuerzo – deformación para probetas sometidas a compresión paralela al grano

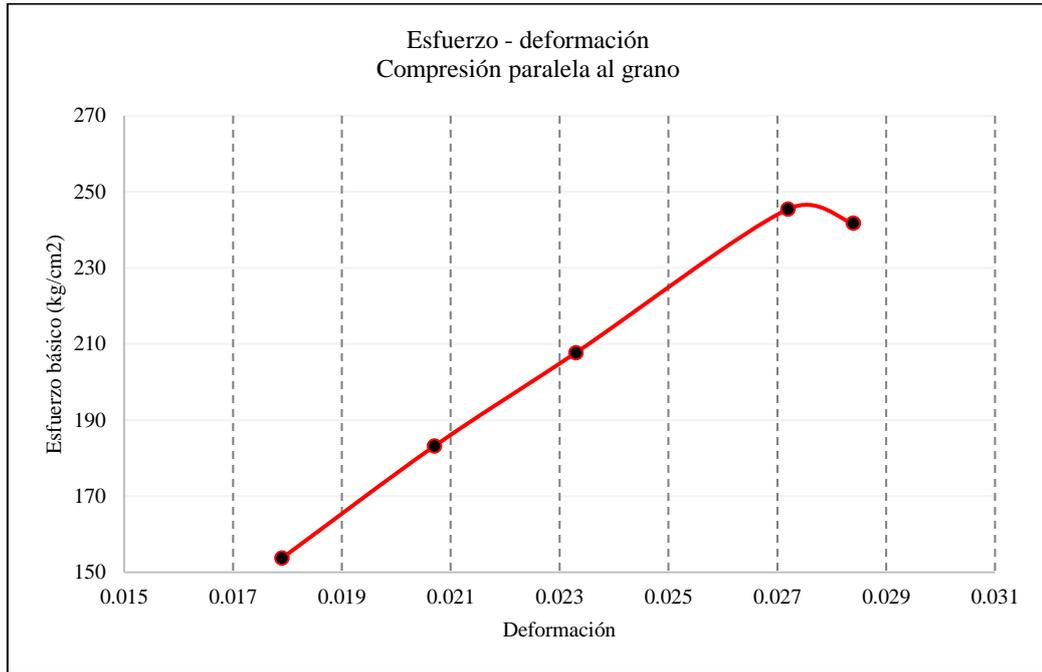


Figura 21.

Resistencia máxima a compresión paralela (kg/cm²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

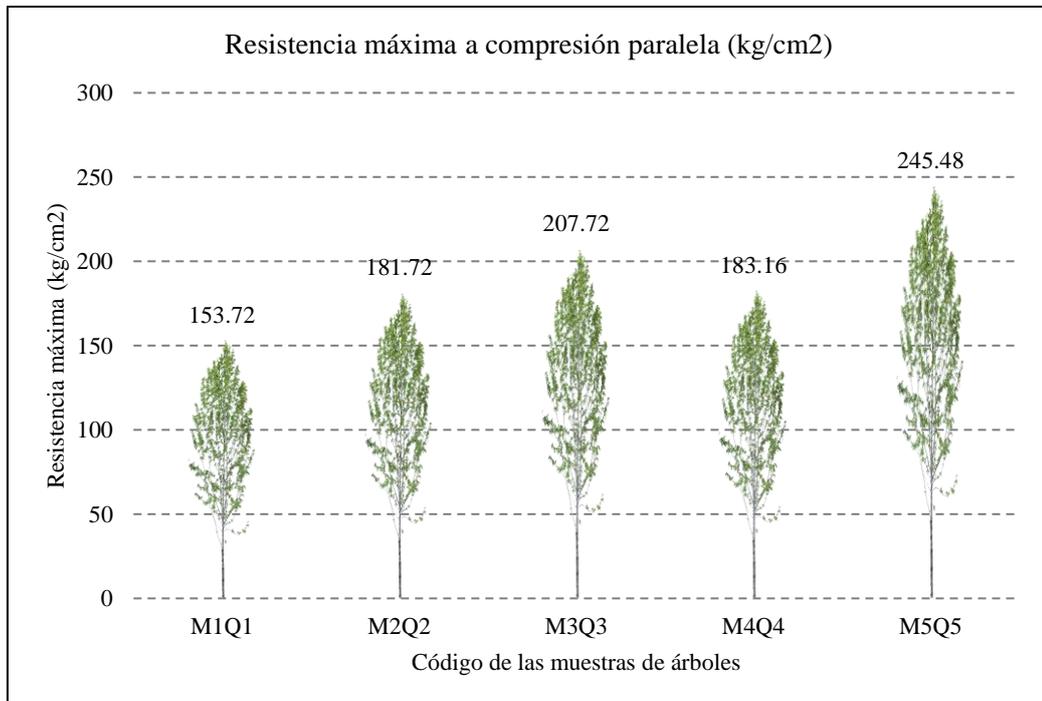


Figura 22.

Módulo de elasticidad a compresión paralela (kg/cm²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

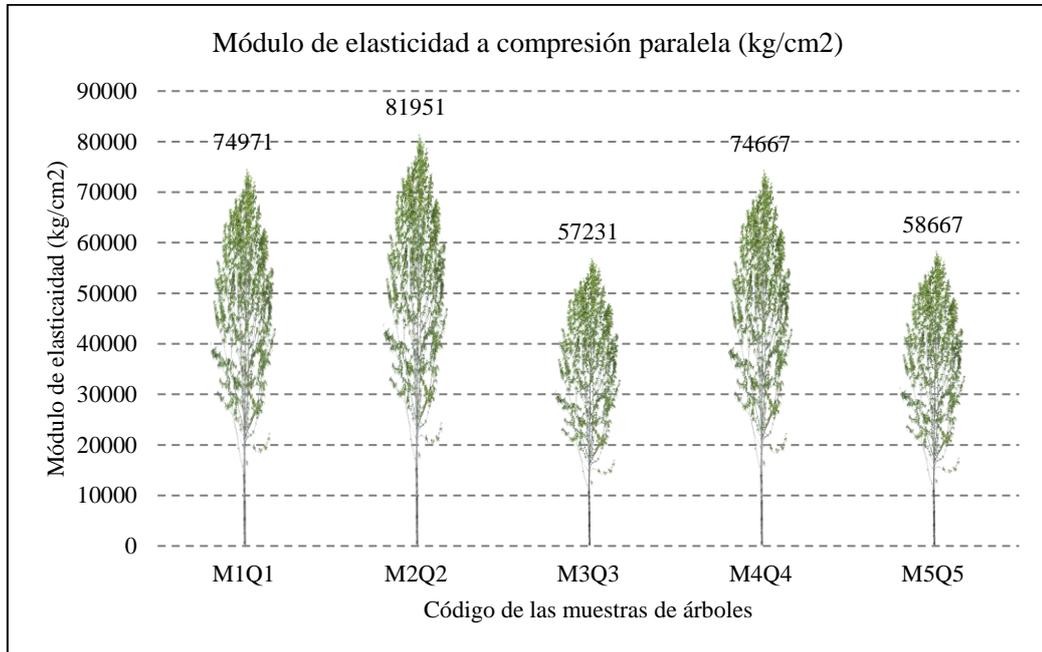


Figura 23.

Esfuerzo de las fibras al límite proporcional a compresión paralela (kg/cm²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

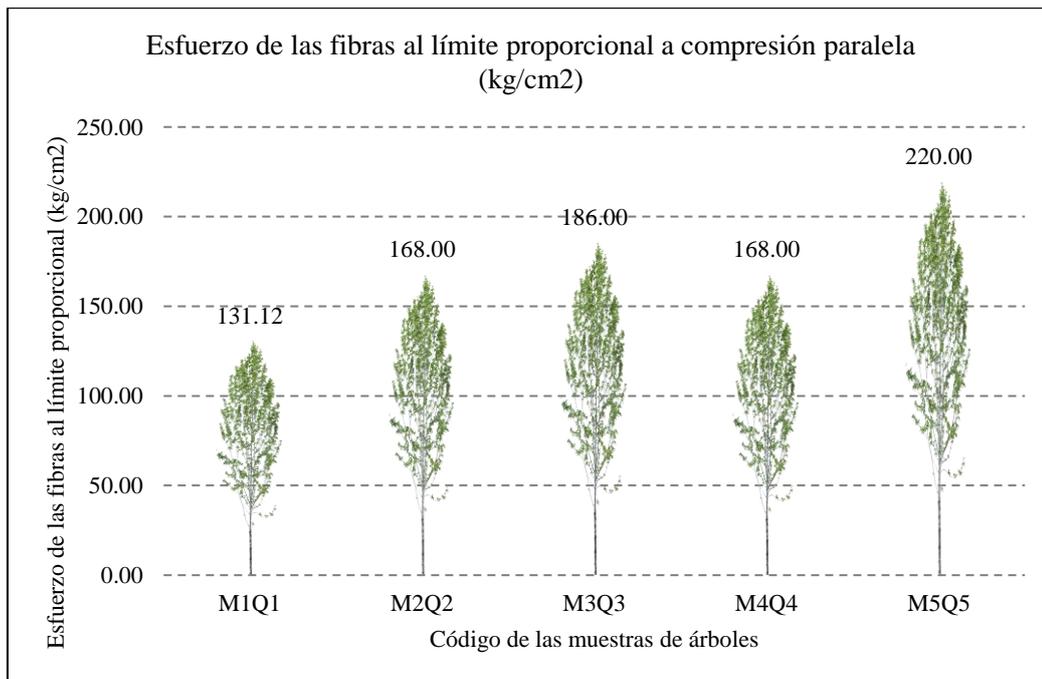


Tabla 13.*Compresión paralela al grano (kg/cm²) de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto*

Compresión paralela al grano (kg/cm²)			
Muestra	Resistencia máxima	Módulo de elasticidad	Esfuerzo de las fibras al límite proporcional
M1Q1	153.72	74971	131.12
M2Q2	181.72	81951	168.00
M3Q3	207.72	57231	186.00
M4Q4	183.16	74667	168.00
M5Q5	245.48	58667	220.00
Promedio (kg/cm²)	194.36	69497.4	174.624
Máximo	245.48	81951.00	220.00
Mínimo	153.72	57231	131.12
Desviación estándar	34.38	10949.19	32.28
Coef. Variación	17.69%	15.75%	18.49%

5.1.3. Resistencia a la compresión perpendicular de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto

La resistencia a la compresión perpendicular de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto, representa la fuerza que realiza la madera contra las tensiones que tienden a aplastarla en sentido perpendicular, el efecto del aplastamiento es mayor en el sentido perpendicular, que en sentido contrario. Frente a las cargas aplicadas la madera tiende a deformarse, los valores de estos influyen decisivamente en la elasticidad. Se ensayaron cinco probetas, una por cada árbol extraído, llegando a obtener mayores cargas de aplicación para las muestras M5Q5 y M4Q4, con valores máximos de 3,217 kg y 3,072 kg, respectivamente (Tabla 14). La representación gráfica del esfuerzo – deformación al que se sometió a la madera *Polylepis Multijuga* se aprecia en la Fig. 25, donde además se distingue que la deformación en las probetas de madera oscila de 0.05 a 0.80 mm, formando puntos de declive promedio a los 0.60 mm. Los valores de resistencia máxima a compresión perpendicular alcanzadas por las cinco muestras

de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto se muestran en la Fig. 25, donde el valor más bajo lo tiene la muestra M3Q3 con 92.48 kg/cm², y el valor más alto la muestra M2Q2 con 130.96 kg/cm². El esfuerzo de las fibras al límite proporcional (EFLP) a compresión perpendicular se encuentra en un rango de 79.80 a 117.60 kg/cm² (Fig. 26), este valor se obtiene al dividir la carga al límite proporcional (kg) entre el área de la sección transversal de la probeta antes del ensayo en cm², representa el mayor esfuerzo en el que la curva en un diagrama carga – deformación es una línea recta, en otras palabras es el mayor valor resistente antes de mostrar rasgos de declive en su capacidad elástica.

Tabla 14.

Carga – deformación de las probetas de madera sometidas a compresión perpendicular al grano

Deformación (mm)	Carga (kg) a compresión perpendicular al grano				
	M1Q1	M2Q2	M3Q3	M4Q4	M5Q5
0.05	600	600	600	600	600
0.10	830	844	843	804	805
0.15	1020	1084	1086	1020	1006
0.20	1254	1326	1329	1224	1207
0.25	1475	1562	1572	1416	1399
0.30	1695	1805	1815	1635	1600
0.35	1925	2041	1995	1840	1807
0.40	2145	2279	2312	2039	2005
0.45	2345	2526		2245	2201
0.50	2638	2759		2451	2401
0.55		2940		2662	2609
0.60		3274		2764	2711.5
0.65				2866	2814
0.70				3072	3012
0.78					3217

Figura 24.

Curvas carga – deformación para probetas de madera sometidas a compresión perpendicular al grano

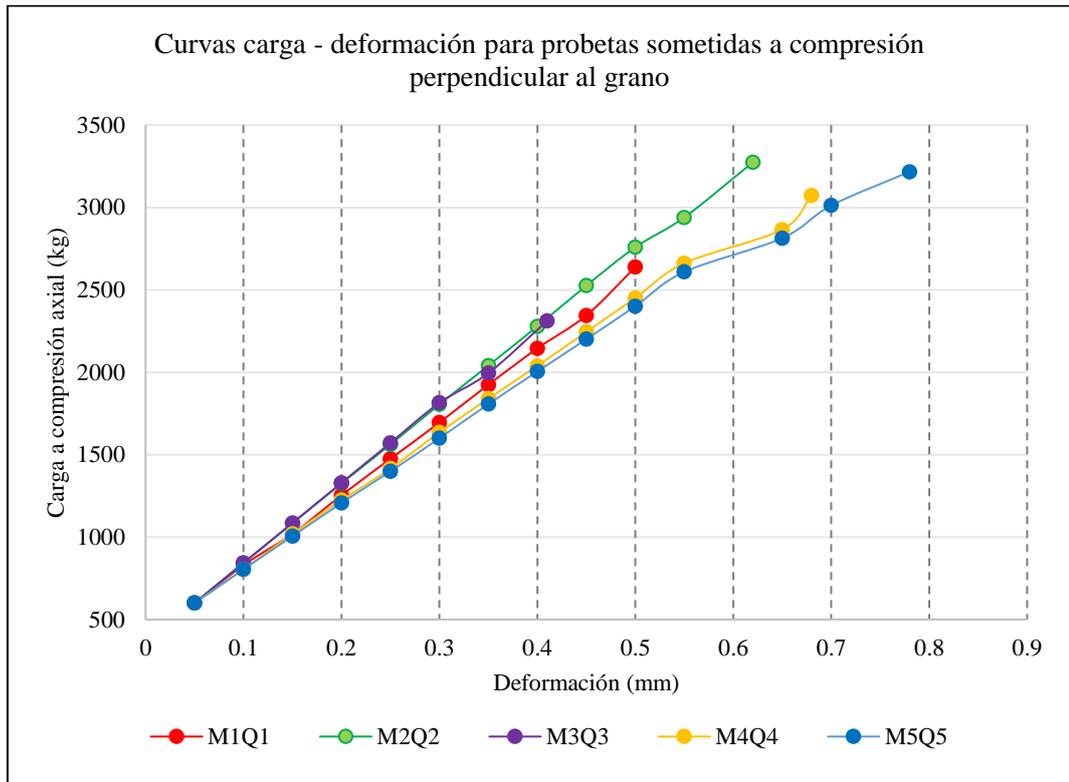


Figura 25.

Resistencia máxima a compresión perpendicular al grano de la madera Polylepis Multijuga

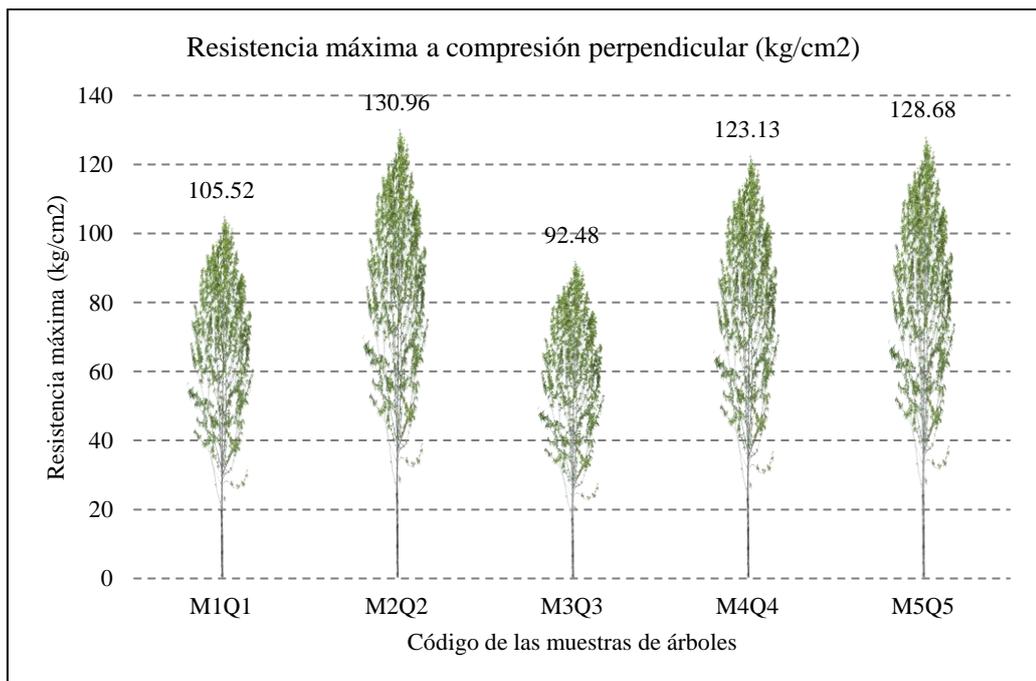
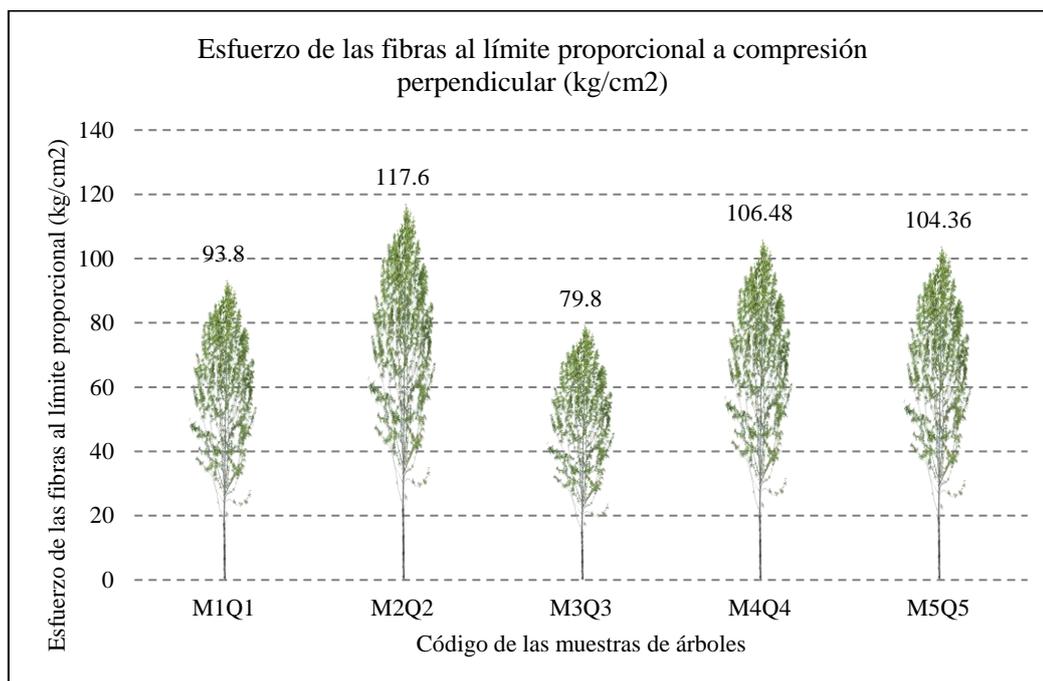


Figura 26.

Esfuerzo a las fibras al límite proporcional a compresión perpendicular de la madera Polylepis Multijuga



La compresión perpendicular a la fibra, es la fuerza característica en las zonas de apoyo de las vigas, donde se concentra toda la carga en pequeñas superficies que deben ser capaces de transmitir la reacción sin sufrir deformaciones importantes o aplastamientos, por ello, es importante determinar sus valores promedio en cada tipo de madera. La resistencia máxima y esfuerzo de las fibras al límite proporcional a compresión perpendicular al grano (kg/cm²) promedio de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas es 100.408 kg/cm² y 116.15 kg/cm², respectivamente, así mismo sus valores de desviación estándar son 14.29 y 16.57 respectivamente, lo que determina un coeficiente de variación (desv. Estándar/ promedio) de 14.23% y 16.57%, por lo que podrían eliminarse valores extremos, pero en este estudio se considerarán todos los resultados obtenidos en laboratorio como validados, por la fiabilidad del laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (Tabla 15).

Tabla 15.

Compresión perpendicular al grano (kg/cm²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

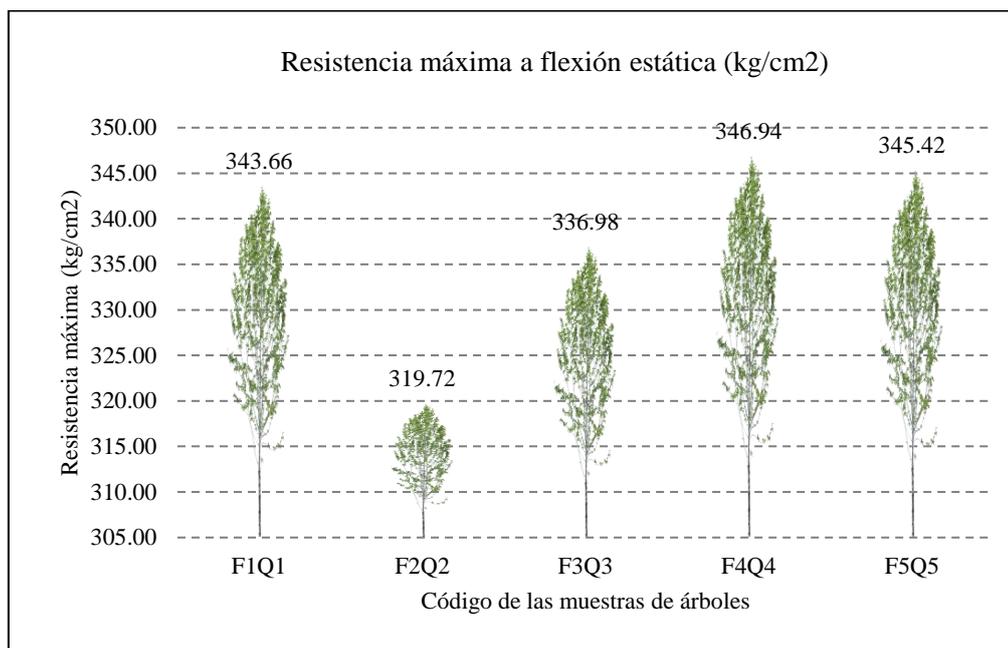
Compresión perpendicular al grano (kg/cm²)		
Muestra	Esfuerzo de las fibras al límite proporcional	Resistencia máxima
M1Q1	93.8	105.52
M2Q2	117.6	130.96
M3Q3	79.8	92.48
M4Q4	106.48	123.13
M5Q5	104.36	128.68
Promedio (kg/cm²)	100.408	116.1532505
Máximo	117.60	130.96
Mínimo	79.8	92.48
Desviación estándar	14.29	16.57
Coef. Variación	14.23%	14.27%

5.1.4. Resistencia a la flexión de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

El análisis de la resistencia a flexión es sustancial en elementos estructurales como vigas, viguetas, pares de cubiertas, etc.; esta propiedad está integrada por la combinación de una tracción y una compresión; los esfuerzos a flexión se ocasionan en elementos de gran extensión respecto a las superficies de su sección transversal o normal de su eje longitudinal, de tal forma que generalmente llegan a producir una deformación en forma de arco en cada elemento ensayado. En la presente investigación para determinar la resistencia a la flexión se ensayaron cinco muestras extraídas de cinco arboles de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto, distrito de Lajas. Al ensayar los especímenes, se determinó que la muestra F2Q2 obtiene la menor resistencia a flexión equivalente a 319.72 kg/cm², y la muestra F4Q4 alcanza la mayor resistencia a flexión que asciende a 346.94 kg/cm², tal como se puede visualizar en la Fig. 27.

Figura 27.

Resistencia máxima a flexión estática de la madera Polylepis Multijuga



La resistencia a la flexión promedio de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas es 338.54 kg/cm², y el coeficiente de variación de los resultados es 6.06%, lo que garantiza la confiabilidad de los valores obtenidos en los ensayos, tal como se evidencia en la Tabla 16.

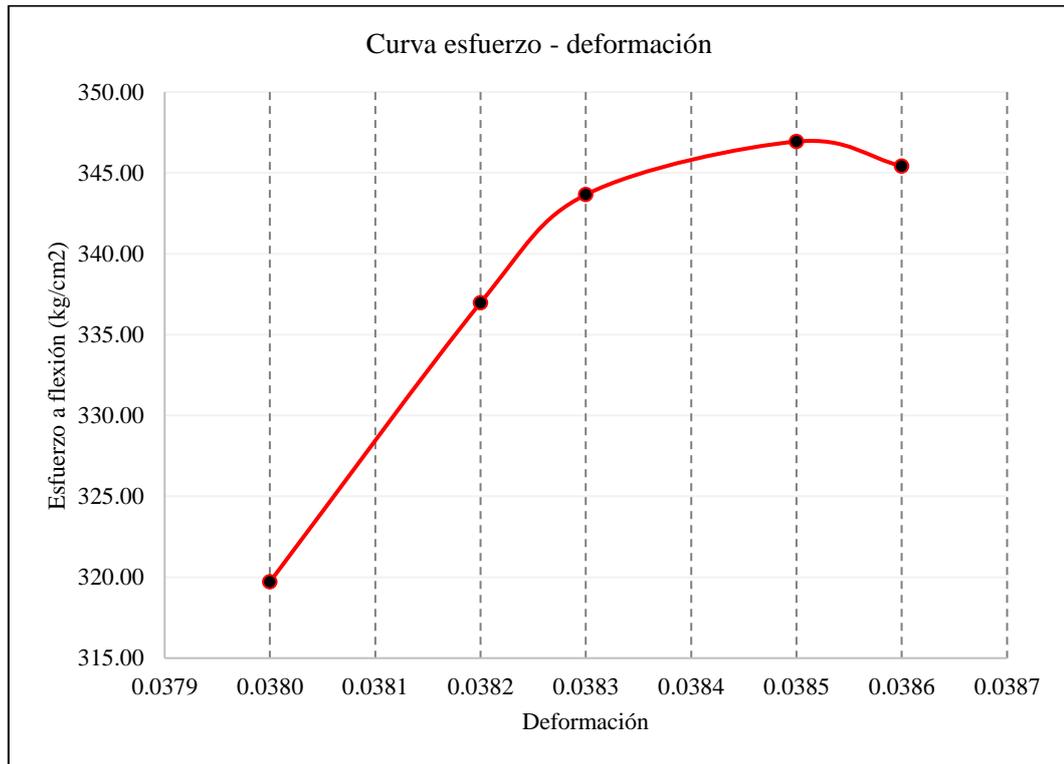
Tabla 16.

Flexión estática (kg/cm²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

Probeta	Medidas (cm)				Flexión estática		
	Largo	Long. Efectiva	Ancho	Alto	Área (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Resistencia máxima (kg/cm ²)
F1Q1	38	23	2.51	2.52	6.3252	2173.7	343.66
F2Q2	38	23	2.52	2.52	6.3504	2030.35	319.72
F3Q3	38	23	2.51	2.51	6.3001	2122.99	336.98
F4Q4	38	23	2.51	2.51	6.3001	2185.74	346.94
F5Q5	38	23	2.52	2.52	6.3504	2193.56	345.42
Promedio (kg/cm²)	38	23	2.514	2.516	6.325	2141.27	338.54
Máximo	38.00	23.00	2.52	2.52	6.350	2193.56	346.94
Mínimo	38	23	2.51	2.51	6.300	2030.35	319.72
Desviación estándar	0.00	0.00	0.01	0.01	0.025	67.83	11.19
Coef. Variación	0.00%	0.00%	0.22%	0.22%	0.40%	3.17%	3.30%

Figura 28.

Curva esfuerzo – deformación



5.1.5. Tensión paralela a la fibra de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto

La tensión o tracción paralela a la fibra de la madera es la resistencia de la madera cuando se utilizan dos esfuerzos, en la misma orientación y sentido opuesto, conducentes extrínsecamente del fragmento en análisis. Las piezas de madera que soportan esfuerzos a tracción paralela a la fibra son generalmente los tirantes y los pendolones de las cerchas, por ello, es sustancial determinar sus valores para el diseño estructural de un tijeral o el techo de una edificación de madera. En el presente estudio se analizaron seis muestras a tensión paralela a la fibra obtenidas a partir del procesamiento de cinco árboles de la madera *Polylepis Multijuga*, es decir del primer árbol se obtuvieron dos muestras de análisis (M1Q1a y M2Q1b). Se llegó a determinar que la muestra M2Q1b presenta la menor resistencia a

tensión paralela a la fibra con un valor de 61.35 kg/cm², en cambio la muestra M3Q1c presenta la mayor resistencia a tensión paralela a la fibra con un valor de 140.57 kg/cm², tal como se muestra en la Fig. 30.

La tensión o tracción paralela a la fibra promedio de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas es 105.79 kg/cm², así mismo el porcentaje de alargamiento o también definido como la deformación de los especímenes oscila de 1.59 a 3.01%, lo que en promedio significa el 2.20% de alargamiento para la madera *Polylepis Multijuga*, tal como se puede visualizar en la Tabla 17.

Figura 29.

Curva esfuerzo – deformación para probetas sometidas a tensión paralela a la fibra

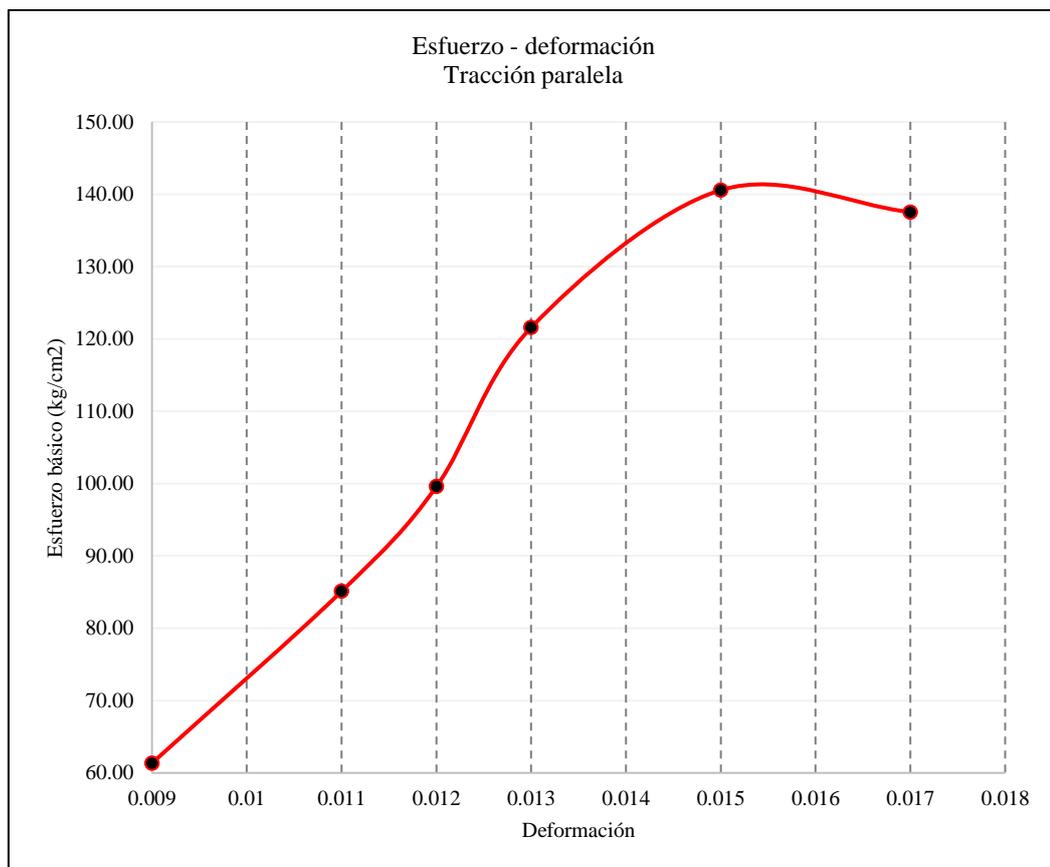


Figura 30.

Resistencia máxima a tensión paralela a la fibra de la madera Polylepis Multijuga

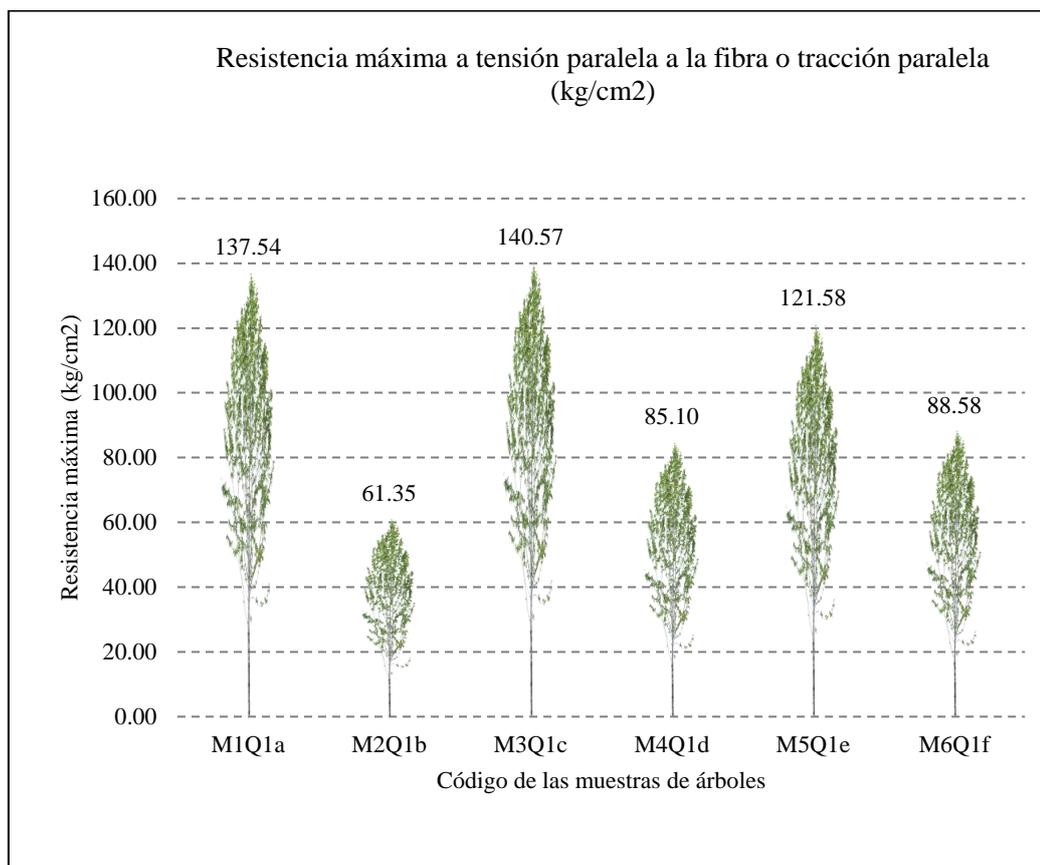


Tabla 17.

Tensión paralela a la fibra (kg/cm²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

Probeta	Medidas (mm)			Tensión paralela a la fibra			
	Espesor	Ancho	Área (mm ²)	Carga máxima (daN)	Resistencia máxima (MPa)	Resistencia máxima (kg/cm ²)	% de alargamiento
M1Q1a	5.10	9.74	49.67	6.70	13.49	137.54	1.59
M2Q1b	5.64	10.02	56.51	3.40	6.02	61.35	3.01
M3Q1c	5.12	9.96	51.00	7.03	13.79	140.57	1.59
M4Q1d	5.60	9.65	54.04	4.51	8.35	85.10	2.57
M5Q1e	5.40	10.36	55.94	6.67	11.92	121.58	1.74
M6Q1f	5.14	10.19	52.38	4.55	8.69	88.58	2.71
Promedio (kg/cm²)	5.33	9.99	53.26	5.48	10.37	105.79	2.20
Máximo	5.64	10.36	56.51	7.03	13.79	140.57	3.01
Mínimo	5.10	9.65	49.67	3.40	6.02	61.35	1.59
Desviación estándar	0.25	0.27	2.73	1.51	3.15	32.14	0.63
Coef. Variación	4.65%	2.67%	5.12%	27.62%	30.39%	30.39%	28.79%

5.1.6. Tensión perpendicular a la fibra de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

La tensión o tracción perpendicular a la fibra de la madera es la resistencia de la madera cuando se utilizan dos esfuerzos, en sentido perpendicular al fragmento en análisis. Las piezas de madera que en la práctica llegan a soportar esfuerzos a tracción perpendicular son las directrices de curva, es decir vigas en arco, vigas curvas, etc., o en zonas de permuta rápida de directrices es decir zonas de vértice. Estas tensiones pueden producirse por las practicas constructivas incorrectas, por lo que su estudio, es esencial para evitar que las viviendas colapsen por tracción perpendicular a la fibra de la madera. En el presente estudio se analizaron seis muestras a tensión paralela a la fibra obtenidas a partir del procesamiento de cinco árboles de la madera Polylepis Multijuga, es decir del primer árbol se obtuvieron dos muestras de análisis (1A y 1B). Se llegó a determinar que la muestra 1A presenta la menor resistencia a tensión perpendicular a la fibra con un valor de 39.99 kg/cm², en cambio la muestra 2 presenta la mayor resistencia a tensión perpendicular a la fibra con un valor de 53.26 kg/cm², tal como se muestra en la Fig. 31.

La tensión o tracción perpendicular a la fibra promedio de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas es 47.06 kg/cm², así mismo el porcentaje de alargamiento o también definido como la deformación de los especímenes oscila de 7.22 a 16.24%, lo que en promedio significa el 12.57% de alargamiento para la madera Polylepis Multijuga, tal como se puede visualizar en la Tabla 18.

Figura 31.

Resistencia máxima a tensión perpendicular a la fibra de la madera Polylepis Multijuga

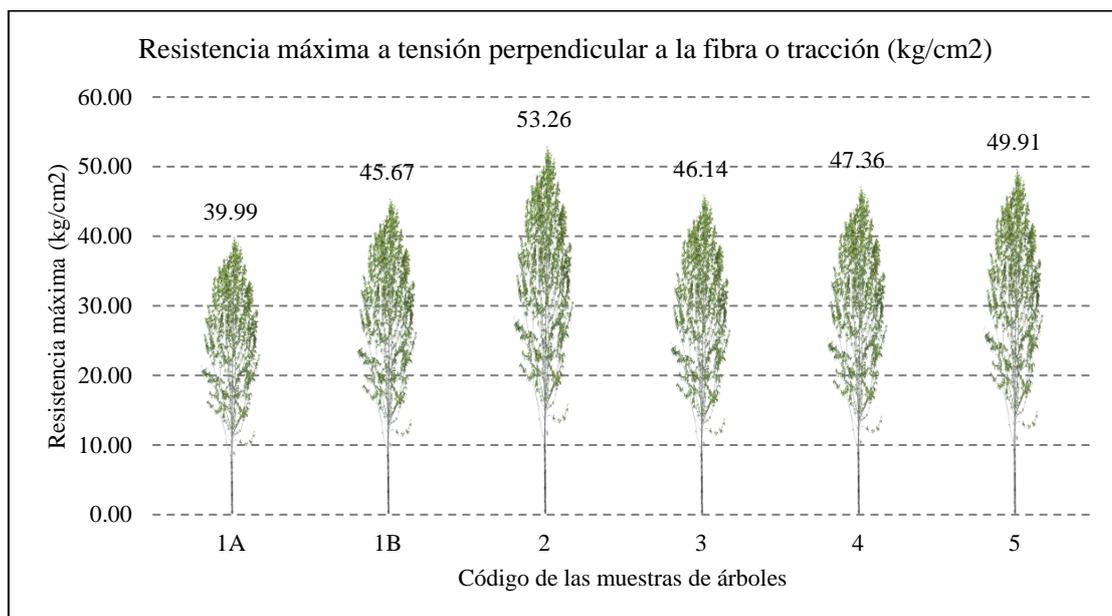


Tabla 18.

