



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## TESIS

---

Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.

---

**Línea de investigación** :

Tecnología de materiales

**Presentado por** :

Bach. Katherin Mansilla Gómez

**Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Civil**

**Asesor** :

Ing. Heiner Soto Florez

CUSCO – PERÚ

2020





## DEDICATORIA

Llena de regocijo, de amor y esperanza, dedico esta tesis a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mi querida Madre Mery Gómez Quispe, por su coraje y valentía para enfrentar los azares de la vida.

A mi hermano Royer Mansilla Gomez, por ser un motivo de superación y ejemplo como hermana mayor.

A mis estimados tíos Nelson Fredy Gomez Quispe y Maribel Gomez Quispe, quienes son como padres desde que tengo uso de razón, así mismo a sus compañeros de vida e hijos.

Y con todo el amor infinito a mi querido hijo Favio Raphael Nahuamel Mansilla, quien a sus 22 meses de vida me hizo sentir la felicidad inmensa y que es y será el motivo para lograr mis objetivos.

Y sin dejar atrás a mi abuelo, demás tíos y primos, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.



## AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, agradezco a Dios por haber llegado a esta etapa de mi vida, a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y obtener una afable titulación profesional.

Del mismo modo agradezco el apoyo constante a mi compañero de vida Jeison Nahuamel Uscamayta, quien tuvo el amor y la paciencia para lograr mi objetivo.



## RESUMEN

La presente tesis desarrollada en la ciudad del Cusco pretende, evaluar la influencia del aceite de linaza en la madera de tipo Eucalyptus Glóbulus en sus propiedades físicas y mecánicas considerando muestras de control en estado seco procedentes de la localidad de Ollantaytambo, este tratamiento se efectuará por inmersión prolongada y el estudio de la madera tendrá un enfoque para uso estructural, por lo que el cálculo de sus propiedades mecánicas es de mucha importancia para un correcto desarrollo de la presente investigación, las propiedades que se evaluaron fueron: Contenido de humedad, densidad, compresión perpendicular al grano, resistencia al corte o cizalla, resistencia a la flexión estática, ensayo de dureza por el método Brinell y conductividad térmica. Para todas estas pruebas se hizo uso un total de 240 muestras divididas en dos grupos; la madera sin tratar y la madera tratada con aceite de linaza.

Luego de todas las pruebas desarrolladas se puede concluir que el tratamiento de la madera con aceite de linaza para uso estructural mejora algunas de las propiedades mecánicas de la madera, por lo que es un tratamiento recomendado en caso que se requieran mejorar las propiedades resistentes de la madera.

**Palabras clave: conductividad, inmersión, tratamiento, eucalipto, aceite, linaza.**



## ABSTRACT

The present thesis developed in the city of Cusco intends to evaluate the influence of flaxseed oil on Eucalyptus Globulus type wood in its physical and mechanical properties considering control samples in dry state from the town of Ollantaytambo, this treatment will be carried out by Prolonged immersion and the study of wood will have an approach for structural use, so the calculation of its mechanical properties is very important for a correct development of the present investigation, the properties that were evaluated were: Moisture content, density, compression perpendicular to the grain, shear or shear strength, resistance to static bending, hardness test by the Brinell method and thermal conductivity. For all these tests, a total of 240 samples divided into two groups were used; untreated wood and wood treated with linseed oil.

After all the tests developed, it can be concluded that the treatment of wood with linseed oil for structural use improves some of the mechanical properties of the wood, so it is a recommended treatment in case it is required to improve the resistant properties of the wood.

Keywords: conductivity, immersion, treatment, eucalyptus, oil, flaxseed.



## INTRODUCCIÓN.

Históricamente la madera ha constituido un material de construcción fundamental para el hombre desde sus orígenes por ser un recurso forestal disponible y de fácil acceso en la naturaleza y por sus propiedades resistentes y su trabajabilidad.

La madera como sistema constructivo y como elemento estructural constituye en la actualidad un material de construcción muy importante para edificaciones de baja altura y costo de construcción bajo, es por eso que su estudio y la mejora de sus propiedades resistentes representa una mayor inclinación al uso de este material en ciertos tipos de construcciones.

La presente investigación pretende evaluar tanto las propiedades mecánicas y físicas de la madera de tipo Eucalyptus glóbulus en estado natural, para luego tratarla con aceite de linaza y ver de qué forma varían estas propiedades enfocando el uso de esta madera para fines estructurales en viviendas de bajo costo.

El estudio se centrará en la madera de tipo Eucalyptus glóbulus por su extendida utilización dentro de la construcción de viviendas de bajo costo en la localidad de Ollantaytambo, con lo cual se pretende mejorar las características estructurales de este material y así poder tener viviendas más seguras y de menor costo de construcción y mantenimiento.

Para este estudio se analizarán las propiedades físicas y mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus para uso estructural, comparando estas propiedades de la madera en estado natural con la madera tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada, para poder incrementar la predilección de los usuarios por este tipo de madera en la construcción de sus viviendas, las propiedades que se evaluarán están consideradas dentro de la Norma Técnica Peruana y se considerará también la conductividad térmica de éste material.





**ÍNDICE GENERAL**

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>8</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del problema.</b> .....	<b>10</b>
1.1. Identificación del problema .....	10
1.1.1. Descripción del problema .....	10
1.1.2. Formulación interrogativa del problema .....	11
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general.....	11
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos .....	12
1.2. Justificación de la investigación .....	12
1.2.1. Justificación técnica.....	12
1.2.2. Justificación social.....	12
1.2.3. Justificación por viabilidad .....	12
1.2.4. Justificación por relevancia.....	13
1.3. Limitaciones de la investigación.....	13
1.3.1. Limitaciones de uso .....	13
1.3.2. Limitaciones de equipo .....	13
1.3.3. Limitaciones de aplicación.....	13
1.4. Objetivo de la investigación .....	14
1.4.1. Objetivo general .....	14
1.4.2. Objetivos específicos .....	14
<b>Capítulo II: Marco Teórico</b> .....	<b>15</b>
2.1. Antecedentes.....	15
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional .....	15
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional .....	19
2.2. Bases teórico-científicas.....	21
2.2.1. La madera.....	21
2.2.3. La madera como recurso forestal.....	26
2.2.4. Clasificación de la madera por resistencia para uso estructural. ....	27
2.2.5. Características de la madera. ....	28
2.2.6. Propiedades Físicas de la Madera.....	31
2.2.7. Propiedades Mecánicas de la Madera Estructural .....	33
2.2.8. Pruebas de laboratorio aplicadas a muestras de madera. ....	35
2.2.8.1. Ensayo de contenido de humedad .....	35
2.2.8.2. Resistencia a la compresión paralela al grano .....	37
2.2.8.3. Resistencia a la compresión perpendicular al grano .....	38
2.2.8.4. Resistencia al corte o cizallamiento paralelo al grano .....	39
2.2.8.5. Resistencia a la flexión estática.....	40
2.2.9. La Madera de tipo Eucalipto Glóbulus .....	41
2.2.10. Aceite de Linaza .....	43
2.2.11. Prueba t de Student .....	44
2.2.12. Criterio estadístico de Chauvenet .....	48
2.3. Hipótesis.....	50
2.3.1. Hipótesis general .....	50
2.3.2. Sub hipótesis .....	50
2.4. Definición de variables.....	50
2.4.1. Variables independientes .....	50
2.4.2. Variables dependientes .....	51
2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables.....	52



<b>Capítulo III: Metodología.....</b>	<b>54</b>
3.1. Metodología de la investigación.....	54
3.1.1. Enfoque de la investigación .....	54
3.1.2. Nivel de investigación .....	54
3.1.3. Método de investigación .....	55
3.2. Diseño de la investigación.....	55
3.2.1. Diseño metodológico .....	55
3.2.2. Diseño de ingeniería .....	56
3.3. Población y muestra .....	57
3.3.1. Población.....	57
3.3.1.1. Descripción de la población.....	57
3.3.1.2. Cuantificación de la población .....	57
3.3.2. Muestra .....	58
3.3.2.1. Descripción de la muestra .....	58
3.3.2.2. Cuantificación de la muestra .....	58
3.3.2.3. Método de muestreo.....	59
3.3.2.4. Criterios de Evaluación de la muestra .....	59
3.3.3. Criterios de Inclusión.....	59
3.4. Instrumentos .....	60
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos .....	60
3.4.2. Instrumentos de ingeniería .....	69
3.5. Procedimiento de recolección de datos. ....	71
3.5.1. Selección y colección de muestras (NTP 251.008) .....	71
3.5.2. Tratamiento de las probetas modificadas con aceite de linaza. ....	75
3.5.3. Método para obtener el contenido de humedad de muestras de madera. ....	76
3.5.4. Método para obtener la densidad de muestras de madera. ....	80
3.5.5. Ensayo para determinar la dureza por el método Brinell de muestras de madera. ....	83
3.5.6. Método para determinar la conductividad térmica de muestras de madera. ....	87
3.5.7. Ensayo de compresión paralela al grano de muestras de madera. ....	90
3.5.8. Ensayo de resistencia a compresión perpendicular al grano de muestras de madera. ..	113
3.5.9. Ensayo de resistencia al corte de muestras de madera. ....	117
3.5.10. Ensayo para determinar la resistencia a la flexión estática de muestras de madera.	121
3.6. Procedimiento de análisis de datos .....	143
3.6.1. Selección y colección de muestras .....	143
3.6.2. Tratamiento de las probetas modificadas con aceite de linaza .....	144
3.6.3. Método para obtener el contenido de humedad de muestras de madera .....	144
3.6.4. Método para obtener la densidad de muestras de madera .....	148
3.6.5. Ensayo de compresión paralela al grano de muestras de madera .....	153
3.6.6. Ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano de muestras de madera.	178
3.6.7. Ensayo de resistencia al Corte o Cizalla de muestras de madera .....	183
3.6.8. Ensayo para determinar la resistencia a la flexión estática de muestras de madera .....	188
3.6.9. Ensayo para determinar la dureza por el método Brinell de muestras de madera .....	213
3.6.10. Ensayo para determinar la conductividad térmica de muestras de madera .....	217
<b>CAPITULO IV: Resultados.....</b>	<b>220</b>
4.1. Resultados obtenidos para la prueba de densidad de la madera.....	221
4.2. Resultados obtenidos para la prueba de compresión paralela al grano. ....	222
4.3. Resultados obtenidos para la prueba de compresión perpendicular al grano. ....	224
4.4. Resultados obtenidos para la prueba de corte o cizalla paralela al grano. ....	224
4.5. Resultados obtenidos para la prueba de flexión estática. ....	225
4.6. Resultados obtenidos para la prueba de Dureza por método Brinell. ....	227
4.7. Resultados obtenidos para la prueba de Conductividad Térmica. ....	227
<b>CAPITULO V: Discusión .....</b>	<b>229</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>232</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>235</b>