Tensión perpendicular a la fibra (kg/cm²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

Código	Medidas (mm)			Tensión perpendicular a la fibra			
	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)	Carga máx (KN)	Resistencia máxima (N/mm ²)	Resistencia máxima (kg/cm ²)	% alargamiento
1A	49.66	26.24	1303.1	5.11	3.92	39.99	15.64
1B	49.85	25.44	1268.2	5.68	4.48	45.67	15.24
2	49.73	24.6	1223.4	6.39	5.22	53.26	16.24
3	49.7	26.59	1321.5	5.98	4.53	46.14	7.22
4	49.69	25.52	1268.1	5.89	4.64	47.36	8.72
5	49.74	25.55	1270.9	6.22	4.89	49.91	12.37
Promedio (kg/cm²)	49.73	25.66	1275.85	5.88	4.61	47.06	12.57
Máximo	49.85	26.59	1321.52	6.39	5.22	53.26	16.24
Mínimo	49.66	24.60	1223.36	5.11	3.92	39.99	7.22
Desviación estándar	0.07	0.69	33.84	0.45	0.44	4.46	3.83
Coef. Variación	0.13%	2.70%	2.65%	7.68%	9.48%	9.48%	30.50%

5.1.7. Cizallamiento paralelo al grano de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto

El esfuerzo de cizallamiento es una medida de la capacidad de la madera para resistir fuerzas que tienden a producir deslizamientos de un plano interno de la madera sobre su plano adyacente. Los esfuerzos de cizallamiento tienen lugar, en mayor o menor grado, en casi todos los usos de la madera, y se clasifican de acuerdo a la dirección en que la fuerza actúa respecto a los planos estructurales de la madera (Alvi-Gordo, Cabas-Giraldo y Valencia-Ramos, 2017).

En el presente estudio se analizaron seis muestras a cizallamiento paralelo a la fibra obtenidas a partir del procesamiento de cinco árboles de la madera *Polylepis Multijuga*, es decir del primer árbol se obtuvieron dos muestras de análisis (M1Q1a y M2Q2b). Se llegó a determinar que la muestra M2Q2b presenta la menor resistencia a cizallamiento paralelo al grano con un valor de 62.76 kg/cm², en cambio la muestra M1Q1a presenta la mayor resistencia a cizallamiento paralelo al grano con un valor de 78.93 kg/cm², tal como se muestra en la Fig. 32. El cizallamiento paralelo al grano promedio de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas es 70.40 kg/cm², así mismo la fuerza de aplicación promedio con la que se logra alcanzar esa resistencia es 17.32 KN, tal como se puede visualizar en la Tabla 19.

Figura 32.

Cizallamiento paralelo al grano de la madera Polylepis Multijuga

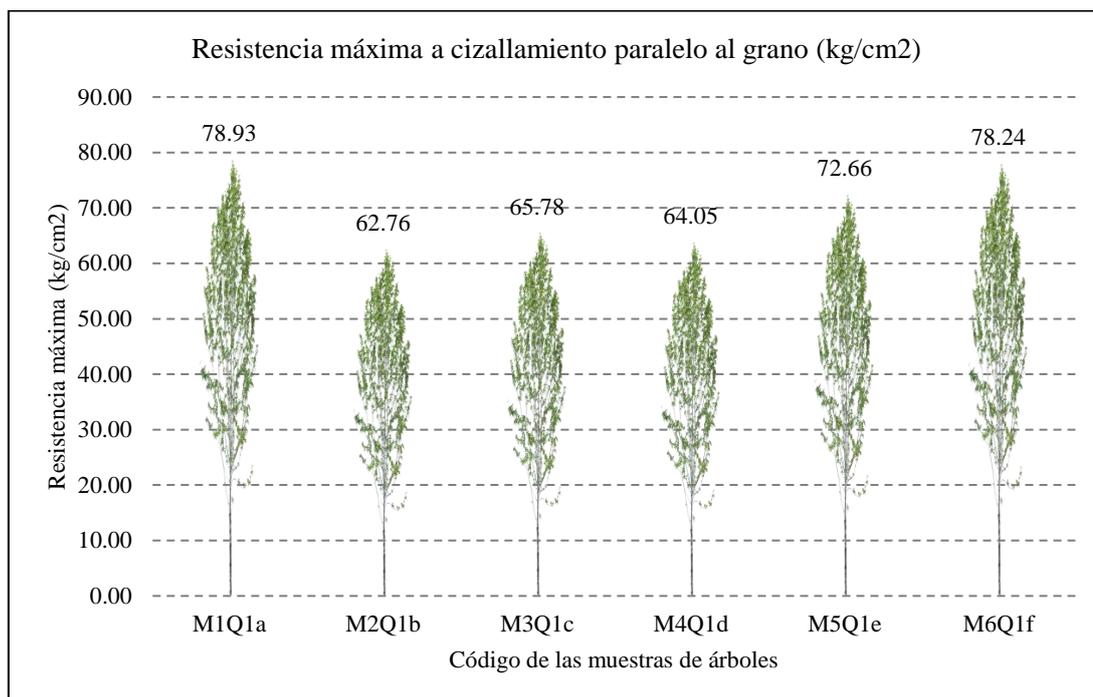


Tabla 19.

Cizallamiento paralelo al grano (kg/cm²) de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

Probeta	Medidas (mm)			Peso (kg)	Fuerza (KN)	Área (mm ²)	Cizallamiento paralelo al grano	
	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)				Resistencia cizallamiento (Mpa)	Resistencia cizallamiento (kg/cm ²)
M1Q1a	50.24	49.63	62.65	0.16	19.3	2493.4	7.74	78.93
M2Q1b	50.04	49.87	62.58	0.159	15.36	2495.5	6.16	62.76
M3Q1c	50.1	50.5	62.85	0.16	16.32	2530.05	6.45	65.78
M4Q1d	50.1	50.4	63.01	0.152	15.86	2525.04	6.28	64.05
M5Q1e	49.9	50.2	62.59	0.16	17.85	2504.98	7.13	72.66
M6Q1f	50	50.1	62.72	0.158	19.22	2505.0	7.67	78.24
Promedio (kg/cm²)	50.06	50.12	62.73	0.16	17.32	2509.00	6.90	70.40
Máximo	50.24	50.50	63.01	0.16	19.30	2530.05	7.74	78.93
Mínimo	49.90	49.63	62.58	0.15	15.36	2493.41	6.16	62.76
Desviación estándar	0.11	0.33	0.17	0.00	1.72	15.22	0.71	7.20
Coef. Variación	0.23%	0.65%	0.27%	1.98%	9.93%	0.61%	10.23%	10.23%

5.1.8. Esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) de la comunidad Olmos Alto, Lajas.

Los esfuerzos admisibles de la madera se obtienen a partir del esfuerzo básico, “El esfuerzo básico es la capacidad de la madera ideal, libre de defectos, de soportar elásticamente una carga en forma segura y permanente, bajo condiciones normales de uso” (Alvi-Gordo, Cabas-Giraldo y Valencia-Ramos, 2017). Para obtener el esfuerzo admisible, se multiplica al esfuerzo básico por el coeficiente de reducción de calidad (F.C. 0.80) y el coeficiente de reducción por tamaño (F.T. 0.90), así mismo se divide por el coeficiente de seguridad (F.S. 2.00, 1.60, 4.00 y 1.60 para flexión, compresión paralela, corte paralelo y compresión perpendicular respectivamente) y el coeficiente de duración de carga (F.D.C. 1.15 y 1.25 para flexión y compresión paralela respectivamente), según sea el caso, tal como especifica la norma E.010 (MVCS, 2021). El esfuerzo admisible a flexión promedio es 105.98 kg/cm², a tracción paralela es 66.12 kg/cm², a compresión paralela es 97.18 kg/cm², a compresión perpendicular es 72.60 kg/cm² y a corte paralelo es 17.60 kg/cm², tal como se observa en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 20.

*Esfuerzos admisibles a flexión de la madera *Polylepis Multijuga**

Probeta	Esfuerzo básico (kg/cm²)	F.C.	F.T.	F.S.	F.D.C.	Esfuerzo admisible (kg/cm²)
F1Q1	343.66	0.80	0.90	2.00	1.15	107.58
F2Q2	319.72	0.80	0.90	2.00	1.15	100.09
F3Q3	336.98	0.80	0.90	2.00	1.15	105.49
F4Q4	346.94	0.80	0.90	2.00	1.15	108.61
F5Q5	345.42	0.80	0.90	2.00	1.15	108.13

F.C. Coeficiente de reducción de calidad

F.T. Coeficiente de reducción por tamaño

F.S. Coeficiente de seguridad

F.D.C. Coeficiente de duración de carga

Figura 33.

Esfuerzos admisibles a flexión de la madera Polylepis Multijuga

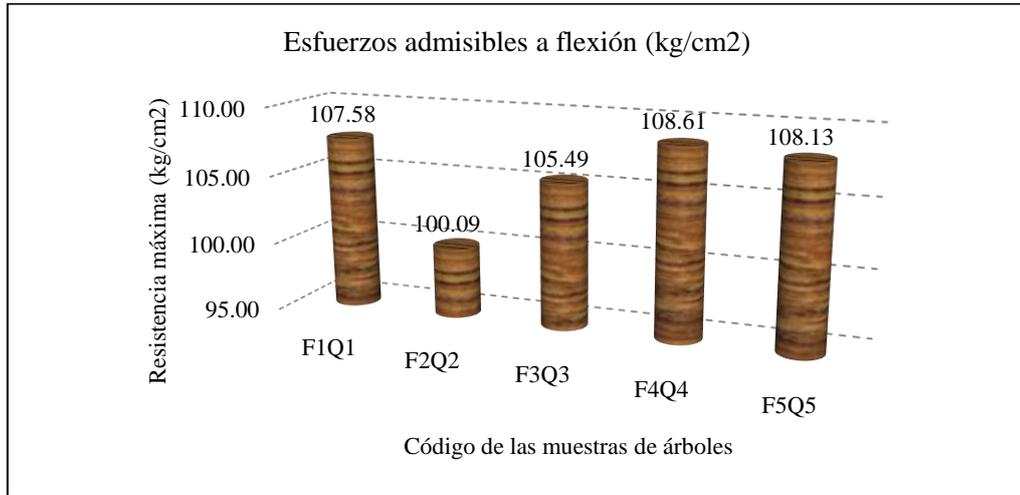


Tabla 21.

Esfuerzos admisibles a tracción paralela de la madera Polylepis Multijuga

Probeta	Esfuerzo básico (kg/cm ²)	F.S.	Esfuerzo admisible (kg/cm ²)
M1Q1a	137.54	1.60	85.96
M2Q1b	61.35	1.60	38.34
M3Q1c	140.57	1.60	87.86
M4Q1d	85.10	1.60	53.19
M5Q1e	121.58	1.60	75.99
M6Q1f	88.58	1.60	55.36

Figura 34.

Esfuerzos admisibles a tracción paralela de la madera Polylepis Multijuga

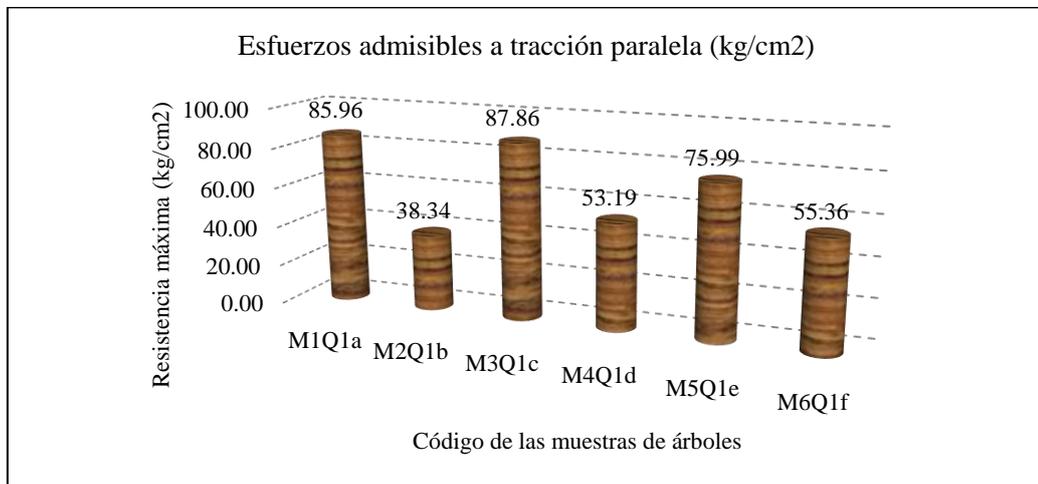
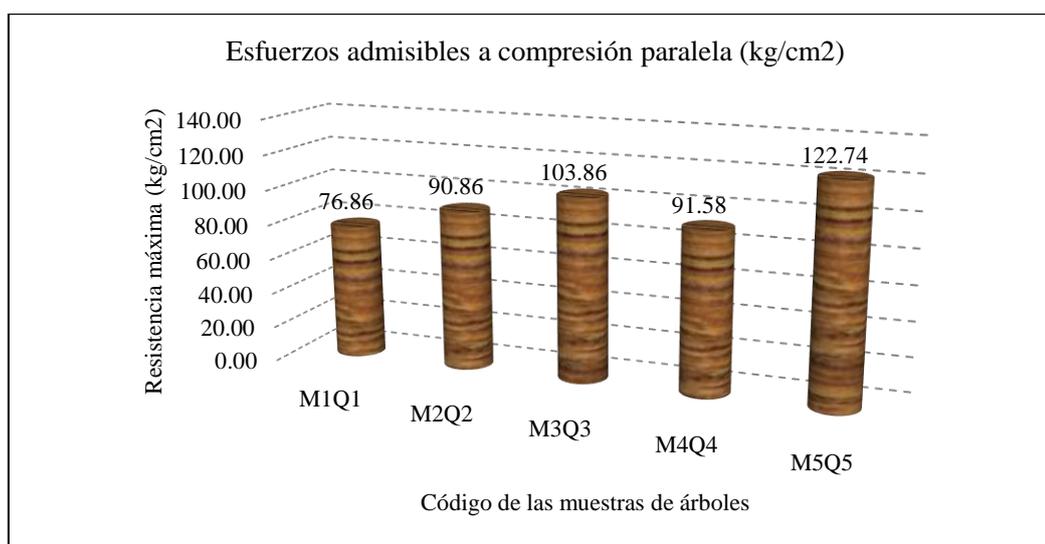


Tabla 22.*Esfuerzos admisibles a compresión paralela de la madera Polylepis Multijuga*

Probeta	Esfuerzo básico (kg/cm ²)	F.S.	F.D.C.	Esfuerzo admisible (kg/cm ²)
M1Q1	153.72	1.60	1.25	76.86
M2Q2	181.72	1.60	1.25	90.86
M3Q3	207.72	1.60	1.25	103.86
M4Q4	183.16	1.60	1.25	91.58
M5Q5	245.48	1.60	1.25	122.74

F.S. Coeficiente de seguridad

F.D.C. Coeficiente de duración de carga

Figura 35.*Esfuerzos admisibles a compresión paralela de la madera Polylepis Multijuga***Tabla 23.***Esfuerzos admisibles a compresión perpendicular de la madera Polylepis Multijuga*

Probeta	Esfuerzo básico (kg/cm ²)	F.S.	Esfuerzo admisible (kg/cm ²)
M1Q1	105.52	1.60	65.95
M2Q2	130.96	1.60	81.85
M3Q3	92.48	1.60	57.80
M4Q4	123.13	1.60	76.95
M5Q5	128.68	1.60	80.43

Figura 36.

Esfuerzos admisibles a compresión perpendicular de la madera Polylepis Multijuga

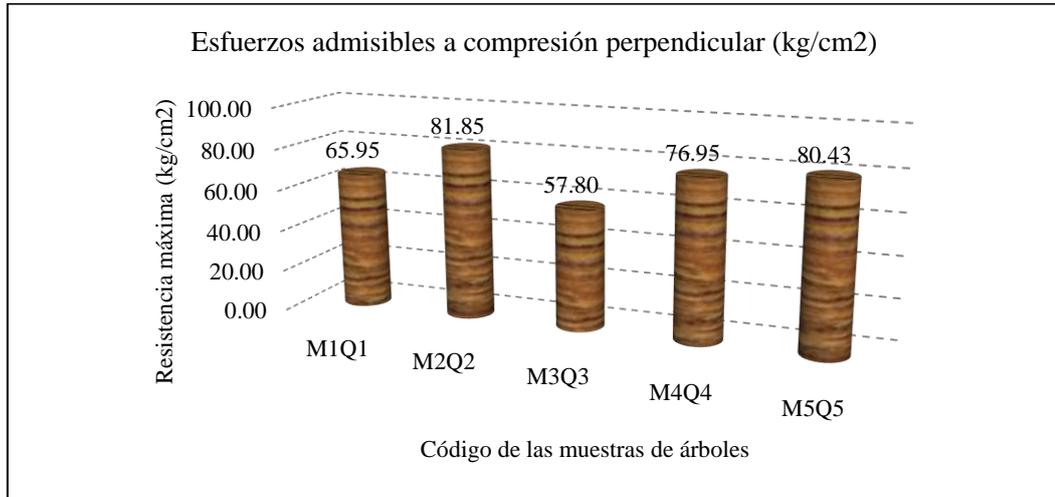


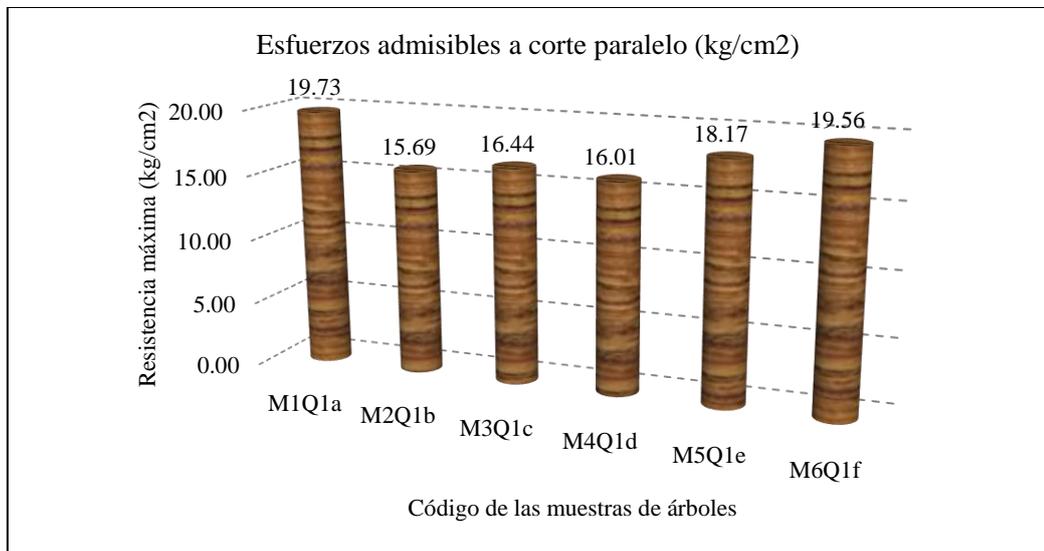
Tabla 24.

Esfuerzos admisibles a corte paralelo de la madera Polylepis Multijuga

Probeta	Esfuerzo básico (kg/cm2)	F.S.	Esfuerzo admisible (kg/cm2)
M1Q1a	78.93	4.00	19.73
M2Q1b	62.76	4.00	15.69
M3Q1c	65.78	4.00	16.44
M4Q1d	64.05	4.00	16.01
M5Q1e	72.66	4.00	18.17
M6Q1f	78.24	4.00	19.56

Figura 37.

Esfuerzos admisibles a corte paralelo de la madera Polylepis Multijuga



5.1.9. Clasificación la madera *Polylepis Multijuga* (quinua), según la norma E.010

Para clasificar una especie maderera se sigue el procedimiento descrito en el ítem 6.2 de la norma E.010 “Madera” (MVCS, 2021). Este procedimiento incluye los procesos a) identificación de especies en forma botánica y descripción anatómica de la madera, b) determinación de la densidad básica promedio, c) determinación del módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles, d) comparación de los módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles obtenidos según la norma, e) agrupar la especie en base a los valores obtenidos.

a) Descripción anatómica de la madera

La especie *Polylepis Multijuga*, pertenece a la familia Rosaceae y seca al aire, la madera presenta duramen de color rojizo oscuro, olor y sabor ausente, lustre medio, textura fina, madera dura, anillos de crecimiento visibles a simple vista y con lupa de 10X, la madera que se observa en la Fig. 38 tenía una edad de 10 años, siendo árboles jóvenes, pero son los que usualmente usan en la comunidad de Olmos Alto del distrito de Lajas para sus construcciones.

Figura 38.

*Vista de la sección transversal y longitudinal de la madera *Polylepis Multijuga**



Nota: Fotografía del proceso de recolección de las viguetas de madera para los respectivos ensayos.

b) Agrupamiento provisional en base a la densidad básica promedio de la especie (MVCS, 2021)

La densidad básica promedio de la madera *Polylepis Multijuga* según los valores de la Fig. 39, es 0.51 gr/cm³, por lo que el grupo provisional de clasificación es el grupo C (rango de densidad básica de 0.40 a 0.55 g/cm³).

c) Valores de rigidez (Módulo de elasticidad)

El módulo de elasticidad de la madera *Polylepis Multijuga*, se ha determinado a partir del ensayo a flexión en vigas a escala natural, alcanza valores de 91083.89, 81027.13, 92598.68, 96717.33, 88723.49 kg/cm².

d) Esfuerzos admisibles

El esfuerzo admisible a flexión promedio es 105.98 kg/cm², a tracción paralela es 66.12 kg/cm², a compresión paralela es 97.18 kg/cm², a compresión perpendicular es 72.60 kg/cm² y a corte paralelo es 17.60 kg/cm².

e) Comparación del módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles

El módulo de elasticidad promedio para vigas a escala natural de la madera *Polylepis Multijuga*, según la Fig. 38, es 90000 kg/cm² por lo que se clasifica dentro del grupo C (rango de módulo de elasticidad de 55000 a 90000 kg/cm²)-

Los esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga* alcanzan la clasificación para un grupo C, según la norma E.010 (MVCS, 2021) (ver Fig. 41 a 45).

f) Agrupamiento de la madera

La madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad de Olmos Alto del distrito de Lajas, alcanza valores promedio de densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles para formar parte del grupo C según la norma E.010 “Madera” (MVCS, 2021).

Figura 39.

Densidad básica de la madera Polylepis Multijuga

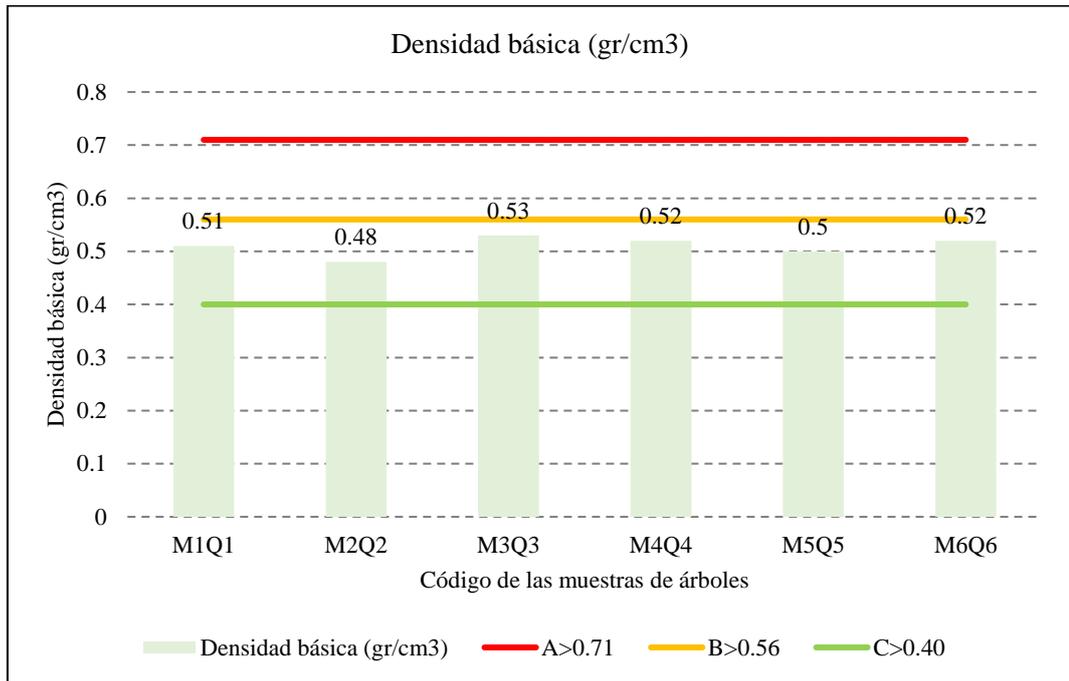


Figura 40.

Módulo de elasticidad de la madera Polylepis Multijuga

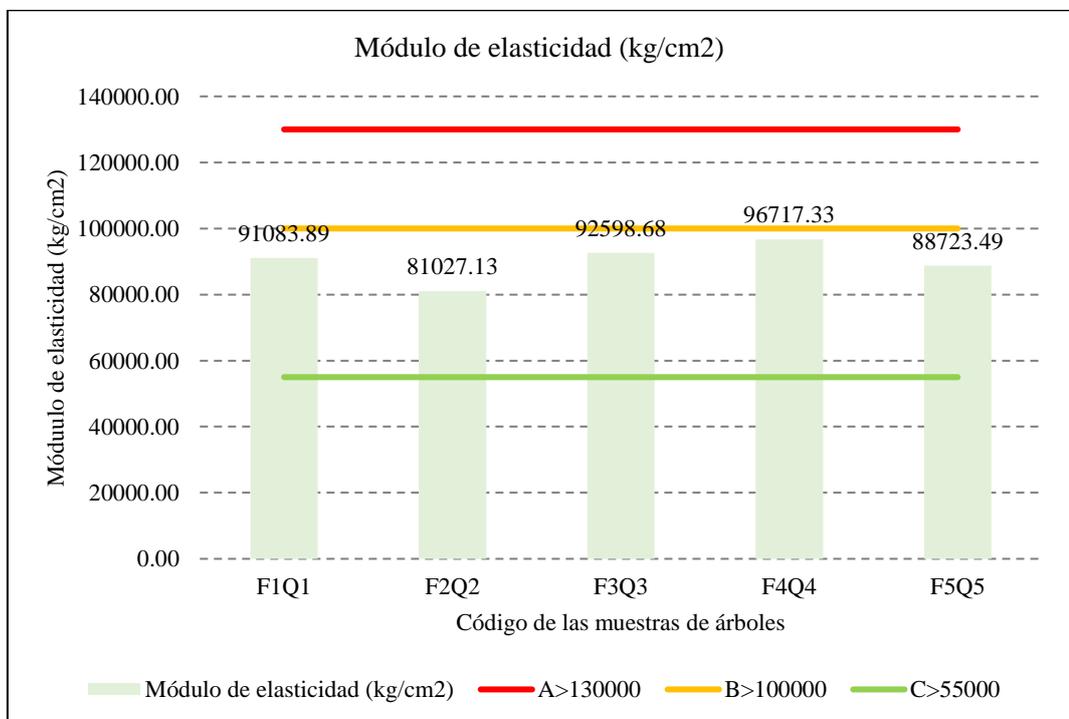


Figura 41.

Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo a flexión

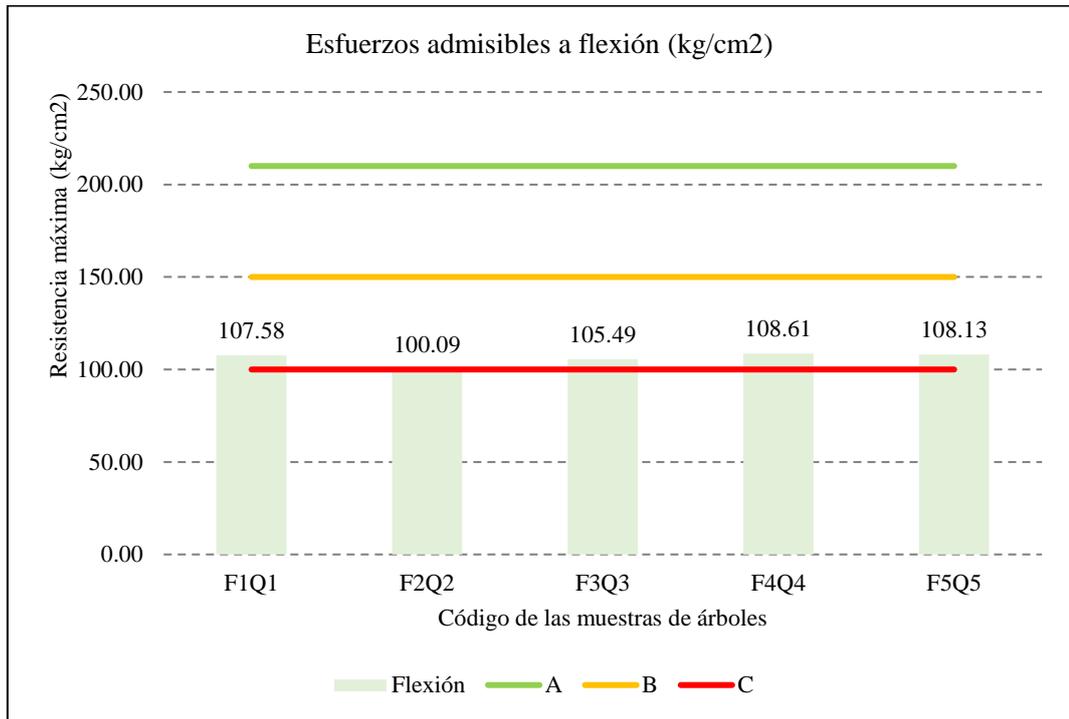


Figura 42.

Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo a compresión perpendicular

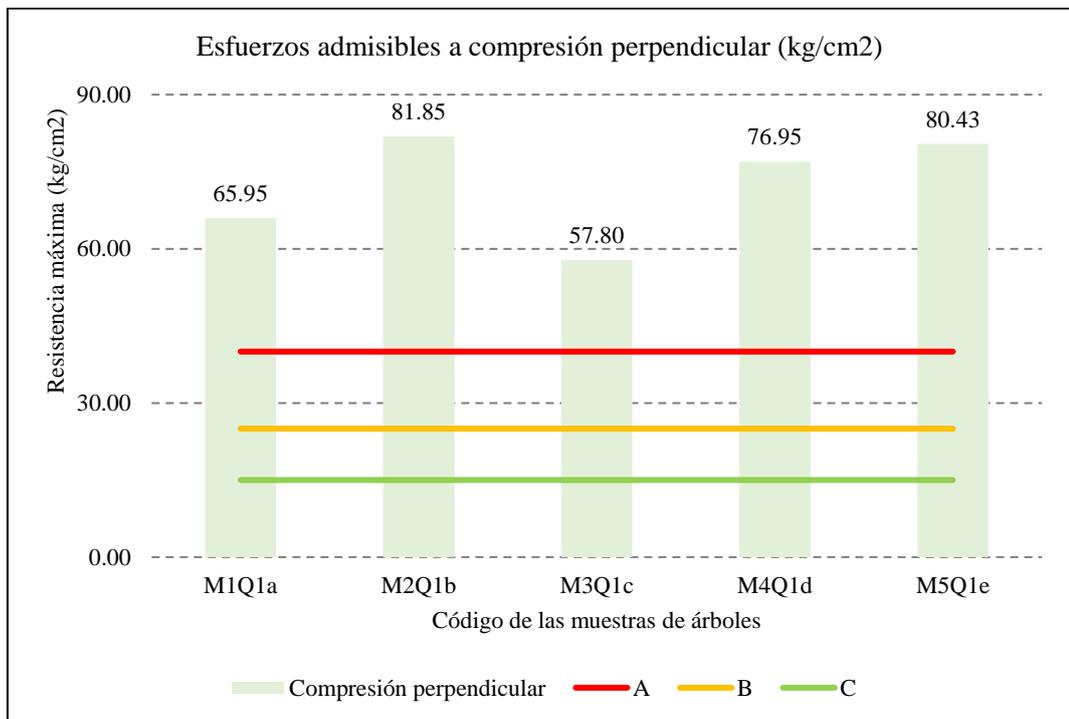


Figura 43.

Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo al corte paralelo

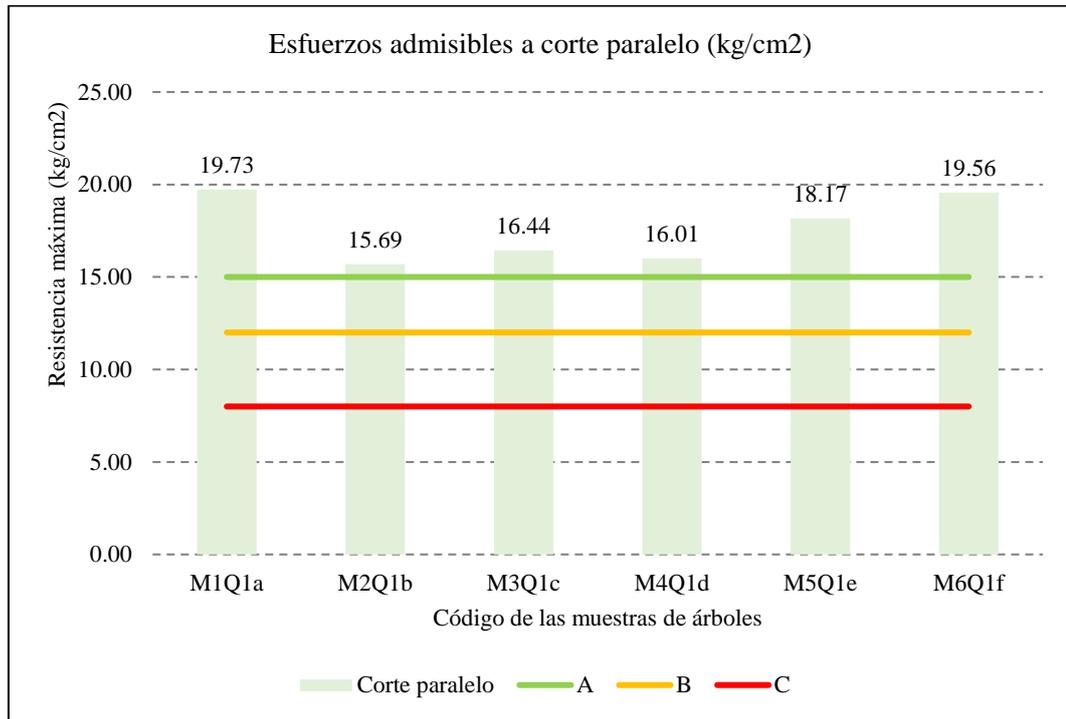


Figura 44.

Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo a tracción paralela

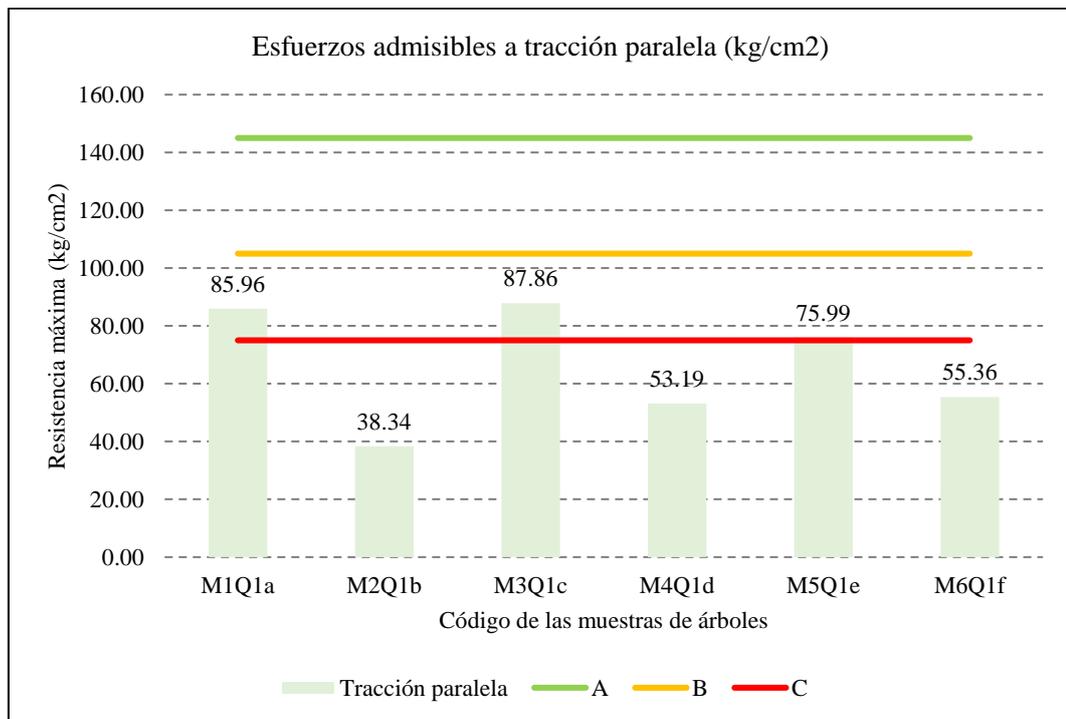


Figura 45.

Clasificación de la madera Polylepis Multijuga según el esfuerzo a compresión paralela

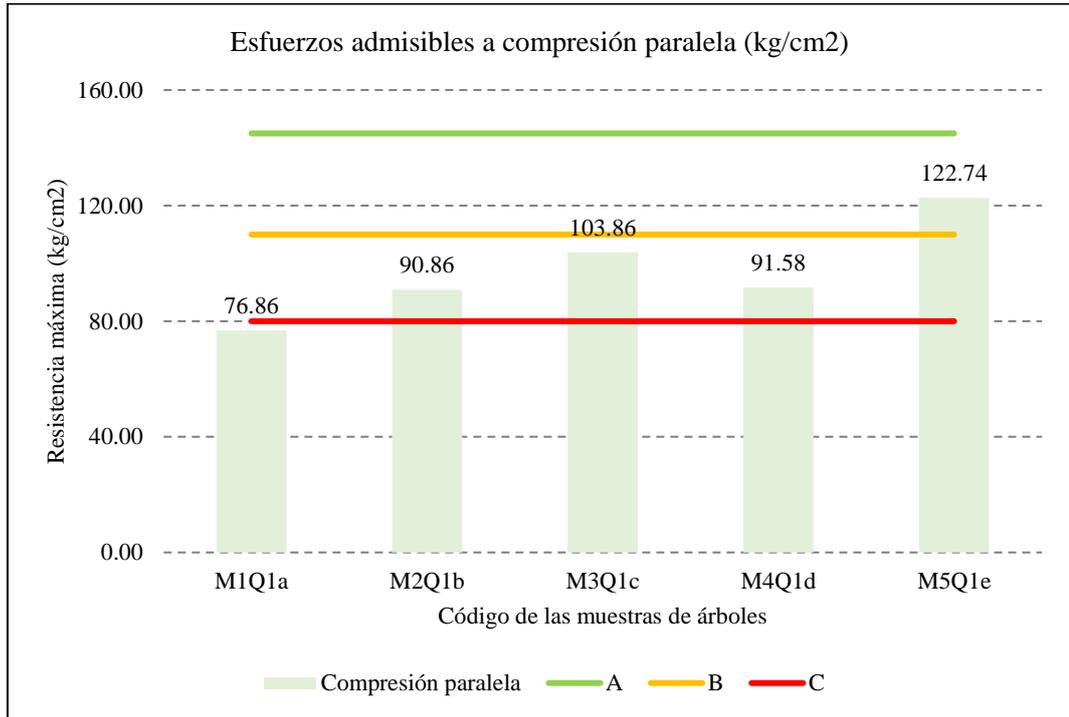


Figura 46.

Árboles de la especie Polylepis Multijuga, en la comunidad Olmos Alto



5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. *Propiedades mecánicas de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto, Lajas*

En la presente investigación, se extrajeron cinco árboles de 10 años de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, para determinar sus propiedades mecánicas: resistencia a compresión paralela, compresión perpendicular, resistencia a la flexión, tensión paralela, tensión perpendicular y cizallamiento. Esta especie forestal es nativa de la región Cajamarca, por lo que no existen estudios internacionales o nacionales al respecto, no obstante, existen investigaciones sobre otras especies madereras que sirven como medio de cotejo de los resultados. La madera *Polylepis Multijuga* presenta mayores resistencias promedio a flexión estática (Fig. 47), por lo que podría tener un buen uso como tableros, vigas macizas, laminadas, arqueadas u otros, tal como aseveran Cai, Senalik y Ross (2021), Ferreira, et al. (2019) y Orteaga (2017). Así mismo, la resistencia a compresión paralela y compresión perpendicular es similar a la alcanzada por otros tipos de madera como Papua Nuevo Guinea (Belleville et al., 2020), *Ceiba pentandra* L. Gaerner (Prakosa, Muttaqin y Suhestin, 2020), álamo (Liu, Du y Lyu, 2020), abeto, lauan, cedro rojo, secoya, pino sureño (Cai, Senalik y Ross, 2021), entre otras especies madereras, con resistencias a compresión paralela o perpendicular entre 90 a 250 kg/cm². Ferreira, et al. (2019) mencionan que en la madera los valores característicos para tracción a la fibra oscilan entre 80 a 180 kg/cm² y para tracción perpendicular a la fibra de 3 a 40 kg/cm², la madera *Polylepis Multijuga* presenta resistencias a la tracción paralela y perpendicular a la fibra elevadas, con valores promedio de 105.79 kg/cm² y 47.06 kg/cm², respectivamente, por tanto, se puede deducir que la madera

Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto, distrito de Lajas tiene características mecánicas que la orientan al fin estructural, tal como se muestra en sus resultados descritos en la Tabla 25.

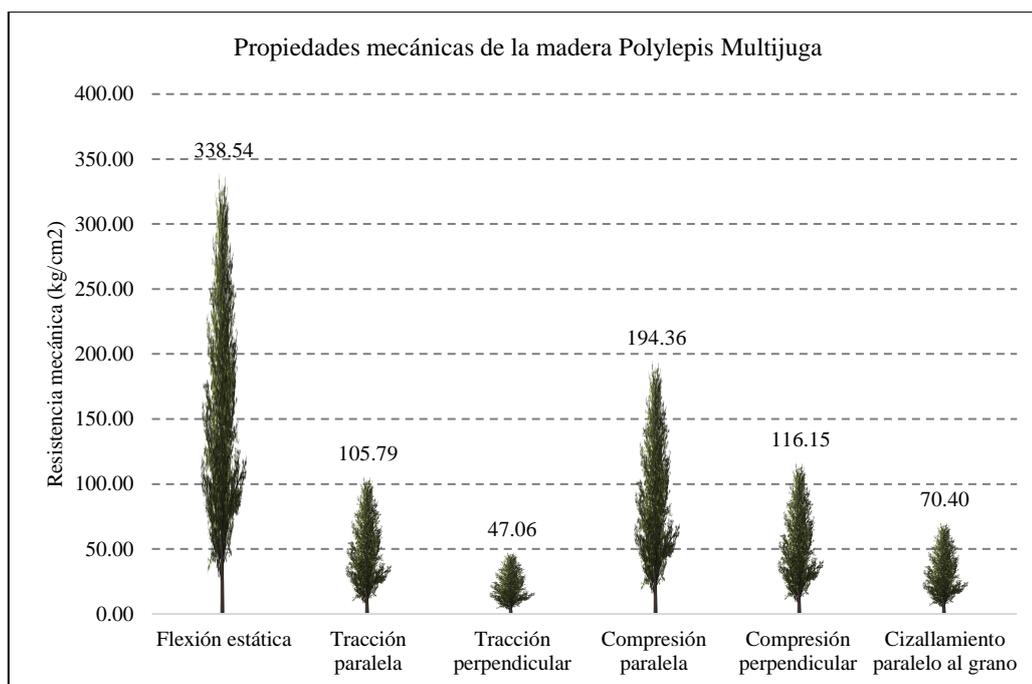
Tabla 25.

Propiedades mecánicas de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

Muestra	Resistencias (kg/cm ²)					
	Flexión estática	Tracción paralela	Tracción perpendicular	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Cizallamiento paralelo al grano
M1Q1	343.66	137.54	39.99	153.72	105.52	78.93
M2Q2	319.72	61.35	45.67	181.72	130.96	62.76
M3Q3	336.98	140.57	53.26	207.72	92.48	65.78
M4Q4	346.94	85.10	46.14	183.16	123.13	64.05
M5Q5	345.42	121.58	47.36	245.48	128.68	72.66
M6Q6		88.58	49.91			78.24
Promedio	338.54	105.79	47.06	194.36	116.15	70.40
Máximo	346.94	140.57	53.26	245.48	130.96	78.93
Mínimo	319.72	61.35	39.99	153.72	92.48	62.76
Desv. Est.	11.19	32.14	4.46	34.38	16.57	7.20
Coef. Var.	3.30%	30.39%	9.48%	17.69%	14.27%	10.23%

Figura 47.

Propiedades mecánicas de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto



5.2.2. *Esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga (quinua) de la comunidad Olmos Alto, Lajas.*

Los esfuerzos admisibles de la madera se obtienen al multiplicar y/o dividir (según sea el caso) el esfuerzo básico por factores de corrección por calidad, tamaño, seguridad y duración (MVCS, 2021). Muchas investigaciones solo determinan las propiedades físicas y mecánicas de la madera dejando de lado la estimación de los esfuerzos admisibles (Belleville et al., 2020; Stanciu et al., 2020, Prakosa, Muttaqin y Suhestin, 2020, Liu, Du y Lyu, 2020, entre otros), pero estos representan la capacidad de los elementos estructurales de madera de soportar cargas en forma elástica y permanente bajo condiciones normales de uso (Alvis-Gordo, Cabas-Giraldo y Valencia-Ramos, 2017), es decir los valores de los esfuerzos admisibles permiten el diseño de elementos estructurales de madera, así mismo, son el criterio más importante para la clasificación de la madera en un grupo estructural: A, B o C (MVCS, 2021). La madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, de 10 años de edad, presenta esfuerzos admisibles a flexión entre 100 a 108 kg/cm², a tracción paralela entre 38 a 88 kg/cm², a compresión paralela entre 76 a 122 kg/cm², a compresión perpendicular entre 57 a 81 kg/cm² y a corte paralelo entre 15 a 20 kg/cm² (Fig. 48), según los resultados Ferreira et al. (2019), asevera que a pesar de ser una madera juvenil, puede emplearse para usos industriales, especialmente como madera aserrada, tal como menciona Ortega (2017) en fines estructurales.

Finalmente, los valores de los esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, de 10 años de edad, se detallan con mayor precisión en la Tabla 26.

Figura 48.

Esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

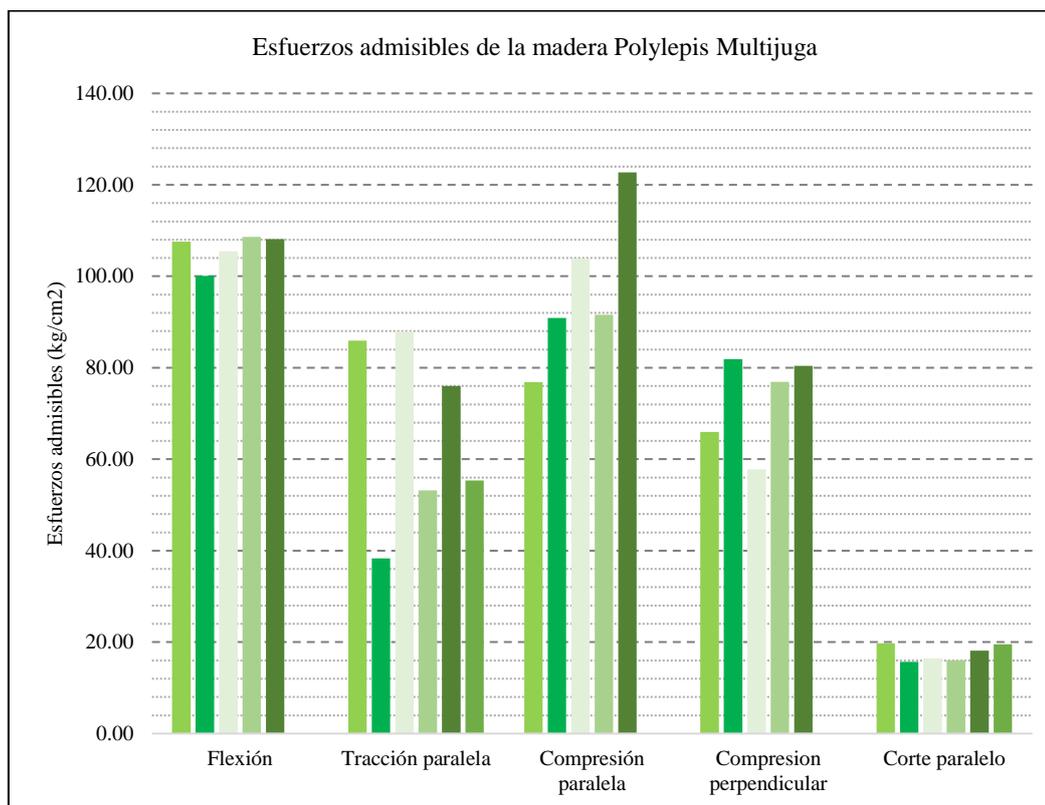


Tabla 26.

Esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

Muestra	Esfuerzos admisibles (kg/cm ²)				
	Flexión	Tracción paralela	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo
M1Q1	107.58	85.96	76.86	65.95	19.73
M2Q2	100.09	38.34	90.86	81.85	15.69
M3Q3	105.49	87.86	103.86	57.80	16.44
M4Q4	108.61	53.19	91.58	76.95	16.01
M5Q5	108.13	75.99	122.74	80.43	18.17
M6Q6		55.36			19.56
Promedio	105.98	66.12	97.18	72.60	17.60
Máximo	108.61	87.86	122.74	81.85	19.73
Mínimo	100.09	38.34	76.86	57.80	15.69
Desv. Est.	3.50	20.09	17.19	10.36	1.80
Coef. Var.	3.30%	30.39%	17.69%	14.27%	10.23%

5.2.3. Clasificación de la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) según la norma E.010

Para clasificar la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) en el grupo A, B o C se ha seguido el procedimiento que establece la norma E.010 “Madera” (MVCS, 2021), en el ítem 6.2, descrito en la Tabla 6 de la presente investigación. Siendo así la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, de 10 años de edad, tiene una densidad básica promedio, módulo de elasticidad y presenta esfuerzos admisibles a flexión, tracción paralela y compresión perpendicular que la clasifican dentro del grupo C, tal como afirman Huamán (2020) y Barrientos y Luza (2018) se debe considerar como grupo estructural de la madera aquel que presente menores características, para garantizar mayor seguridad estructural de la especie forestal, no obstante, Cabanillas (2019) y Cordova y Maico (2019) consideran que la madera si puede ser clasificada en base al promedio de sus esfuerzos admisibles, tomando en cuenta estos valores para el diseño estructural, además Espinoza (2018) asegura que la madera presenta mejor resistencia a compresión perpendicular y tracción al alcanzar mayor madurez estructural, por tanto, la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, podría llegar a alcanzar resistencias superiores con el paso del tiempo, además López (2018) asevera que la madera en estado seco alcanza mayores resistencias mecánicas que la madera en estado húmedo, y habiendo realizado el estudio a la madera húmeda. Finalmente, en base a la norma E.010 se ha determinado que la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto, se clasifica en el grupo C, sin embargo, los valores de diseño estructural no serán los del grupo C, sino los estimados para la especie forestal, mismos que se muestran en la Fig. 49 y Tabla 27.

Figura 49.

Clasificación de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

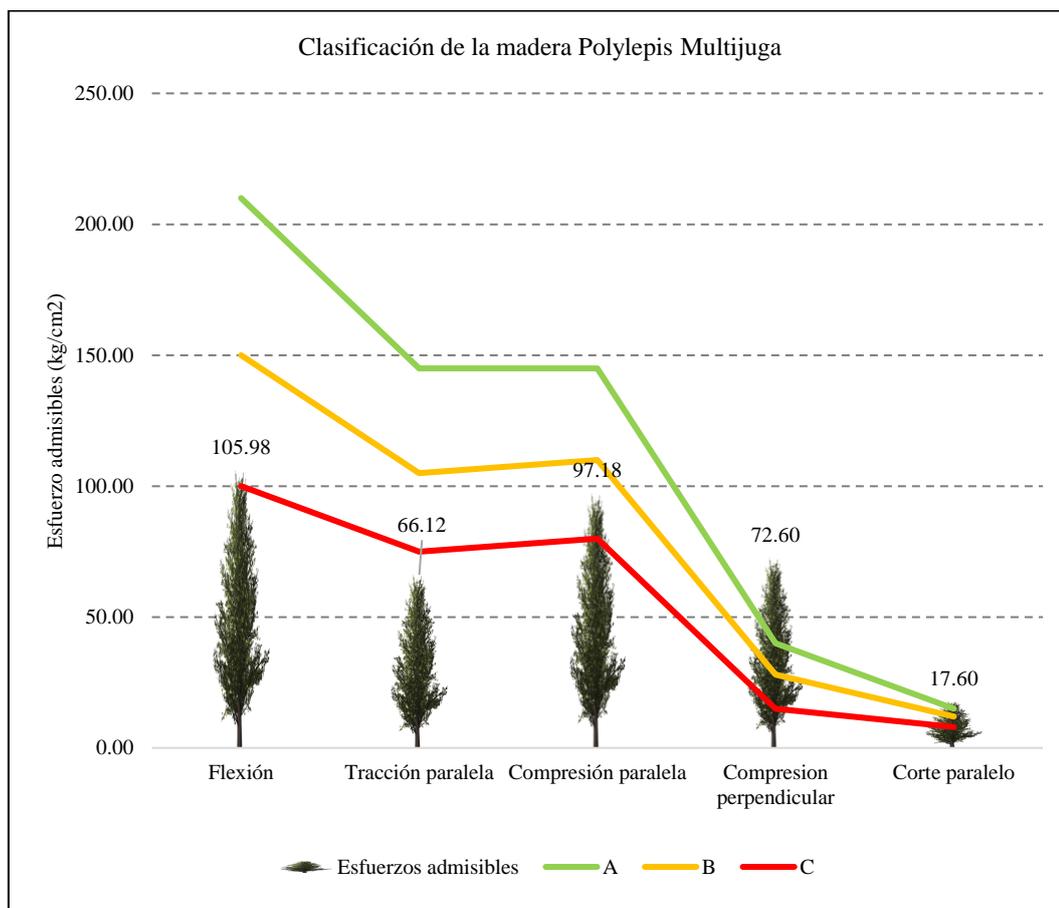


Tabla 27.

Clasificación de la madera Polylepis Multijuga de la comunidad Olmos Alto

Densidad básica (gr/cm ³), módulo de elasticidad (kg/cm ²) y esfuerzos de admisibles (kg/cm ²)	Madera Polylepis Multijuga	Grupos de clasificación según norma E.010 (MVCS, 2021)		
		A	B	C
Densidad básica (gr/cm ³)	0.51	0.71	0.56	0.40
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	90030.11	130000	100000	55000
Flexión (kg/cm ²)	105.98	210	150	100
Tracción paralela (kg/cm ²)	66.12	145	105	75
Compresión paralela (kg/cm ²)	97.18	145	110	80
Compresión perpendicular (kg/cm ²)	72.60	40	28	15
Corte paralelo (kg/cm ²)	17.60	15	12	8

5.3. Contrastación de hipótesis

El análisis estadístico de la varianza (ANVA) se realizó mediante el software Minitab 19, con el fin de aceptar la hipótesis nula (H_0) o aceptar la hipótesis alternativa (H_1). Si el p-value (probabilidad) es menor que el nivel de significancia (0.05) rechazamos H_0 , pero el p-value es mayor que el nivel de significancia aceptamos H_0 . El modelo que más se ajusta a los datos es el modelo lineal general, y las hipótesis que se probarán dependerán del grupo de análisis es decir se probarán hipótesis para el grupo A, B y C, a fin de demostrar en que grupo se clasifica la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas. Las hipótesis de análisis son:

- H_0 : No hay diferencia significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga*, y los esfuerzos admisibles estandarizados para el grupo A, B o C en la norma E.010 (MVCS, 2021), por tanto, se puede incorporar a esta especie maderera en la clasificación A, B o C.
- H_1 : Si hay diferencia significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga*, y los esfuerzos admisibles estandarizados para el grupo A, B o C en la norma E.010 (MVCS, 2021), por tanto, no se puede incorporar a esta especie maderera en la clasificación A, B o C.

Cada hipótesis se analizará tres veces es decir primero se determinará si no hay diferencia significativa de los valores de los esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga* con los esfuerzos admisibles estandarizados para el grupo A por la norma E.010 (MVCS, 2021), luego se seguirá el mismo proceso para el grupo B, y por último para el grupo C, así se logrará demostrar en que grupo de clasificación se encuentra la madera *Polylepis Multijuga*, siendo así los datos utilizados en el análisis ANOVA se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28.*Datos de esfuerzos admisibles para el análisis estadístico ANOVA*

Grupo	Esfuerzo admisible (kg/cm ²)				
	Flexión	Tracción paralela	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo
1	210	145	145	40	15
2	150	105	110	28	12
3	100	75	80	15	8
4	107.58	85.96	76.86	65.95	19.73
4	100.09	38.34	90.86	81.85	15.69
4	105.49	87.86	103.86	57.80	16.44
4	108.61	53.19	91.58	76.95	16.01
4	108.13	75.99	122.74	80.43	18.17

Nota: Grupo A (1), grupo B (2), grupo C (3), Madera Polylepis Multijuga (4).

Para el grupo A (Tabla 29), el p-value de los esfuerzos admisibles a flexión, tracción paralela, compresión paralela, compresión perpendicular y corte paralelo de la madera Polylepis Multijuga son menores al nivel de significancia (0.05) por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alternativa (H₁), así mismo, para el grupo B (Tabla 30), todos los parámetros a excepción de la compresión paralela son menores al nivel de significancia (0.05), por tanto también se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alternativa (H₁), es decir si hay diferencia significativa entre las mediciones de esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga y los esfuerzos admisibles estandarizados para el grupo A y el grupo B dados en la norma E.010 (MVCS, 2021). En cambio, para el grupo C (Tabla 31), el p-value de tres parámetros es mayor al nivel de significancia (0.05), por tanto, se acepta la hipótesis nula, no hay diferencia significativa entre las mediciones de esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga y los esfuerzos admisibles estandarizados para el grupo C, por tanto, la madera no se clasifica dentro del grupo C (Tabla 31), según la norma E.010 (MVCS, 2021).

Tabla 29.*Análisis de varianza en software Minitab 19, para el grupo A*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Flexión	1	27051.2	2701.2	4410.70	0.000
Tracción paralela	1	14720	14719.5	62.66	0.000
Compresión paralela	1	5717	5716.9	38.69	0.000
Compresión perpendicular	1	2656.2	2656.21	49.53	0.000
Corte paralelo	1	12.20	12.202	8.41	0.020

Tabla 30.*Análisis de varianza en software Minitab 19, para el grupo B*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Flexión	1	4844.73	4844.73	789.93	0.000
Tracción paralela	1	3373	3373.1	14.36	0.005
Compresión paralela	1	410.9	410.9	2.78	0.134
Compresión perpendicular	1	4972.0	4971.96	92.71	0.000
Corte paralelo	1	67.84	67.840	46.77	0.000

Tabla 31.*Análisis de varianza en software Minitab 19, para el grupo C*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Flexión	1	89.36	89.357	14.57	0.051
Tracción paralela	1	113.3	113.3	0.48	0.507
Compresión paralela	1	737.9	737.9	4.99	0.056
Compresión perpendicular	1	8293.2	8293.19	154.65	0.000
Corte paralelo	1	212.02	212.025	146.16	0.000

En la Tabla 32, 33 y 34 se pueden observar los valores de correlación de los modelos estadísticos para los esfuerzos admisibles de la madera Polyleps Multijuga en comparación con los esfuerzos admisibles estandarizados de los grupos A, B o C, respectivamente, siendo así estos tienen valores de R-cuad de 80

a 98%, para el grupo A, lo que indica una alta confiabilidad de los resultados obtenidos y que el modelo estadístico se ajusta a los datos; en cambio el grupo B y C tienen valores de R-cuad de 25 a 99%, lo que indica una moderada confiabilidad de los resultados obtenidos y que muchos de los modelos estadísticos se ajustan a los datos.

Tabla 32.

Resumen de los modelos estadísticos para el grupo A

Grupo de análisis	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Flexión	2.47651	99.82%	99.80%	99.72%
Tracción paralela	15.3269	88.68%	87.26%	82.31%
Compresión paralela	12.1560	82.87%	80.72%	73.23%
Compresión perpendicular	7.32301	92.06%	91.06%	87.59%
Corte paralelo	1.20440	85.39%	85.57%	77.18%

Tabla 33.

Resumen de los modelos estadísticos para el grupo B

Grupo de análisis	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Flexión	2.47651	99.00%	98.87%	98.43%
Tracción paralela	15.3269	64.22%	59.75%	44.09%
Compresión paralela	12.1560	25.79%	16.52%	0.00%
Compresión perpendicular	7.32301	86.09%	84.36%	78.27%
Corte paralelo	1.20440	51.25%	45.16%	23.83%

Tabla 34.

Resumen de los modelos estadísticos para el grupo C

Grupo de análisis	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Flexión	2.47651	64.55%	60.12%	44.62%
Tracción paralela	15.3269	25.69%	0.00%	0.00%
Compresión paralela	12.1560	38.43%	30.73%	3.80%
Compresión perpendicular	7.32301	95.08%	94.47%	92.31%
Corte paralelo	1.20440	94.81%	94.16%	91.89%

Figura 50.

Gráfica de residuos para esfuerzos admisibles (kg/cm²), grupo A

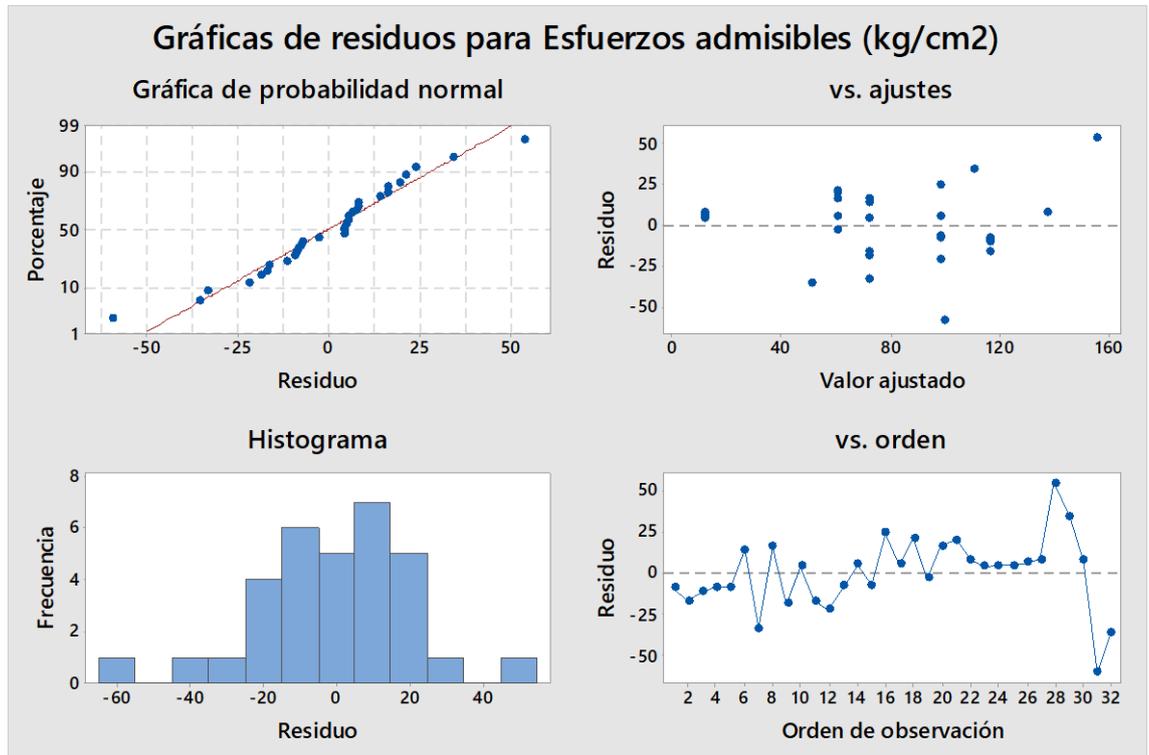


Figura 51.

Gráfica de residuos para esfuerzos admisibles (kg/cm²), grupo B

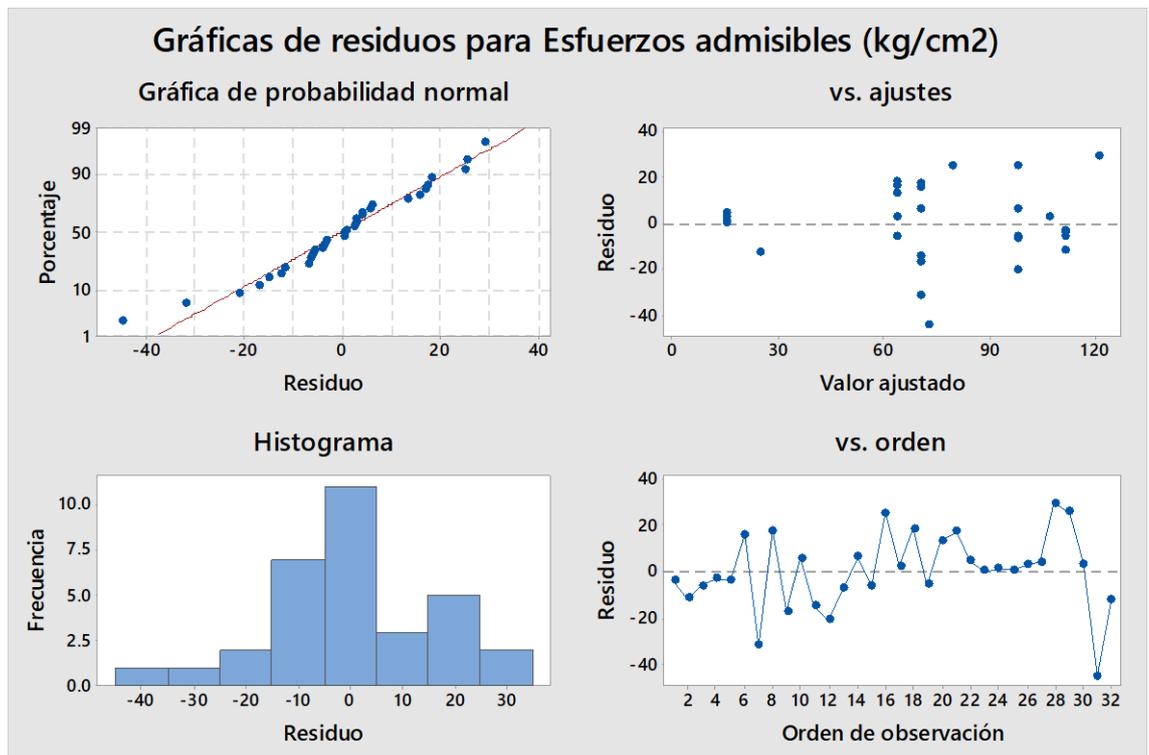
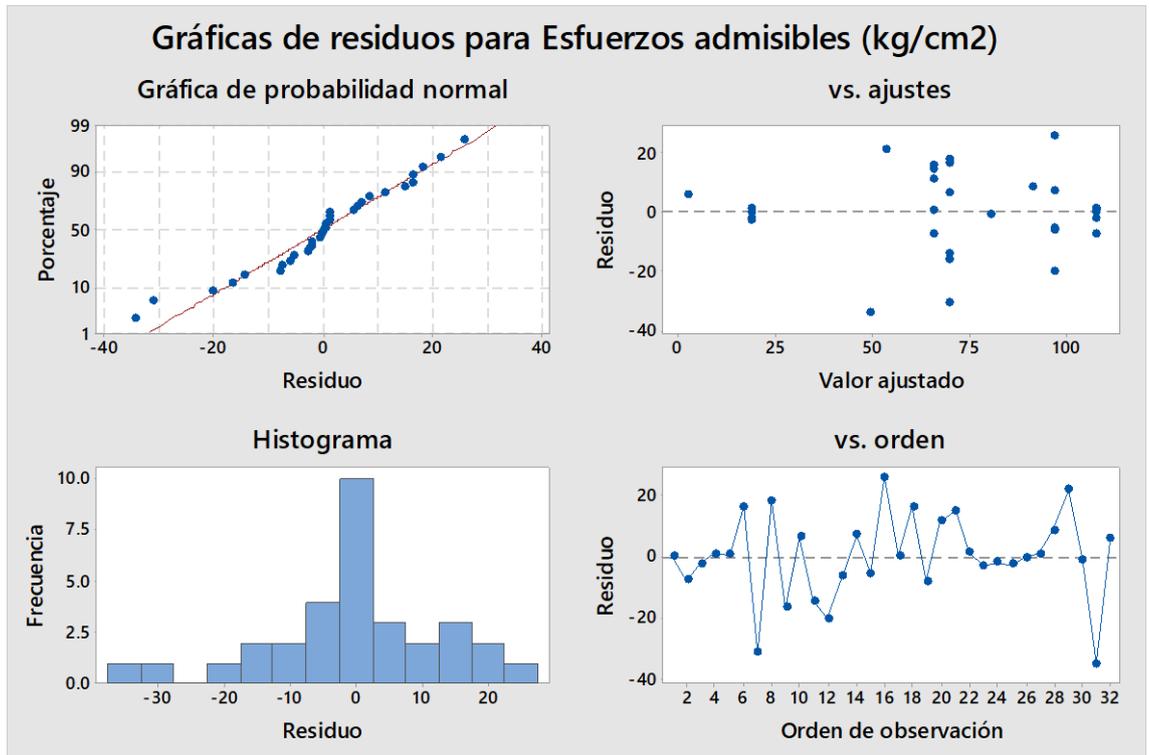


Figura 52.

Gráfica de residuos para esfuerzos admisibles (kg/cm²), grupo C



CAPÍTULO VI.

PROPUESTA

6.1. Formulación de la propuesta para la solución del problema

La madera Polylepis Multijuga de la comunidad de Olmos Alto, según su densidad básica promedio (0.51 gr/cm³), módulo de elasticidad promedio (9030 kg/cm²) y esfuerzos admisibles se clasifica dentro del grupo C de la norma E.010 (MVCS, 2021), siendo apto para uso estructural en el distrito de Lajas.

Por ello con el fin de demostrar su clasificación se ha realizado un ejemplo aplicativo. Se ha planteado un modelo estructural dual de 9.55 x 7.60 m, cuyo techo está conformado por viguetas y estructuras de madera Polylepis Multijuga. Para su diseño se han aplicado las normas E.010, E.020, E.030, E.060 y E.070 de la RNE (MVCS, 2021) y el manual de diseño del grupo andino. El modelamiento se ha realizado en el software ETAB 2018 versión estudiante.

Figura 53.

Vista de la primera planta

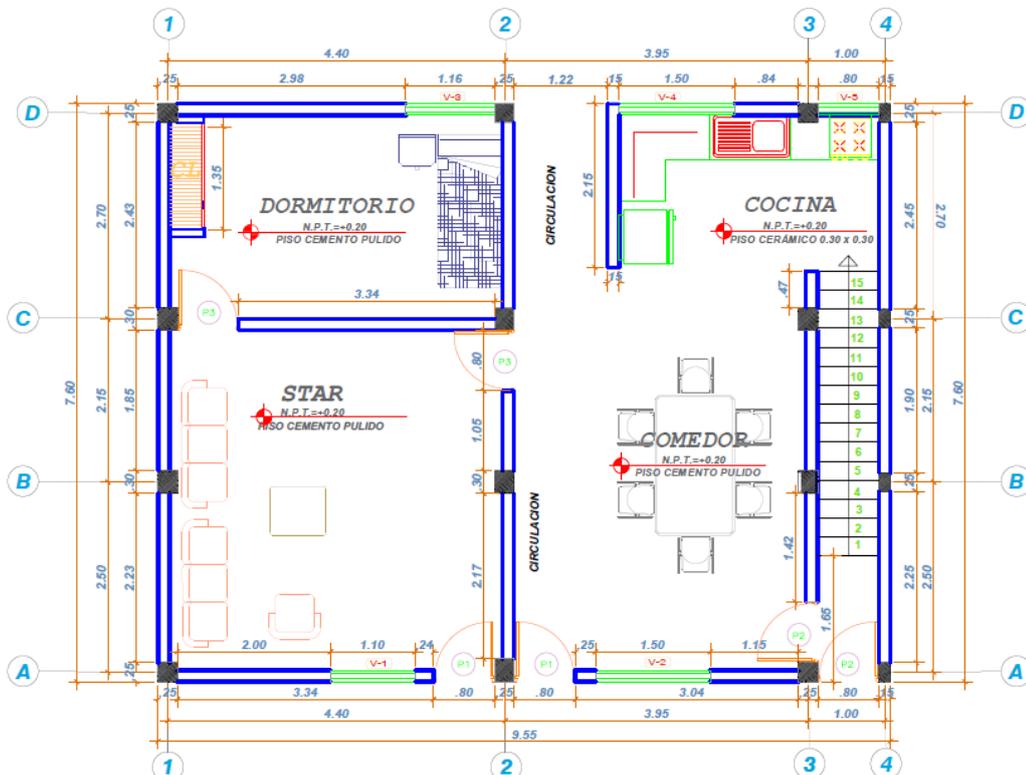
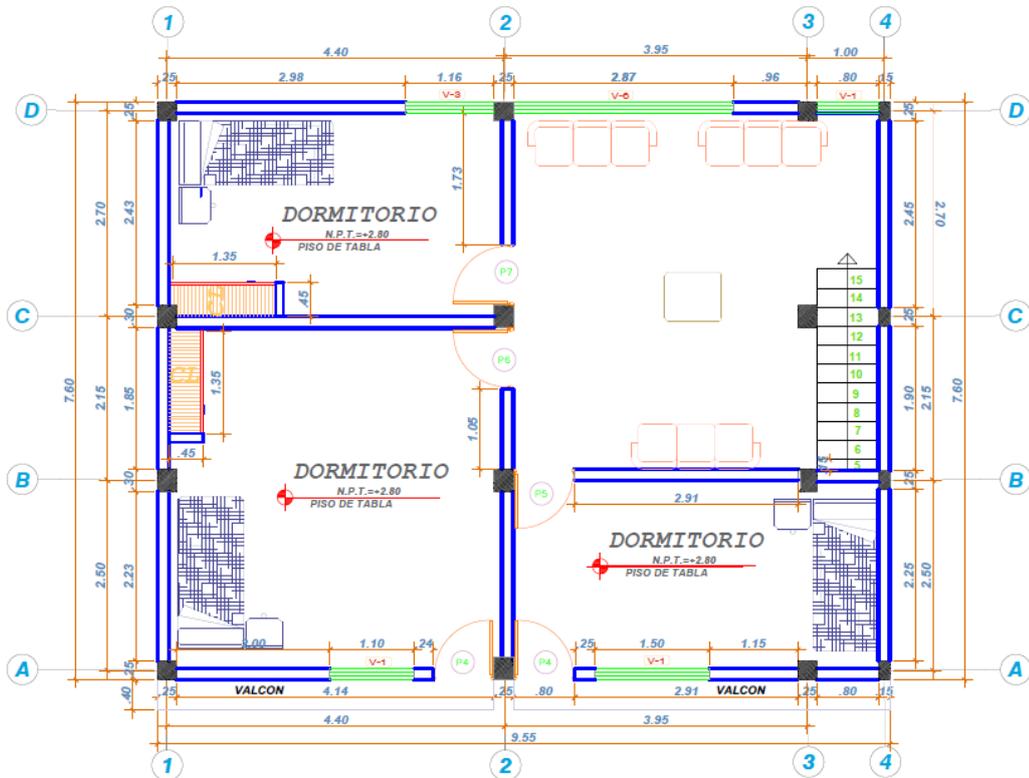


Figura 54.

Vista de la segunda planta



Nota: Los planos de cimentaciones, estructuras y detalle de las estructuras de madera, se muestra en anexos.

A) Metrado de cargas para predimensionamiento

Primero se ha realizado el metrado de cargas de la estructura donde la carga muerta equivale a la suma del peso de viga más entablado (70 kg/m²), tabiquería (100 kg/m²), acabados (100 kg/m²), peso de viga (100 kg/m²), peso de columna (60 kg/m²), dando en total 430 kg/m². La sobrecarga de la estructura es 250 kg/m², por lo que el peso total es 680 kg/m², pero redondeando al máximo superior se ha considerado como peso unitario 1 tn/m².

B) Predimensionamiento columnas

Para columnas internas se ha utilizado la $\text{área de columna} = \frac{PS}{0.35 f'c}$ y para columnas externas $\text{área de columna} = \frac{P}{0.45 f'c}$, determinando como área de las columnas C1, C2 y C3 a 25x35 cm, 25x30 cm, y 25x30 cm respectivamente.

Para las vigas principales de concreto, se consideró el cociente de la luz libre (l_n) entre 12, dando como resultado vigas de 25x35 cm, y para vigas secundarias de concreto $l_n/16$, obteniendo dimensiones de 25x25 cm. Para las vigas de madera se ha tomado como consideración que $h/b= 2.00$, por ello se ha asumido como dimensiones 10.16x20.32 cm.

Para los entablados en entre piso se ha considerado que este debe tener un espesor mínimo de 18 mm, por lo que se asume 20.0x1.91 cm.

Para zapatas internas el área es igual a la carga de servicio (12 tn) entre la capacidad portante (2.1 kg/cm² dato asumido según antecedentes), dando como resultado 80x80x50 cm, para zapatas externas de igual forma, pero la carga de servicio cambia (20.25 tn), dando como resultado 100x100x50 cm.

Para vigas de cimentación, se considera como resultado el cociente de la luz libre entre columnas dividido por 12, dando como resultado 25x35 cm.

C) Diseño de correas de madera

La geometría del techo diseñado fue a dos aguas, con pendiente 17°, y espesor de cobertura de 0.22 mm. Para el diseño de correas se ha utilizado el módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga* (Grupo C).

c.1) Según el plano de arquitectura la longitud (L) entre correas es 2.12 m, la altura (H) es 9.4 m y S es 0.80 m. La inercia en el eje mayor es 243 cm⁴ y el módulo de sección es 54 cm³.

c.1) Se asume una sección inicial de correa 4x9 cm (2"x4").