CONCLUSIÓN N° 01 .....	235
CONCLUSIÓN N° 02 .....	235
CONCLUSIÓN N° 03 .....	235
CONCLUSIÓN N° 04 .....	236
CONCLUSIÓN N° 05 .....	236
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>237</b>
RECOMENDACIÓN N° 01 .....	237
RECOMENDACIÓN N° 02 .....	237
RECOMENDACIÓN N° 03 .....	237
RECOMENDACIÓN N° 04 .....	238
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>238</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>239</b>
Matriz de Consistencia.....	240



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipificación de la madera por densidad. ....	28
Tabla 2. Esfuerzos admisibles por tipo de madera. ....	28
Tabla 3: Representación de una nueva media y desviación estándar. ....	49
Tabla: Cuadro de Operacionalización de Variables 4.....	52
Tabla 5: Coordenadas geográficas de los vértices del polígono que delimita el área de estudio. ....	58
Tabla 6: Cantidad de probetas a ensayar por cada propiedad.....	58
Tabla 7: Guía de observación N° 01 para muestreo de especies arbóreas .....	61
Tabla 8: Guía de observación N° 02 para contenido de humedad de muestras de madera .....	62
Tabla 9: Guía de observación N° 03 para la densidad de la madera.....	63
Tabla 10: Guía de observación N° 08 para ensayo de dureza por el método Brinell.....	64
Tabla 11: Guía de observación N° 10 para el cálculo de la conductividad térmica de muestras de madera .....	65
Tabla 12: Guía de observación N° 04 para compresión paralela al grano de madera.....	66
Tabla 13: Guía de observación N° 05 para compresión perpendicular al grano .....	67
Tabla 14: Guía de observación para el ensayo de corte o cizalla de muestras de madera.....	68
Tabla 15: Guía de observación N° 07 para flexión estática de muestras de madera.....	69
Tabla 16: Instrumentos de ingeniería.....	69
Tabla 17: Herramientas y accesorio para ensayos .....	71
Tabla 18: Toma de datos para muestreo de especies arbóreas .....	74
Tabla 19: Toma de datos para ensayo de humedad en muestras de madera.....	79
Tabla 20: Formato de toma de datos para el cálculo de la densidad de muestras de madera en estado natural .....	81
Tabla 21: Formato de toma de datos para el cálculo de la densidad de muestras de madera tratada con aceite de linaza .....	82
Tabla 22: Toma de datos para el ensayo de dureza Brinell de muestras en estado natural .....	85
Tabla 23: Toma de datos para el ensayo de dureza Brinell de muestras de madera tratadas .....	86
Tabla 24: Toma de datos para el ensayo de conductividad térmica de muestras de madera. ....	90
Tabla 25: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 01).....	93
Tabla 26: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 02).....	94
Tabla 27:: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 03).....	95
Tabla 28: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 04).....	96
Tabla 29: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 05).....	97
Tabla 30: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 06).....	98
Tabla 31: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 07).....	99
Tabla 32: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 08).....	100
Tabla 33: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 09).....	101
Tabla 34: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 10).....	102
Tabla 35: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 11). ....	103
Tabla 36: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 12). ....	104
Tabla 37: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 13). ....	105



Tabla 38: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 14). ..... 106

Tabla 39: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 15). ..... 107

Tabla 40: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 16). ..... 108

Tabla 41: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 17). ..... 109

Tabla 42: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 18). ..... 110

Tabla 43: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 19). ..... 111

Tabla 44: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 20). ..... 112

Tabla 45: Toma de datos para el ensayo de compresión perpendicular al grano de muestras en estado natural. .... 115

Tabla 46: Toma de datos para el ensayo de compresión perpendicular al grano de muestras de madera tratada..... 116

Tabla 47: Toma de datos para el ensayo de corte o cizalla en muestras de madera en estado natural. 119

Tabla 48: Toma de datos para el ensayo de corte o cizalla en muestras de madera tratada con aceite de linaza. .... 120

Tabla 49: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 1)..... 123

Tabla 50: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 2)..... 124

Tabla 51: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 3)..... 125

Tabla 52: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 4)..... 126

Tabla 53: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 5)..... 127

Tabla 54: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 6)..... 128

Tabla 55: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 7)..... 129

Tabla 56: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 8)..... 130

Tabla 57: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 9)..... 131

Tabla 588: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 10)..... 132

Tabla 59: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 11)..... 133

Tabla 601: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 13)..... 135

Tabla 612: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 14)..... 136

Tabla 623: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 15)..... 137

Tabla 634: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 16)..... 138

Tabla 645: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 17)..... 139

Tabla 656: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 18)..... 140



Tabla 667: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 19)..... 141

Tabla 678: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 20)..... 142

Tabla 68: Análisis de datos para el muestreo de especies arbóreas ..... 143

Tabla 69: Cantidad de muestras para ensayar por prueba. .... 144

Tabla 70: Análisis de datos para el ensayo de contenido de humedad de muestras de madera. .... 146

Tabla 71: Validación de los datos por el criterio de Chauvenet ..... 147

Tabla 72: Análisis de datos para el ensayo de densidad de madera en estado natural ..... 150

Tabla 73: Análisis de datos para el ensayo de densidad de madera en estado seco tratada con aceite de linaza..... 151

Tabla 74: Validación de los datos por el criterio de Chauvenet para el ensayo de densidad de madera ..... 152

Tabla 75: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 01. .... 156

Tabla 76: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 02. .... 157

Tabla 77: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 03. .... 158

Tabla 78: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 04. .... 159

Tabla 79: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 05. .... 160

Tabla 80: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 06. .... 161

Tabla 81: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 07. .... 162

Tabla 82: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 08 ..... 163

Tabla 83: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 09. .... 164

Tabla 84: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 10. .... 165

Tabla 85: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 11. .... 166

Tabla 86: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 12. .... 167

Tabla 87: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 13. .... 168

Tabla 88: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 14. .... 169

Tabla 89: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 15. .... 170

Tabla 90: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 16. .... 171

Tabla 91: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 17. .... 172

Tabla 92: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 18. .... 173

Tabla 93: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 19. .... 174

Tabla 94: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 20. .... 175

Tabla 95: Validación de datos por el criterio de Chauvenet para el ensayo de compresión paralela al grano (MOR) ..... 176

Tabla 96: Validación de datos por el criterio de Chauvenet para el ensayo de compresión paralela al grano (TLP) ..... 177

Tabla 97: Análisis de datos para el ensayo de compresión perpendicular en muestras en estado natural. .... 180

Tabla 98: Análisis de datos para el ensayo de compresión perpendicular en muestras tratadas. .... 181

Tabla 99: Validación de datos para el ensayo de compresión perpendicular en muestras en estado natural y tratadas ..... 182

Tabla 100: Análisis de datos para el ensayo de corte y cizalla en muestras de madera en estado natural. .... 185

Tabla 101: Análisis de datos para el ensayo de corte y cizalla en muestras de madera tratada. .... 186

Tabla 102: Validación de datos para el ensayo de corte y cizalla para las muestras de madera tratada y en estado natural ..... 187

Tabla 103: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 01. .... 191

Tabla 104: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 02. .... 192

Tabla 105: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 03. .... 193

Tabla 106: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 04. .... 194



Tabla 107: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 05. .... 195

Tabla 108: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 06. .... 196

Tabla 109: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 07. .... 197

Tabla 110: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 08. .... 198

Tabla 111: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 09. .... 199

Tabla 112: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 10. .... 200

Tabla 113: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 11. .... 201

Tabla 114: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 12. .... 202

Tabla 115: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 13. .... 203

Tabla 116: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 14. .... 204

Tabla 117: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 15. .... 205

Tabla 118: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 16. .... 206

Tabla 119: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 17. .... 207

Tabla 120: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 18. .... 208

Tabla 121: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 19. .... 209

Tabla 122: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera tratada con aceite de linaza, muestra 20. .... 210

Tabla 123: Validación de datos ensayo de flexión, MORfe. .... 211

Tabla 124: Validación de datos ensayo de flexión, TLPfe. .... 212

Tabla 125: Análisis de datos para el ensayo de dureza por el método Brinell en madera en estado natural. .... 214

Tabla 126: Análisis de datos para el ensayo de dureza por el método Brinell en madera tratada. .... 215

Tabla 127: Validación de datos para el ensayo de dureza por el método Brinell en madera tratada y sin tratar. .... 216

Tabla 128: Análisis de datos para el ensayo conductividad térmica en madera de estado natural y madera tratada. .... 218

Tabla 129: Validación de datos para el ensayo conductividad ter en madera tratada y en estado natural. .... 219

Tabla 130: Resultados para probetas con valores obtenidos por el criterio de T-student. .... 220

Tabla 131: Resumen de resultados para cada ensayo. .... 221

Tabla 132: Comparación de valores para el ensayo de densidad. .... 221

Tabla 133: Comparación de valores entre la madera sin tratar y la madera tratada. .... 222

Tabla 134: Valores promedio e incremento de la resistencia a compresión perpendicular al grano por tipo de muestra: .... 224

Tabla 135: Valores promedio e incremento de la resistencia al corte paralela al grano por tipo de muestra: .... 224

Tabla 136: Valores promedio de la resistencia a la flexión estática por tipo de muestra: .... 225

Tabla 137: valores promedio de la dureza por método Brinell, por tipo de muestra. .... 227

Tabla 138: Valores promedio e incremento de la conductividad térmica en la madera tratada. .... 227



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tala de árboles ilegal en zona de Ollantaytambo.....	11
Figura 2. Deformación y agrietamiento de vigas de madera.....	11
Figura 3. Partes de la madera .....	22
Figura 4. Proceso de obtención de la madera.....	24
Figura 5. Secado de madera al aire.....	25
Figura 6. Direcciones de los ejes de una pieza troncal de madera.....	29
Figura 7. Eje tangencial de una pieza de madera.....	30
Figura 8. Eje radial de una pieza de madera.....	30
Figura 9. Eje longitudinal en una pieza de madera .....	30
Figura 10. Esquema de transmisión de calor en materiales solidos .....	32
Figura 11. Ensayo de contenido de humedad por diferencia de peso.....	36
Figura 12. Ensayo de contenido de humedad por el método del higrómetro.....	37
Figura 13. Esquema de ensayo a compresión axial .....	38
Figura 14. Esquema de ensayo a compresión perpendicular al grano .....	39
Figura 15. Esquema de ensayo a compresión axial .....	40
Figura 16. Esquema de ensayo de resistencia por flexión estática.....	41
Figura 17: Diseño de ingeniería de la investigación .....	56
Figura 18: Área de origen de las muestras de madera .....	58
Figura 19: Especies arbóreas de la zona de estudio .....	71
Figura 20: Almacenamiento de muestras para su posterior estudio.....	72
Figura 21: Tala y deshoje de muestras en el lugar de recolección.....	72
Figura 22: Corte de muestras de madera a muestras de ensayo.....	73
Figura 23: Se dividen las muestras para ser tratadas y las que se serán ensayadas en estado natural....	75
Figura 24: Rotulado de muestras .....	75
Figura 25: Muestras sumergidas en aceite de linaza por 48 horas.....	76
Figura 26: Pesado de muestras para el ensayo de contenido de humedad .....	76
Figura 27: Colocado de muestras en el horno .....	77
Figura 28: Pesado de muestras luego del horno .....	77
Figura 29: Contenido de humedad usando el higrómetro .....	78
Figura 30: Pesado de las probetas con ayuda de la balanza de precisión.....	80
Figura 31: Medida de las dimensiones de la probeta con Vernier .....	80
Figura 32: Colocado de la muestra dentro del equipo de dureza Brinell .....	83
Figura 33: Aplicación de la carga con el equipo.....	83
Figura 34: Medida de los diámetros de la huella en la muestra.....	84
Figura 35: Medida de las dimensiones de la muestra .....	87
Figura 36: Colocado de la muestra en la caja de conductividad térmica .....	87
Figura 37: Colocado de la placa caliente con la resistencia eléctrica .....	88
Figura 38: Colocado de la placa caliente con la resistencia eléctrica .....	88
Figura 39: Tomado de las lecturas de temperatura .....	89
Figura 40: Colocación del deformímetro en el cuerpo del equipo a compresión.....	91
Figura 41: Colocación de la muestra y aplicación de carga sobre la misma .....	92
Figura 42: Verificación de la falla a compresión paralela de la probeta luego del ensayo.....	92
Figura 43: Colocado de la muestra en posición horizontal dentro del equipo.....	113
Figura 44: Aplicación de carga sobre la muestra hasta su falla por compresión perpendicular al grano. .....	113
Figura 45: Muestra de la falla compresión perpendicular al grano.....	114
Figura 46: Toma de medidas de las probetas para el ensayo de corte .....	117
Figura 47: Colocado de la muestra en el equipo a compresión universal .....	117
Figura 48: Se aplica la carga con ayuda de la gata hidráulica sobre la muestra.....	118
Figura 49: Registro de datos del ensayo, valores de carga en falla por corte.....	118
Figura 50: Registro de las medidas de probetas sometidas a ensayo a flexión .....	121
Figura 51: Colocado de la muestra en el equipo de CBR considerando la distancia de apoyos según norma.....	121





Figura 52: Toda de datos de las lecturas de la deformación y de la carga ..... 122

Figura 53: Verificación de la falla por flexión estática de las muestras..... 122

Figura 54: Curva carga deformación ensayo de compresión paralela al grano, muestra 01. .... 154

Figura 55: Curva carga deformación ensayo de compresión paralela al grano, muestra 01. .... 154

Figura 56: Curva carga deformación ensayo de compresión paralela al grano, muestra 03. .... 155

Figura 57: Curva carga deformación ensayo de resistencia a la flexión, muestra 01 ..... 188

Figura 58: Curva carga deformación ensayo de resistencia a la flexión, muestra 02 ..... 189

Figura 59: Curva carga deformación ensayo de resistencia a la flexión, muestra 03 ..... 190

Figura 60: Madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza - (MORpa)..... 223

Figura 61: Madera en estado natural vs madera tratada con aceite de (TLPpa)..... 223

Figura 62: Ensayo de compresión perpendicular al grano de la madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza..... 224

Figura 63: Ensayo de corte o cizalla paralelo al grano de la madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza. .... 225

Figura 64: Madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza - (MORpa)..... 226

Figura 65: Madera en estado natural vs madera tratada con aceite de (TLPpa) ..... 226

## Capítulo I: Planteamiento del problema.

### 1.1. Identificación del problema

#### 1.1.1. Descripción del problema

La construcción con adobe en nuestro país se remonta a la época prehispánica, muchas de esas edificaciones han perdurado en el tiempo, el uso de este material se prolongó a lo largo de nuestra historia fundamentalmente por ser de fácil acceso, y porque permitió crear ambientes con propiedades ambientales favorables, como la mitigación del ruido y la intensa temperatura externa.

La zona de estudio de la presente investigación es la localidad de Ollantaytambo, por ser un poblado y sitio arqueológico incaico, capital del distrito de Ollantaytambo, situado al noreste de la ciudad del Cusco, presenta construcción de vivienda en adobe. Teniendo en cuenta el mapa de zonificación sísmica, el departamento de cusco se ubica en la zona 2, es decir que las construcciones en adobe se aceptan hasta dos niveles, por encima del primer piso de adobe, podrán tenerse estructuras livianas y que no presenten fallas de agrietamientos ni deformaciones. Tal es así que, en la localidad de Ollantaytambo la mayoría de los pobladores utilizan la madera de tipo eucalipto para la construcción de sus viviendas como elementos estructurales (vigas, cerchas, dinteles para puertas y ventanas), ya que esta madera se desarrolla en mediana cantidad alrededor de la localidad y es de fácil extracción, asimismo el costo es accesible, por estas razones la madera se ha vuelto en el material más utilizado por la mayoría de los pobladores.

Cabe mencionar que realizado un recorrido por las calles de la localidad de Ollantaytambo se observó que existen viviendas donde los elementos estructurales (vigas, cerchas, dinteles para puertas y ventanas) presentan fallas de tipo estructural y fallas físicas por causa de agentes externos (hongos, polilla, etc.), por el cual algunos pobladores optan por adquirir madera nueva para reemplazarla, generando la tala de árboles debido a la demanda y un costo adicional al presupuesto constructivo.

Por tal motivo la presente investigación hace uso del aceite de linaza como aditivo, posteriormente analizar las propiedades físicas y mecánicas para uso estructural, considerando que los elementos estructurales como vigas collar o soleras son de uso obligatorio que generalmente conectan a los pisos y techos con los muros deben estar adecuadamente rigidizados en su plano, ya que actúan como elemento de arriostre horizontal y permitir construir viviendas de bajo costo, segura y con menor impacto ambiental, al utilizar recursos

accesibles y propios de la zona, generando que la mayoría de los materiales e insumos requeridos para el proceso constructivo se puedan elaborar en el lugar de la obra. Asimismo, se evita posibles colapsos de viviendas que ocasionarían pérdidas humanas y materiales.



*Figura 1.* Tala de árboles ilegal en zona de Ollantaytambo  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 2.* Deformación y agrietamiento de vigas de madera.  
Fuente: Elaboración propia

### **1.1.2. Formulación interrogativa del problema**

#### **1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general.**

¿Cuál será el análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus, procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco, tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural?



### **1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos**

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas (contenido de humedad, dureza por método Brinell, densidad, conductividad térmica) de la madera *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco?
2. ¿Cuáles son las propiedades mecánicas ( $f_c$  paralela al grano,  $f_c$  perpendicular al grano,  $f_y$  estática, resistencia al corte o cizallamiento) de la madera *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco?
3. ¿Cuáles son los efectos que producen en las propiedades físicas de la madera *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco al sumergirla en aceite de linaza?
4. ¿Cuáles son los efectos que producen en las propiedades mecánicas de la madera *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco al sumergirla en aceite de linaza?

## **1.2. Justificación de la investigación**

### **1.2.1. Justificación técnica**

La madera es un material muy utilizado dentro de la construcción de viviendas de bajo costo, en zonas andinas es usada como material estructural en la construcción de coberturas, es por eso que la mejora de sus propiedades físicas y mecánicas representa un avance tecnológico dentro del estudio de la mejora de materiales usados para la construcción, perteneciendo a la rama de Ingeniería de Materiales, específicamente a construcciones.

### **1.2.2. Justificación social**

En la localidad de Ollantaytambo la madera de tipo “*Eucalyptus glóbulus*” es ampliamente usado por la población del lugar para la construcción de viviendas de bajo costo, por su fácil acceso, trabajabilidad y resistencia como material de construcción, es por ello que la mejora de un material tan usado como este, representa un mejor aprovechamiento de la población de este recurso forestal, reduciendo así el costo de adquisición del material, lo que a la larga representará una mayor durabilidad de las viviendas construidas con este tipo de madera.

### **1.2.3. Justificación por viabilidad**

Dentro del estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera para su uso como material estructural se requieren equipos de ensayos y pruebas mecánicas de distintas características técnicas establecidas en las Normas Técnicas Peruanas, estos requerimientos técnicos son satisfechos por los equipos de Laboratorio de concreto y materiales de la Facultad



de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, de igual la obtención de probetas de ensayo del material de estudio es de fácil acceso, por lo cual el proceso de análisis y estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera es viable dentro del contexto estudiado.

#### **1.2.4. Justificación por relevancia**

Al ser la madera un material indispensable en la construcción de viviendas en adobe, motivo por el cual se pretende mejorar las propiedades físicas y mecánicas utilizando el aceite de linaza, prolongando la vida útil como elemento estructural y durabilidad en la localidad de Ollantaytambo.

### **1.3.Limitaciones de la investigación**

#### **1.3.1. Limitaciones de uso**

La investigación está limitada al uso de la madera de especie *Eucalyptus glóbulus*, procedente de la localidad de Ollantaytambo.

#### **1.3.2. Limitaciones de equipo**

En cuanto al equipo la investigación está limitada por las capacidades mecánicas de los equipos para los ensayos a utilizar según las normas NTP y a las estipuladas en las fichas técnicas de los equipos del laboratorio de concreto y materiales, se hará uso del equipo CBR puesto que la velocidad a la que se mueve el pistón del equipo es de 1.25 mm/min, cuyo valor es más cercana a la que exige la NTP para ensayos de muestras de madera en flexión estática, estos equipos se encuentra de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Asimismo, se hará uso del aceite de linaza de tipo cocido, ya que este tipo incorpora secantes y hace que la madera tratada esté lista para su uso en 6 horas aproximadamente, otro beneficio de este tipo es que ofrece una mayor resistencia frente a hongos.

Otra ventaja del aceite de linaza cocido frente al crudo, es que ofrece una mayor resistencia frente a hongos.

#### **1.3.3. Limitaciones de aplicación**

Esta investigación podrá extenderse a materiales forestales (madera) que tengan similares características a las de la madera *Eucalyptus glóbulus*, en cuanto a densidad y edad de las muestras, las propiedades que se realizarán en las muestras de madera serán:



#### Propiedades físicas:

- Contenido de humedad
- Densidad
- Dureza por el método Brinell
- Conductividad térmica

#### Propiedades mecánicas

- Resistencia a la compresión paralela al grano en madera.
- Resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera.
- Resistencia a la flexión estática en madera.
- Resistencia al corte o cizallamiento en muestras de madera.

### **1.4. Objetivo de la investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar comparativamente las propiedades físico-mecánicas de la madera *Eucalyptus glóbulus*, procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco, tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Determinar cuáles son las propiedades físicas (contenido de humedad, densidad, dureza, conductividad térmica) de la madera *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad Ollantaytambo en estado seco.
2. Determinar cuáles son las propiedades mecánicas de la madera *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco.
3. Determinar cuáles son los efectos que producen en las propiedades físicas (contenido de humedad, densidad, dureza, conductividad térmica) de la madera *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco al sumergirla en aceite de linaza.
4. Determinar cuáles son los efectos que producen en las propiedades mecánicas de la madera *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco al sumergirla en aceite de linaza.