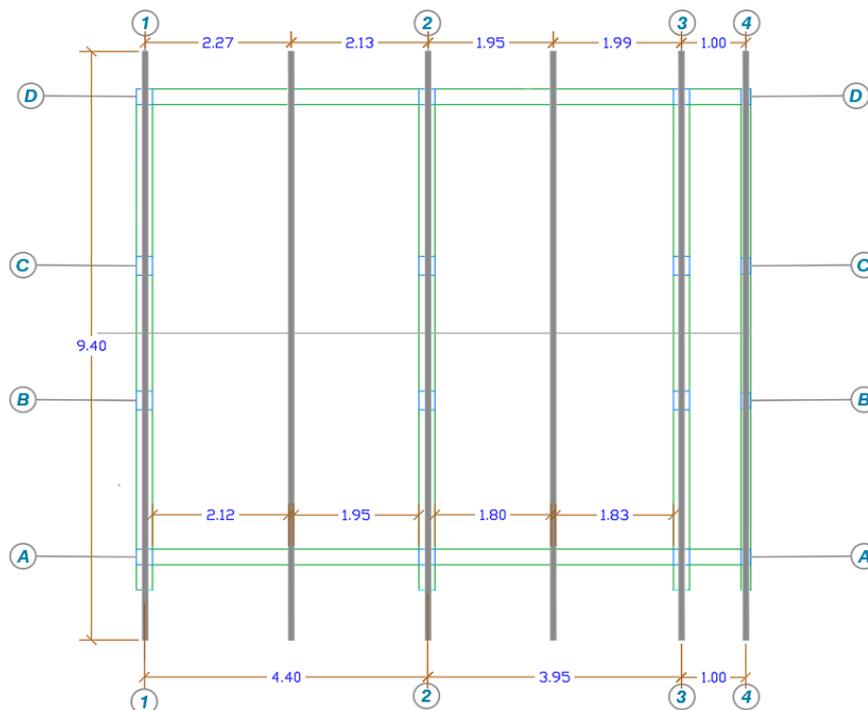
c.2) Se definieron las cargas actuantes

Peso cobertura	1.91 kg/m ²
Peso propio de la correa	2.90 kg/m ²
Sobre carga	30.00 kg/m ²

- c.3) Se estimaron las deflexiones máximas admisibles para carga total ($L/250$) y para sobrecarga ($L/350$), dando valores respectivos de 0.85 y 0.61.
- c.4) Se realizó el metrado de cargas, siendo la sobre carga repartida por correas 24 kg/m, la carga muerta repartida por correas 3.85 kg/m y la carga total repartida por correas 27.80 kg/m.
- c.5) El momento máximo y cortante máximo es respectivamente 15.64 kg-m y 29.52 kg.
- c.6) Fue necesario determinar el momento de inercia, para correas simplemente apoyadas, este valor asciende a 116 cm⁴ (Mayor detalle del cálculo Anexo 7).
- c.7) El módulo de inercia requerido es 13.42 cm³.
- c.8) Finalmente se verifica que el módulo requerido sea menor al módulo de sección, si esta característica se cumple se valida la sección asumida, de no ser el caso se vuelve a realizar la estimación con otra sección. Para el caso del estudio la sección de vigueta 4x9 cm (2"x4") cumple con la verificación.

Figura 55.

Vista en planta de correas

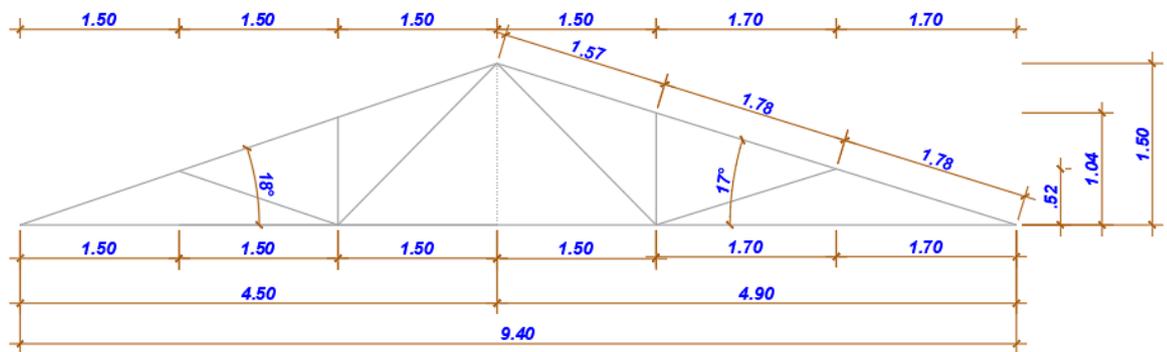


D) Diseño de armadura de madera

La estructura tiene una luz de 9.40 m, el tipo de armadura adecuada para dicha luz es abanico, asimismo sus elementos diagonales trabajan en tracción y los montantes en compresión, lo que permite una buena distribución de los esfuerzos internos. Como primer paso para la verificación se dimensionamiento la armadura dando como resultado la Fig. 56.

Figura 56.

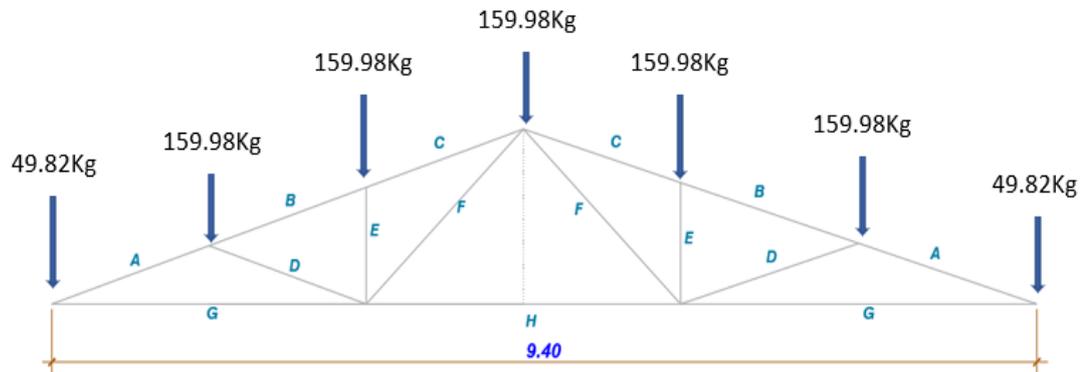
Dimensiones de la armadura



Luego se asume la sección de la madera misma que será de 6.5x14 cm (3"x6"), con un módulo de inercia de 1486 cm⁴, y un módulo de sección de 212.30 cm³. Así mismo, se estiman las cargas actuantes tales como, peso propio 10 kg/m², peso de cielo raso 30 kg/m², sobrecarga 30 kg/m², carga muerta 7.81 kg/m² que al ser proyectada al plano horizontal ($7.81/\cos 17^\circ$) da un valor de 8.167 kg/m². Siendo así las cargas repartidas sobre las cuerdas superiores e inferiores alcanzan valores de 102.115 kg/m y 63.60 kg/m. T, estas cargas al ser concentradas en una carga puntual alcanzan valores de 159.98 kg y 99.60 kg. Tal como se muestra en la Fig. 57.

Figura 57.

Cargas concentradas en la armadura



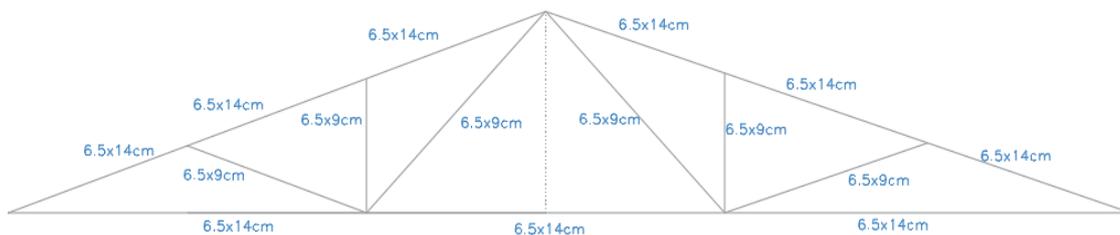
Para el diseño de las barras superiores a flexo compresión se asume la sección 6.50x14 cm (3"x6") y se verifica este dimensionamiento en el tramo "A" debido a que este elemento soporta un mayor esfuerzo a flexo compresión. Para el diseño de barras inferiores (tracción) se asume la sección 6.5x14 cm (3"x6") y se verifica el dimensionamiento en el tramo "G" debido a que este elemento soporta un mayor esfuerzo a tracción. Para el diseño de la barra interior o montantes (compresión) se asume la sección 6.5x9 cm (3"x4") y se verifica el dimensionamiento en el tramo "F" debido a que este elemento soporta un mayor esfuerzo a compresión.

Se verificó que el dimensionamiento satisface el soporte de las cargas, por tanto, se ha diseñado barras superiores A, B y C de sección 6.5x14cm, barras inferiores G y H de 6.5x14 cm, barras interiores F de sección 6.5x9cm. Las barras D y E por tener menor esfuerzo que la barra F, se asume la misma sección que la F. (Para mayor detalle del cálculo revisar Anexo 7)

En la figura 58 se muestra las secciones de las barras de madera.

Figura 58.

Sección de las barras



E) Metrado de cargas para modelamiento en ETABS

Se determinó la carga viva y muerta en el piso 1, y en el techo, así mismo se asignaron cargas distribuidas sobre las vigas considerando el peso del muro perimétrico (ver anexo 7).

F) Modelamiento en ETABS

Se utilizó el software ETABS 2018, versión estudiante, para plasmar el modelo de la edificación y determinar el análisis estático y dinámico. Se verificó que la cortante dinámica era mayor al 80% de la cortante estática en X, pero no en Y por lo que se tuvo que aplicar un factor de escala que no afecta a los desplazamientos sino al diseño. Así mismo se determinó que los desplazamientos absolutos en X eran igual 0.39 mm, y en Y a 0.22 mm, mientras que los desplazamientos relativos en X e Y son respectivamente 0.0003308 y 0.00035175 por lo que son menores a 0.007 (valor especificado para concreto armado). Los modos de vibración están dentro de los estándares normativos, por tanto, la edificación diseñada cumple con las especificaciones para su construcción y uso como vivienda en la comunidad de Olmos Alto y en otras comunidades del distrito de Lajas. Además, se puede utilizar la madera *Polylepis Multijuga* para el armado de estructuras de madera para techos, tal como se ha realizado en el presente modelamiento estructural.

Figura 59.

Modos de vibración

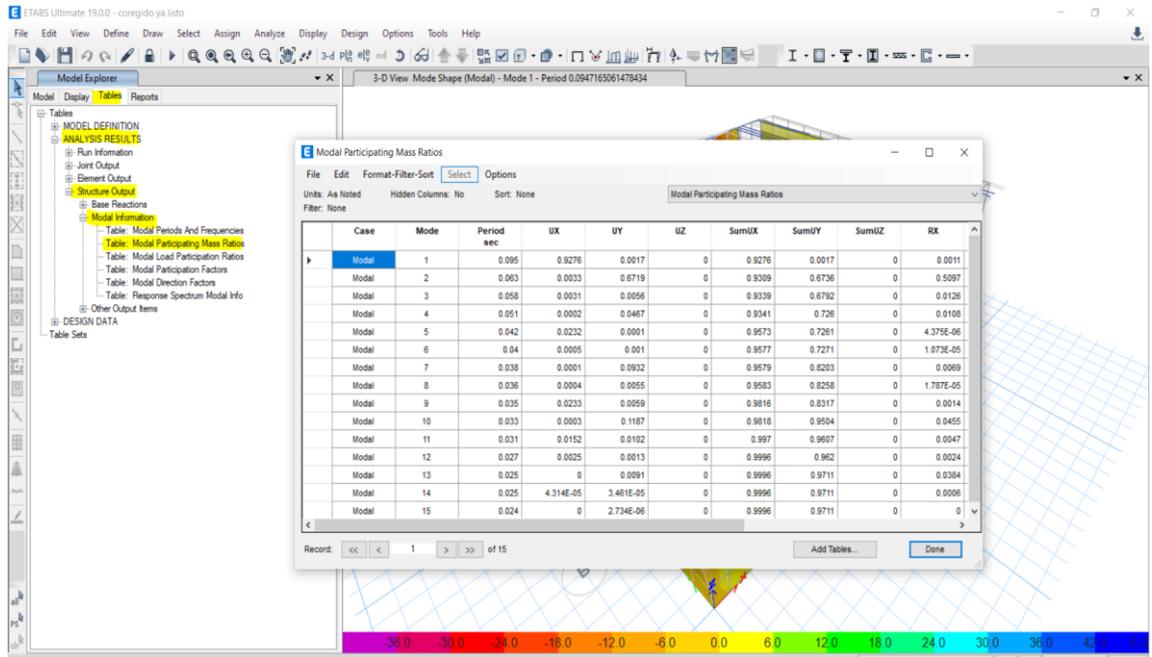


Figura 60.

Isométrico de la vivienda



6.2. Beneficios que aporta la propuesta

Los beneficios de construir con la madera *Polylepis Multijuga* son:

- La madera presenta buena resistencia, y uso estructural clasificándose dentro del grupo C para uso en estructuras de techo como correas, viguetas, etc.
- Para obtener materiales industriales, como: cemento, ladrillo, acero u otros, se tiene que pasar por procesos de cocción que ocasionan emisión de CO₂, en cambio, para obtener la madera, como material de uso estructural, solo se pasa por procesos de tala, que son mitigados por la reforestación de árboles, siendo así genera un menor impacto ambiental para su producción que otros productos utilizados en la construcción de viviendas.
- La madera es un material flexible que permite sea combinado con otro tipo de materiales en la construcción de edificaciones.
- La madera *Polylepis Multijuga* se encuentra en la zona por tanto no se requiere mayores gastos por flete.
- Se puede plantear la reforestación de esta especie forestal, debido a su importancia y uso estructural en la industria de la construcción.

CONCLUSIONES

Al evaluar los esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) de la comunidad Olmos Alto, distrito de Lajas, con el fin de determinar su uso estructural según su grupo de clasificación en relación a la norma E.010, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- (1) La resistencia a flexión, tensión paralela, tensión perpendicular, compresión paralela, compresión perpendicular y cizallamiento de la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, asciende a 338.54, 105.79, 47.06, 194.36, 116.15 y 70.40 kg/cm².
- (2) Los esfuerzos admisibles a flexión, tracción paralela, compresión paralela, compresión perpendicular y corte paralelo de la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, asciende a 105.98, 66.12, 97.18, 72.60 y 17.60 kg/cm².
- (3) La madera *Polylepis Multijuga* (quinua) de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, según su densidad básica promedio (0.51 gr/cm³), su módulo de elasticidad (90030 kg/cm²), y sus esfuerzos admisibles a flexión, tracción paralela y compresión perpendicular y corte paralelo se clasifica dentro del grupo C.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- (1) Se recomienda utilizar los esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) del distrito de Lajas, encontrados en esta tesis, para el diseño de los elementos estructurales (vigas, correas y tijerales) de una vivienda de madera.
- (2) Se recomienda utilizar la madera *Polylepis Multijuga* del distrito de Lajas para la construcción de viviendas en luces menores a 5 m.
- (3) Se aconseja a los investigadores, docentes y estudiantes analizar la madera *Polylepis Multijuga* de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, a diferentes edades, debido a que en el presente estudio solo se analizaron árboles de 10 años de edad. Así mismo, según la afirmación de Espinoza (2018) las propiedades mecánicas varían según la edad de las muestras, por tanto, es importante continuar el análisis en árboles *Polylepis Multijuga* de 15, 20, 25 y 30 años de edad.
- (4) Se sugiere al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento incorporar la especie forestal *Polylepis Multijuga* (quinua) dentro del grupo C de la norma E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- (5) Se aconseja a los pobladores de la comunidad Olmos Alto del distrito de Lajas, reforestar el área de la especie forestal *Polylepis Multijuga*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott Brito, C. (2020). *La Madera contralaminada como solución alternativa en la construcción de edificios en altura: propuesta de sistema para mejorar el comportamiento frente a cargas laterales de viento y sismo*. [Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya].
- Abella, I. (2003). *El hombre y la madera*, 5ª ed. RBA Ediciones de librerías S.A. ISBN: 9788416267347.
- Aguilar, J. C. (2019). *Propiedades mecánicas de madera de raleo de 6 años provenientes de plantaciones de Guazuma crinita en Puerto Inca-Huánuco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Aguilar, J. y Guzowski, E. (2011). *Materiales y materias primas. Madera, cap. 3. Guía didáctica*. Instituto Nacional de Educación Tecnológica – Argentina.
- Alvi-Gordo, J.F., Cabas-Giraldo, L.D., Valencia-Ramos, D.P. (2017). Propiedades físico-mecánicas de la madera de Uraco (*Ocotea Brevipetiolata van der Werff*), Municipio de Sibundoy Putumayo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 66-75. [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(15\)66-75](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(15)66-75)
- Asociación de exportadores. (2020, febrero). *Boletín informativo elaborado por la gerencia de servicios e industrias extractivas. Servicios e industrias News*. ADEX. https://peruforestal.org/web/pdfs/2019_1.pdf
- Barrientos, L.R y Luza, R.G. (2018). *Determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera zapote procedente de Puerto Maldonado para la identificación de sus posibles usos estructurales según la norma técnica peruana E. 010*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco].
- Bautista, M. G. (2014). *Evaluación de la resistencia al corte paralelo a la fibra, de la madera pinus radiata, determinado por el método de punzonamiento y el método de la norma ASTM o 143-09/2010*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Belleville, B., Lancelot, K., Galore, E., & Ozarska, B. (2020). Assessment of physical and mechanical properties of Papua New Guinea timber species. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 22(1), 3-12.
- Bravo, P. (2018). *Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de Dialium guianense (Aubl.) Sandwith (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos, Las Piedras –*

- Tambopata*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/267>
- Cabanillas, E.C. (2019). *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del Eucalyptus Globulus extraído de Huambocancha y el triunfo – Cajamarca, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte].
- Cai, Z.; Senalik, C.A.; Ross, R.J. (2021). *Chapter 12: Mechanical properties of wood-based composite materials. In: Wood handbook—wood as an engineering material*. General Technical Report FPL-GTR-282. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 15 pp. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/62260>
- Ccahuana, E.A. (2020). *Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de vochysia kosnipatae Huamantua (Alco kaspi) proveniente de plantación del distrito San Gabán 2019*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].
- Chumbimune, S. Y. (2017). *Caracterización Anatómica y propiedades físicas de la madera de Ulcumano (Retrophyllum Rospigliosii) de una plantación de 32 años asociada con café en Villa Rica, Perú*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Cajahuamán, R.L. (2018). *Determinación de valores admisibles para el diseño estructural especies Shihuahuaco y Huayruro con madera seca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Castro, J. A., & Paternina, M. J. (2020). *Análisis sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera teca (tectona grandis). Castro, Andrés y Flores, Mercedes 2015. Caracterización de un bosque de Queñual (Polylepis spp.) ubicado en el Distrito de Huasta, Provincia de Bolognesi (Ancash, Perú)*. Universidad Agraria La Molina.
- Cobas, A. C., & Monteoliva, S. E. (2018). Duramen y propiedades físicas de la madera de Robinia pseudoacacia en relación a su potencial uso en la industria de la madera sólida. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 117.
- Códova, A.R. (2018). *Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del material compuesto bolaina blanca (Guazuma crinita C. Martius) con polipropileno*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

- Cordova, V y Maico, D. (2019). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera roble corriente para su uso estructural según la normativa E-010 en Chanchamayo, 2019*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
- Corporación Chilena de la Madera (CORMA). La construcción de viviendas en madera.
- Curbelo, B.J. (2010). *Madera estructural aplicando Madera Estructural Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Método de los esfuerzos permisibles*. Civilgeeks.com.
- Dávila, V. P. (2020). *Propiedades físicas básicas de la madera de Pterygota amazónica LO Williams ex Dorr (paujil ruo) y su variabilidad en los tres niveles longitudinales del Fuste, proveniente de la Sub Cuenca Shahuanya–distrito de Masisea–provincia de Coronel Portillo-departamento de Ucayali*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali].
- Díaz, R.I. (2019). *Caracterización de la regeneración natural, composición florística y cobertura de los rodales de "quinual" Polylepis multijuga Pilg. (ROSACEAE), del distrito de Chugur, Hualgayoc*. [Tesis de grado para optar por el título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2861>
- Elaieb, M. T. E., Shel, F., Elouellani, S., Janah, T., Rahouti, M., Thévenon, M. F., & Candelier, K. (2017). Physical, mechanical and natural durability properties of wood from reforestation Pinus halepensis Mill. in the Mediterranean Basin. *bois & forets des tropiques*, 331, 19-31
- Enríquez, D. E. (2014). *Reforzamiento estructural para forjados de madera en edificaciones. Patrimoniales y contemporáneas*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca] <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20241/1/Tesis.pdf>
- Espinoza, G.G. (2018). *Estudio de la influencia de la edad del árbol en las propiedades mecánicas de la madera eucalipto en el distrito Bambamarca, Cajamarca – 2018*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].
- Estuardo, C.A. (2012). *Estadística y probabilidades*. Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Fernández, F., León, J., Huaccha, A., & Aguirre, F. (2019). Propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de Cordia alliodora (R. y P.) Oken de parcelas agroforestales en Jaén, Cajamarca. *Revista Científica Pakamuros*, 7(1), 80-91
- Ferreira, M. D., Rodolfo de Melo, R., Tonini, H., Pimenta, A. S., Gatto, D. A., Beltrame, R., & Stangerlin, D. M. (2020). Physical–mechanical properties of wood from a

eucalyptus clone planted in an integrated crop-livestock-forest system. *International Wood Products Journal*, 11(1), 12-19.
<https://doi.org/10.1080/20426445.2019.1706137>

- García, D. A. (2017). Modelos numérico-estocásticos de elementos estructurales de madera de eucalyptus grandis.
- González, F. A. (2018). *Variación de la densidad básica de la madera y módulo de elasticidad en plantaciones jóvenes de Nothofagus alpina*. [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile].
- Gutiérrez, M. y Takeuchi, C.P. (2014). *Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú Guadua Angustifolia Kunth*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Hernández, G. y Elgueta, P. (2020). *La madera es un material de construcción sustentable. Tecnología y Productos de madera*. Instituto Forestal – INFOR.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación, 6ª ed.* Mc Graw Hill.
- Huáman, T.V. (2020). *Caracterización físico - mecánica de la madera de raleo de Guazuma crinita Martius proveniente de plantaciones de tres años, Huánuco – Perú*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2018). *NTP 251.008 Selección de muestras*. INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2018). *NTP 251.009 Acondicionamiento de las muestras*. INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2018). *NTP 251.130 Secado de madera*. INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2018). *NTP 251.010 Contenido de humedad*. INACAL.
- Instituto Nacional de la Calidad – INACAL. (2020). *NTP 251.086. Madera. Determinación de la tensión perpendicular a las fibras. 3ª Ed.* INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2019, 29 de agosto). *NTP 251.107 Madera aserrada, Madera aserrada para uso estructural, método de ensayo de flexión para vigas a escala natural, 1ª ed.* INACAL.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares Acceso a servicios básicos. Censos*

- Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. INEI.
- Kessler, M. (2006). Bosques de *Polylepis*. *Botánica Económica de los Andes Centrales, Universidad Mayor de San Andrés*, 110 – 120.
- Liu, Q., Du, H., & Lyu, W. (2020). Physical and Mechanical Properties of Poplar Wood Modified by Glucose-Urea-Melamine Resin/Sodium Silicate Compound. *Forests* 2021, 12, 127. DOI: 10.3390/f12020127
- López, D.Á. (2018). *Determinación de valores admisibles para el diseño estructural con madera seca de especies Cachimbo Colorado y Capirona*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Marini, F., Manetti, M. C., Corona, P., Portoghesi, L., Vinciguerra, V., Tamantini, S., & Romagnoli, M. (2021). Influence of forest stand characteristics on physical, mechanical properties and chemistry of chestnut wood. *Scientific Reports*, 11(1), 1-10
- Martínez, R., Ewens, M., Schimpf, R., Ruiz, A., & Benitez, F. (2017). Propiedades físicas y mecánicas de la madera de corta final de *Prosopis alba* Gris. *Foresta Veracruzana*, 19(1), 17-22
- Mendoza, W., y Cano, A. (2011). Diversidad del género *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes peruanos. *Revista peruana Biológica*, 18(2), 197-200.
- Migda, W., Szczepański, M., & Jankowski, R. (2019). Increasing the seismic resistance of wood-frame buildings by applying PU foam as thermal insulation. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 63(2), 480-488
- Ministerio del Ambiente. (2021). *Polylepis multijuga*. Sistema Nacional de Información Ambiental (Sinia). <https://sinia.minam.gob.pe/contenido/polylepis-multijuga-0>
- Ministerio de Agricultura. (2005). *Plan Nacional de Reforestación*. <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/leyforestalydefauna-silvestre/documentosdeconsulta/plannacionaldereforestacion.pdf>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2018). *Reporte comercial de productos de madera, junio – 2018*. MINCETUR. https://peruforestal.org/web/pdfs/Evolucion_Comercial.pdf
- Ministerio de la Producción. (2017). *Industria de la madera. Estudio de investigación sectorial*. NANUK E.I.R.L. <https://ogeiee.produce.gob.pe/images/oe/Doc/madera.pdf>

- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.010. Madera*. MVCS.
- Moya, R; Muñoz, F; Salas, C; Berrocal, A; Leandro, L; Esquivel, E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales; Fichas técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 7(18-19), 207 p. (Editorial Corporación Garro y Moya, ISBN: 978-9968-9643-3-3). www.tec.ac.cr/revistaforestal
- Moya-Roque, R., & Gonzáles-Beltrán, G. (2013). Esfuerzos admisibles de diseño por grado estructural para nueve maderas de plantación de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 11(26), 1 – 11. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v11i26.1589>
- Omonte, M. E. (2020). Variación de algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Eucalyptus nitens* con dimensiones aserrables
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *La industria de la madera en el Perú*. FAO. <http://www.fao.org/3/I8335ES/i8335es.pdf>
- Ortega, J. O. (2017). *Caracterización de la madera de monte bajo de dos especies de Quercus del volcán Popocatepetl México*. [Tesis de maestría en ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo].
- Ortiz, L. J. (2008). *Vigas de madera horizontales para proyectos habitacionales, en arquitectura*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala] http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2181.pdf
- Peña Reyes, M. P. (2019). *Incidencia del secado artificial en las propiedades físicas y mecánicas de la madera de la especie forestal Triplaris cumingiana Fisch*. [Bachelor's thesis, Jipijapa-UNESUM].
- Prakosa, G. G., Muttaqin, T., & Suhestin, R. (2020). Sifat fisik dan mekanik kayu randu (*Ceiba pentandra* L. Gaerner) terdensifikasi dari hutan rakyat [Physical and mechanical properties of densified randu wood (*Ceiba pentandra* L. Gaerner) from community forest]. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 12(2), 93-104. <http://dx.doi.org/10.24111/jrihh.v12i2.6349>
- Quintana, A. R. (2018). Propiedades físicas de la madera de *Pinus Maestrensis* Bisse (Original). *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 2(4), 27-36
- Quinteros-Casaverde, N., Flores-Negrón, C.F., y Williams, D.A. (2012). Baja diversidad genética y efectos de fragmentación en un árbol polinizado por el viento, *Polylepis*

- multijuga Plige (Rosaceae) en los Andes altos. *Genética de la conservación*, 13(1), 593-603.
- Quirós, R., Chinchilla, O., y Gómez, M. (2005). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense*, 29(2), 7-15.
- Ramírez, A. (2019). *Resistencia a flexión de un concreto sustituyendo el agregado grueso con 3% y 5% de plástico PET*. [Tesis de grado, Universidad San Pedro]. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12416>
- Rivero-Tenorio, M. y Moya-Roque, R. (2018). Propuesta de un sistema de clasificación visual de la madera por defectos admisibles para tres grados estructurales en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(36), 20-29. <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v15i36.3439>
- Romero, W.Y. (2019). *Diversidad, composición florística y estructura de los relictos boscosos de Ramírez y El Mirador, distrito de Chugur, Hualgayoc*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3551>
- Ruiz, G. (2020). *Influencia de los defectos en la resistencia a la flexión estática de la madera de Ziziphus Cinnamomum Tr. & Pl. (Achuni Caspi) procedente del bosque de CICFOR–Macuya-Huánuco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali].
- Segovia-Salcedo, M. C., Domic, A., Boza, T., & Kessler, M. (2018). Situación taxonómica de las especies del género *Polylepis*. Implicancias para los estudios ecológicos, la conservación y la restauración de sus bosques. *Ecología austral*, 28(1-bis), 188-201. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.527>
- Simpson, B.B. (1979). *A revision of the genus Polylepis (Rosaceae: Sanguisorbeae)*. *Smithsonian Institution Press, contributions to botany*, number 43.
- Spavento, E.M., Keil, G.D., y Monteoliva, S. (2008). *Propiedades de la madera. Curso de Xilotecnología*. Universidad Nacional de la Plata.
- Stanciu, M. D., Sova, D., Savin, A., Ilias, N., & Gorbacheva, G. A. (2020). Physical and mechanical properties of ammonia-treated black locust wood. *Polymers*, 12(2), 377.
- Ticse, J. A. (2018). *Relación de la morfometría foliar de Polylepis rodolfo-vasquezii Valenzuela & Villalba y Polylepis incana kunth con la altitud y el número cromosómico en la región Junín*. [Tesis de grado, Universidad Continental].

Vignote, S. y Martínez, I. (2006). *Tecnología de la madera*, 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN: 84-8476-263-7.

Zutta, B.R.; Rundel P.W., Saatchi S., Casana, J.D., Gauthier, P., Soto, A., Velazco, Y. y Buermann, W. (2012). Prediciendo la distribución de *Polylepis*: Bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. *Revista Perú Biológico*, 19(2), 205-212.

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

Tesis: Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga*, Olmos Alto, Lajas, Chota.

Tesista: Luis Enrique Silva Gonzáles

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnicas e instrumentos
	Objetivo general	Ho: No existe diferencia	Técnicas
¿Los esfuerzos admisibles de la madera <i>polylepis multijuga</i> del centro poblado Olmos Alto son significativamente similares a los de la norma E.010 para darle uso estructural en el distrito de Lajas?	Clasificar la madera <i>Polylepis Multijuga</i> (quinua) de la comunidad Olmos Alto de Lajas, en el grupo A, B o C según la norma E.010, para garantizar su uso estructural en la provincia de Chota.	significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera <i>Polylepis Multijuga</i> , y los esfuerzos admisibles estandarizados para el grupo A, B o C en la norma E.010 (MVCS, 2021), por tanto, se puede incorporar a esta especie maderera en la clasificación A, B o C.	Observación en campo Ensayos de laboratorio
	Objetivos específicos	Instrumentos	
	<ul style="list-style-type: none"> – Determinar la resistencia a compresión paralela, compresión perpendicular, resistencia a la flexión, tensión paralela, tensión perpendicular y cizallamiento de la madera <i>Polylepis Multijuga</i> de la comunidad Olmos Alto, Lajas. – Determinar los esfuerzos admisibles de la madera <i>Polylepis Multijuga</i> (quinua) de la comunidad Olmos Alto, Lajas. 		Cuaderno de campo Hojas de cálculo

Anexo N° 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Bosque de *Polylepis Multijuga*



Fecha: 22/01/2019.

Fotografía 2. Árboles de *Polylepis Multijuga*



Fotografía 3. Aserrado de árboles de Polylepis Multijuga



Fotografía 4. Cortado en trozas de árboles de Polylepis Multijuga



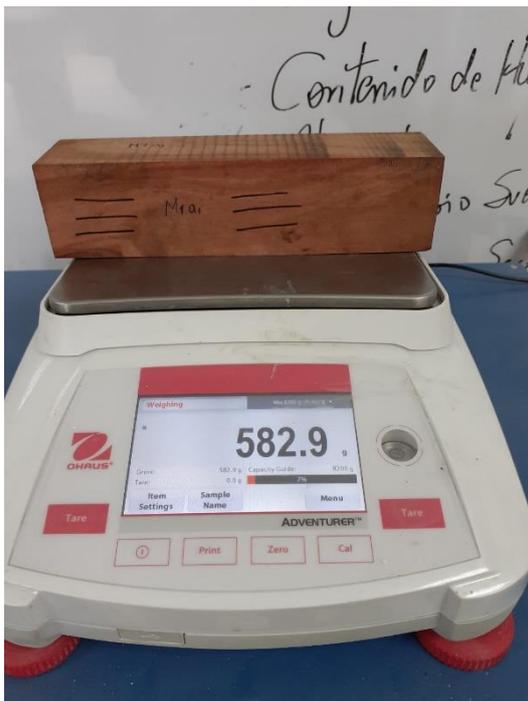
Fotografía 5. Cortado en viguetas de árboles de Polylepis Multijuga



Fotografía 6. Traslado de viguetas de árboles de Polylepis Multijuga



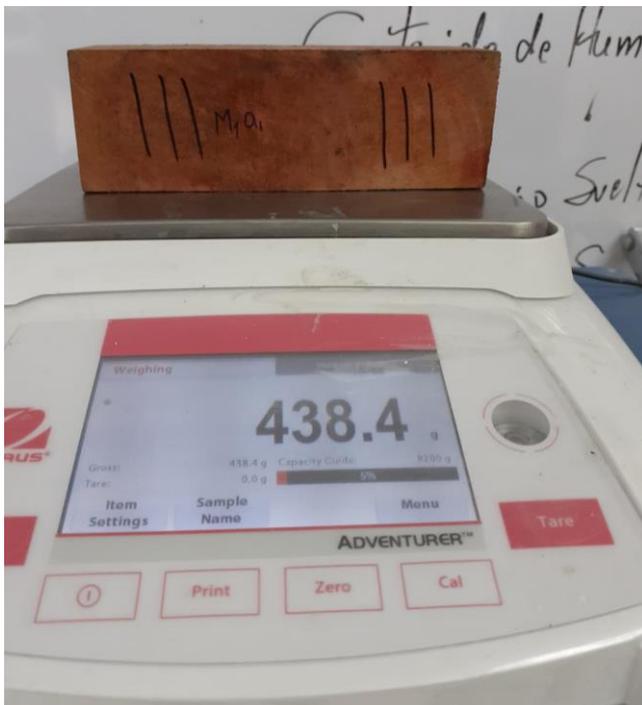
Fotografía 7. Contenido de humedad de la madera después de ensayo de compresión axial



Fotografía 8. Ensayo de compresión axial de la madera



Fotografía 9. Contenido de humedad de la madera después de ensayo de compresión perpendicular

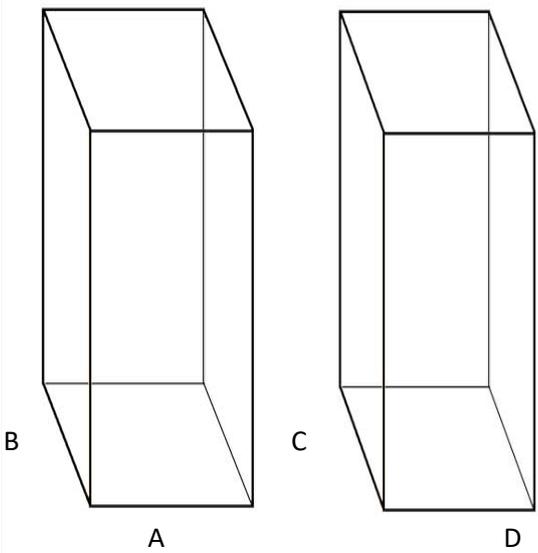


Fotografía 10. Ensayo de compresión perpendicular de la madera



Anexo N° 3. Ensayos en la UNACH

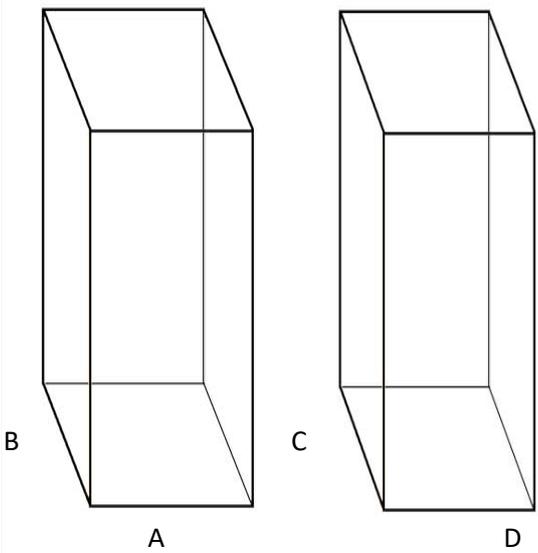
FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a1	
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 1	
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m1	
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO		CONDICION	
LUZ: 15 cm		SECA AL AIRE: <input type="text"/>	
P: 3843 kg		SATURADA: <input type="text" value="X"/>	
P': 3280 kg		DURAMEN: 60 %	
Y: 20 cm		DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
ANCHO (A): 5.0 cm		PESO : 582.90 g	
ESPESESOR (B): 5.0 cm		PESO SECO AL HORNO: 519.70 g	
		VOLUMEN 500.00 cm ³	
		CONTENIDO DE HUMEDAD: 12.2% %	
		DENSIDAD: 1.17 g/cm ³	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)		21	
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 131.2		22	
RESISTENCIA MAXIMA: 153.72		23	
MÓDULO DE ELASTICIDAD: 74971		24	
INFORMACION GENERAL		25	
PROYECTO:		26	
"EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS"		27	
		28	
		29	
		30	
EJECUTOR: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES		31	
FECHA: 22/01/2020		32	
		33	
		34	
		35	
		36	
		37	
		38	

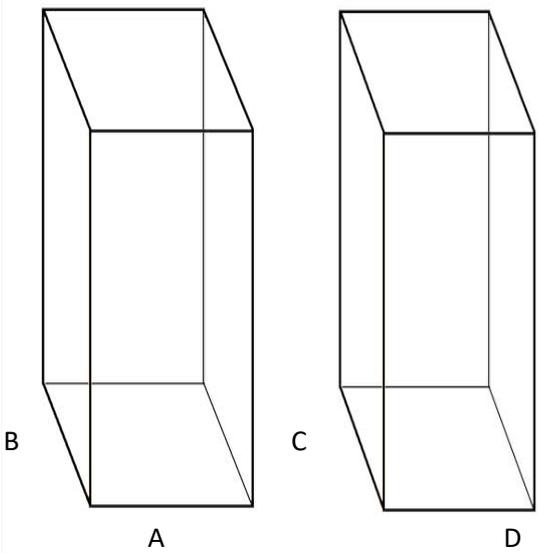
FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a2		
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 2		
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m2		
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO LUZ: 15 cm P: 4543 kg P': 4200 kg Y: 20 cm ANCHO (A): 5.0 cm ESPESOR (B): 5.0 cm		CONDICION		
		SECA AL AIRE: <input type="text"/> SATURADA: <input checked="" type="text" value="X"/> DURAMEN: 60 %		
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD PESO : 574.80 g PESO SECO AL HORNO: 510.40 g VOLUMEN 500.00 cm3 CONTENIDO DE HUMEDAD: 12.6% % DENSIDAD: 1.15 g/cm3		CARGA (kg)	DEFORMACIÓN (PLG)	
		1	560	0.05
		2	1250	0.1
		3	1820	0.15
		4	2463	0.2
		5	3023	0.25
		6	3583	0.3
		7	4200	0.35
		8	4543	0.41
		9		
		10		
		11		
		12		
		13		
		14		
		15		
		16		
		17		
		18		
		19		
		20		
		21		
		22		
		23		
		24		
		25		
		RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)		27
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 168		28		
RESISTENCIA MAXIMA: 181.7		29		
MÓDULO DE ELASTICIDAD: 81951		30		
INFORMACION GENERAL		31		
PROYECTO:		32		
EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS		33		
		34		
		35		
		36		
EJECUTOR: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES		37		
FECHA: 22/01/2020		38		

FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

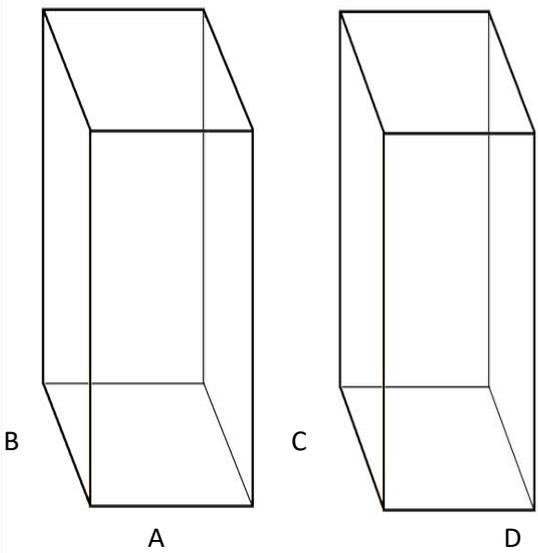
NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a3		
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 3		
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m3		
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO LUZ: 15 cm P: 5193 kg P': 4650 kg Y: 20 cm ANCHO (A): 5.0 cm ESPESOR (B): 5.0 cm		CONDICION		
		SECA AL AIRE: <input type="text"/> SATURADA: <input checked="" type="text" value="X"/> DURAMEN: 60 %		
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD PESO : 579.50 g PESO SECO AL HORNO: 508.20 g VOLUMEN 500.00 cm3 CONTENIDO DE HUMEDAD: 14.0% % DENSIDAD: 1.16 g/cm3		CARGA (kg)	DEFORMACIÓN (PLG)	
		1	600	0.05
		2	950	0.1
		3	1320	0.15
		4	1690	0.2
		5	2060	0.25
		6	2430	0.3
		7	2800	0.35
		8	3170	0.4
		9	3540	0.45
		10	3910	0.5
		11	4280	0.55
		12	4650	0.6
		13	5193	0.65
		14		
		15		
		16		
		17		
		18		
		19		
		20		
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2) ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 186 RESISTENCIA MAXIMA: 207.7 MÓDULO DE ELASTICIDAD: 57231		21		
		22		
INFORMACION GENERAL PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS EJECUTOR: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES FECHA: 22/01/2020		23		
		24		
		25		
		26		
		27		
		28		
		29		
		30		
		31		
		32		
		33		
		34		
		35		
		36		
		37		
		38		

FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

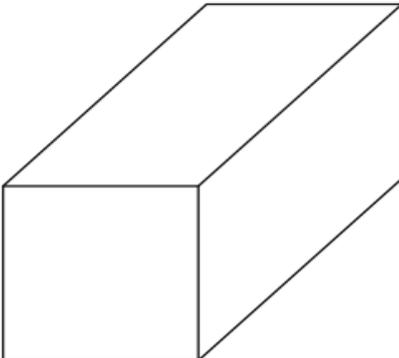
NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a4		
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 4		
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m4		
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO LUZ: 15 cm P: 4579 kg P': 4200 kg Y: 20 cm ANCHO (A): 5.0 cm ESPESOR (B): 5.0 cm		CONDICION		
		SECA AL AIRE: <input type="text"/> SATURADA: <input checked="" type="text" value="X"/> DURAMEN: 60 %		
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD PESO : 577.30 g PESO SECO AL HORNO: 511.90 g VOLUMEN 500.00 cm3 CONTENIDO DE HUMEDAD: 12.8% % DENSIDAD: 1.15 g/cm3		CARGA (kg)	DEFORMACIÓN (PLG)	
		1	580	0.05
		2	1270	0.1
		3	1840	0.15
		4	2480	0.2
		5	3040	0.25
		6	3603	0.3
		7	4200	0.35
		8	4579	0.45
		9		
		10		
		11		
		12		
		13		
		14		
		15		
		16		
		17		
		18		
		19		
		20		
		21		
		22		
		23		
		24		
		25		
		RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)		26
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 168		27		
RESISTENCIA MAXIMA: 183.2		28		
MÓDULO DE ELASTICIDAD: 74667		29		
		30		
INFORMACION GENERAL		31		
PROYECTO:		32		
EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS		33		
		34		
		35		
		36		
EJECUTOR: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES		37		
FECHA: 22/01/2020		38		

FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

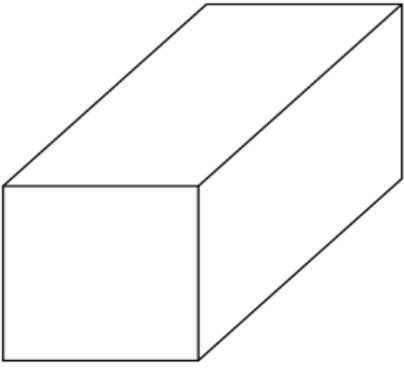
NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a5	
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 5	
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m5	
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO LUZ: 15 cm P: 6137 kg P': 5500 kg Y: 20 cm ANCHO (A): 5.0 cm ESPESOR (B): 5.0 cm		CONDICION	
		SECA AL AIRE: <input type="text"/> SATURADA: <input checked="" type="text" value="X"/> DURAMEN: 60 %	
		CARGA (kg)	DEFORMACIÓN (PLG)
		1	600
		2	1160
		3	1690
		4	2240
		5	2790
		6	3340
		7	3890
		8	4440
		9	4990
		10	5540
		11	6137
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	
		23	
		24	
		25	
		26	
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)		27	
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 220		28	
RESISTENCIA MAXIMA: 245.5		29	
MÓDULO DE ELASTICIDAD: 58667		30	
INFORMACION GENERAL		31	
PROYECTO:		32	
EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS		33	
		34	
		35	
		36	
EJECUTOR: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES		37	
FECHA: 22/01/2020		38	



FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

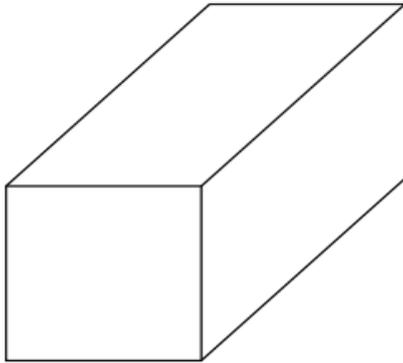
NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a1		
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 1		
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m1		
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO	CONDICION		CARGA (kg)	DEFORMACIÓN (PLG)
	SECA AL AIRE:		1	600
	SATURADA:	X	2	830
	DURAMEN: 60 %		3	1020
	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD		4	1254
	P: 2638 kg		5	1475
	P': 2345 kg		6	1695
	ANCHO (A): 5.0 cm	PESO : 438.40 g	7	1925
	ESPESOR (B): 5.0 cm	PESO SECO AL HORNO: 383.80 g	8	2145
		VOLUMEN 375.00 cm ³	9	2345
	CONTENIDO DE HUMEDAD: 14.2% %	10	2638	
	DENSIDAD: 1.17 g/cm ³			
 <p style="text-align: center;">B</p>		11		
		12		
		13		
		14		
		15		
		16		
		17		
		18		
		19		
		20		
OBSERVACIONES:		21		
		22		
		23		
		24		
		25		
		26		
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)		27		
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 93.8		28		
RESISTENCIA MAXIMA: 105.5		29		
		30		
INFORMACION GENERAL		31		
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS		32		
		33		
		34		
		35		
		36		
EJECUTOR: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES FECHA: 22/01/2020		37		
		38		

FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a2		
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 2		
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m2		
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO	CONDICION		CARGA (kg)	DEFORMACIÓN (PLG)
	SECA AL AIRE: <input type="text"/>	SATURADA: <input checked="" type="text" value="X"/>	1	0.05
P: 3274 kg	DURAMEN: 60 %	2	0.1	0.05
P': 2940 kg	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD		3	0.15
ANCHO (A): 5.0 cm	PESO : 445.30 g	4	0.2	0.15
ESPESOR (B): 5.0 cm	PESO SECO AL HORNO: 390.10 g	5	0.25	0.2
	VOLUMEN 375.00 cm ³	6	0.3	0.25
	CONTENIDO DE HUMEDAD: 14.2% %	7	0.35	0.3
	DENSIDAD: 1.19 g/cm ³	8	0.4	0.35
 <p style="text-align: center;">B</p>		9	0.45	0.4
		10	0.5	0.45
		11	0.55	0.5
		12	0.62	0.55
		13		0.62
		14		
		15		
		16		
		17		
		18		
OBSERVACIONES:		19		
		20		
		21		
		22		
		23		
		24		
		25		
		26		
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)		27		
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 117.6		28		
RESISTENCIA MAXIMA: 131		29		
		30		
INFORMACION GENERAL		31		
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS		32		
		33		
		34		
		35		
		36		
EJECUTOR: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES		37		
FECHA: 22/01/2020		38		

FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a3	
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 3	
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m3	
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO	CONDICION		CARGA (kg)
	SECA AL AIRE: <input type="text"/>	SATURADA: <input checked="" type="text" value="X"/>	DEFORMACIÓN (PLG)
P: 2312 kg	DURAMEN: 60 %	1	600
P': 1995 kg	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	2	843
ANCHO (A): 5.0 cm		3	1086
ESPESOR (B): 5.0 cm		4	1329
		5	1572
		6	1815
		7	1995
		8	2312
		9	
		10	
		11	
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)		27	
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 79.8		28	
RESISTENCIA MAXIMA: 92.48		29	
		30	
INFORMACION GENERAL		31	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS	32	
		33	
		34	
		35	
		36	
EJECUTOR:	LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES	37	
FECHA:	22/01/2020	38	

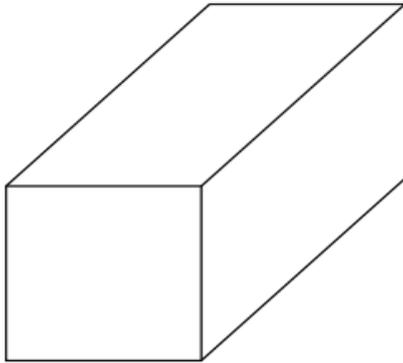


B

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

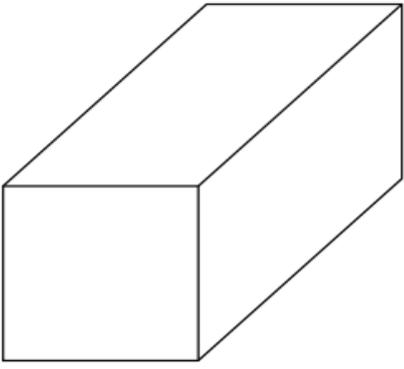
NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a4			
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 4			
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m4			
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO	CONDICION		CARGA (kg)	DEFORMACIÓN (PLG)	
	SECA AL AIRE: <input type="text"/>	SATURADA: <input checked="" type="text" value="X"/>	1	0.05	
P: 3078 kg	DURAMEN: 60 %	2	804	0.1	
P': 2660 kg	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD		3	1020	0.15
ANCHO (A): 5.0 cm	PESO : 446.30 g	4	1224	0.2	
ESPESOR (B): 5.0 cm	PESO SECO AL HORNO: 389.50 g	5	1416	0.25	
	VOLUMEN 375.00 cm ³	6	1635	0.3	
	CONTENIDO DE HUMEDAD: 14.6% %	7	1840	0.35	
	DENSIDAD: 1.19 g/cm ³	8	2039	0.4	
		9	2245	0.45	
		10	2451	0.5	
		11	2662	0.55	
		12	2866	0.65	
		13	3072	0.68	
		14			
		15			
		16			
		17			
		18			
		19			
		20			
		21			
		22			
		23			
		24			
		25			
		26			
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)		27			
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 106.4		28			
RESISTENCIA MAXIMA: 123.1		29			
		30			
INFORMACION GENERAL		31			
PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS	32			
		33			
		34			
		35			
		36			
EJECUTOR:	LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES	37			
FECHA:	22/01/2020	38			



B

OBSERVACIONES:

FORMATO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

NOMBRE COMUN: Quinoa		Nº DE ÁRBOL: a5		
NOMBRE CIENTIFICO: Polylepis Multijuga		MUESTRA Nº: 5		
FAMILIA: Rosaceae		PROCEDENCIA: m5		
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO	CONDICION		CARGA (kg)	DEFORMACIÓN (PLG)
	SECA AL AIRE: <input type="text"/>	SATURADA: <input checked="" type="text" value="X"/>	1	0.05
P: 3217 kg	DURAMEN: 60 %		2	0.1
P': 2609 kg	DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD		3	0.15
ANCHO (A): 5.0 cm	PESO : 443.50 g		4	0.2
ESPESOR (B): 5.0 cm	PESO SECO AL HORNO: 380.20 g		5	0.25
	VOLUMEN 375.00 cm ³		6	0.3
	CONTENIDO DE HUMEDAD: 16.6% %		7	0.35
	DENSIDAD: 1.18 g/cm ³		8	0.4
 <p style="text-align: center;">B</p>			9	0.45
			10	0.5
			11	0.55
			12	0.65
			13	0.7
			14	0.78
			15	
			16	
			17	
			18	
OBSERVACIONES:			19	
			20	
			21	
			22	
			23	
			24	
			25	
			26	
RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD (KG/CM2)			27	
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LÍMITE PROPORCIONAL: 104.4			28	
RESISTENCIA MAXIMA: 128.7			29	
			30	
INFORMACION GENERAL			31	
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS			32	
			33	
			34	
			35	
			36	
EJECUTOR: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES			37	
FECHA: 22/01/2020			38	

Anexo N° 4. Ensayos en SEGEMA



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

ENSAYO: DENSIDAD BASICA DEL ÁRBOL POLYLEPIS MULTIJUGA

SOLICITANTE: SILVA GONZÁLES LUIS ENRIQUE

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS, CHOTA.

UBICACIÓN: DISTRITO: LAJAS PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA: 2021

ENSAYO: DENSIDAD BASICA DEL ÁRBOL POLYLEPIS MULTIJUGA

MUESTRA	DIMENSIONES (mm)			VOLUMEN (cm ³)	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)
	LARGO	ANCHO	ALTO			
M1Q1	30.3	100.2	30.5	92.60	47.4	0.51
M2Q2	30.1	100.4	30.4	91.87	44.2	0.48
M3Q3	30.4	100.1	30.5	92.81	49.2	0.53
M4Q4	30.7	100.1	30.2	92.81	48.1	0.52
M5Q5	30.4	100.3	30.2	92.08	46.2	0.50
M6Q6	30.9	100.5	30.8	95.65	50.1	0.52

M1Q1 = M1 es el número de la muestra Q1,2,3,4,5,6 = Son de los diferentes árboles que se extrajo la muestra

Leonidas Murga Vasquez
TECNICO LABORATORISTA



Miguel Ángel Ruiz Perale
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**
Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE N° 50090112
LABORATORIO SEGENMA

**FLEXION ESTATICA DE TENSION PARALELA A LA FIBRA PARA MADERA DE ÁRBOL POLYLEPIS MULTIJUGA
NTP 251.017**

SOLICITADO: SILVA GONZÁLES LUIS ENRIQUE
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS, CHOTA.
BICACION: DISTRITO: LAJAS PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
FECHA: Enero del 2021

I. ENSAYO FLEXION ESTATICA - NTP 251.017 FLEXION ESTATICA

ENSAYO DE TENSION PARALELA A LA FIBRA PARA MADERA DE ÁRBOL POLYLEPIS MULTIJUGA

PROBETA	MEDIDAS (cm)				AREA (mm ²)	CARGA MAXIMA (kg-f)	RESISTENCIA MAXIMA (Kg/cm ²)
	LARGO	LONG. EFECTIVA	ANCHO	ALTO			
F1Q1	38	23	2.51	2.52	6.3252	2173.7	343.66
F2Q2	38	23	2.52	2.52	6.3504	2030.35	319.72
F3Q3	38	23	2.51	2.51	6.3001	2122.99	336.98
F4Q4	38	23	2.51	2.51	6.3001	2185.74	346.94
F5Q5	38	23	2.52	2.52	6.3504	2193.56	345.42

M1Q1 = M1 es el número de la muestra Q1,2,3,4,5 = Son de los diferentes árboles que se extrajó la muestra

- El laboratorio no ha intervenido en la toma de las muestras del concreto ni en la preparación de los testigos de madera; solo se ha limitado a ensayarlos a la Flexión Estática compresión, por lo tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dicho testigo.
- Los datos del proyecto de procedencia de las maderas y del solicitante, fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.
- Los datos del elemento estructural a que pertenece cada espécimen y la fecha estuvieron marcados en la madera.

Leonidas Murga Vasquez
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Ferreñafe, Enero del 2021



Miguel Ángel Ruiz Perales
Miguel Ángel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
 RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
 Email: leonidasmv@hotmai.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
 CODIGO OSCE N° S0090112
 LABORATORIO SEGENMA

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA

SOLICITADO: SILVA GONZÁLES LUIS ENRIQUE
 PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS, CHOTA.
 BICACION: DISTRITO: LAJAS PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
 FECHA: Enero del 2021

II. ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP.251.010

ENSAYO DE TENSION PARALELA A LA FIBRA PARA MADERA DE ÁRBOL POLYLEPIS MULTIJUGA

- Muestras de : 2.5 cm x 2.5 cm x 30 cm
- Según la NTP.251.010, se utilizó la siguiente fórmula para hallar el contenido de humedad.

$$CH\% = 1 + \frac{m1 - m2}{m2} \times 100$$

Donde:

- m1 : masa en gramos de la muestra antes del secado en la estufa.
- m2 : masa en gramos de la muestra después del secado en la estufa.

PROBETA	PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL SECADO (g) -m1	PESO DE LA MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g) - m2	TIEMPO (Horas-según NTP.251.010)	T° (°C-SEGUN NTP.251.010)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
F1Q1	101.51	84.45	3	103	20.20%
F2Q2	101.09	86.35	3	103	17.07%
F3Q3	100.99	85.26	3	103	18.45%
F4Q4	101.55	87.26	3	103	16.38%
F5Q5	101.34	84.23	3	103	20.31%

- El laboratorio no ha intervenido en la toma de las muestras del concreto ni en la preparación de los testigos de madera; solo se ha limitado a ensayarlos a la Flexión Estática-compresión, por lo tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dicho testigo.
- Los datos del proyecto de procedencia de las maderas y del solicitante, fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.
- Los datos del elemento estructural a que pertenece cada espécimen y la fecha estuvieron marcados en la madera.



Miguel Ángel Ruiz Perale
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Ferreñafe, Enero del 2021

Leonidas Murga Vasquez
 Leonidas Murga Vasquez
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE Nº 50090112
LABORATORIO SEGENMA

SOLICITADO: SILVA GONZÁLES LUIS ENRIQUE
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS, CHOTA.
BICACION: DISTRITO: LAJAS PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
FECHA: Enero del 2021

III. PANEL FOTOGRÁFICO



Ferreñafe, Enero del 2021

Leonidas Murga Vasquez
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Angel Ruiz Perale
Miguel Angel Ruiz Perale
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904

Anexo N° 5. Ensayos en la Universidad Nacional de Trujillo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

REPORTE DE ENSAYOS EN MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA

Solicitante:

Silva Gonzáles Luis Enrique

Trabajo de Investigación:

EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS

Fecha:

Febrero 2020.

Laboratorio:

Materiales Compuestos. Todas las muestras fueron puestas en laboratorio.

Normas de Ensayos realizados:

ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (NTP 251.013)
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010 –
POSTERIOR AL ENSAYO CIZALLAMIENTO
ENSAYO DE TENSIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS – NTP. 251.086
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010
RESULTADOS DEL ENSAYO A TRACCION DE FIBRAS PARALELAS – NTP. 251.085



JEFE DE LABORATORIO
LABORATORIO DE MATERIALES COMPUESTOS

Dr. Ing. Alexander Y. Vega Anticona.

I. ENSAYO DE TENSION PARALELO A LAS FIBRAS- NTP. 251.085

ENSAYO DE TENSION PARALELA A LA FIBRA PARA MADERA DE ÁRBOL POLYLEPIS MULTIJUGA

PROBETA	MEDIDAS (mm)		AREA (mm ²)	CARGA MAXIMA (kN)	RESISTENCIA MAXIMA (Mpa)	% DE ALARGAMIENTO
	ESPESOR	ANCHO				
M1Q1a	5.10	9.74	49.70	6.70	134.80	1.59
M2Q1b	5.64	10.02	56.70	3.40	59.96	3.01
M3Q1c	5.12	9.96	51.00	7.03	137.84	1.59
M4Q1d	5.60	9.65	54.00	4.51	83.51	2.57
M5Q1e	5.40	10.36	55.90	6.67	119.32	1.74
M6Q1f	5.14	10.19	52.40	4.55	86.83	2.71

Largo = 250 mm

M1Q1a = M1 número de madera, Q1a selección del árbol donde se extrajo la probeta



ANEXOS

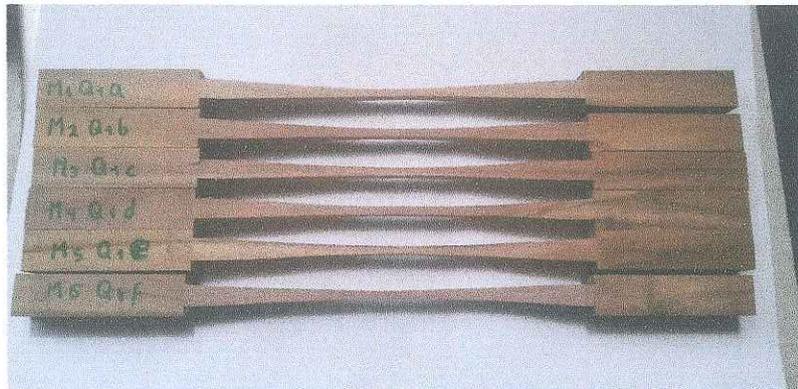


Figura.Nº1: Probetas antes de ensayar.



Figura.Nº2: Probeta M1Q1a antes de ser ensayada.

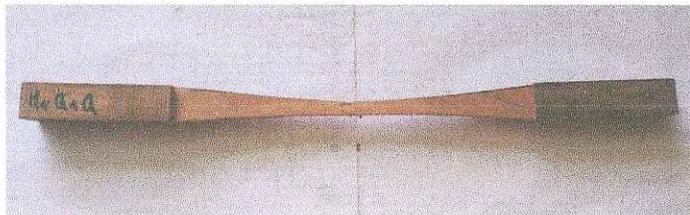


Figura.Nº3: Probeta M1Q1 después del ensayo.

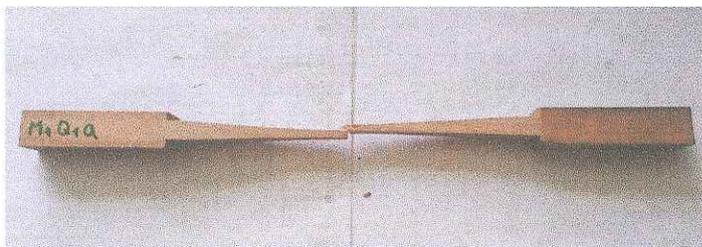


Figura.Nº4: Probeta M1Q1 después del ensayo vista lateral.



Figura.Nº5: Probeta M1Q1 durante el ensayo.



Figura.Nº6: Probeta M2Q1b
antes de ser ensayada.

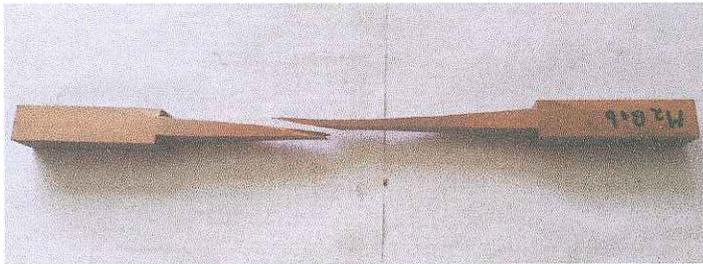


Figura.Nº7: Probeta M2Q1b
después del ensayo vista lateral.



Figura.Nº8: Probeta M2Q1b
durante el ensayo.

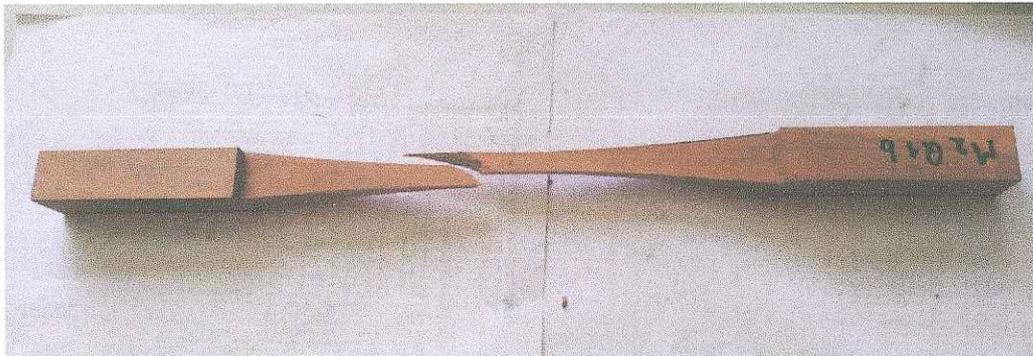


Figura.Nº9: Probeta M2Q1b
después del ensayo.



Figura.Nº10: Probeta M3Q1c antes de ser ensayada.



Figura.Nº11: Probeta M3Q1c durante el ensayo.

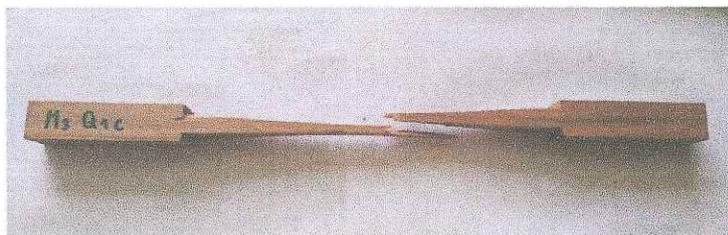


Figura.Nº12: Probeta M3Q1c después del ensayo vista lateral.

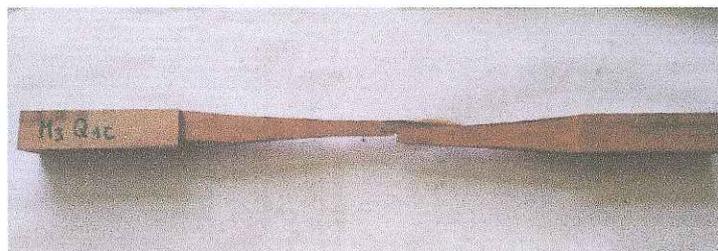


Figura.Nº13: Probeta M3Q1c después del ensayo.

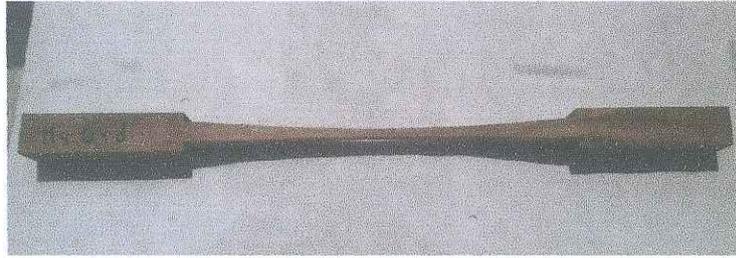


Figura.Nº14: Probeta M4Q1d antes de ser ensayada.



Figura.Nº15: Probeta M4Q1d durante el ensayo.

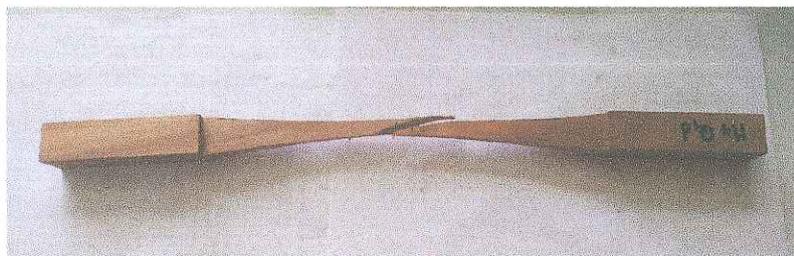


Figura.Nº16: Probeta M4Q1d después del ensayo.

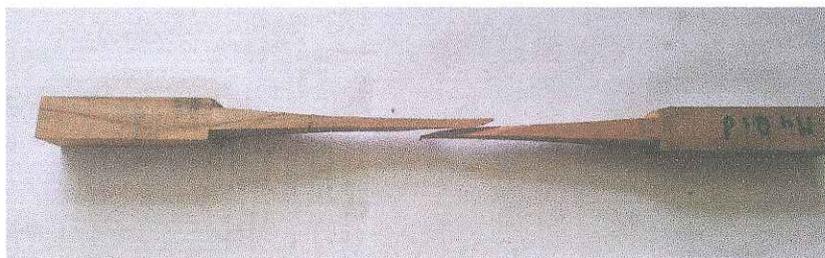


Figura.Nº17: Probeta M4Q1d después del ensayo vista lateral.

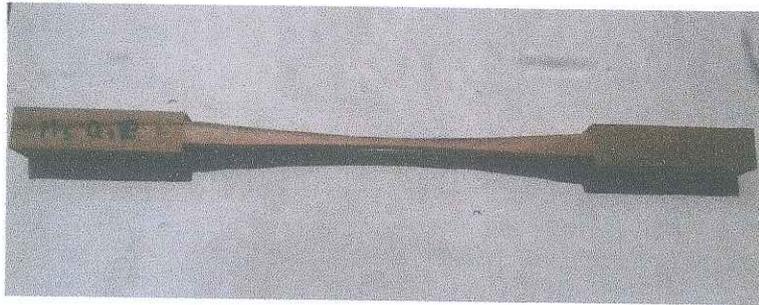


Figura.Nº18: Probeta M5Q1e antes de ser ensayada.



Figura.Nº19: Probeta M5Q1e durante el ensayo.

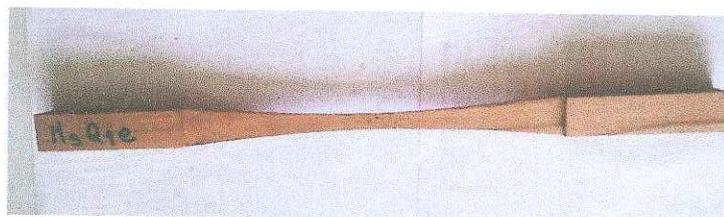


Figura.Nº20: Probeta M5Q1e después del ensayo.

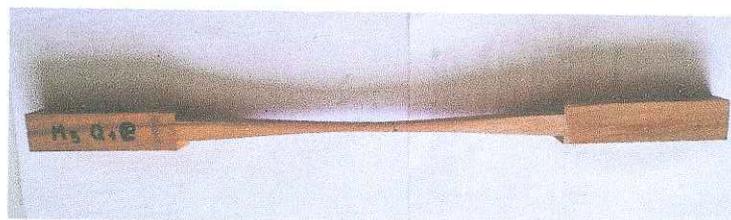


Figura.Nº21: Probeta M5Q1e después del ensayo vista lateral.

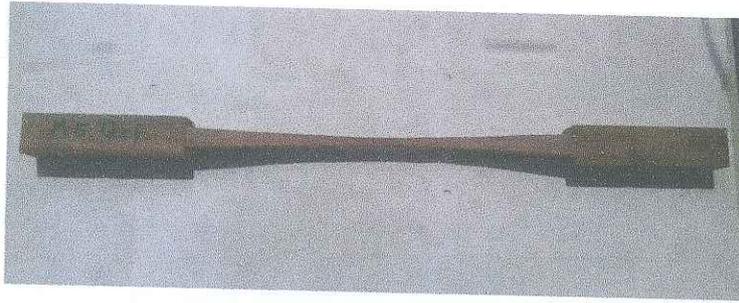


Figura.Nº22: Probeta M6Q1f antes de ser ensayada.



Figura.Nº23: Probeta M6Q1f durante el ensayo.

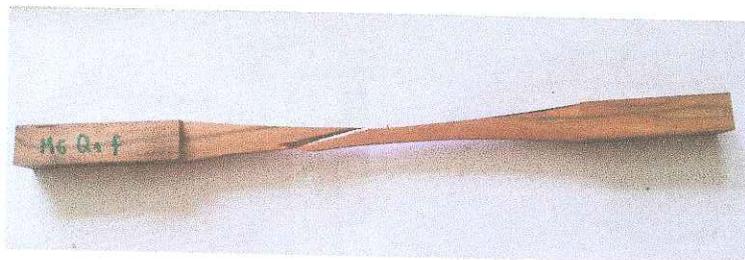


Figura.Nº24: Probeta M6Q1f después del ensayo.

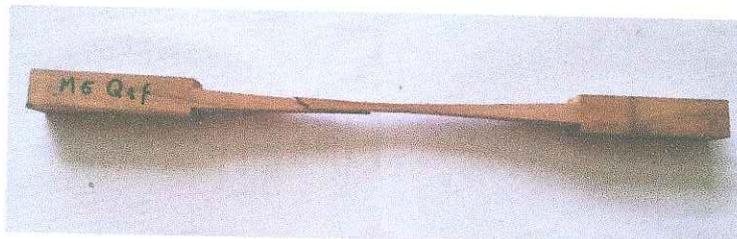


Figura.Nº25: Probeta M6Q1f después del ensayo vista lateral.

II. TENSIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS – NORMA 251.086

CÓDIGO	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁX. (KN)	% Alargamiento	RESIST. MÁX. (N/mm ²) ó (MPa)
1A	49.66	26.24	1303.10	5.11	15.64	3.92
1B	49.85	25.44	1268.20	5.68	15.24	4.48
2	49.73	24.60	1223.40	6.39	16.24	5.22
3	49.70	26.59	1321.50	5.98	7.22	4.53
4	49.69	25.52	1268.10	5.89	8.72	4.65
5	49.74	25.55	1270.90	6.22	12.37	4.90

MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA

Códigos: 1, 2, 3, 4 y 5 indican que las probetas fueron extraídas de 5 árboles distintos.

Subcódigo: A y B indican que de un determinado árbol se extrajeron 2 probetas.

RESIST. MÁX: Resistencia Máxima

Todas las probetas fueron extraídas de un solo árbol de *Polylepis multijuga*

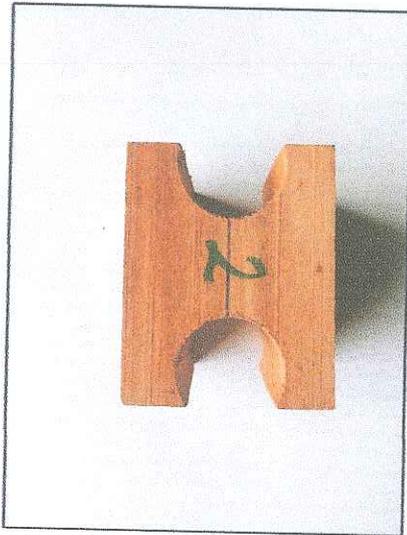


FIGURA N°7: Probeta 2 antes de ser ensayada.



FIGURA N°8: Probeta 2 durante el ensayo.



FIGURA N°9: Probeta 2 después del ensayo.

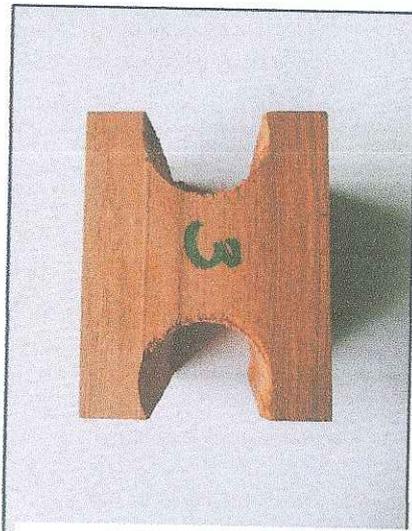


FIGURA N°10: Probeta 3 antes de ser ensayada.



FIGURA N°11: Probeta 3 durante el ensayo.



FIGURA N°12: Probeta 3 después del ensayo.

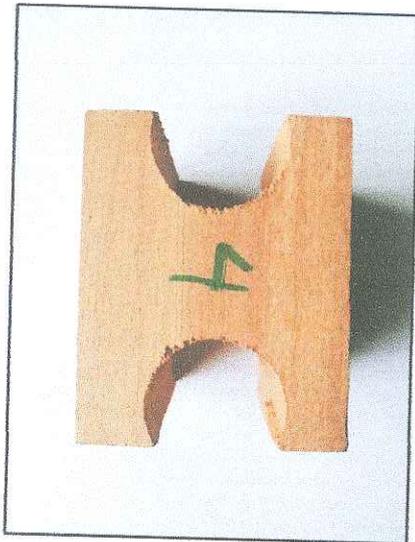


FIGURA N°13: Probeta 4 antes de ser ensayada.



FIGURA N°14: Probeta 4 durante el ensayo.



FIGURA N°15: Probeta 4 después del ensayo.

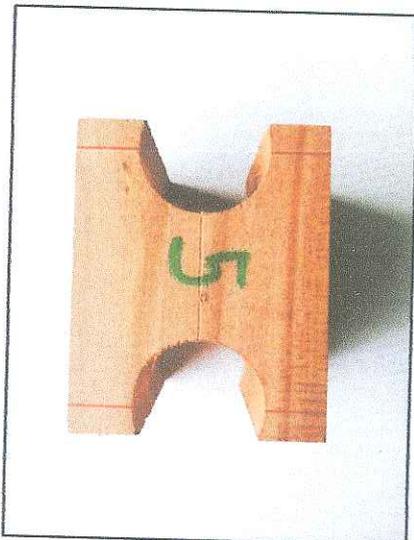


FIGURA N°16: Probeta 5 antes de ser ensayada.



FIGURA N°17: Probeta 5 durante el ensayo.



FIGURA N°18: Probeta 5 después del ensayo.

2.1. ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010

- Muestras de: 5cm x 5cm x 20cm
- Según la NTP.251.010, se utilizó la siguiente fórmula para hallar el contenido de humedad.

$$CH\% = \frac{m1 - m2}{m2} \times 100$$

Donde:

m₁: masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.

m₂: masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

CÓDIGO	PESO DE MUESTRA ANTES DEL SECADO (g)- m ₁	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g)- m ₂	TIEMPO (Horas-Según NTP.251.010)	T° (°C-Según NTP.251.010)	CONT. HUMEDAD (%)
1A	103.55	81.58	3	103	26.93
1B	95.01	75.16	3	103	26.41
2	96.52	77.09	3	103	25.20
3	106.11	83.39	3	103	27.24
4	89.10	71.77	3	103	24.14
5	104.91	84.36	3	103	24.35

-Códigos: 1, 2, 3, 4 y 5 indican que las probetas fueron extraídas de 5 árboles distintos.

-Subcódigo: A y B indican que de un determinado árbol se extrajeron 2 probetas.

Todas las probetas fueron extraídas de un solo árbol de *Polylepis multijuga*



FIGURA N°19: Peso de la Probeta 1A antes del secado en la estufa.

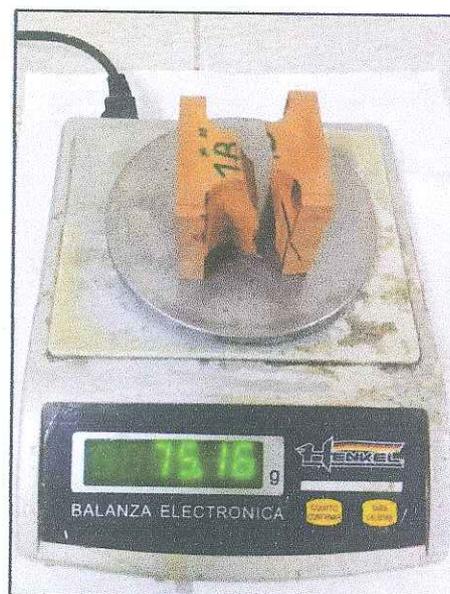


FIGURA N°20: Peso de la Probeta 1A después del secado en la estufa.



FIGURA N°21: Peso de la Probeta 1B antes del secado en la estufa.

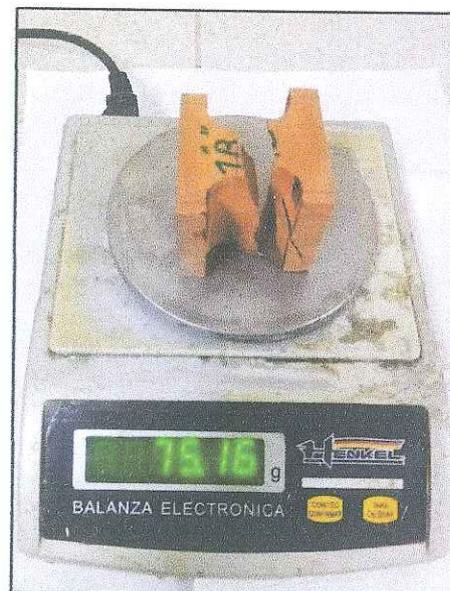


FIGURA N°22: Peso de la Probeta 1B después del secado en la estufa.



FIGURA N°23: Peso de la Probeta 2 antes del secado en la estufa.

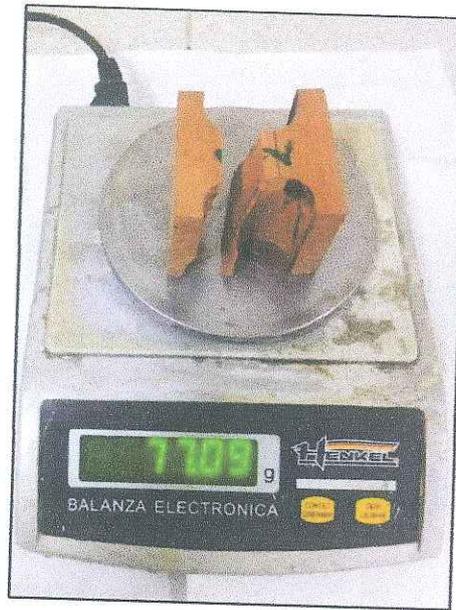


FIGURA N°24: Peso de la Probeta 2 después del secado en la estufa.



FIGURA N°25: Peso de la Probeta 3 antes del secado en la estufa.



FIGURA N°26: Peso de la Probeta 3 después del secado en la estufa.



FIGURA N°27: Peso de la Probeta 4 antes del secado en la estufa.



FIGURA N°28: Peso de la Probeta 4 después del secado en la estufa.



FIGURA N°29: Peso de la Probeta 5 antes del secado en la estufa.



FIGURA N°30: Peso de la Probeta 5 después del secado en la estufa.



FIGURA N°31: Probetas puestas en la Estufa a 103°C durante 3 horas como indica la norma.

III. ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (NTP 251.013)

CÓDIGO	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Fuerza (KN)	Área (mm ²)	Resistencia Cizalla (Mpa)
M1Q1a	50.24	49.63	62.65	0.160	19.30	2493.4	7.74
M2Q1b	50.04	49.87	62.58	0.159	15.36	2495.5	6.15
M3Q1c	50.10	50.50	62.85	0.160	16.32	2530.05	6.45
M4Q1d	50.10	50.40	63.01	0.152	15.86	2525.04	6.28
M5Q1e	49.90	50.20	62.59	0.160	17.85	2504.98	7.11
M6Q1f	50.00	50.10	62.72	0.158	19.22	2505.00	7.67

Velocidad de Cizalla = 0.6 mm/min.

3.1. ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010 – POSTERIOR AL ENSAYO CIZALLAMIENTO

- Según la NTP.251.010, se utilizó la siguiente fórmula para hallar el contenido de humedad.

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Donde:

m_1 : masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.

m_2 : masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

CÓDIGO	PESO DE MUESTRA ANTES DEL SECADO (g)	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g)	TIEMPO (Horas-Según NTP.251.010)	T° (°C-Según NTP.251.010)	CONTENIDO HUMEDAD (%)
M1Q1a	64.10	53.37	3	103	20.10
M2Q1b	63.60	55.10	3	103	15.40
M3Q1c	64.20	55.16	3	103	16.38
M4Q1d	60.80	52.65	3	103	15.47
M5Q1e	64.00	55.68	3	103	14.94
M6Q1f	64.30	54.66	3	103	15.98

ANEXOS



Figura N°1: probeta M1Q1a



Figura N°2: probeta M2Q1b

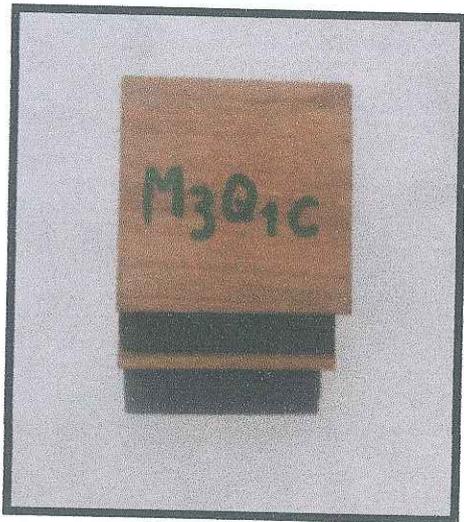


Figura N°3: probeta M3Q1c

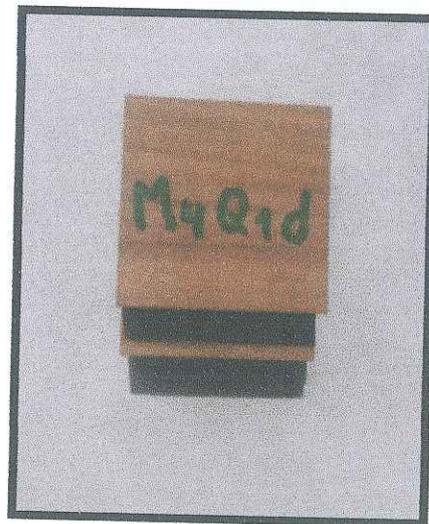


Figura N°4: probeta M4Q1d

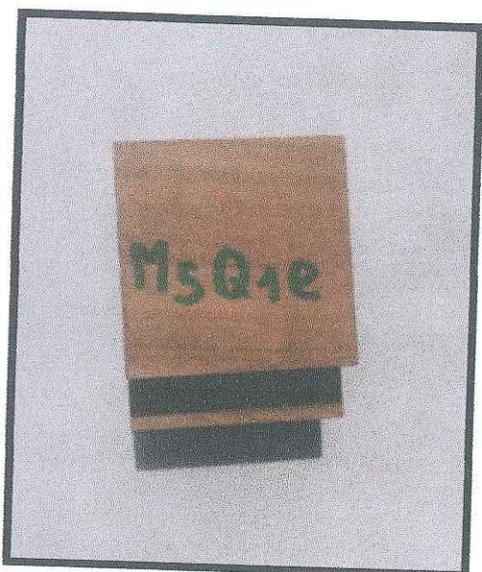


Figura N°5: probeta M5Q1e

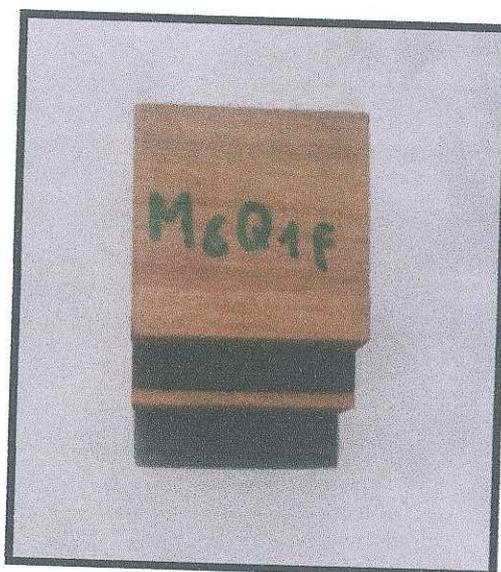


Figura N°6: probeta M6Q1f



Figura N°7: peso de la probeta M1Q1a



Figura N°8: peso de la probeta M2Q1b



Figura N°18. Después del ensayo (M5Q1e)

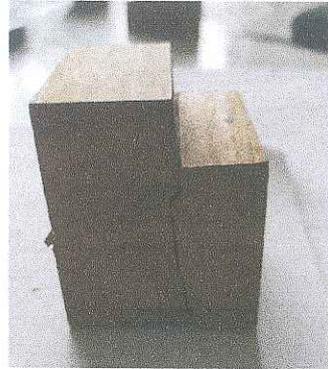


Figura N°19. Después del ensayo (M6Q1f)



Figura N°13. Probetas durante el ensayo

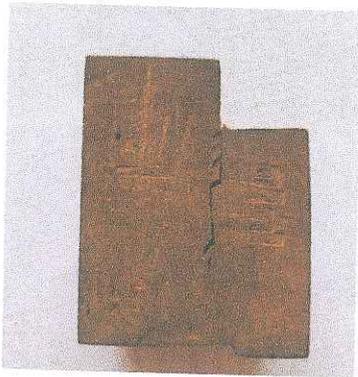


Figura N°14. Después del ensayo (M1Q1a)



Figura N°15. Después del ensayo (M2Q1b)



Figura N°16. Después del ensayo (M3Q1c)

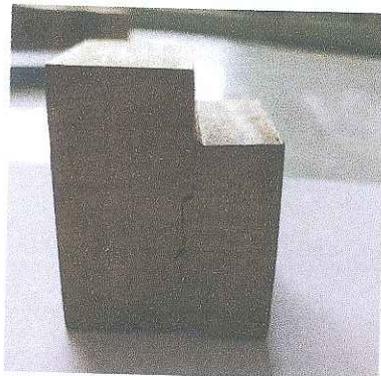


Figura N°17. Después del ensayo (M4Q1d)



Figura N°9: peso de la probeta M3Q1c

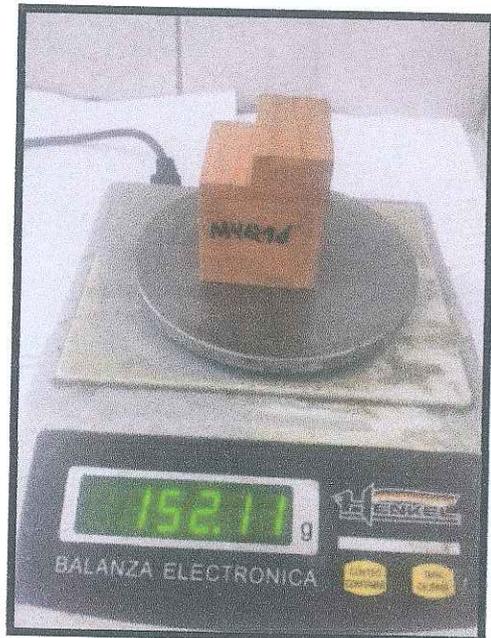


Figura N°10: peso de la probeta M4Q1d

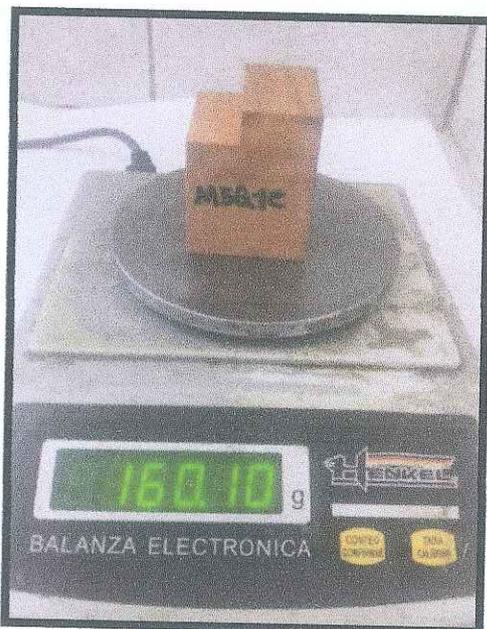


Figura N°11: peso de la probeta M5Q1e



Figura N°12: peso de la probeta M6Q1f

Anexo N° 6. Documentación



EXPEDIENTE N° 782282-2019

RESOLUCIÓN N° 001482-2019/DSD-Reg-INDECOPI

Lima, 30 de enero del 2019

Con fecha 21 de enero de 2019, MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS, de Perú, solicitó la Renovación del registro N° 54852.

1. ANÁLISIS

Los artículos 152° y 153° de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, establecen que la renovación del registro de una marca deberá solicitarse ante la Oficina Competente, dentro de los seis meses anteriores a la fecha de su expiración. No obstante, el titular de la marca gozará de un plazo de gracia de seis meses, contados a partir de la fecha del mismo.

Asimismo, habiéndose cumplido con las formalidades establecidas en el párrafo precedente, las disposiciones contenidas en los artículos 178°, 179°, 184°, 189°, 196° y 198° de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, y el artículo 75° del Decreto Legislativo N° 1075 y sus modificatorias, en lo que corresponda; así como lo señalado por el Texto Único de Procedimientos Administrativos del Indecopi; procede acceder a la renovación solicitada.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36°, 40° y 41° de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - Indecopi, sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, Reglamento y su modificatoria, concordante con el artículo 4° del Decreto Legislativo N° 1075 y sus modificatorias, que aprueba disposiciones complementarias a la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial.

2. DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de Servicio de la Propiedad Industrial, a favor de MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS, la renovación del registro de la marca de servicio constituida por el logotipo conformado por la denominación SEGENMA escrita en letras características y las figuras estilizadas de una copa casa grande, una prensa de ensayo, una probeta, dos espátulas y dos cápsulas; en los colores verde, dorado, blanco, azul, marrón y negro; de la clase 42 de la Clasificación Internacional, inscrita con certificado N° 54852, quedando bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado desde el vencimiento del registro anterior, que expirará el 30 de enero del 2029.

Regístrese y comuníquese

Gwendy Paz Gilio
Área de Registro y Archivo
Dirección de Signos Distintivos
Indecopi

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00054852

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 001083-2009/DSD - INDECOPI de fecha 30 de Enero de 2009, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : El logotipo conformado por la denominación SEGENMA escrita en letras características y las figuras estilizadas de una copa casa grande, una prensa de ensayo, una probeta, dos espátulas y dos cápsulas; en los colores verde, dorado, blanco, azul, marrón y negro; conforme al modelo adjunto

Distingue : Estudios de proyectos técnicos, control de calidad, ingeniería, geológicas (investigaciones)

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0361669-2008

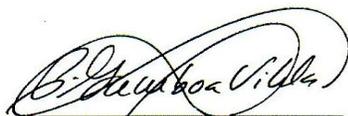
Titular : MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS

País : PERU

Vigencia : 30 de Enero de 2019

Tomo : 275

Folio : 052



PATRICIA GAMBOA VILELA
Directora
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI





PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

EXPEDIENTE N° : 0361669-2008

RESOLUCIÓN N° : **001083** -2009/DSD-INDECOPI

Lima, **30 ENE. 2009**

Con fecha 30 de Julio de 2008, MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS, de PERU, solicita el registro de la marca de servicio constituida por el logotipo conformado por la denominación SEGENMA escrita en letras características y las figuras estilizadas de una copa casa grande, una prensa de ensayo, una probeta, dos espátulas y dos cápsulas; en los colores verde, dorado, blanco, azul, marrón y negro; conforme al modelo adjunto para distinguir estudios de proyectos técnicos, control de calidad, ingeniería, geológicas (investigaciones), de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

1. EXAMEN DE REGISTRABILIDAD:

Realizado el examen de registrabilidad del signo solicitado se concluye que cumple con los requisitos previstos en el artículo 134 de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial y no se encuentra comprendido en las prohibiciones señaladas en los artículos 135 y 136 del dispositivo legal referido.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36, 40 y 41 de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, concordante con el artículo 4 del Decreto Legislativo N° 823; así como también en ejercicio de las atribuciones conferidas mediante Resolución N° 018476-2008/DSD-INDECOPI, de fecha 01 de setiembre de 2008.

2. RESOLUCIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS:

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de Servicio de la Propiedad Industrial, a favor de MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS, de PERU, la marca de servicio constituida por el logotipo conformado por la denominación SEGENMA escrita en letras características y las figuras estilizadas de una copa casa grande, una prensa de ensayo, una probeta, dos espátulas y dos cápsulas; en los colores verde, dorado, blanco, azul, marrón y negro; conforme al modelo adjunto para distinguir estudios de proyectos técnicos, control de calidad, ingeniería, geológicas (investigaciones), de la Clase 42 de la Clasificación Internacional, quedando bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado a partir de la fecha de la presente Resolución.



Regístrese y Comuníquese


Gwendy Paz Gñio
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
Calle De la Prosa 138, San Borja, Lima 41 - Perú Telf: 224 7800 / Fax: 224 0348
E-mail: postmaster@indecopi.gob.pe / Web: www.indecopi.gob.pe





PERUTEST S.A.C
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LF - 007 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	012-2021
2. Solicitante	MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS
3. Dirección	CALLE BRITALDO GONZALES N°183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE - LAMBAYEQUE
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO
Capacidad	2000 kN
Marca	YF
Modelo	STYE -2000
Número de Serie	110303
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	MC
Modelo	LM-02
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	0.1 kN

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2021-02-01

Fecha de Emisión

2021-02-03

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALTAGA TORRES

Sello





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LF - 007 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Instalaciones del Cliente

CALLE BRITALDO GONZALES N°183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE - LAMBAYEQUE

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28.5 °C	28.5 °C
Humedad Relativa	61 % HR	61 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	CELDA DE CARGA KELI MOD: 150-A E SERIE: 5Y97826	INF-LE 002-20

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PTC - LF - 007 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100	101.7	101.7	101.7	101.7
20	200	201.1	201.1	201.1	201.1
30	300	300.4	300.4	300.4	300.4
40	400	400.5	400.5	400.5	400.5
50	500	499.7	499.7	499.7	499.7
60	600	599.1	599.1	599.1	599.1
70	700	699.5	699.5	699.5	699.5
80	800	800.0	800.0	800.0	800.0
90	900	900.2	900.2	900.2	900.2
100	1000	1001.4	1001.4	1001.4	1001.4
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100	-1.69	0.00	0.00	0.10	0.58
200	-0.53	0.00	0.00	0.05	0.58
300	-0.13	0.00	0.00	0.03	0.57
400	-0.12	0.00	0.00	0.03	0.57
500	0.05	0.00	0.00	0.02	0.57
600	0.16	0.00	0.00	0.02	0.57
700	0.07	0.00	0.00	0.01	0.57
800	0.00	0.00	0.00	0.01	0.57
900	-0.02	0.00	0.00	0.01	0.57
1000	-0.14	0.00	0.00	0.01	0.57

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Anexo N° 7. Diseño de una vivienda dual con techo de madera

7.1. Predimensionamiento

a) Datos considerados para el análisis y diseño

Concreto armado

- Peso específico del concreto armado= 2,400 kg/m³
- Esfuerzo mínimo de compresión (f^c)= 210 kg/cm²
- Módulo de elasticidad del concreto (E_c)= 217,370.651 kg/cm²
- Módulo de poisson (μ)= 0.20

Acero Corrugado ASTM 615 grado 60

- Módulo de elasticidad Acero (E_a) = 2,000,000 kg/cm²
- Peso específico del acero= 7,850 kg/m³
- Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo (f_y)= 4,200 kg/cm²
- Módulo de Poisson (μ)= 0.30

Albañilería, ladrillo clase IV tipo King Kong de arcilla

- Esfuerzo mínimo de compresión de la unidad de albañilería (f^b)= 145 kg/cm²
- Esfuerzo mínimo de compresión de la pila de albañilería (f^m)= 65 kg/cm²
- Peso específico de la albañilería (incluido tarrajeo) = 1,850 kg/m³
- Módulo de elasticidad (E_m)= 32,500 kg/cm²
- Módulo de Poisson (μ)= 0.20
- Mortero Tipo= P2-C: A, 1:4

Madera tipo C

- Peso específico de madera= 550 kg/m³
- Módulo de elasticidad (E_m)= 900,000 kg/cm²
- Módulo de Poisson (μ)= 0.30

Información sísmica para el distrito de Lajas, provincia de Chota

- Factor de Zona (zona 2). $Z= 0.25$
- Factor de uso e importancia. (Categoría C vivienda), $U = 1.0$
- Factor de suelo (Suelo intermedio S2), $S= 1.20$

Recubrimientos

- Zapatas= 7 cm
- Vigas, columnas y muros= 4 cm
- Losas aligeradas, vigas chatas, viguetas y placas= 2.50 cm
- Viguetas y columnetas de confinamiento= 2.50 cm

b) Metrado de cargas

Peso viga más entablado	70 kg/m ²
Tabiquería	100 kg/m ²
Acabados	100 kg/m ²
Peso de viga	100 kg/m ²
Peso de columna	60 kg/m ²
Total, de carga muerta	430 kg/m²

La sobre carga de la estructura se puede considerar $S/C= 250$ kg/m²

Peso unitario= P.muerto + P,viva= 660 + 250= 680 kg/m² (carga por piso)

Por tanto, se considera como peso unitario= 100 kg/m²= 1 tn/m²

c) Predimensionamiento

Columnas

Columnas esquinadas: C1

Se considera 1 tn/m², actuando en el área tributaria de la columna esquinada.

$$\text{Área de columna} = \frac{PS}{0.35 \times f'c}$$

Datos	Resultados
F'c= 210 kg/cm ²	Carga de servicio (P)= 8.17 tn
Largo tributario= 2.48 m	Área de col. Interiores= 111.12 cm ²
Ancho tributario= 1.65 m	Ancho de columna (a)= 11 cm
Área tributaria= 4.08 m ²	Largo de columna (b)= 11 cm
Peso unitario= 1 tn/m ²	Se asume columnas C1= 25x25
Número de piso= 2	

Columnas centradas: C2

Se considera 1 tn/m², actuando en el área tributaria de la columna centrada.

$$\text{Área de columna} = \frac{PS}{0.45 \times f'c}$$

Datos	Resultados
F'c= 210 kg/cm ²	Carga de servicio (P)= 20.25 tn
Largo tributario= 4.175 m	Área de col. Interiores= 214.27 cm ²
Ancho tributario= 2.425 m	Ancho de columna (a)= 15 cm
Área tributaria= 10.12 m ²	Largo de columna (b)= 15 cm
Peso unitario= 1 tn/m ²	Se asume columnas C1= 25x30
Número de piso= 2	

Columnas excéntricas: C3

Se considera 1 tn/m², actuando en el área tributaria de la columna excéntrica.

$$\text{Área de columna} = \frac{PS}{0.35 \times f'c}$$

Datos	Resultados
F'c= 210 kg/cm ²	Carga de servicio (P)= 12.00 tn
Largo tributario= 2.48 m	Área de col. Interiores= 163.32 cm ²
Ancho tributario= 2.43 m	Ancho de columna (a)= 13 cm
Área tributaria= 6.001 m ²	Largo de columna (b)= 13 cm
Peso unitario= 1 tn/m ²	Se asume columnas C1= 25x25
Número de piso= 2	

Vigas

Vigas principales

Se considera el resultado del cociente entre la luz libre (ln) entre columnas y/o placas dividido por 12.

Datos	Resultados
Luz libre (ln)= 4.40 m	Peralte de viga ($h=ln/12$) = 0.37 m Ancho de viga (b)= 0.25 m Se asume vigas bxh= 25x35 cm

Vigas secundarias

Se considera el resultado del cociente entre la luz libre (ln) entre columnas y/o placas dividido por 16.

Datos	Resultados
Luz libre (ln)= 2.70 m	Peralte de viga ($h=ln/16$) = 0.17 m Ancho de viga (b)= 0.25 m Se asume vigas bxh= 25x35 cm

Vigas de madera

Se considera el criterio de redimensionar vigas de madera, tomado una relación aproximada de $h/b=2$

Datos	Resultados
$\frac{b}{h} = \frac{4''}{8''} = \frac{10.16 \text{ cm}}{20.32 \text{ cm}}$ $\frac{h}{b} = 2$	Peralte de viga (h) = 20.32 m Ancho de viga (b)= 10.16 m Se asume vigas bxh= 10.16x20.32 cm

Entablados

Los entablados en entre piso deberán tener un espesor como mínimo 18mm

Datos	Resultados
$\frac{b}{e} = \frac{7.9''}{3/4''} = \frac{20 \text{ cm}}{1.91 \text{ cm}}$	Espesor (e)= 1.91 m Ancho de tabla (b)= 20.00 m Se asume vigas bxe= 20x1.91 cm

Zapatas

Zapatas de las columnas excéntricas

Se tomará en consideración la carga de servicio puntual calculada en el ítem “Columnas”.

Datos	Resultados
Carga de servicio (P)= 12.00 tn	Área tentativa de zapata ($A=P/qu$)= 5716 cm ²
Capacidad portante (qu)= 2.10 kg/cm ²	Largo zapata (a)= 76 cm
	Ancho zapata (b)= 76 cm
	Se asume zapata a x b x h= 80x80x50 cm

Zapatas de las columnas centradas

Se tomará en consideración la carga de servicio puntual calculada en el ítem “Columnas”.

Datos	Resultados
Carga de servicio (P)= 20.25 tn	Área tentativa de zapata ($A=P/qu$)= 9642 cm ²
Capacidad portante (qu)= 2.10 kg/cm ²	Largo zapata (a)= 98 cm
	Ancho zapata (b)= 98 cm
	Se asume zapata a x b x h= 100x100x50 cm

Vigas de cimentación

Se considera el resultado del cociente entre la luz (ln) entre columnas y/o placas dividido por 12.

Datos	Resultados
Luz libre (ln)= 4.40 m	Peralte de viga ($h=ln/12$) = 0.37 m
	Ancho de viga (b)= 0.25 m
	Se asume vigas bxh= 25 x 35 cm

7.2. Diseño de correas

7.2.1. Propiedades de la madera

a) Grupo estructural

Según la normativa peruana de madera E.010 en el artículo 5, el agrupamiento estructural está basado en la densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles. La madera *Polylepis multijuga* pertenece al grupo C.

Densidad básica según norma E.010

Grupo	Densidad Básica g/cm ³
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021, p. 170)

Módulo de elasticidad según norma E.010

Grupo	Módulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm ²)	
	E mínimo	E promedio
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021, p. 170)

Esfuerzos admisibles según norma E.010

	Esfuerzos Admisibles Mpa (kg/cm ²)				
	Flexión Fm	Tracción paralela Ft	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo Fv
A	20.6(210)	14.2(145)	14.2(145)	3.9(40)	1.5(15)
B	14.7(150)	10.3(105)	10.8(110)	2.70(28)	1.2(12)
C	9.8(100)	7.3(75)	7.8(80)	1.5(15)	0.8(8)

Es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras, estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021, p. 170)

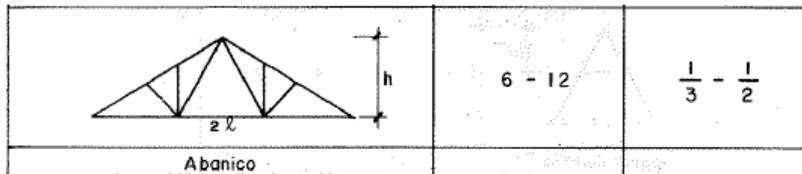
Esfuerzos admisibles de la madera *Polylepis Multijuga*

	Esfuerzos Admisibles (kg/cm ²)				
	Flexión Fm	Tracción paralela Ft	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo Fv
C	105.98	66.12	97.18	72.60	17.60

7.2.2. Selección del tipo de armadura y cobertura

a) Tipo de armadura

La estructura tiene una luz de 9.40m, el tipo de armadura adecuada para dicha luz es Abanico, asimismo sus elementos diagonales trabajan en tracción y los montantes en compresión, lo que permite una buena distribución de los esfuerzos internos.



Nota: Tomado del Manual de diseño para maderas del Grupo Andino.

b) Tipo de cobertura

Nuestro techo que diseñamos estará expuesta netamente a cargas mínimas para techos que la norma E0.20 de cargas nos presenta, ya que en la zona del proyecto no hay nieve ni existe mucho viento, por lo que es suficiente utilizar una cobertura tipo calamina de 0.22mm y con dimensiones de 1.80mx0.80m.

Calamina galvanizada



Nota: SIDERPERÚ.

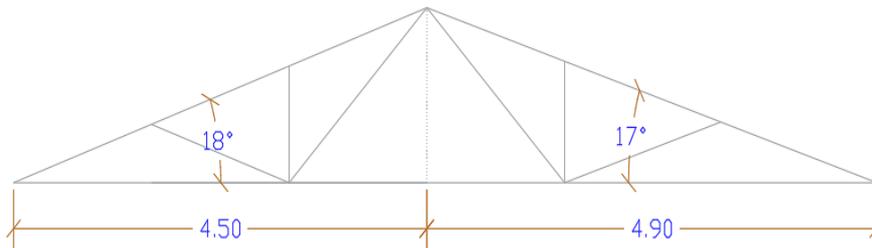
c) Idealización

Para la idealización de la armadura se ha trabajado con una pendiente de 17° para zona con lluvias moderadas, tal como se muestra:

Zona	Pendiente mínima	Inclinación mínima
Sin lluvias	12%	7°
Lluvias moderadas	30%	17°
LLuviosas	45%	25°

Nota: Tomado de la página web de Maestro.

Pendiente de 17° para el diseño de armadura



7.2.3. Procedimiento de diseño de correas

a) Datos generales

- Geometría del techo= a dos aguas
- Pendiente= 17° recomendable
- Espesor de cobertura= 0.22 mm

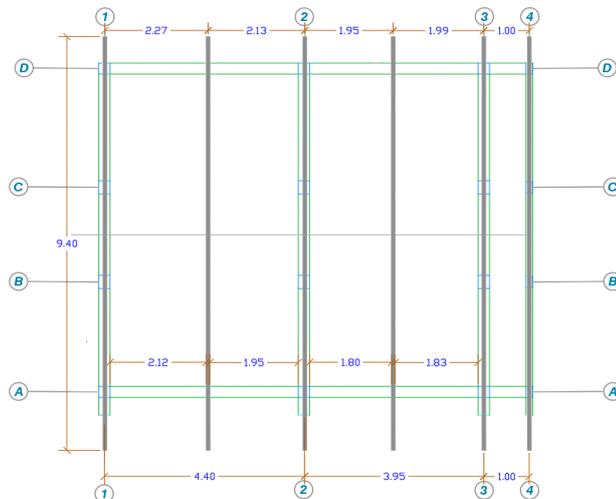
b) Grupo estructural C

E _{prom}	90000	Kg/cm ²
f _m	106	Kg/cm ²
f _t	66.12	Kg/cm ²
f _{c//}	97.18	Kg/cm ²
f _v	17.6	Kg/cm ²

L	2.12	m
H	9.4	m
S	0.8	m

Asumiendo

Correa	Sección	4x9	cm
		2" x 4"	



Nota: L= distancia interna o luz libre entre apoyos, estos pueden ser entramados, H= longitud o total que se desea cubrir, S= espaciamiento entre viguetas.

$$\text{Inercia en el eje mayor } I_x = \frac{b \times h^3}{12} = 243 \text{ cm}^4$$

$$\text{Módulo de sección } Z_x = \frac{b \times h^2}{6} = 54 \text{ cm}^3$$

c) Cargas aparentes

Calamina Galvanizada	Largo(m)	Ancho (m)	Espesor (mm)	Peso (Kg)
	1.8	0.8	0.22	2.75

Nota: (Tomado de la página web de Promart Home Center)

Calamina Galvanizada	Largo x Ancho (m2)	Peso (Kg)	Peso (kg)/m2
	1.44	2.75	1.91

- Peso cobertura= 1.91 kg/m2
- Peso propio de la correa= 2.90 kg/m2 (Tomado del Manual de diseño para madera Grupo Andina).
- Sobre carga= 30 kg/m2 (Tomado de Norma E.020).

d) Deflexiones máximas admisibles

$$\text{Para carga total } \Delta_{\text{máx}} < \frac{L}{250}$$

$$\text{Para carga total } \Delta_{\text{máx}} = 0.85$$

$$\text{Para sobrecarga solamente } \Delta_{\text{máx}} = \frac{L}{350}$$

$$\text{Para sobrecarga solamente } \Delta_{\text{máx}} = 0.61$$

e) Metrado de cargas

Peso propio + Peso muerto	=	Wd	=	2.9	+	1.91	=	4.8	Kg/m2
Sobrecarga (Wl)							=	30.0	Kg/m2
Carga total (Wt) = Wd+Wl =				4.81	+	30	=	34.8	Kg/m2
Carga total repartida por correas (W) = SxWt =				0.8	x	34.81	=	27.8	Kg/m
Carga muerta repartida por coreas = SxWd =				0.8	x	4.81	=	3.85	Kg/m
Sobre carga repartidapor coreas = SxWl =				0.8	x	30.00	=	24.0	Kg/m

f) Cálculo del momento máximo y cortante máximo

Para una correa simplemente apoyada

$$\text{Momento máximo, } M_{\text{máx}} = \frac{W \times L^2}{8} = 15.64 \text{ kgm}$$

$$\text{Cortante máximo, } V_{\text{máx}} = \frac{W \times L}{2} = 29.52 \text{ kg}$$

g) Cálculo del momento de inercia “I”

Es necesario por limitación de deflexiones, para correas simplemente apoyadas.

Considerando deformaciones diferidas.

$$I > \frac{5WL^3k}{384 E}$$

El momento de inercia necesario por deflexiones, es posible usar directamente la formula utilizando una carga equivalente como la siguiente.

$$W_{eq} = 1.8 \times W_d \times S + W_l \times S$$

$$W_{eq} = 1.8 \times 4.80 \times 0.80 + 30 \times 0.80 = 30.90 \text{ kg/m}$$

Para la carga total $k=250$, $I > 106.58 \text{ cm}^4$, en este caso se cumple que $W=W_{eq}$

Para la sobrecarga $k=350$ $I > 115.79 \text{ cm}^4$, en este caso se cumple que $W=S \times W_l$

$$I = 116 \text{ cm}^4$$

h) Módulo de sección Z necesario por resistencia “I”

Los esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad. Para correas se usa E prom y los esfuerzos de corte y flexión puede incrementarse en 10%.

$$Z > \frac{M}{f_m} = 13.42 \text{ cm}^3$$

i) Verificación de la sección a usar

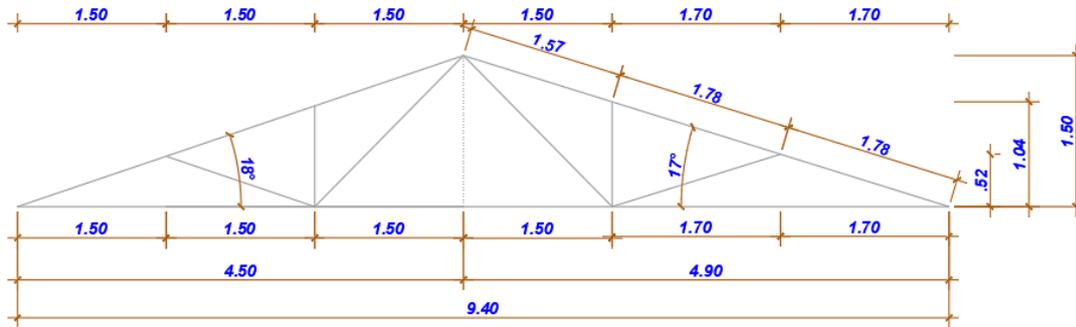
$$Z_{requerido} = 13.42 < Z_{sección} = 54 \text{ OK}$$

$$I_{requerido} = 116 < I_{sección} = 243 \text{ OK}$$

Usar viguetas de sección 4 x 9 cm o 2” x 4”

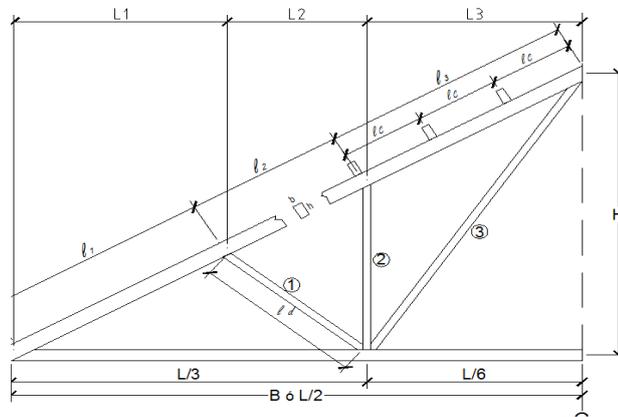
7.3. Diseño de armaduras

a) Dimensiones de la armadura



b) Grupo estructural C

E _{min}	55000	Kg/cm ²		
f _m	106	Kg/cm ²		
f _t	66.12	Kg/cm ²		
f _{c//}	97.18	Kg/cm ²		
f _v	17.6	Kg/cm ²		
l ₁	1.78	m	L ₁	1.7
l ₂	1.78	m	L ₂	1.7
l ₃	1.57	m	L ₃	1.5
B	4.9	m		
H	1.5	m	α	17.0 °



Nota: Estas longitudes se trabajan de acuerdo a la barra de madera que se va a diseñar.

c) Asumiendo la sección

- Sección 6.5x14 cm o 3"x6" pulg
- Área= 91 cm²
- Inercia en eje mayor (I_x)= 1486 cm⁴
- Módulo de sección (Z_x)= 212.30 cm³
- Espaciamiento entre las armaduras (S)= 2.12 m
- Longitud total de la armadura (L)= 9.40 m

d) Cargas actuantes

- Peso cobertura= 1.91 kg/m²
- Peso de la correa= 2.90 kg/m²

- Cambios u otros elementos= 3 kg/m²
- Total, carga muerta en el techo= 7.81 kg/m²
- proyectando con el plano horizontal, $7.81/\cos 17^\circ = 8.167 \text{ kg/m}^2$
- Peso propio de la sección, se asume= 10 kg/m²
- Peso de cielo raso (actuando sobre la cuerda inferior) = 30 kg/m²
- Sobre carga= 30 kg/m² (Tomado de la norma E.020 del MVCS (2021))

e) Cargas y análisis estructural

Para cargas uniformemente repartidas y cargas repartidas sobre cuerdas superiores.