## CAPITULO II: Marco teórico

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

**Título** : Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú

**Universidad** : Pontificia Universidad Católica del Perú

**Ubicación** : Lima, Perú

**Autor** : Ordoñez Garcia, Patricia Katherine

Lugo Chávez, Yessenia Katerine

**Fecha** : abril de 2016

**Resumen** :

Tomando como antecedente el bajo consumo de la madera como material estructural para la construcción debido a la escasa información actual sobre las propiedades de la misma en nuestro país, la presente memoria investiga el comportamiento de un sistema estructural en base a la madera.

Considerando que los bosques de nuestro país cubren una superficie de 73 millones de hectáreas, lo que representa el 57% de la superficie del territorio nacional y que el 30% del territorio nacional es apto para la extracción de madera, es posible decir que el Perú es un país potencialmente forestal. Bajo este escenario, resulta interesante evaluar a la madera como material estructural en un país como el Perú, donde se ha centralizado al hormigón y el adobe como materiales exclusivos para la construcción.

En una primera etapa de la presente investigación, se realizó ensayos mecánicos de flexión, resistencia a la compresión paralela y perpendicular a la fibra y resistencia al corte paralelo a la fibra aplicados a especímenes de madera (especie: Pino Radiata). Con estos resultados y evaluando el proceso de agrupamiento de la madera en el Perú, se verificó la posibilidad de clasificar esta especie en la NORMA E.010 MADERA. Los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas fueron comparados con las propiedades de especies nacionales con características similares. Esto con el fin de incentivar la promoción de nuevas especies diferentes a las actualmente comercializadas, lo que evitaría la extracción selectiva y la posible extinción de las más conocidas.



En una segunda etapa, se evaluó el comportamiento sísmico, aplicando la señal sísmica de mayo 1970 a un prototipo en escala real de una vivienda de tres pisos de madera. Dicho prototipo se construyó en base a entramados de madera compuestos por bastidores de pino radiata y cerramientos de paneles de OSB (Oriented Strand Board), fijados bajo un esquema de clavado específico. En esta etapa se pudo comprobar la excelente capacidad del entramado de madera para resistir carga horizontal (corte) debido al sismo. Finalmente se modeló el sistema con ayuda del software SAP 2000 para comparar los resultados con los experimentales.

### Conclusiones

- Los valores de las propiedades físicas y mecánicas determinadas confirman la posibilidad de usar al Pino radiata en la elaboración de entramados de madera con fines estructurales ya que los valores obtenidos en los ensayos se encuentran dentro de los rangos permisibles normalizados.
- Aunque la cantidad de especímenes a ensayar fue limitada, estos resultados nos ayudaron a comprender el comportamiento de la especie, además de estimular futuros estudios complementarios donde se amplíen la cantidad de variables analizadas.
- Como resultado del análisis mediante ensayos para determinar el agrupamiento de la madera Pino Radiata, se puede concluir de manera general, que no es posible clasificar la madera debido a que no se ha seguido el procedimiento riguroso expuesto en la norma NTP E.010, pero se muestran valores referenciales que se encuentran dentro de las tolerancias de la normativa nacional. Adicionalmente no se presentaron problemas por falta de resistencia, lo que ratifica físicamente lo expuesto en la bibliografía de esta especie.





**Título** : Determinación de las características físico mecánicas del eucalipto glóbulus de la zona de Paruro-Cusco con contenido de humedad seco y humedad natural evaluados con la norma técnica peruana E.010 para su agrupamiento estructural.

**Universidad** : Universidad Andina del Cusco

**Ubicación** : Cusco, Perú

**Autor** : Del Pezo Manya, Marquinho Andre  
Loayza Mora, Elvis Fernando

**Fecha** : Junio de 2016

**Resumen** :

La presente tesis se enmarca en la ciudad de Cusco, la investigación tiene por objetivo evaluar las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalipto Globulus de la zona de Paruro-Cusco en dos contenidos de humedad, los cuales fueron natural y seco.

Las propiedades físico-mecánicas que se ensayaron fueron: Densidad básica, Cizallamiento paralelo al grano, Compresión axial o paralela al grano, Compresión perpendicular y Flexión estática, para lo cual se utilizó un total de

200 probetas elaboradas de 5 árboles extraídos de la zona de Paruro-Cusco, se utilizaron 20 probetas por ensayo dando un total de 100 probetas por contenido de humedad seco y 100 probetas por contenido de humedad natural.

Las dimensiones de cada probeta se realizaron de acuerdo a lo estipulado en las Normas Técnicas Peruanas, y se verifico que estuvieran libres de defectos antes de cada ensayo, los porcentajes de humedad utilizados fueron: para contenido de humedad seco 12% y para contenido de humedad natural mayor a 30%.

Se utilizó criterios estadísticos, entre ellos Chauvenet el cual sirvió para aprobar o descartar los datos obtenidos, también se utilizó un límite de exclusión al 5%; para obtener este dato representativo, se utilizó la función probabilística Student (t) a un percentil 5 a un nivel de confianza del 95%.



En función a los resultados obtenidos, en el capítulo IV se presentan las conclusiones y recomendaciones, demostrándose que el Eucalipto Globulus de la zona de Paruro-Cusco tiene las características para poder ser empleado estructuralmente, cabe resaltar que los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos para el Eucalipto Glóbulus en su contenido de seco fueron superior a los resultados obtenidos en su contenido de humedad natural, clasificando al Eucalipto Glóbulus con contenido de humedad seco en el grupo “A” y al Eucalipto Glóbulus con contenido de humedad natural en el grupo “B”, según lo prescrito en la Norma Técnica Peruana E.010.

### Conclusiones

- Se logró demostrar la hipótesis general que refiere “Las propiedades físico- mecánicas de la madera eucalipto Glóbulus de la zona de Paruro-Cusco en su contenido de humedad seco y humedad natural la clasificaran como estructural de acuerdo a la norma técnica peruana E.010”, debido a que los resultados de los ensayos para determinar las propiedades físico-mecánicas tanto en el contenido de humedad seco como en el contenido de humedad natural, alcanzaron los valores de esfuerzos admisibles prescritos por la norma técnica peruana E.010, clasificándola como una madera de uso estructural.
- Se logró demostrar la sub hipótesis N° 1 que refiere “Las propiedades físicas del eucalipto Globulus de la zona de Paruro-Cusco en su contenido de humedad seco y humedad natural clasificaran para su uso estructural”, debido a que los resultados indican que la densidad básica en nuestra madera a un percentil del 5%, que equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t), dieron como resultado  $\delta_b = 0.7322 \text{ g/cm}^3$ , alcanzado los valores presticos en la norma técnica peruana E.010 para ser clasificada como estructural.
- Se logró demostrar la sub hipótesis N° 2 que refiere “Las propiedades mecánicas del eucalipto Globulus de la zona de Paruro-Cusco en su contenido de humedad seco y humedad natural clasificaran para su uso estructural” debido a que los resultados de los ensayos para determinar las propiedades mecánicas en nuestra madera a un percentil del 5%, que equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t), indican que, para cizallamiento paralelo al grano en el de contenido de humedad natural alcanzo los  $f_v = 13.6173 \text{ kg/cm}^2$  y para el contenido de humedad seco alcanzo los  $f_v = 17.6603 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que para compresión paralela al grano en el de contenido de humedad natural alcanzo los  $f_c \perp = 125.4932 \text{ kg/cm}^2$  y para el contenido de humedad seco alcanzo los  $f_c \perp = 144.8210 \text{ kg/cm}^2$ , en el caso de



compresión perpendicular al grano en el contenido de humedad natural alcanzo los  $f_c=56.7210 \text{ kg/cm}^2$  y para el contenido de humedad seco alcanzo los  $f_c=57.9902 \text{ kg/cm}^2$ , y por último en flexión estática en el contenido de humedad natural alcanzo los  $f_m=263.2922 \text{ kg/cm}^2$  y para el contenido de humedad seco alcanzo los  $f_m=244.2475 \text{ kg/cm}^2$ , en lo que respecta al módulo de elasticidad se obtuvo un  $MOE=30208.147 \text{ kg/cm}^2$ , logrando así, en los dos contenidos de humedad, obtener los valores de esfuerzos admisibles prescritos en la norma técnica peruana E.010 para ser clasificada como estructural.

- Se logró demostrar parcialmente la sub hipótesis N° 3 que refiere “El eucalipto Globulus de la zona de Paruro-Cusco en su contenido de humedad seco y humedad natural están clasificados en el grupo A según la norma técnica peruana E.010.”, ya que el Eucalipto Globulus con contenido de humedad seco sobrepaso los valores de esfuerzos admisibles requeridos en la Tabla 3 Esfuerzos Admisibles lo cual lo clasifica en el grupo A, mientras que el Eucalipto Globulus con contenido de humedad natural solo alcanzo a sobrepasar los valores de esfuerzos admisibles para flexión estática y compresión perpendicular, y en el caso de cizallamiento y compresión paralela no llego alcanzar dichos esfuerzos admisibles, por lo cual lo clasifica en el grupo B.

### 2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

**Título** : Propiedades físico-mecánicas de uniones clavadas y empernadas, sometidas a compresión, con madera tipo A, tipo B y tipo C: Guayacan, Eucalipto y Fernansánchez; para el diseño estructural de la cubierta del proyecto casa Montufar 623 (fonsal).

**Universidad** : Escuela Politécnica del Ejército

**Ubicación** : Sangolquí, Ecuador

**Autor** : Espinoza Stead, Alejandro Josué  
Salazar Murillo, Andrés Fernando

**Fecha** : junio de 2011

**Resumen** :

Esta investigación tiene incorporado los resultados de tesis de varios autores de la Escuela Politécnica del Ejército que se han empleado para la determinación de grupos de maderas estructurales.

**Conclusiones** :

- Los contenidos de humedad de las maderas estudiadas están en promedio para el Guayacan en 16%, Eucalyptus glóbulus 25% y Fernansánchez 16% dichos valores se utilizarán para corregir las cargas admisibles a un mismo contenido de humedad (madera verde %H=30).
- Para los ensayos de extracción de clavos, la madera Guayacan es la que mejor se comporta ante dicha sollicitación, debido a su densidad. En todos los ensayos el clavo extraído no sufrió ningún daño.
- En el ensayo de resistencia lateral fallo el clavo y la madera permaneció intacta, este ensayo se lo utilizará para determinar la carga admisible ante la sollicitación de cizalle simple.
- En uniones empernadas, el elemento central fue el que fallo y los elementos extremos no mostraron falla alguna. En este ensayo fue la madera la que cedió mientras que el perno no sufrió daño alguno.

**Título** : “Estudio de propiedades físico mecánicas (corte y flexión) de la especie de madera tropical teca (tectona grandis) en el sistema de laminado pegado estructural”.

**Autor** : José Sediél Barreto Castañeda

**Institución** : Universidad Nacional de Colombia Facultad de Artes Maestría en Construcción

**País** : Colombia Nivel: Maestría Año: 2013

**Resumen** :

En el país existen una gran variedad de especies de madera tropical o latifoliadas que no han sido estudiadas en el sistema de madera laminada pegada estructural, una de ellas es la teca, que por sus características físicas, presenta ventajas en comparación a las especies de coníferas que habitualmente se utilizan por la industria; por esto, con ensayos mecánicos de corte de MLPE en teca se verificaron que no existen problemas con la utilización de adhesivos estructurales utilizados para los laminados en madera, y por medio de pruebas de flexión se obtuvieron valores por encima de las resistencias admisibles de la normativa internacional, lo cual avalaría un posible uso de la teca en este sistema constructivo, lo que ampliaría las posibilidades , para que arquitectos y constructores colombianos utilicen la madera tropicales,



no solamente para usos decorativos, si no que pueden ser elementos importantes dentro de las estructuras de edificaciones.

Comentario: Con esta investigación se propuso analizar el comportamiento de una especie de madera tropical en el sistema de laminado pegado estructural. Para lograr este propósito se escogió dentro este grupo, una sola especie, Teca (*tectona grandis*), su selección se basó en sus características físicas y la determinante de que es una especie reforestada. Teniendo en cuenta la falta de normativa en Colombia acerca de los procesos de fabricación de MLPE, se utilizó la normativa chilena, NCh 2148-2006 (madera laminada encolada – requisitos e inspección), este documento se utilizó como guía para la elaboración de cada una de las probetas que se utilizaron para el desarrollo del trabajo de grado.

## **2.2. Bases teórico-científicas.**

### **2.2.1. La madera**

La madera se define como la sustancia vegetal más o menos dura, compacta y fibrosa que se extrae del tronco, ramas y raíces de las plantas leñosas. Es una agrupación de células de formas muy variadas de diferentes tamaños y características. Por lo tanto, la madera no es un material homogéneo, o sea, no tiene una estructura uniforme y debe cumplir en el árbol o vegetal vivo tres funciones: la conducción de la savia, o sea agua y sustancias disueltas, la transformación y almacenamiento de sustancias de reserva y el sostenimiento o resistencia mecánica del vegetal.

Según (CORMA, 2010) La madera proviene de los árboles. Este es el hecho más importante a tener presente para entender su naturaleza. El origen de las cualidades o defectos que posee pueden determinarse a partir del árbol de donde proviene. La madera tiene una compleja estructura natural, diseñada para servir a las necesidades funcionales de un árbol en vida, más que ser un material diseñado para satisfacer necesidades de carpinteros.

Según (Wavedeck, 2008) la madera es un tejido vegetal, cuyo nombre técnico es xylema, formado por una masa fibrosa compuesta de pequeñas células alargadas de forma tubular, paralelas al tronco del árbol y de milésimas de centímetros por sección que se extienden unos pocos milímetros a lo largo de su eje. Los árboles al crecer absorben del aire dióxido de carbono, y del suelo agua y minerales que se convierten, por el proceso de fotosíntesis, en carbohidratos, componentes básicos para la producción de células de madera.

### **2.2.2. Partes de la madera.**

Para (Tailaketa, 2014) las partes de la madera son:

**Corteza:** Es la capa exterior del tronco, de las ramas y de las ramitas. La corteza es una capa que protege la madera interna que es más delicada. Los árboles tienen en realidad corteza interna y externa, la capa interna de la corteza está hecha de células vivas y la capa externa está hecha de células muertas, parecido a nuestras uñas.

El nombre científico de la capa interna de la corteza es Floema. Es la encargada de llevar la savia de azúcar desde las hojas hacia el resto del árbol.

**Cámbium:** La capa delgada de células vivas dentro de la corteza se llama cámbium. Es la parte del árbol que crea nuevas células permitiendo al árbol crecer y ser más grueso cada año.

**Albura (Xilema):** El nombre científico para albura es xilema. Esta capa la forman una red de células vivas que traen agua y nutrientes desde las raíces hasta las ramas, ramitas y hojas. Es la madera más joven del árbol, con los años, las capas internas de albura mueren y se convierten en duramen.

**Duramen:** El duramen es albura muerta en el centro del tronco. Es la madera más dura del árbol, por lo que proporciona soporte y fortaleza. Usualmente su color es más oscuro que la albura.

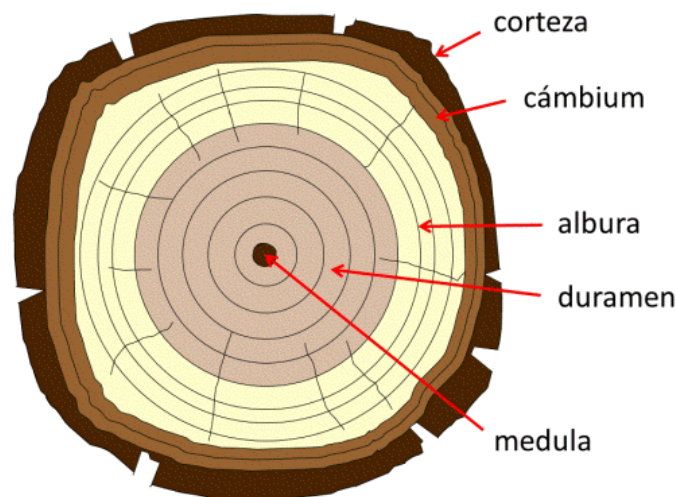


Figura 3. Partes de la madera  
Fuente: (Tailaketa, 2014)

### **Madera**

La madera viva es muy húmeda, pero después de cortar deja de actuar como ser vivo y empieza a secarse, pierde humedad y se contrae. El proceso de desecación es importantísimo, tiene por objeto producir madera con un contenido de humedad estable sin que la madera se rajé.



La madera puede rajarse si su secado no es uniforme. Se puede secar al aire o al horno, pero es fundamental almacenarla, de manera que el aire circule bien entre ella.

Una vez seca la madera sigue conteniendo un cierto grado de humedad, pero permaneciendo en el interior de un espacio cerrado ya no corre el riesgo de rajarse.

Los diferentes tipos de madera los podemos clasificar en dos grandes categorías:

- Maderas nacionales.
- Maderas exóticas o de importación

Y, dentro de las maderas nacionales en:

- Resinosas
- De hoja caduca

Y, dentro de las maderas de hoja caduca:

- Las maderas muy ligeras (densidad 0,35 a 0,5): samba, chopo, tilo, sauce...
- Las maderas ligeras (densidad 0,5 a 0,65): aliso, abedul...
- Las maderas semipesadas (densidad 0,65 a 0,8): roble, castaño, cerezo, fresno, haya, nogal, olmo, peral...
- Las maderas pesadas (densidad 0,8 a 0,95): Boj, encina...

(Acuerdo Cartagena, 2008).

### **Apeo corte y tala**

En este proceso intervienen los leñadores o la cuadrilla de operarios que suben al monte y con hachas o ahora motosierras eléctricas o de gasolina cortan el árbol y le quitan las ramas, raíces y empiezan a quitarle la corteza para que empiece a secarse.

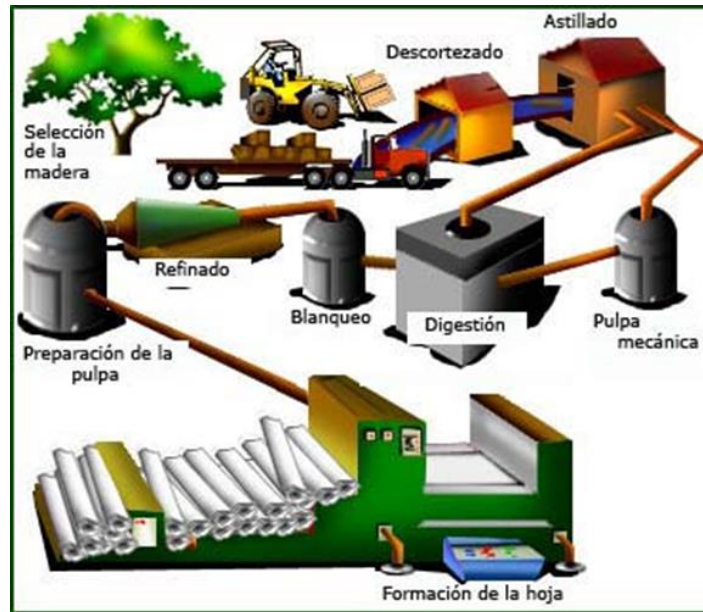


Figura 4. Proceso de obtención de la madera.

Fuente: ((La madera), <http://www.cepazahar.org/>, 2013)

### Secado

El secado de la madera es un proceso que se justifica para toda pieza que tenga uso definitivo en el interior de la vivienda (queda incorporada a la vida útil de ésta), sea con fines estructurales o de terminación (Fritz, 2004).

La utilización de madera seca aporta una serie de beneficios, entre los que se destaca:

1. Mejora sus propiedades mecánicas: la madera seca es más resistente que la madera verde.
2. Mejora su estabilidad dimensional.
3. Aumenta la resistencia al ataque de agentes destructores (hongos).
4. Aumenta la retención de clavos y tornillos.
5. Disminuye considerablemente su peso propio, abarata el transporte y facilita la manipulación de herramientas.
6. Mejora la resistencia de adhesivos, pinturas y barnices.
7. Mejora su ductilidad, facilidad para cortar y pulir.
8. Mejora la absorción de preservantes líquidos aplicados con presión.
9. Aumenta la resistencia de las uniones de maderas encoladas.

### Secado al aire

Se efectúa simplemente encastillando la madera bajo cubiertas protectoras contra el sol directo, permitiendo la circulación de aire en forma expedita y, según las condiciones de temperatura y



humedad relativa del ambiente, el secado de la madera. Tiene la desventaja de ser un proceso lento y poco efectivo (Fritz, 2004).

Los principales factores que influyen en un buen secado al aire son:

Disponer de una cancha o patio que permita exponer la madera al aire, y que el encastillado sea efectuado de modo que el aire circule envolviendo cada una de las piezas de madera.

El mejor sistema de encastillamiento para un secado rápido con el mínimo de agrietamiento y torceduras, es el apilado plano.



*Figura 5.* Secado de madera al aire

Fuente: Manual de construcción viviendas en madera - Corma.

### **Secado convencional en horno**

Consiste en secar la madera en cámaras especiales (hornos), en los cuales se manejan variables de presión, humedad y temperatura (100 a 103 °C), la madera aserrada deberá estar seca a un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente donde va ser instalada y en ningún caso se excederá de un contenido de humedad del 22% (Norma ITINTEC251.104).

Este proceso tiene la ventaja de ser rápido, además de establecer el grado de humedad deseado.

Tiene la desventaja de ser un proceso que puede provocar fisuras, grietas, arqueaduras y torceduras en la madera, dependiendo del procedimiento y la especie.