Cargas repartidas sobre cuerdas superiores $W_p = (0.30 + 8.17 + 10) \times 2.12 = 102.115 \text{ kg/m}$

Cargas repartidas sobre cuerdas inferiores $W_q = 30 \times S = 63.60 \text{ kg/m}$

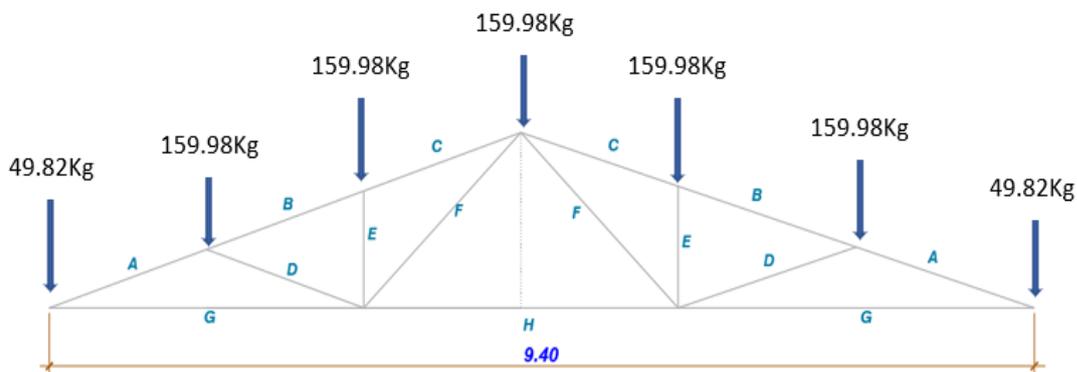
f) Carga concentrada equivalente

Para calcular la fuerza puntual P se tiene que tener en cuenta la distribución de cada nodo

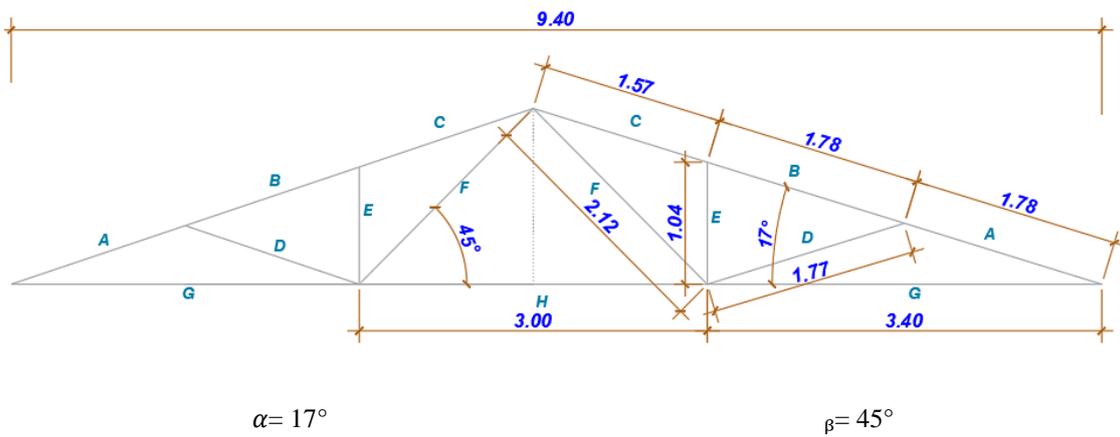
(punto que permanece fijo en una estructura), tal como se muestra:

$$P = \frac{W_p \times L}{6} = 159.98 \text{ kg}$$

$$Q = \frac{W_q \times L}{6} = 99.60 \text{ kg}$$



g) Longitud de elementos



Elementos	Longitud (m)
A	1.78
B	1.78
C	1.57
D	1.77
E	1.04
F	2.12
G	3.40
H	3.00

h) Fuerzas axiales en las barras

Según los coeficientes de carga C_p y C_q

Elementos	Fórmula general	CP	Fórmula general	Cq
A	$2.5 \operatorname{cosec} \alpha$	8.541	$1.0 \operatorname{cosec} \alpha$	3.416
B	$2.0 \operatorname{cosec} \alpha$	6.833	$1.0 \operatorname{cosec} \alpha$	3.416
C	$2.0 \operatorname{cosec} \alpha$	6.833	$1.0 \operatorname{cosec} \alpha$	3.416
D	1.0	1	0	0
E	1.0	1	0	0
G	$-2.5 \operatorname{ctg} \alpha$	-8.17	$-1.0 \operatorname{ctg} \alpha$	-3.27
F	$-1.5 \operatorname{cosec} \beta$	-2.12	$-1.0 \operatorname{cosec} \beta$	-1.41
H	$-0.38 \operatorname{ctg} \alpha$	-1.24	$-0.33(L/h)$	-2.07

Nota: Tomado del Manual de diseño para maderas Grupo Andino.

Elementos	Np	Nq	N= Np + Nq	(kg)
A	1366	340.4	1707	Kg
B	1093	340.4	1433	Kg
C	1093	340.4	1433	Kg
D	160	0	160	Kg
E	160	0	160	Kg
G	-1307	-325.49	-1632	Kg
F	-339.4	-140.91	-480.3	Kg
H	-198.6	-206.06	-404.6	Kg

Nota: N= Fuerza axial (kg).

i) Diseño para todas las barras superiores (flexo compresión)

En este caso se toma en referencia el tramo “A” debido a que ese elemento soporta un mayor esfuerzo. Se diseña la barra “A”: flexo compresión.

Se asume la sección 6.5 x 14 cm= 3”x6” pulg.

- Base (b)= 6.5 cm = 0.65 m
- Altura (h)= 14 cm= 0.14 m

* Cálculo del momento de flexión de diseño. Se calcula la longitud (L), donde L1= 1.70 m y L2= 1.50 m

$$L = \frac{L1 + L2}{2} = 1.60 \text{ m}$$

$$\text{Momento } M = \frac{W \times L^2}{11} = 23.76 \text{ kgm}$$

* Cálculo de la esbeltez (λ). En un diseño por flexo compresión primero se calcula la longitud efectiva.

Longitud efectiva. El diseño de elementos sometidos a compresión o flexo compresión debe hacerse tomando en cuenta su longitud efectiva.

$$L_{ef} = 0.40 \times (l1 + l2)$$

Remplazamos la formula donde l1 y l2 son longitudes siguientes, para este caso tenemos que: l1= 1.78 m y l2= 1.57 m

$$L_{ef} = 1.34 \text{ m}$$

La norma E.010 menciona que para calcular la esbeltez se debe utilizar la siguiente fórmula donde: d es la altura de la sección h=0.14 m

$$\lambda = \frac{lef}{d}$$

$$\lambda = 9.571 < 50 \text{ ok}$$

* Cálculo de la carga admisible (Nadm)

Columna corta: fallan por compresión o aplastamiento

$$\lambda < 10 \text{ Cumple}$$

Columna intermedia: fallan por combinación de aplastamiento y pandeo.

$$Ck = 0.7025 \times \sqrt{\frac{E}{f'c}} = 16.70$$

$$10 < \lambda < Ck \text{ No cumple}$$

$$\text{Columnas cortas } Nadm = fc \times A = 8843 \text{ kg}$$

* Cálculo del factor de magnificación de momentos (km). Cálculo de la carga crítica de Euler (Ncr).

$$Ncr = \frac{\pi^2 \times Emin \times I}{lef^2} = 44932 \text{ kg}$$

$$km = \frac{1}{1 - 1.5 \times \frac{N}{Ncr}} = 1.06$$

* Cálculo del módulo de resistencia de la sección (Z)

$$Z = \frac{b \times h^2}{6} = 212.33 \text{ cm}^3$$

* Para elementos sometidos a flexo compresión se debe satisfacer la siguiente expresión

$$\frac{N}{Nadm} + \frac{km \times |M|}{Z \times fm} < 1.0$$

$$0.30 < 1.0 \text{ ok cumple}$$

Usar sección de 6.5x14 cm o 3"x6" pulg.

j) Diseño para todas las barras inferiores (tracción)

En este caso se tomó en referencia el tramo “G” debido a que ese elemento es el más crítico soporta un mayor esfuerzo.

Se asume la sección 6.5 x 14 cm= 3”x6” pulg.

- Base (b)= 6.5 cm = 0.65 m
- Altura (h)= 14 cm= 0.14 m
- Área= 91 cm²

* Cálculo de la esbeltez (λ)

$$L_{ef} = 0.40 \times (l_1 + l_2) = 2.40 \text{ m}$$

La norma E.010 menciona que para calcular la esbeltez se debe utilizar la siguiente fórmula donde: d es la altura de la sección h=0.14 m

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{d}$$

$$\lambda = 17.14 < 80 \text{ ok}$$

* Cálculo de la carga admisible (Nadm)

Columna corta: fallan por compresión o aplastamiento

$$N_{adm} = f_t \times A = 6017 \text{ kg}$$

Donde: N_{adm} es la carga admisible en tracción, A es el área de sección y F_t el esfuerzo admisible en tracción.

* Debe satisfacer la siguiente expresión

$$N_{adm} \geq N$$

$$6017 \geq 1632 \text{ ok cumple}$$

Usar sección de 6.5x14 cm o 3” x 6”

k) Diseño de la barra interior o montantes (compresión)

En este caso se toma de referencia el tramo “F” debido a que ese elemento es el más crítico soporta un mayor esfuerzo.

Se asume la sección 6.5 x 9 cm= 3”x 4” pulg.

- Base (b)= 6.5 cm = 0.65 m
- Altura (h)= 9 cm= 0.09 m
- Área= 58.50 cm²
- Inercia en eje mayor $I_x = \frac{b \times h^3}{12} = 394.90 \text{ cm}^4$

* Cálculo de la esbeltez (λ)

$$L_{ef} = 0.80 \times (ld) = 1.696 \text{ m}$$

Donde: ld es la longitud de la barra y d es la base de la sección b equivalente a 0.065 m

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d}$$

$$\lambda = 26.09 < 80 \text{ ok}$$

* Cálculo de la carga admisible (Nadm)

$$N_{adm} = f_t \times A = 3868 \text{ kg}$$

Donde: N_{adm} es la carga admisible en tracción, A es el área de sección y F_t el esfuerzo admisible en tracción.

* Debe satisfacer la siguiente expresión

$$N_{adm} \geq N$$

$$3868 \geq 480 \text{ ok cumple}$$

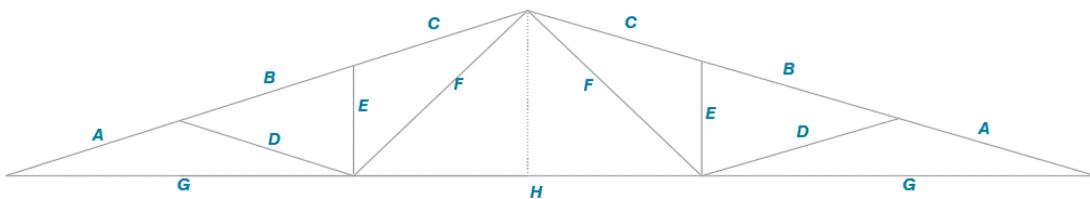
Usar sección de 6.5x9 cm o 3” x 4”

Finalmente se ha diseñado:

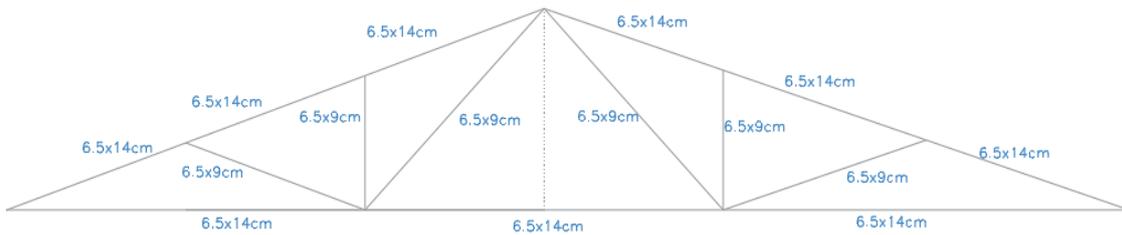
- Barras superiores A, B y C, que tienen una sección de 6.5 x 14 cm
- Barras inferiores G y H, que tiene una sección de 6.5 x 14 cm

- Barras inferiores F, que tiene una sección de 6.5 x 9 cm
- Las barras D, E por tener menor esfuerzos que la barra F, se asume la misma sección que la F. Por tanto, las barras interiores D y E tendrán una sección de 6.5 x 9 cm.

Se muestra la descripción de las barras:



Se muestra la sección de las barras



7.3. Metrado de cargas para modelamiento

Piso	Descripción	Cant/m ²	Peso Unitario (kg)	Peso por m ²	Peso Total (kg/m ²)
Carga muerta					
PISO 1	- Acabados			100	125
	- Cielo raso			25	
Carga viva					
	- Cuartos				200

Calaminas Galvanizadas	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)	Peso (kg)
	1.8	0.8	0.22	2.75

Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
Carga muerta				
- Calaminas Galvanizadas	1.44	2.75	1.91	
TECHOS - Correas			2.90	44.81
- Cielo raso			30	
- Peso de las armaduras			10	
Carga viva de techo				
- Techos de coberturas livianas				30

Metrado de carga por metro lineal (m) en coberturas livianas

Carga muerta				
Descripción	Ancho (m)	Por metro lineal (m)	Carga muerta kg/m2	Peso (kg)
Eje (1-1)	1.87	1	44.81	84
Eje (2-2)	2.04	1	44.81	
Eje (3-3)	1.5	1	44.81	
Eje (4-4)	1.17	1	44.81	
Entre el Eje (1-1) y Eje (2-2)	2.27	1x4.90	44.81	498
Entre el Eje (2-2) y Eje (3-3)	1.95	1x4.90	44.81	428
Carga viva de techo				
Descripción	Ancho (m)	Por metro lineal (m)	Carga viva kg/m2	Peso (kg)
Eje (1-1)	1.87	1	30.00	56
Eje (2-2)	2.04	1	30.00	61
Eje (3-3)	1.5	1	30.00	45
Eje (4-4)	1.17	1	30.00	35
Entre el Eje (1-1) y Eje (2-2)	2.27	1x4.90	30.00	334
Entre el Eje (2-2) y Eje (3-3)	1.95	1x4.90	30.00	287

Asignación de cargas distribuidas en vigas. Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

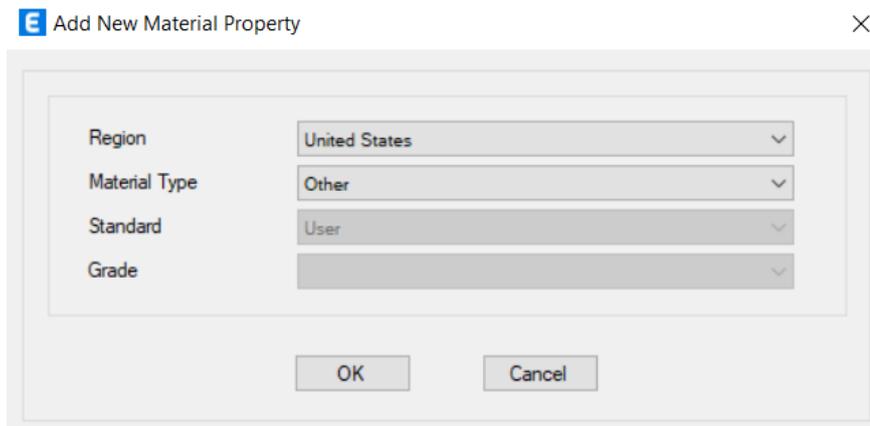
Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	Por metro (m) lineal	Peso (Kg/m)
Carga distribuida					
Eje (1-1)	0.15	0.52	1850	1	144.30
	0.15	1.04	1850	1	288.60
	0.15	1.5	1850	1	416.25

7.4. Análisis sísmico en ETABS

Análisis sísmico estático lineal				
Ítem	Descripción	Símbolo	Valor	Observación
1	Factor de zona	Z	0.25	Zona 2 - Chota
2	Factor de uso y categoría	U	1	C : Vivienda
3	Factor de suelo	S	1.2	S2: suelo intermedio
4	Periodo del factor C	TP	0.6	Periodo que define la plataforma del factor
5	Factor de Irregularidad en altura	Ia	1	Regular
6	Factor de Irregularidad en planta	Ip	1	Regular
7	Coeficiente de reducción sísmica	Rx	7	Dual
		Ry	7	Dual
		Tx	0.12seg	T= hn/CT
		Ty	0.12seg	T= hn/CT
8	Periodo de vibración de la estructura	hn	7.1	Desde el nivel 0 + 00
		CT	60	Dual
		CT	60	Dual
9	Coeficiente de amplificación sísmica	C	2.5	En dirección x como en dirección y
		T < TP	C=2.5	
10	Coeficiente de cortante en la base	Vx	Vy	
		$V_x = \frac{ZUCS}{R_x}$	0.107	0.107
Descripción				
* El valor de C/R no deberá considerarse menor que:				
11	En el eje X	C/R ≥ 0.11=	0.357	ok
	En el eje Y	C/R ≥ 0.11=	0.357	ok

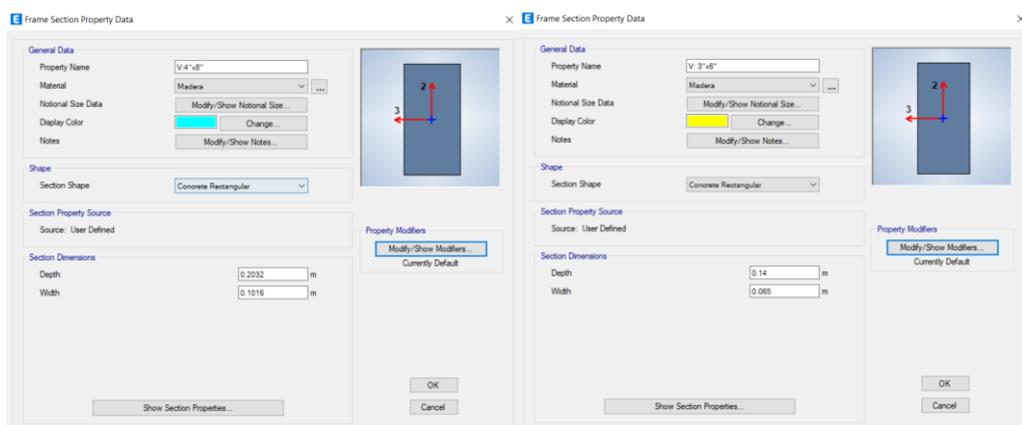
Pasos para el modelamiento:

- Abrir el ETABS y crear un nuevo modelo
- Completar la información de los ejes y número de pisos
- Completar la información del espaciado entre ejes
- Definir las propiedades de los materiales: concreto, acero de refuerzo, albañilería y madera.

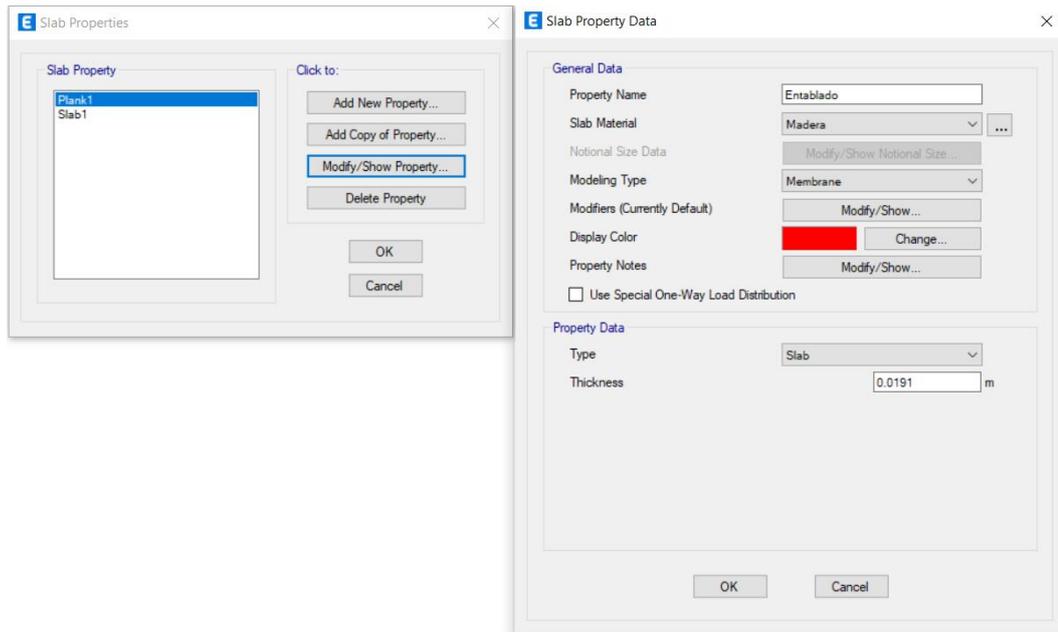


Ejemplo: Se escribe el nombre del material: Madera, el peso específico de la madera seca es: 550kg/m^3 : 0.9tonf/m^3 . Módulo de elasticidad (EM) = 90000kg/cm^2 : 900000tonf/m^2 .

- Se definen las secciones de las columnas, vigas de concreto, vigas de madera, muros de ladrillo y en vez de losa se coloca tablero.

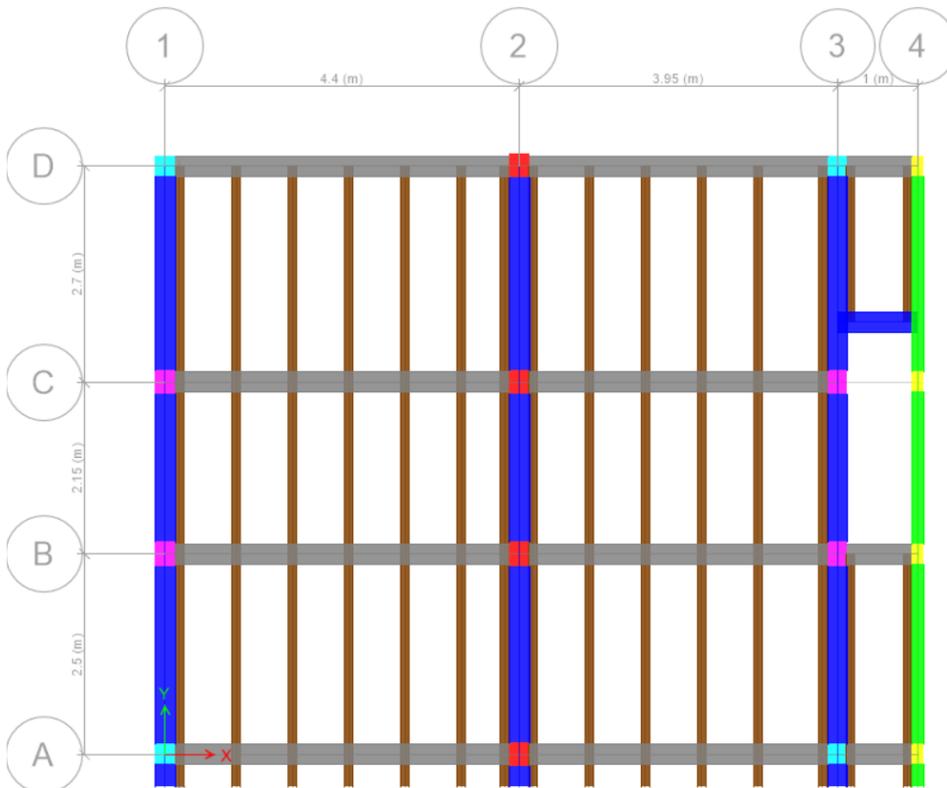


Ejemplo definición de propiedades de las vigas de madera de 4"x8" y 3"x6".

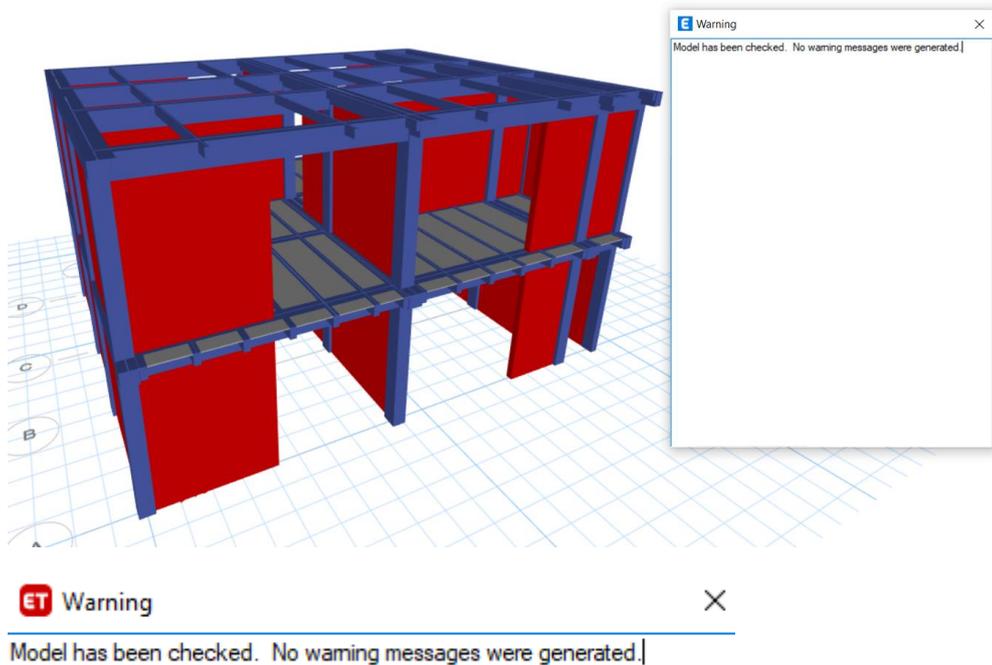


Ejemplo: Creación de la losa como “Plank” tablón.

- f) Se procede a dibujar en ETABS, las columnas, vigas de madera, vigas de concreto, asignación de albañilería, asignación de losas.

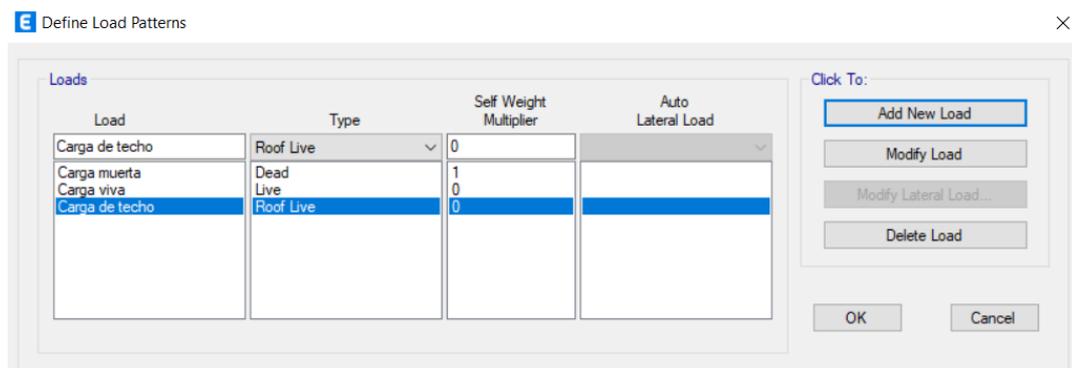


- g) Chequeo general de la edificación. Este chequeo se hace a la edificación, con la finalidad que no haya ningún error, en la opción “Analyze / Check Model” de esta manera se da una tolerancia de 10mm de separación con cada elemento.



En la imagen se menciona que no hay ningún error en la edificación.

- h) Definición de cargas. Ahora se define los tipos de carga a las que estará sometido nuestro modelo, carga por peso propio (Dead), carga viva (Live), carga viva de techo (Roof Live).



Define/ Load Patterns

Load Pattern Name:

Load Type and Direction: Forces Moments
 Direction of Load Application:

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

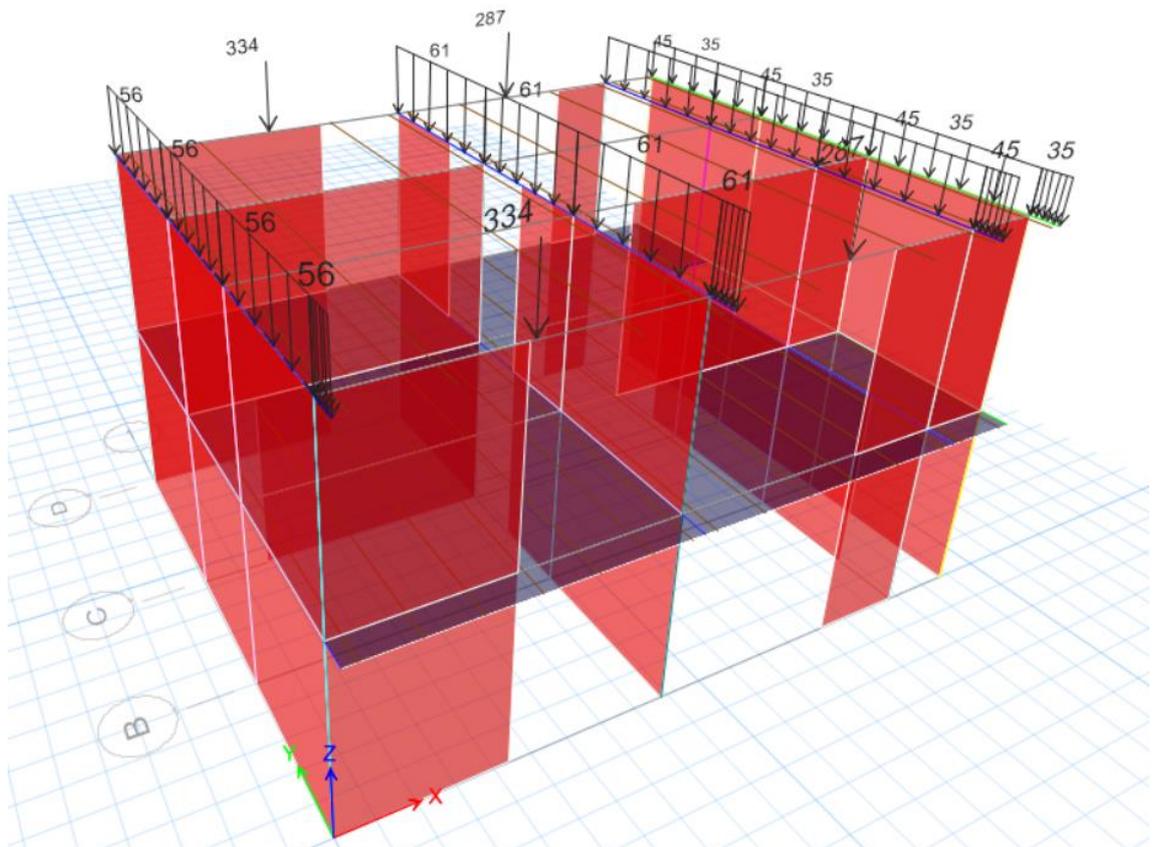
Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.	
Distance	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	m
Load	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kgf/m

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Uniform Load: kgf/m

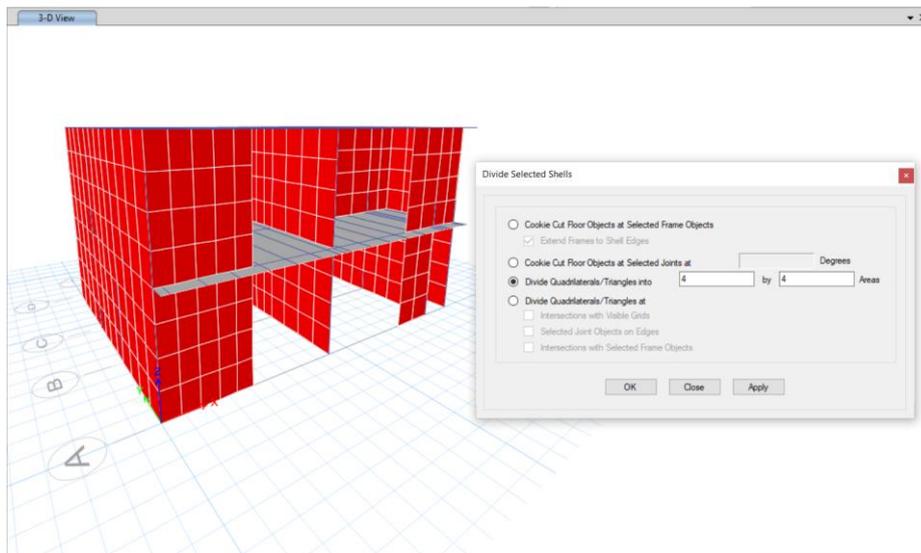
Asignación de carga muerta en el techo



En “Assign / Joint Loads /Force”, se colocará las cargas puntuales en la dirección Z negativo, la carga colocamos en un eje y luego lo replicamos a la distancia que se ubica realmente la carga puntual.

- i) Restricciones de la base
- j) Creación de brazo rígido

k) Discretización



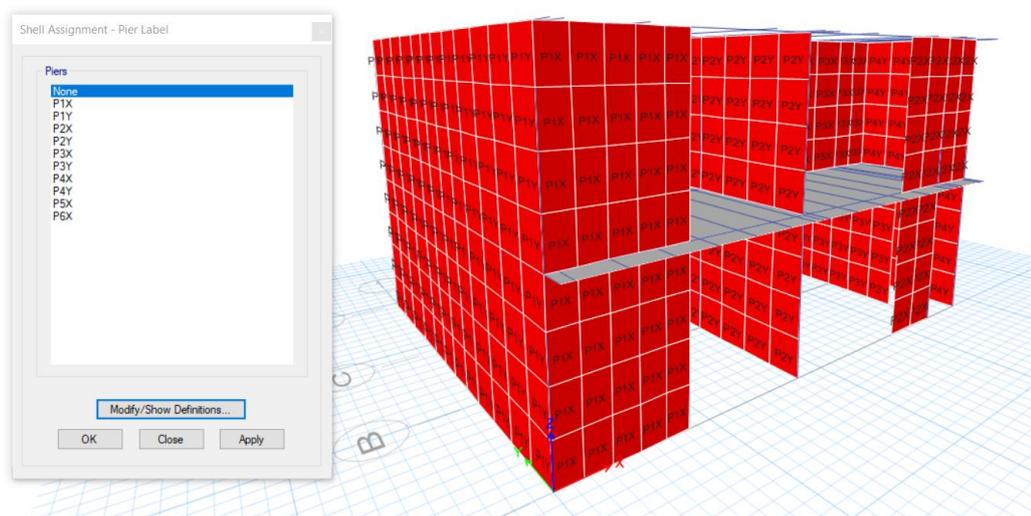
La losa no se discretiza porque es de tipo membrana.

Se selecciona los muros, para discretizar en “Edit/Edit Shells / Divide Shells”.

Para realizar una adecuada transferencia de cargas de losas a las vigas y las vigas a las columnas, seleccionamos todo el dibujo y seguimos la siguiente ruta: En “Assign/Frame/ Frame floor Meshing Options”

Se genera una adecuada transferencia de cargas, donde no hay continuidad del mallado. Se selecciona todo el dibujo y en “Assign / Shell / auto Edge Constraint”.

Asignar Piers a los muros de albañilería.



l) Creación de diafragma rígido

Se asignará un diafragma rígido al entrepiso, y así liberar los grados de libertad como se indica en la norma E-030, que los “diaphragm” deben tener tres grados de libertad, dos desplazamientos y un giro.

m) Ingresar el sismo estático

n) Se coloca el coeficiente de cortante base

o) Se define el peso de la edificación

p) Ejecutamos al análisis estático

* Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P$$

Donde: Z=0.25, U=1, S=1.20, Rx= 7, Ry= 7, C= 2.50

Masa y peso obtenido

N ^a	Masa (Kgf-s ² /m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
2	3152.51	3152.51	30926.12	30926.12
1	5654.78	5654.78	55473.39	55473.39

– Peso en X= 86399.51

– Peso en Y= 86399.51

La fuerza cortante en dirección x, V_x= 9.26 ton

La fuerza cortante en dirección y, V_y= 9.26 ton

* Factor de amplificación (cortante dinámica)

$$V_{din} \geq 80\% V_{est} \quad (Regular)$$

$$V_{din} \geq 90\% V_{est} \quad (Irregular)$$

En X-X

$$V_{est} = 9.26$$

$$V_{din} = 8.60$$

La cortante dinámica en “X” es 93%, por tanto, cumple con la especificación para una edificación regular, al ser mayor que 80%.

En Y-Y

$$V_{est} = 9.26$$

$$V_{din} = 6.65$$

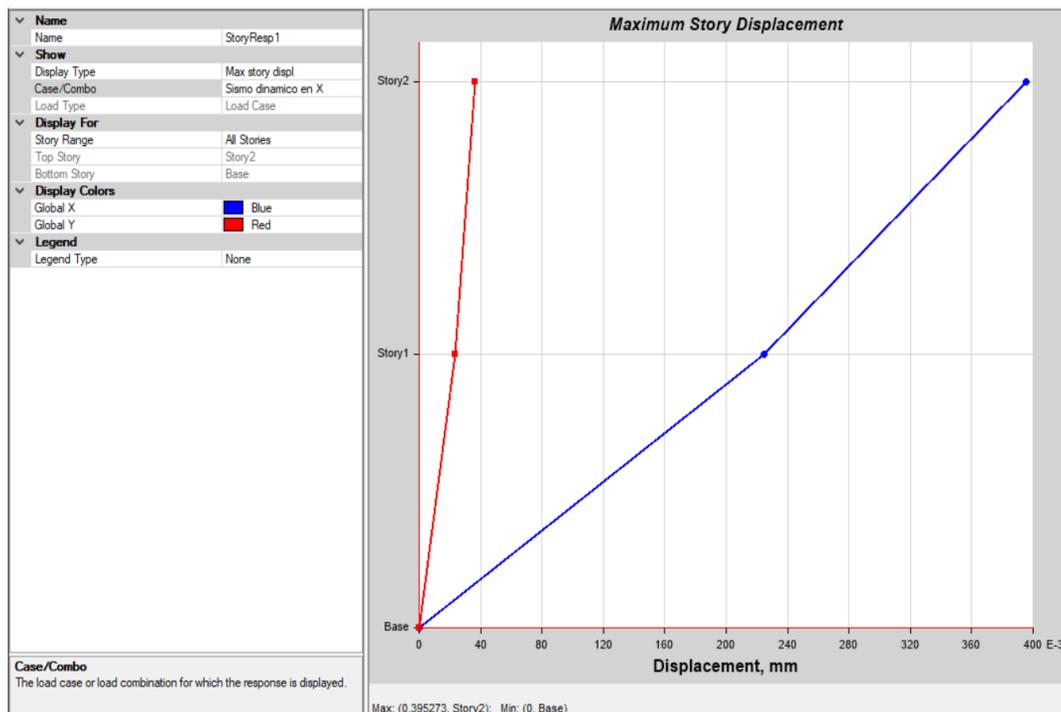
La cortante dinámica en “Y” es 72%, por tanto, no cumple con la especificación para una edificación regular, al no ser mayor que 80%.

Es necesario lograr que la fuerza cortante obtenida mediante el método dinámico sea igual a por lo menos el 80% de la fuerza cortante obtenida mediante el método estático descrito por la norma de diseño sismo resistente.

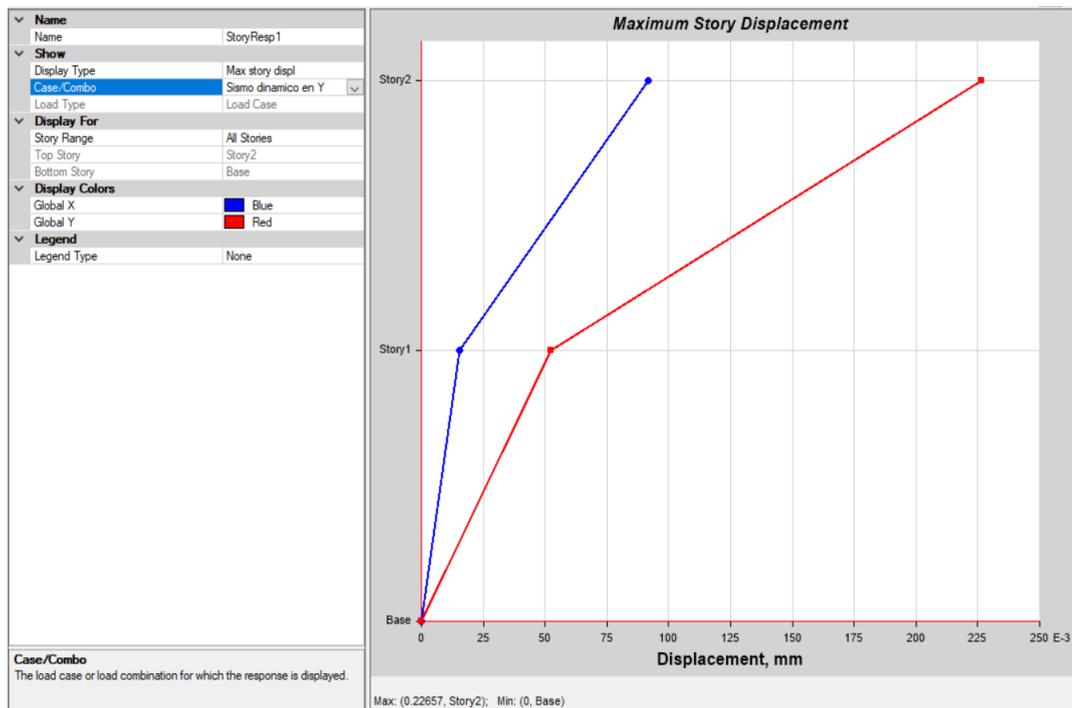
Amplificar: Se amplifica al sismo por un factor de escala $FaY = 1.11$, este nuevo factor FE no afecta a los desplazamientos, solo al diseño.