### **Defectos por secado**

Los defectos por secado se producen cuando se realiza un proceso que genera tensiones internas a nivel de estructura de la madera, siendo los más frecuentes:

1. Arqueaduras
2. Acanaladura
3. Encorvadura



4. Torcedura
5. Colapso

### 2.2.3. La madera como recurso forestal

Según OSINFOR-Perú (Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre), los bosques son el recurso natural renovable más importante del Perú tanto por su extensión como por su importancia económica. Con una superficie boscosa de cerca de 73 millones de ha (57% del territorio nacional) el país ocupa el 2º lugar en América del Sur. Los bosques existentes en el país se pueden clasificar de varias maneras:

#### 1. Por su origen:

- a) Bosques naturales: de origen natural. Cubren 72,8 millones de ha.
- b) Bosques cultivados: sembrados o reforestados. Cubren unas 300 000 ha.

#### 2. Por regiones naturales:

- a) Costa: bosques naturales (1,87 millones de ha); bosques cultivados (12 mil ha).
- b) Sierra: bosques naturales (0,7 millones de ha); bosques cultivados (270 mil ha).
- c) Selva: bosques naturales (70,2 millones de ha); bosques cultivados (18 mil ha).

#### 3. Por la composición de especies:

- a) Heterogéneos: con una alta diversidad de especies por hectárea. Cubren 65,5 millones de ha. Son los bosques amazónicos en su mayor parte.
- b) Homogéneos: con una composición bastante uniforme de pocas especies.

Cubren un total de 7,3 millones de ha. Pertenecen a este grupo los manglares (5 000 ha), los bosques secos (1, 1 millones de ha), los quinales y quishuares (30 000 ha), los bosques de romerillo (700 000 ha), y los aguajales (5,5 millones de ha).

#### 4. Por su aptitud:

Aptos para la extracción de madera, o sea, cuyas condiciones posibilitan las actividades forestales maderables. Cubren 39,3 millones de ha. No operables, o sea, donde las condiciones de pendiente y otras no favorecen las actividades forestales maderables. Cubren 26,2 millones de hectáreas. Estos bosques se ubican en tierras de protección donde las actividades humanas



(agricultura, ganadería, forestales) deben ser evitadas para no destruir otros recursos (cuencas, aguas, suelos, diversidad biológica, etc.).

La importancia de los bosques es económica, social y ambiental o ecológica.

5. La importancia económica está dada por los numerosos productos que se obtienen de ellos tanto maderables (unos 8 millones de M<sup>3</sup> de madera/año) y no maderables (leña, plantas medicinales, alimentos vegetales, carne de monte, fibras, tintes, etc.). En el Perú se usan unas 4400 especies de plantas para 48 fines distintos y que representan un valor de US\$ 4 000 millones al año. El potencial maderero total del país se calcula en 5 600 millones de m<sup>3</sup> de los cuales se aprovechan 8 millones al año.

6. La importancia social está en la alta dependencia de grupos humanos de los recursos forestales tanto para la obtención de diversos productos (leña, alimentos, medicinas, fibras, etc.) como para su subsistencia cultural, como las comunidades indígenas amazónicas, que viven en y del bosque.

7. La importancia ambiental o ecológica consiste en los servicios ambientales que prestan los bosques como la conservación del agua y de las cuencas de los ríos, la conservación de los suelos, la conservación de la diversidad biológica (especies de flora, fauna, microorganismos y recursos genéticos). La conservación de los bosques es de alta prioridad.

Los efectos ambientales y sociales, como son la deforestación y la degradación de los recursos forestales producen una constante pérdida de biodiversidad y de fertilidad de los suelos; una drástica disminución de la capacidad de las montañas y bosques como fuente de generación y mecanismo de regulación y la desertificación de extensas áreas.

La producción está conformada en su mayoría por las siguientes especies forestales según el departamento:

Todas estas especies son utilizadas para los diferentes elementos de la construcción, ya sean estructuras, pisos, puerta, ventanas, encofrado y en si todo tipo de acabado, dependiendo del costo de las maderas. El eucalipto y el pino son las especies que tiene mayor demanda para la construcción debido a sus propiedades y sobre todo a su precio.

#### **2.2.4. Clasificación de la madera por resistencia para uso estructural.**

Según la Norma Técnica Peruana E.010, se denomina A al grupo de maderas de mayor resistencia, las densidades básicas de este grupo están por lo general en el rango de 0.71 a 0.90;

B al grupo intermedio con una densidad entre 0.56 y 0.70 y las del grupo C de menor resistencia con una densidad básica entre 0.40 y 0.55. Cualquiera especie de las ubicadas en un grupo estructural determinado se considera que reúne por igual las características de resistencia y rigidez asignadas al grupo. Desde el punto de vista de comportamiento estructural es indiferente usar cualquiera de ellas una vez seleccionado el grupo. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que las maderas del mismo grupo estructural no siempre tienen características similares de trabajabilidad y durabilidad natural.

Tabla 1. Tipificación de la madera por densidad.

Grupo	Densidad básica gr/cm <sup>3</sup>
A	$\geq 0.71$
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

Fuente: Norma Técnica Peruana E 0.10

Tabla 2. Esfuerzos admisibles por tipo de madera.

Grupo	Esfuerzos admisibles				
	Flexión (f'm)	Tracción (ft)	Compresión paralela (fc)	Compresión perpendicular (fc')	Corte paralelo (f'v)
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)	2.7(28)	1.2(12)
C	9.8(100)	7.8(80)	7.8(80)	1.5(15)	0.8(8)

Fuente: Norma Técnica Peruana E.010

### 2.2.5. Características de la madera.

Según (Pérez Galaz, 2005), independientemente de la especie, la madera puede ser considerada como un material biológico, anisotrópico e higroscópico.

### Material Biológico.

Porque está compuesto principalmente por moléculas de celulosa y lignina, por ello puede ser un material biodegradable, es atacado de hongos e insectos xilófagos, como la polilla. Debido a esto la madera debe tener un especial tratamiento de protección que garanticen su durabilidad en el tiempo en relación con los otros materiales inorgánicos (ladrillo, acero, hormigón entre otros).

### Material Anisotrópico

Según sea el plano o dirección que se considere respecto a la dirección longitudinal de sus fibras y anillos de crecimiento, el comportamiento tanto físico como mecánico del material, presenta resultados dispares y diferenciados. Para tener una idea de cómo se comporta, la madera resiste entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal.

Debido a este comportamiento estructural tan desigual, se ha hecho necesario establecer:

1. Eje tangencial
2. Eje radial
3. Eje axial o longitudinal

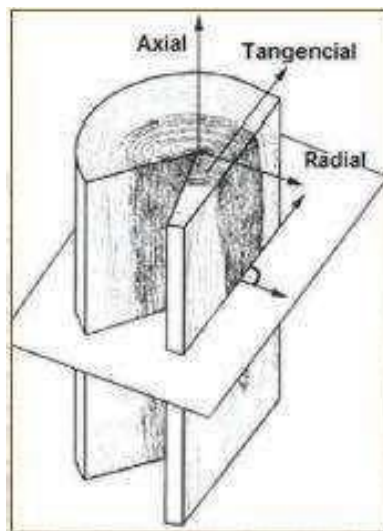


Figura 6. Direcciones de los ejes de una pieza troncal de madera.

Fuente: Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998

El eje tangencial, como su nombre lo indica, es tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular al eje longitudinal de la pieza.

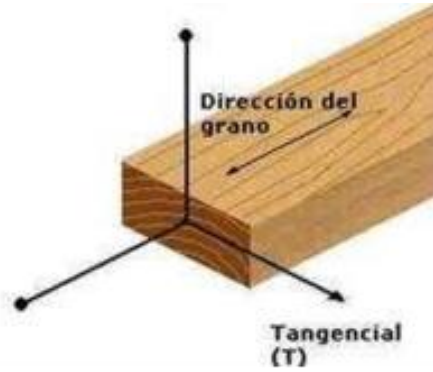


Figura 7. Eje tangencial de una pieza de madera  
Fuente: Manual de construcción viviendas en madera - Corma

El eje radial es perpendicular a los anillos de crecimiento y al eje longitudinal.

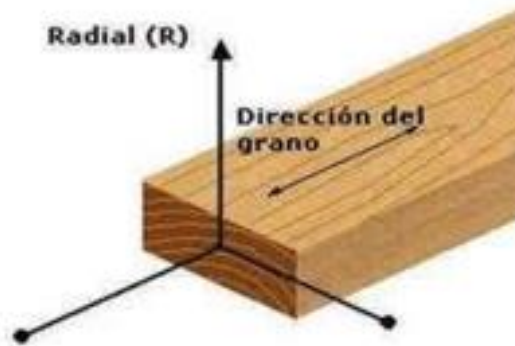


Figura 8. Eje radial de una pieza de madera  
Fuentes: Manual de construcción viviendas en madera - Corma.

El eje longitudinal es paralelo a la dirección de las fibras y por ende, al eje longitudinal del tronco. Forma una perpendicular respecto al plano formado por los ejes tangencial y radial.



Figura 9. Eje longitudinal en una pieza de madera  
Fuentes: Manual de construcción viviendas en madera - Corma.



### **Material Higroscópico**

Tiene la capacidad de captar y ceder humedad en su medio, proceso que depende de la temperatura y humedad relativa del ambiente. Este comportamiento es el que determina y provoca cambios dimensionales y deformaciones en la madera.

#### **2.2.6. Propiedades Físicas de la Madera**

Según (Associats, 2014) las propiedades físicas de la madera son:

**Contenido de Humedad:** Se refiere al contenido de agua de la madera que se presenta bajo tres formas: Libre - Imbibición - Constitución. El contenido de humedad influye sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

Según (Ananias, 1993) La estructura de la madera almacena una importante cantidad de humedad. Esta se encuentra como agua ligada (savia embebida) en las paredes celulares y como agua libre, en el interior de las cavidades celulares. Para determinar la humedad en la madera, se establece una relación entre masa de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra, expresada en porcentaje. A este cociente se le conoce como contenido de humedad.

#### **Densidad**

La densidad es una medida utilizada por la física y la química para determinar la cantidad de la masa en un determinado volumen. La ciencia establece dos tipos de densidades. La densidad absoluta o real que mide la masa por unidad de volumen, y es la que generalmente se entiende por densidad. Se calcula con la siguiente formula:

Densidad = masa/volumen

#### **Dureza por método Brinell**

Se entiende por dureza la propiedad de la capa superficial de un material de resistir la deformación elástica, plástica y destrucción, en presencia de esfuerzos de contactos locales por otro cuerpo, más duro, el cual no sufre deformaciones residuales (indentador o penetrador), de determinada forma y dimensiones.

El estándar ASTM E 10-78 define la dureza Brinell como un método de ensayo por indentación por el cual, con el uso de una maquina calibrada, se fuerza una bola endurecida, bajo condiciones específicas, contra la superficie del material a ensayar y se mide el diámetro de la impresión resultante luego de remover la carga.

**Conductividad térmica:** La conductibilidad térmica de la madera es directamente proporcional al contenido de humedad y a la densidad. La cantidad de calor conducida por la madera varía con la dirección de la fibra, el peso específico, la presencia de nudos y rajaduras. La madera seca es un buen aislante térmico.

La facultad de ciertos materiales de conducir el calor a través de ellos es entendida como conductividad térmica. Cuando dos cuerpos están en contacto y tienen diferencias de temperatura se genera la conducción del calor. Pero solo atraviesa el material de un extremo a otro cuando el material es conductor de calor, si no lo hace es catalogado como un aislante.

La transmisión de calor por conducción a través de un material depende de su estructura microscópica, en la materia sólida, para ser más precisos, depende del intercambio de electrones libres para el caso de los metales o de los modos de vibración de las partículas microscópicas para el caso de los no metales.

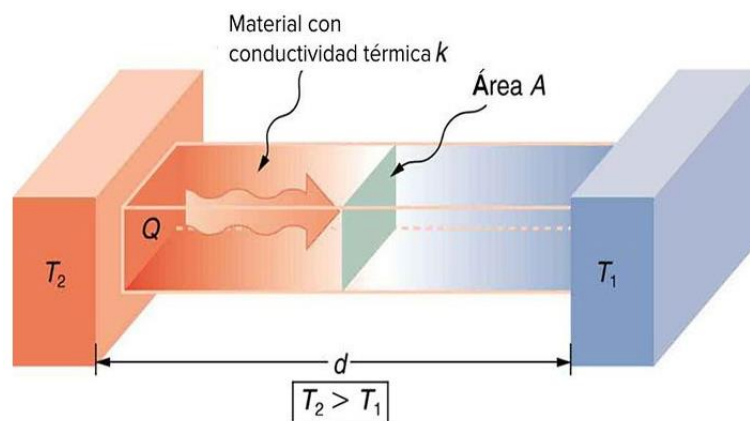


Figura 10. Esquema de transmisión de calor en materiales sólidos  
Fuente: (Lamadera, 2019)

La conductividad de calor depende directamente de la magnitud del coeficiente de conductividad térmica. Entre más alto sea el coeficiente del material mejor podrá transferir la energía térmica a través de sí mismo, como es el caso de los metales, pero cuando el coeficiente del material es muy bajo, se habla de resistividad térmica. Un ejemplo de este tipo de material es la madera, la cual carece de electrones libres y las fibras del material que la componen tienen modos de vibración muy bajos, por lo que es catalogada como un aislante.

El coeficiente de conductividad térmica se mide en las siguientes unidades: vatios/(metro\*kelvin) y expresa la cantidad de calor que atraviesa la superficie de un material por unidad de tiempo cuando existe una diferencia de temperatura entre los materiales en





contacto. El coeficiente de la madera es de solo 0.13 mientras que el del oro es de 308.2, se aprecia la gran diferencia con respecto a la conductividad térmica entre estos 2 materiales.

Es de destacar que la conductividad térmica de la madera varía dependiendo del grado de humedad que esta contiene y de la temperatura a la cual se realiza la medición. La conductividad térmica de la madera aumenta un poco a mayor temperatura y mayor humedad.

### **2.2.7. Propiedades Mecánicas de la Madera Estructural**

Según (Infomadera, 2019) las propiedades mecánicas de la madera estructural son:

La orientación de las fibras que componen la madera dan lugar a la anisotropía de su estructura, por lo que a la hora de definir sus propiedades mecánicas hay que distinguir siempre entre la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra. En este hecho radica la principal diferencia de comportamiento frente a otros materiales utilizados en estructuras como el acero y el hormigón. La resistencia en la dirección paralela a la fibra es más elevada que en la dirección perpendicular.

A modo de introducción podemos ver que los árboles están diseñados por la naturaleza para resistir con eficacia los esfuerzos a los que va a estar sometido en su vida; principalmente los esfuerzos de flexión producidos por la acción del viento y los de compresión producidos por las acciones gravitatorias.

Sobre la madera como material se han realizado muchos estudios e investigaciones mediante ensayos realizados sobre probetas pequeñas libres de defectos o madera limpia, pero la madera estructural comprende piezas de grandes escuadrías en las que aparecen numerosos defectos o particularidades como nudos, gemas, etc. Por eso, la tendencia actual es la de estudiar e investigar piezas de madera comerciales o reales que permiten evaluar mejor la presencia e influencia de dichas particularidades. En los productos estructurales de la madera es importante tener en cuenta que se trata de productos que han sido clasificados para su uso estructural, y por lo tanto no se pueden utilizar o buscar correlaciones con otro tipo de clasificaciones.

Para referirse a las propiedades mecánicas en madera estructural se suelen dar los valores característicos, que se definen como aquellos que son seguros con un 95 % de probabilidad, y son los que se emplean, por ejemplo, para comprobar la resistencia. Los valores medios son seguros con una probabilidad del 50 %.



A continuación, se recogen las características más significativas de las propiedades mecánicas de la madera estructural.

### **Resistencia a la compresión paralela a la fibra**

Su resistencia a compresión paralela a la fibra es elevada, alcanzando valores característicos en la madera clasificada de 16 a 23 N/mm<sup>2</sup>.

En el cálculo de los elementos comprimidos se ha de realizar la comprobación de la inestabilidad de la pieza (pandeo).

El valor relativamente bajo de este módulo reduce en la práctica la resistencia a la compresión en piezas esbeltas.

Esta propiedad resulta importante en una gran cantidad de tipos de piezas, como pilares, montantes de muros entramados, pares de cubierta, etc.

### **Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra**

Su resistencia a compresión perpendicular a la fibra es muy inferior a la de la dirección paralela. Sus valores característicos varían entre 4,3 y 5,7 N/mm<sup>2</sup>, lo que representa la cuarta parte de la resistencia en dirección paralela a la fibra.

Este tipo de esfuerzo es característico de 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 aplastamiento.

### **Resistencia al Corte o Cizallamiento**

El esfuerzo cortante origina tensiones tangenciales que actúan sobre las fibras de la madera según diversos modos.

- tensiones tangenciales de cortadura: las fibras son cortadas transversalmente por el esfuerzo. El fallo se produce por aplastamiento.
- tensiones tangenciales de deslizamiento: el fallo se produce por el deslizamiento de unas fibras con respecto a otras en la dirección longitudinal.
- tensiones tangenciales de rodadura: el fallo se produce por rodadura de unas fibras sobre las otras.



En las piezas sometidas a flexión y a cortante, las tensiones que intervienen son conjuntamente las de cortadura y deslizamiento. Sus valores característicos (por deslizamiento) varían entre 1,7 y 3,0 N/mm<sup>2</sup> en las especies y calidades utilizadas habitualmente en la construcción.

Las tensiones tangenciales por rodadura de fibras sólo se producen en casos muy concretos, como son las uniones encoladas entre el alma y el ala de una vigueta con sección en doble T. El valor de la resistencia por rodadura es del orden del 20 al 30% de la resistencia por deslizamiento.

### **Resistencia a la Flexión Estática**

Su resistencia a flexión estática es muy elevada, sobre todo comparada con su densidad. Sus valores característicos para las coníferas, que se utilizan habitualmente en estructuras, varían entre 14 y 30 N/mm<sup>2</sup>. En madera es preciso hablar de una resistencia a la flexión, aunque esté formada por la combinación de una tracción y una compresión, ya que el comportamiento mecánico de estas dos propiedades es diferente, y por tanto resulta más práctico referirse al efecto conjunto de ambas en el caso de flexión.

Esta propiedad es importante en piezas tales como vigas, viguetas de forjado, pares de cubierta, etc.

#### **2.2.8. Pruebas de laboratorio aplicadas a muestras de madera.**

Para (Fritz, 2004), las pruebas principales para las maderas utilizadas en estructuras se evaluarán a contenidos de humedad distintos y considerando los procedimientos y restricciones de la Norma Técnica Peruana.

- Estado seco : 0% de humedad
- Estado húmedo : 12% de humedad

##### **2.2.8.1. Ensayo de contenido de humedad**

La humedad (agua) en la madera varía de una especie a otra; por ejemplo: madera recién cortada de ciprés (Cupressus lusitanica) puede presentar hasta un 130% de contenido de humedad respecto a su peso seco, mientras que madera de jaúl (Alnus acuminata) presenta un 90% de contenido de humedad. Desde otro punto de vista, si madera aserrada de ciprés y de jaúl presentan un mismo volumen, por ejemplo 5 m<sup>3</sup> (2 310 pulgadas madereras ticas), tendríamos: la madera de ciprés pesará 4 250 kg y la cantidad de agua presente será de 2 403 kg (2 403 lt ó 635 galones aprox.); mientras que la madera de jaúl pesará 3 850 kg, pero solamente contendrá 1 824 kg de agua (1 824 lt o 482 galones aprox.). La diferencia en la cantidad de agua que

contiene cada especie se debe a la densidad que manifiesta la madera al contenido de humedad inicial; para ciprés la densidad es de 0,85 g/cm<sup>3</sup> y para el jaúl es de 0,77 g/m<sup>3</sup>.

#### a) Método gravimétrico o por diferencia de peso

De una pieza de madera se corta una muestra e inmediatamente se pesa para obtener el peso inicial (Pi), luego se coloca en un horno a una temperatura máxima de 105 grados Centígrados por un tiempo de 24 horas hasta que se obtenga un **peso constante** en la muestra, el que será el peso seco al horno o peso final (Po).

Para calcular el contenido de humedad (CH) se aplica la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Pi - Po}{Po} * 100$$

CH : Contenido de humedad en %.

Pi : Peso inicial (húmedo).

Po : Peso final (seco).



Figura 11. Ensayo de contenido de humedad por diferencia de peso.  
Fuente: Kuru – Revista forestal.

#### b) Métodos eléctricos

Las propiedades eléctricas de la madera más importantes son su resistencia al paso de una corriente eléctrica y sus características como material dieléctrico. Estas se utilizan como base para la fabricación de aparatos destinados a medir el contenido de humedad de la madera. Estos medidores eléctricos tienen la ventaja de que las lecturas del contenido de humedad son inmediatas y es una determinación no destructiva; pero presentan ciertas limitantes, principalmente el rango de confiabilidad (6 a 25% CH), se debe corregir la lectura según especie, temperatura y dirección del grano en la madera.



Figura 12. Ensayo de contenido de humedad por el método del higrómetro.  
Fuente: Kuru – Revista forestal.

### 2.2.8.2. Resistencia a la compresión paralela al grano

La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras. Esto proviene del hecho que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación de las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. Esta es la capa de mayor espesor de las fibras. Los esfuerzos de trabajo que se dan para la compresión paralela al hilo se aplican a postes, columnas y puntales. La resistencia a la compresión paralela a las fibras en la madera es aproximadamente la mitad que su resistencia a la tracción.