* Desplazamientos absolutos y relativos (derivadas)

Desplazamiento absoluto de la estructura por carga sísmica en dirección X = 0.39 mm.



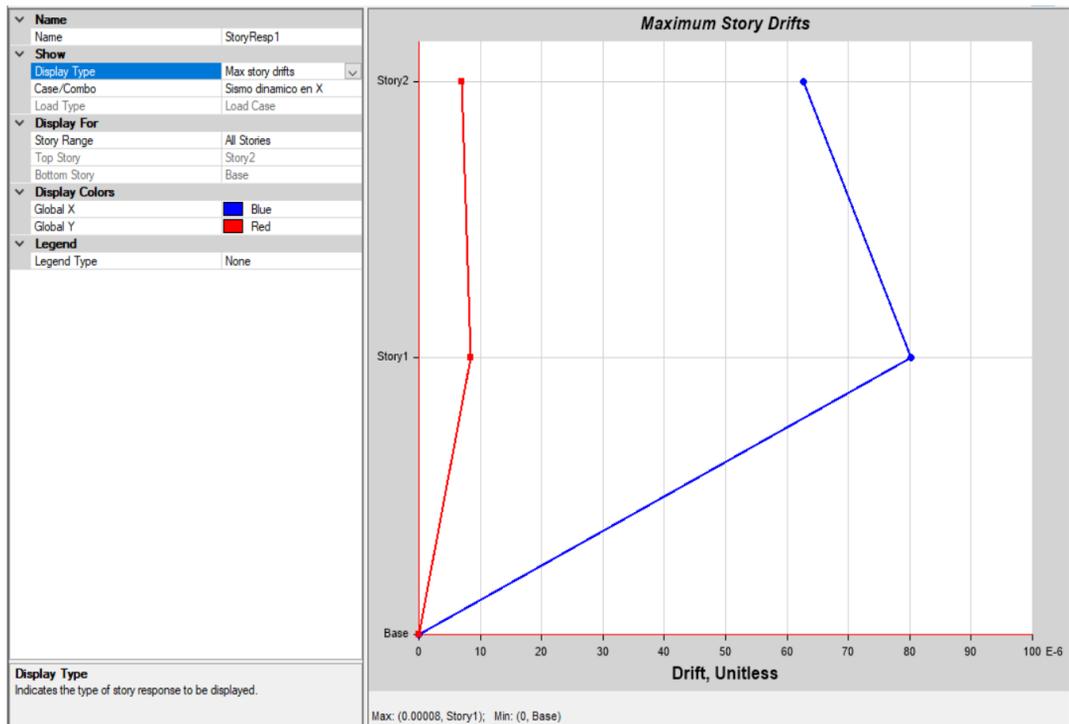
Desplazamiento absoluto de la estructura por carga Sísmica en dirección Y = 0.22 mm.



Desplazamientos relativos en dirección “X”

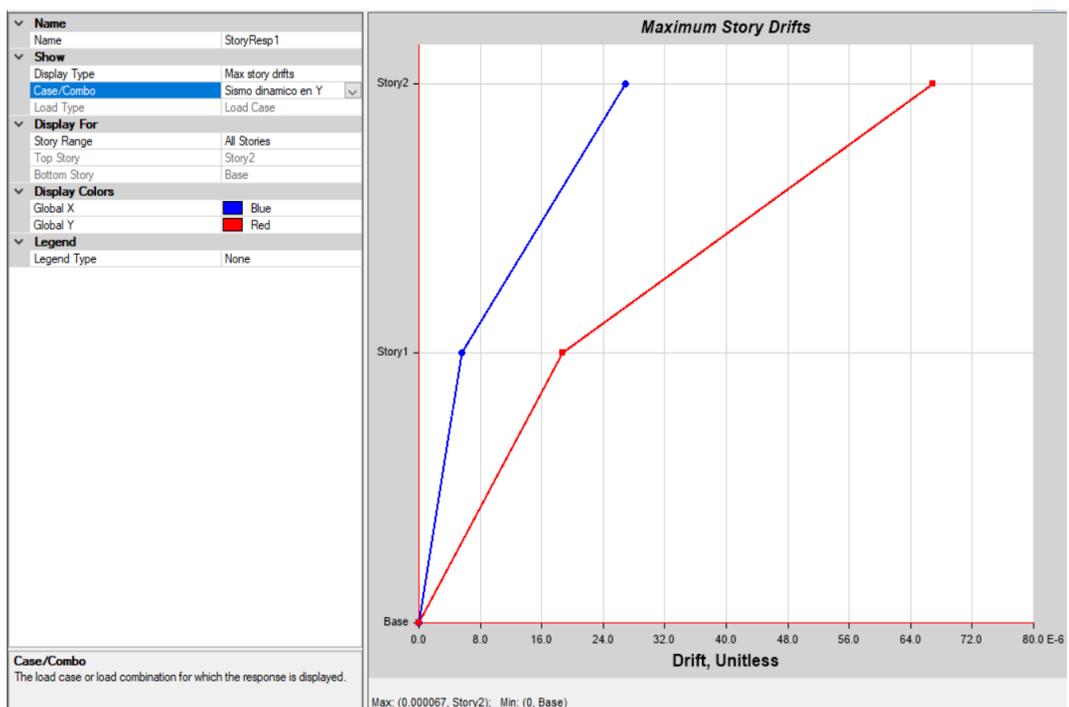
Deriva máximas por piso

Pisos	Caso de carga	Dirección	Deriva	Rx= 7	
				Deriva *0.75*R	< 0.007
Piso 2	SIS X	X	0.000063	0.00033075	ok
Piso 1	SIS X	X	0.00008	0.00042075	ok



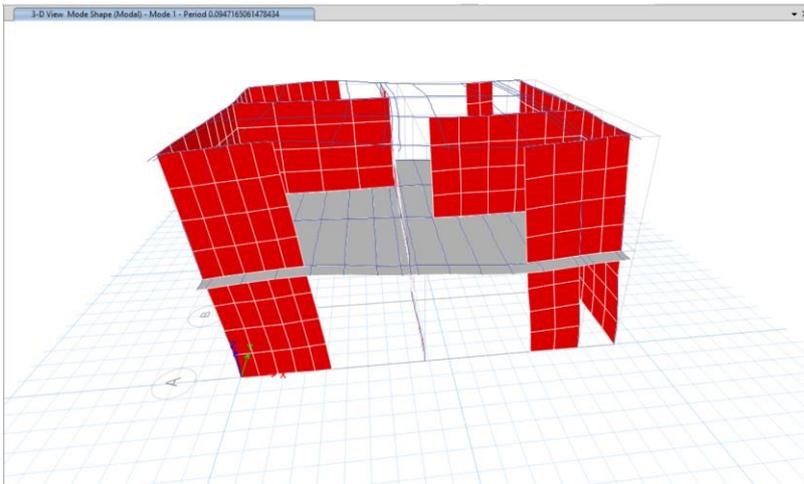
Desplazamientos relativos en dirección “Y”

Pisos	Caso de carga	Dirección	Deriva	Deriva máxima por piso	
				Ry= 7	Deriva *0.75*R < 0.007
Piso 2	SIS Y	Y	0.000067	0.00035175	ok
Piso 1	SIS Y	Y	0.000019	0.00009975	ok

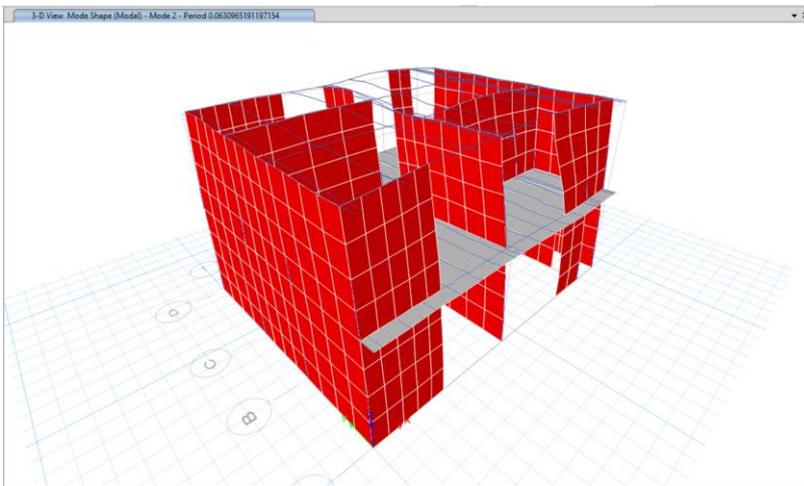


Modos de vibración

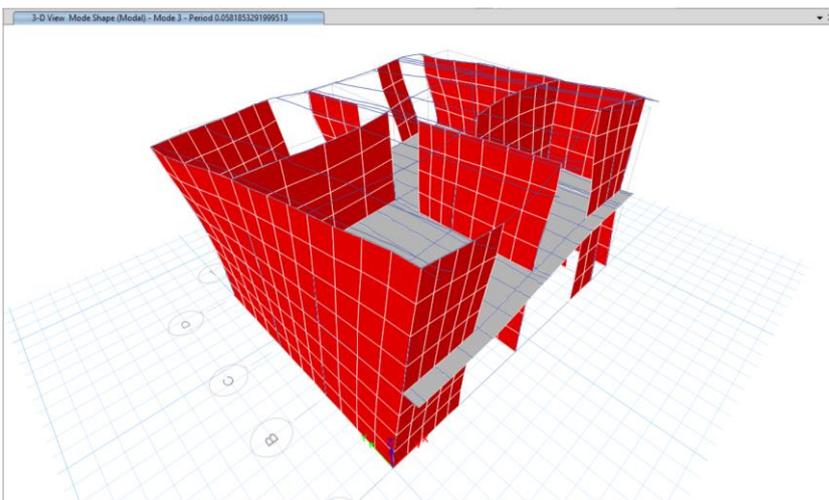
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.095	0.928	0.002	0	0.9276	0.0017	0	0.0011	0.3471	0.0046	0.0011	0.3471	0.0046
Modal	2	0.063	0.003	0.672	0	0.9309	0.6736	0	0.5097	0.00003743	0.0026	0.5108	0.3472	0.0072
Modal	3	0.058	0.003	0.006	0	0.9339	0.6792	0	0.0126	0.0018	0.7189	0.5234	0.3489	0.7261
Modal	4	0.051	0.000	0.047	0	0.9341	0.726	0	0.0108	0.0018	0.0332	0.5341	0.3508	0.7593
Modal	5	0.042	0.023	0.000	0	0.9573	0.7261	0	0.00004375	0.0408	0.0019	0.5341	0.3915	0.7612
Modal	6	0.04	0.001	0.001	0	0.9577	0.7271	0	0.00001073	0.0882	0.0013	0.5341	0.4797	0.7626
Modal	7	0.038	0.000	0.093	0	0.9579	0.8203	0	0.0069	0.0068	0.0888	0.541	0.4865	0.8513
Modal	8	0.036	0.000	0.006	0	0.9583	0.8258	0	0.00001787	0.0018	0.0023	0.541	0.4883	0.8536
Modal	9	0.035	0.023	0.006	0	0.9816	0.8317	0	0.0014	0.1759	0.0001	0.5424	0.6642	0.8537
Modal	10	0.033	0.000	0.119	0	0.9818	0.9504	0	0.0455	0.0156	0.0961	0.5879	0.6798	0.9497
Modal	11	0.031	0.015	0.010	0	0.997	0.9607	0	0.0047	0.2401	0.0117	0.5926	0.9198	0.9614
Modal	12	0.027	0.003	0.001	0	0.9996	0.962	0	0.0024	0.0674	0.0002	0.595	0.9873	0.9616
Modal	13	0.025	0.000	0.009	0	0.9996	0.9711	0	0.0384	0.00002074	0.0003	0.6334	0.9873	0.9619
Modal	14	0.025	0.000	0.000	0	0.9996	0.9711	0	0.0006	0.0006	0.0014	0.634	0.9879	0.9633
Modal	15	0.024	0.000	0.000	0	0.9996	0.9711	0	0	0.000003737	0.00004736	0.634	0.9879	0.9633



Modos de vibración N°1, traslación.

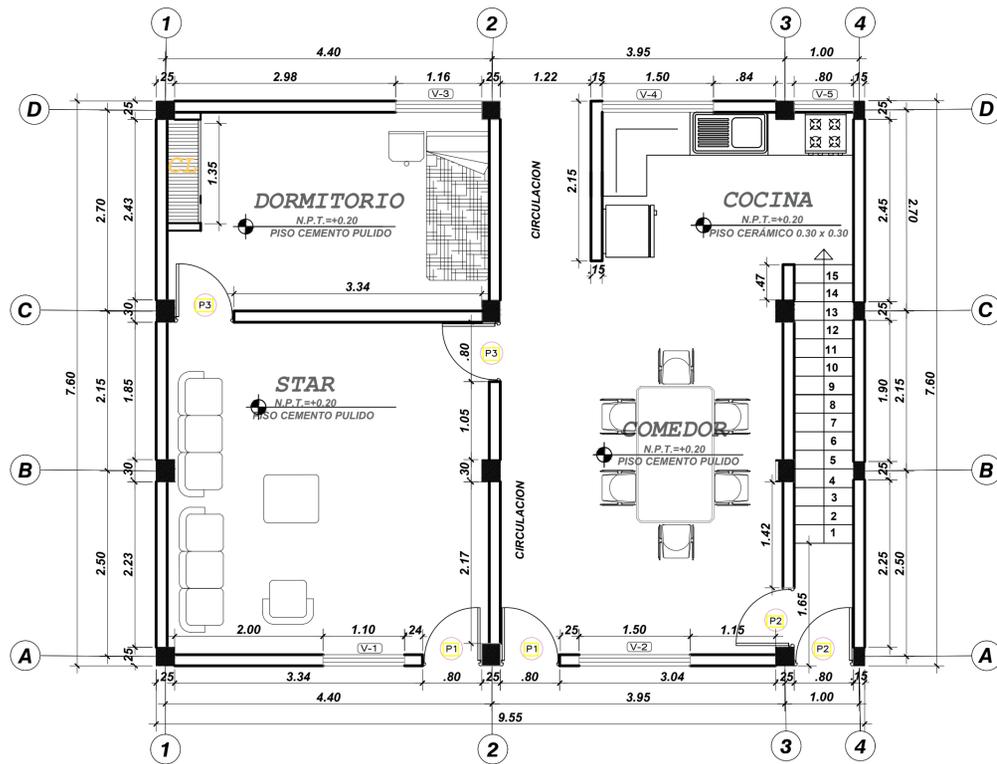


Modos de vibración N°2, traslación.

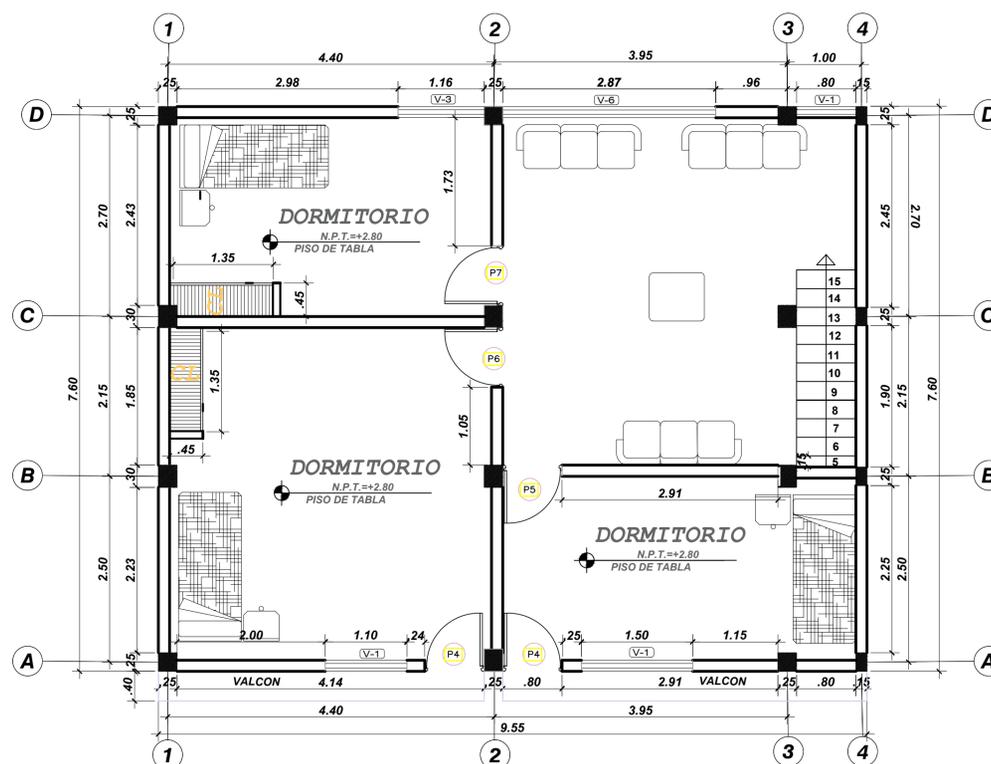


Modos de vibración N°3, rotación

Anexo N° 8. Planos de la vivienda modelada



PLANO DE ARQUITECTURA
PRIMER NIVEL
ESC : 1/50



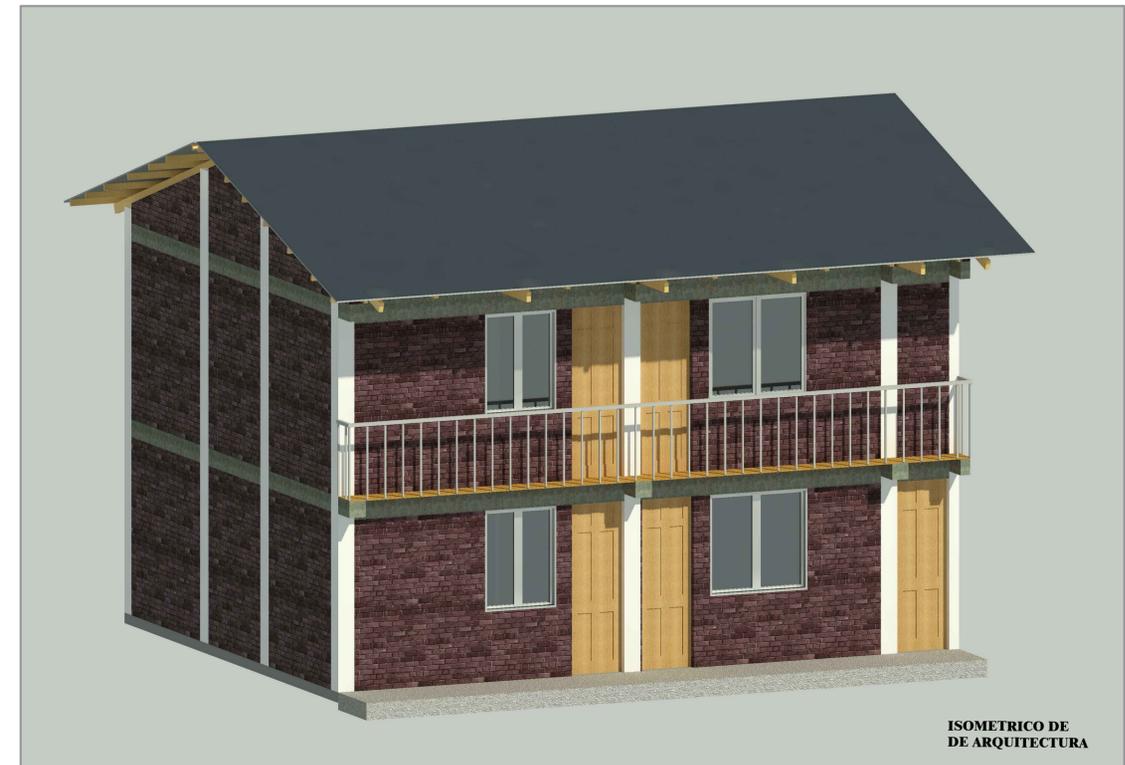
PLANO DE ARQUITECTURA
SEGUNDO NIVEL
ESC : 1/50

CUADRO DE VANOS			
TIPO	ALFEIZER	ANCHO	ALTO
P-1	—	0.80	2.45
P-2	—	0.80	2.45
P-3	—	0.80	2.45
P-4	—	0.80	2.45
P-5	—	0.80	2.45
P-6	—	0.80	2.45
P-7	—	0.80	2.45

CUADRO DE VANOS			
TIPO	ALFEIZER	ANCHO	ALTO
V-1	1.00	1.10	1.45
V-2	1.00	1.50	1.45
V-3	1.00	1.16	1.45
V-4	1.20	1.50	1.25
V-5	1.20	0.80	1.25
V-6	1.00	2.87	1.45



ISOMETRICO DE
DE ARQUITECTURA

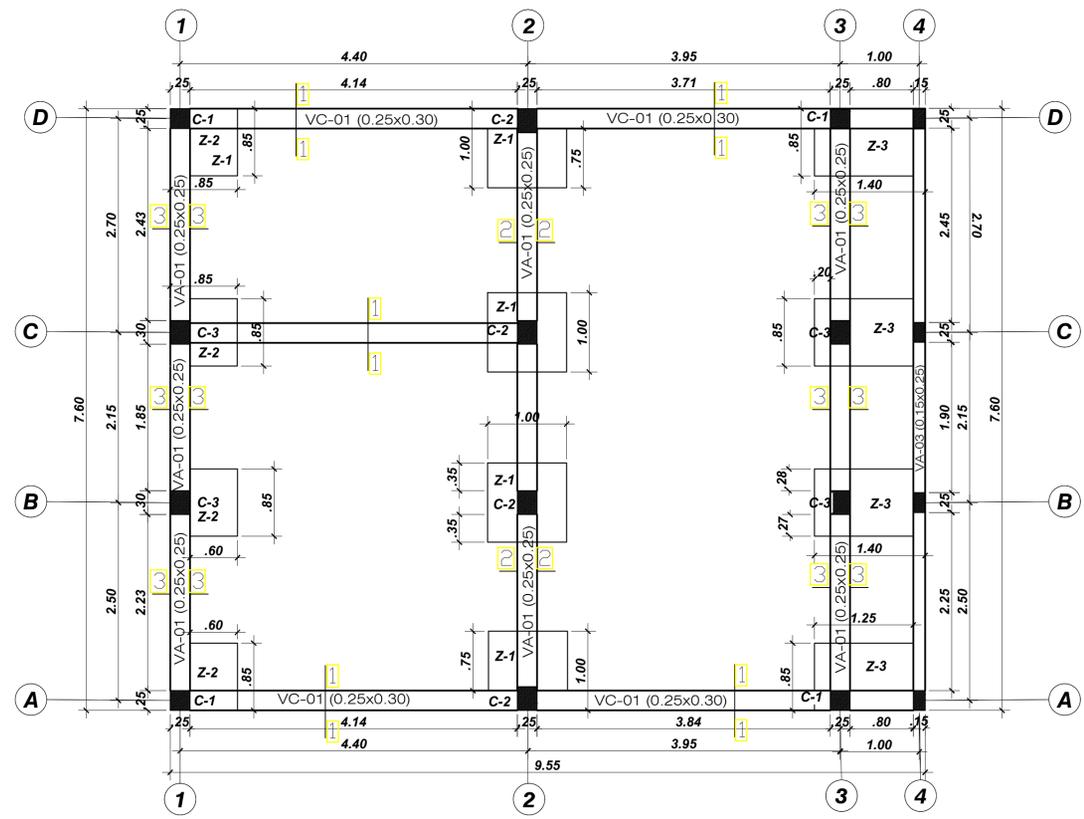


ISOMETRICO DE
DE ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA



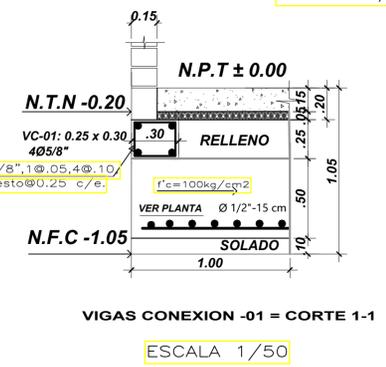
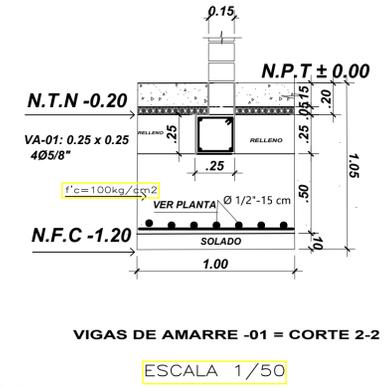
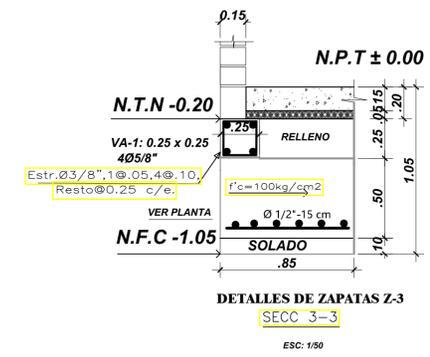
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS, CHOTA"		UBICACIÓN REGIÓN : CAJAMARCA PROVINCIA : CHOTA DISTRITO : CHOTA	
PLANO : ARQUITECTURA - ISOMETRICOS		DIBUJADO Y DISEÑADO : LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES	
ESCALA : 1/50	FECHA : AGOSTO 2021	LÁMINA : A-01	
CAD :	REVISADO :		



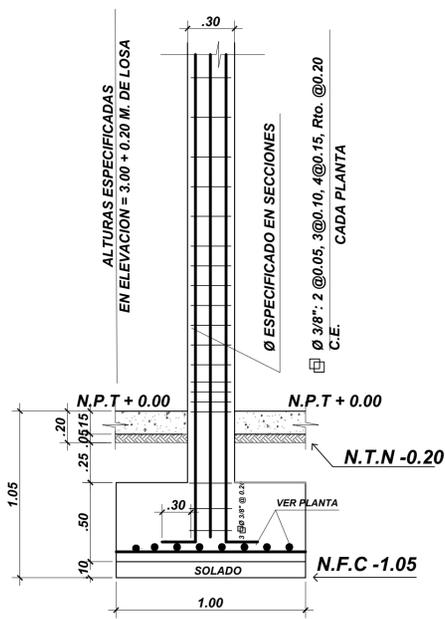
PLANTA CIMENTACION

ESC: 1/50

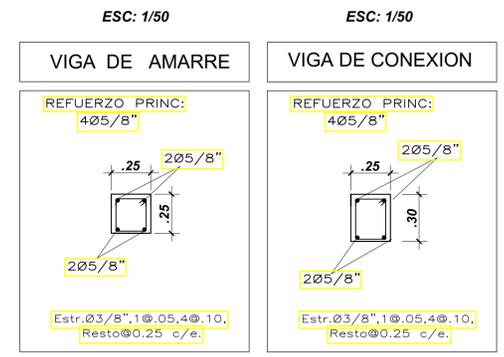
CUADRO DE ZAPATAS					
TIPO	LARGO A (m)	ANCHO B (m)	ALTO h (m)	ACERO, en ambos sentidos	CANTIDAD
Z-1	1.00	1.00	0.50	1 Ø de 1/2" a 15 cm	09
Z-2	0.85	0.85	0.50	1 Ø de 1/2" a 15 cm	09
Z-3	0.85	1.40	0.50	1 Ø de 1/2" a 15 cm	09



ESPECIFICACIONES TECNICAS	
SOLADOS	: CONCRETO C-A-P 1: 5: 6
CONCRETO ARMADO	: ZAPATAS f'c = 175 Kg/cm2
	RESTO f'c = 210 Kg/cm2
ACERO DE REFUERZO	: f'y = 4200 Kg/cm2
RECUBRIMIENTOS MINIMOS	: ZAPATAS 7.5 cm.
	RESTO 3.00 cm.
TRASLAPES MINIMOS	: Ø 5/8" 0.50 metros
	: Ø 1/2" 0.40 metros
	: Ø 3/8" 0.30 metros
RESISTENCIA DEL TERRENO	: Gt = 1.20 Kg/cm2 (Verificar en obra)



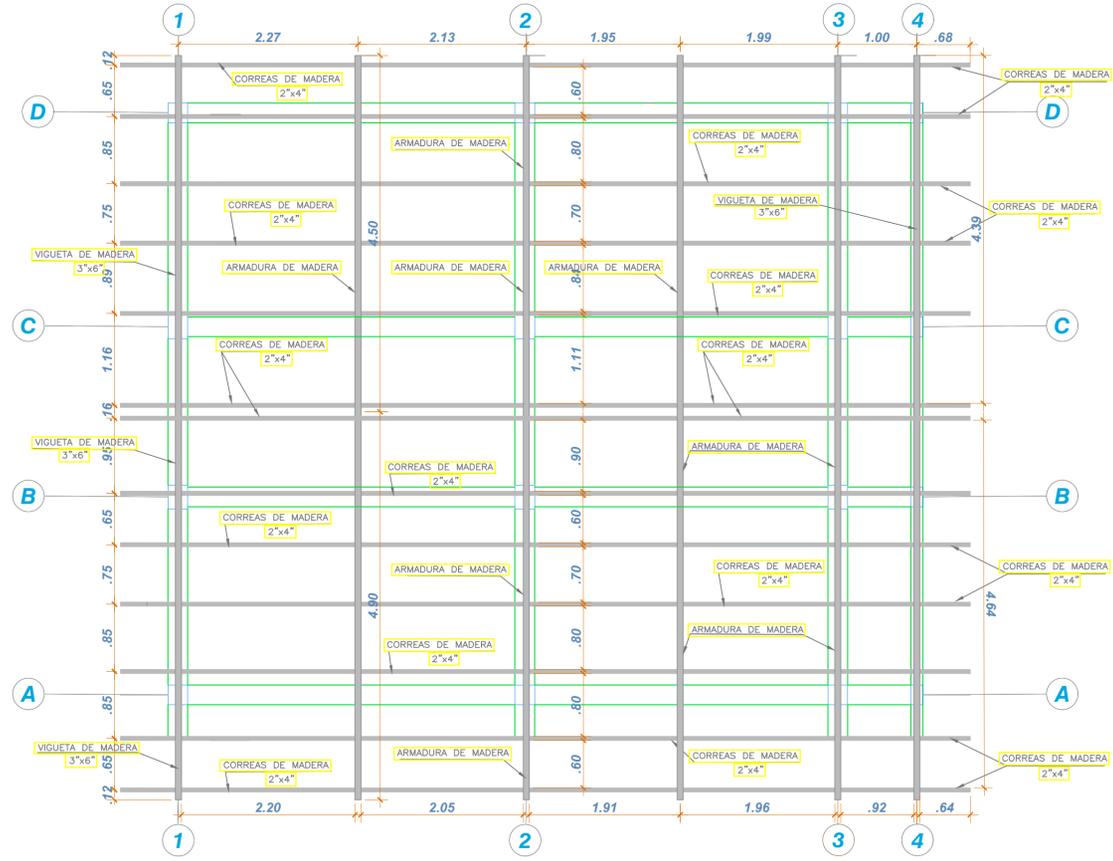
DETALLE TIPICO ZAPATA Z-1 - COLUMNA
ESC: 1/50



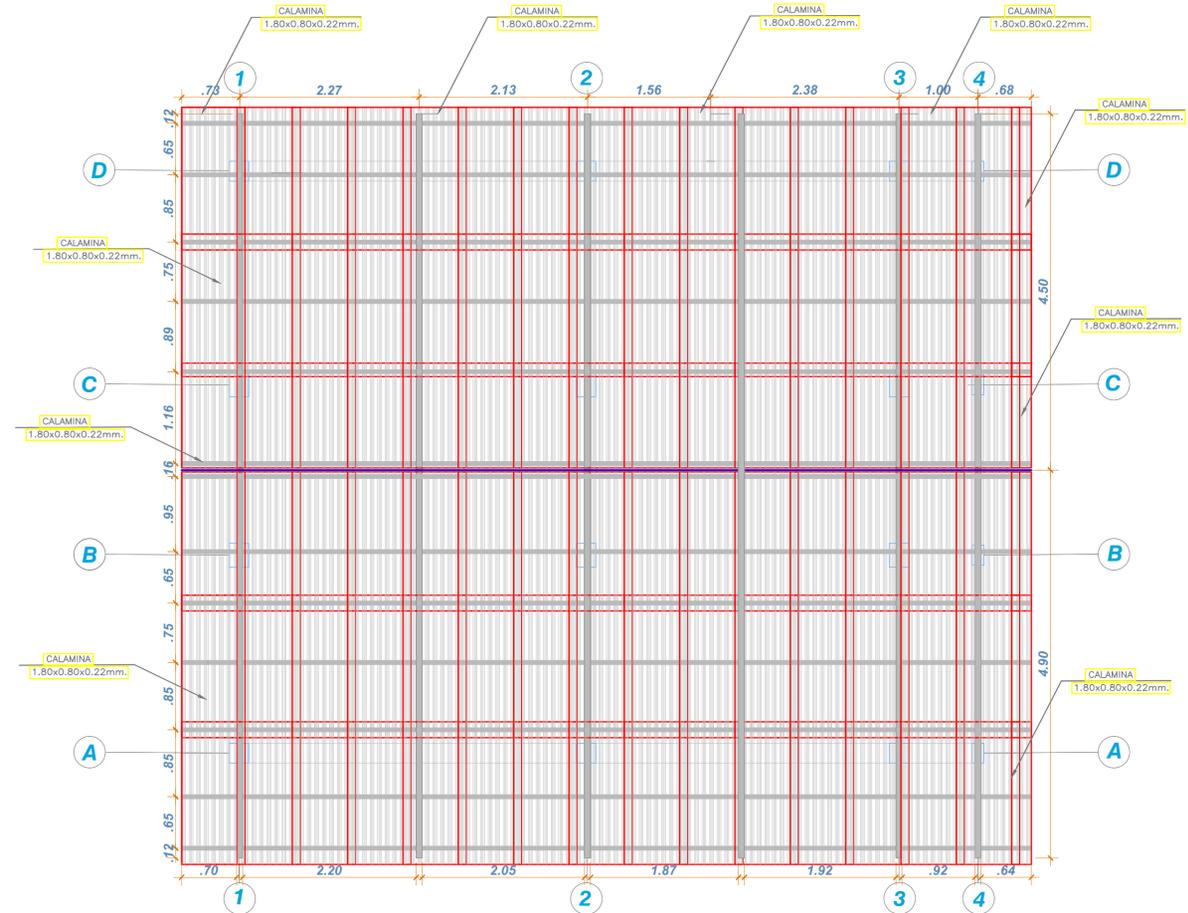
CUADRO DE COLUMNAS ESC: 1/50		
<p>4 Ø5/8"</p> <p>Estr. Ø3/8", 2@.05, 3@.10, 4@0.15, Resto@0.20 c/e.</p>	<p>4 Ø5/8" + 2Ø1/2"</p> <p>Estr. Ø3/8", 2@.05, 3@.10, 4@0.15, Resto@0.20 c/e.</p>	<p>4 Ø1/2"</p> <p>Estr. Ø3/8", 2@.05, 3@.10, 4@0.15, Resto@0.20 c/e.</p>
C1	C2	C3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

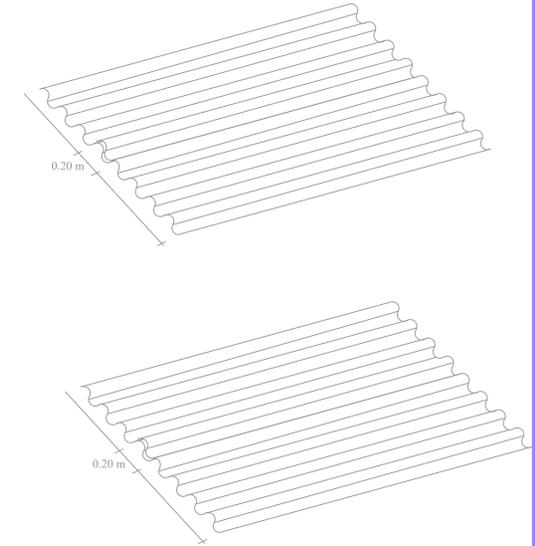
	PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGO, OLMO ALTO, LAJAS, CHOTA"	UBICACIÓN: REGIÓN : CAJAMARCA PROVINCIA : CHOTA DISTRITO : CHOTA
	PLANO : ESTRUCTURAS - CIMENTACIONES	DIBUJADO Y DISEÑADO: LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES
	ESCALA : 1/50	
	CAD:	REVISADO:



CORREAS DE MADERA DEL TECHO
ESC : 1/50



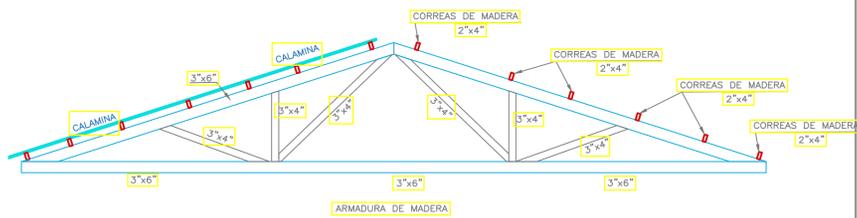
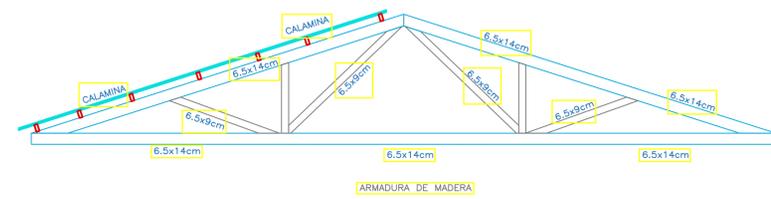
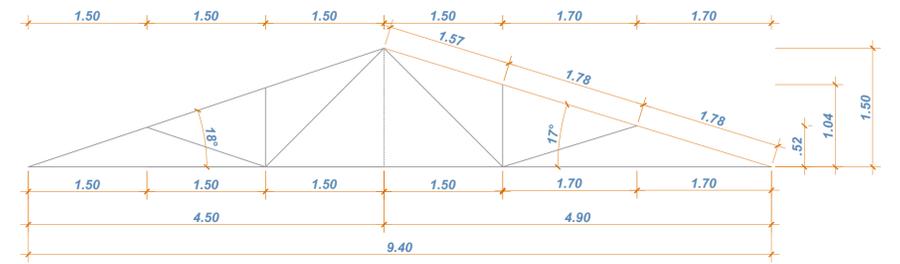
COBERTURA CALAMINA
ESC : 1/50



ISOMETRICO DE CORREAS



ISOMETRICO DE ARMADURAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA		
		
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMO ALTO, LAJAS, CHOTA.		
PLANO: ESTRUCTURAS - TECHO DE MADERA	UBICACIÓN: REGIÓN : CAJAMARCA PROVINCIA : CHOTA DISTRITO : CHOTA	
DIBUJADO Y DISEÑADO: LUIS ENRIQUE SILVA GONZALES		
ESCALA: 1/50	FECHA: AGOSTO 2021	LÁMINA: E-03
CAD:	REVISADO:	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



ACTA DE CONFORMIDAD

Chota, 20 de Octubre del 2021.

Mediante la presente la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería da conformidad que el bachiller: **LUIS ENRIQUE SILVA GONZÁLES**, ha presentado la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA POLYLEPIS MULTIJUGA, OLMOS ALTO, LAJAS, CHOTA”**, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 79 % de originalidad, estando dentro de los límites permitidos, por tanto dando la autorización para que se continúe el proceso de sustentación final.

Sin otro particular.

M. Cs. Ing. Erecía Seminario Cadenillas
CIP. 100057

Jefe de la Unidad de Investigación FCI -UNACH