Para comprender el comportamiento mecánico de la madera es preciso tener presente la constitución anatómica de la misma. El ensayo principal en la madera es el de compresión, del cual se pueden deducir las demás características mecánicas en forma simplificada. (Cartagena., 1984).

$$\sigma = \frac{P \max}{A} (\text{kg/cm}^2)$$

- $\sigma$  : Esfuerzo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $P \max$  : Carga máxima antes de la falla.  
 $A$  : Área de la sección transversal de la muestra.

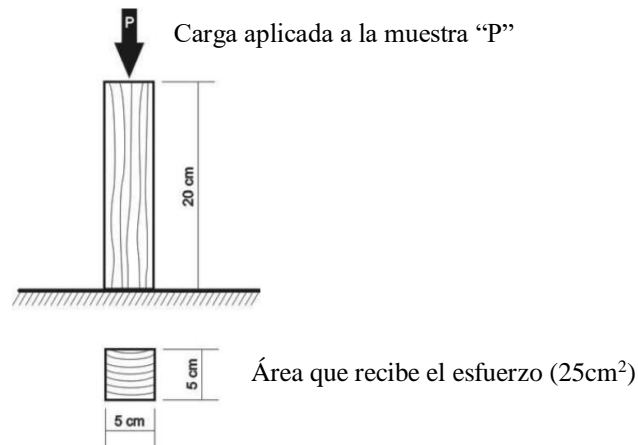


Figura 13. Esquema de ensayo a compresión axial  
Fuente: Manual de viviendas en madera – Corma

### 2.2.8.3. Resistencia a la compresión perpendicular al grano

Las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y que tiende a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas. Esto permite que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguible. Al incrementarse la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo (aplastando los pequeños cilindros que semejan las fibras), aumentando su densidad y también su misma capacidad para resistir mayor carga.

La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional. Este varía entre 1/4 a 1/5 del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela. Este tipo de esfuerzo es característico de 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 aplastamiento (Cartagena., 1984).

$$\sigma_{cp} = \frac{P \max}{A}$$

- $\sigma_{cp}$  : Resistencia al esfuerzo por compresión (kg/cm<sup>2</sup>).
- $P \max$  : Carga máxima antes de la falla.
- $A$  : Área de compresión en la muestra

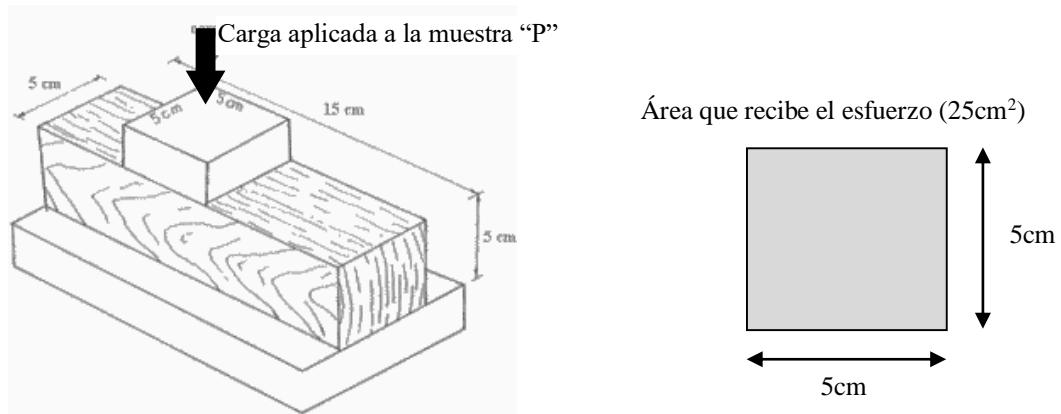


Figura 14. Esquema de ensayo a compresión perpendicular al grano

Fuente: Manual de viviendas en madera - Corma

#### 2.2.8.4. Resistencia al corte o cizallamiento paralelo al grano

En elementos constructivos el esfuerzo por corte o cizallamiento se presenta cuando las piezas están sometidas a flexión (corte por flexión). Los análisis teóricos de esfuerzos indican que en un punto dado los esfuerzos de corte son iguales tanto a lo largo como perpendicularmente al eje del elemento. Como la madera no es homogénea, sino que sus fibras se orientan por lo general con el eje longitudinal de la pieza, presenta distinta resistencia al corte en estas dos direcciones. Perpendicularmente a las fibras la resistencia es de tres a cuatro veces mayor que en la dirección paralela.

En elementos a escala natural hay una disminución por la presencia de defectos como por la influencia del tamaño de las piezas. Por otro lado, este esfuerzo casi siempre se presenta combinado con otros lo que puede resultar en menores valores (Cartagena., 1984).

$$\sigma_c = \frac{P_{max}}{h * e}$$

- $\sigma_c$  : Resistencia al esfuerzo por cizallamiento (kg/cm<sup>2</sup>).
- $P_{max}$  : Carga máxima antes de la falla.
- $h$  : Altura de la probeta.
- $e$  : Espesor de la probeta.

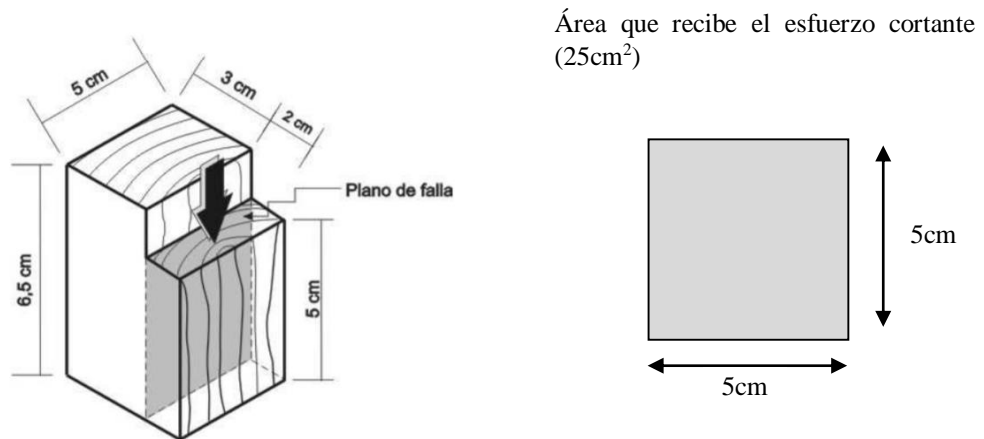


Figura 15. Esquema de ensayo a compresión axial  
Fuente: Manual de viviendas en madera - Corma

### 2.2.8.5. Resistencia a la flexión estática

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

Los esfuerzos en flexión se producen en cuerpos de gran longitud respecto a las dimensiones de su sección transversal, cuando estos son sometidos a la acción de cargas transversales o normales de su eje longitudinal, de tal manera que tiendan a producir una forma de arco del elemento. Un caso típico es el de la viga (Cartagena., 1984).

El ensayo de flexión estática mide la resistencia que opone una viga a una carga puntual aplicada en el centro de la luz o distancia entre apoyos, aplicada en la cara radial de la probeta (Cartagena., 1984).

$$\sigma fs = \frac{3 * Pmax * L}{2 * a * h^2}$$

- $\sigma fs$  : Resistencia a esfuerzos por flexión estática (kg/cm<sup>2</sup>).  
 $P max$  : Carga máxima antes de la falla.  
 $L$  : Luz de la muestra (cm).  
 $a$  : Ancho de la muestra (cm).  
 $h$  : Altura de la muestra (cm).



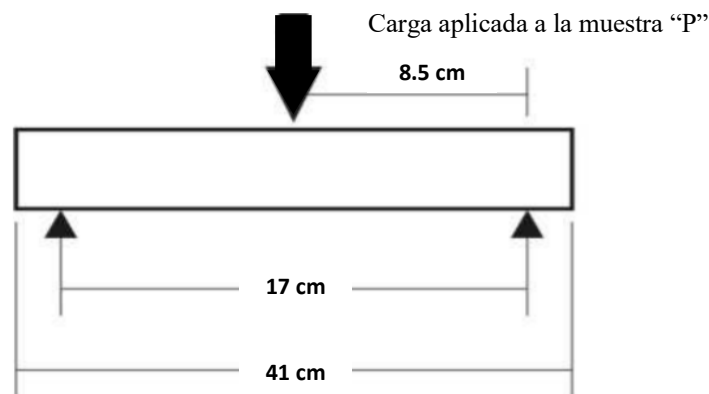


Figura 16. Esquema de ensayo de resistencia por flexión estática.  
Fuente: Manual de viviendas en madera - Corma

### 2.2.9. La Madera de tipo Eucalipto Glóbulus

El Eucalipto es una madera que ha tomado un papel preponderante en el mercado maderero por su multiplicidad de usos y aplicaciones como ser pisos, molduras, machimbres, tirantería, aberturas, tableros, muebles, decks y hasta postes de luz, entre otros usos.

El eucalipto ha reemplazado el uso de maderas nativas tradicionales y permite conservar bosques nativos ofreciendo al mercado madera de calidad a un precio muy competitivo. El piso de eucalipto, por ejemplo, es un producto novedoso que pone nuevamente a la madera como una opción inteligente por su estética sofisticada, su calidez y por brindar un producto accesible a las clases medias. (Madera y construcción, 2015)

#### **Propiedades:**

**Sustentabilidad ambiental:** El eucalipto se presenta como una madera renovable y reciclable, ya que proviene de plantaciones artificiales. Este cultivo puede certificarse en lo social, ambiental y económico por rigurosos sistemas, ya sea el nacional Cerfoar (PEFC), como internacional FSC. Si bien su introducción comenzó en Argentina en el siglo pasado (década del '40), comenzó a plantarse industrialmente en la década del '70. Su desarrollo ha sido fundamental para generar un cambio de cultura en el uso maderero, siendo una solución para quitar presión al uso de maderas nativas y así preservar los ecosistemas naturales. (Madera y construcción, 2015)

**Resistencia y durabilidad:** El eucalipto se utiliza tanto en carpintería de exterior como interior. Su durabilidad en el exterior, en contacto directo con el suelo varía de unos 5 a 20 años,



dependiendo en gran medida del tratamiento de impregnación (por ejemplo, postes de alumbrado). En exterior y sin contacto con el suelo se calcula que esta madera dura de 15 a 40 años, dependiendo del tratamiento y mantención que reciba. Por ello el eucalipto ha reemplazado a las maderas nativas duras tradicionales y hoy se lo utiliza en la construcción de decks, pérgolas, tranqueras, cercos, muebles de exterior y glorietas, por ejemplo. (Madera y construcción, 2015)

**Estética:** Si bien la gran variedad de eucaliptos ofrece distinta coloración como por ejemplo el Eucalipto Colorado con un color rojizo oscuro y el Eucalipto Grandis con un tono más claro, se caracteriza por ser una madera uniforme, casi libre de nudos y tener un veteado delicado, continuo y agradable a los sentidos. Con una nueva generación de tratamiento de barnices, lacas y otros protectores, se puede lograr una estética similar o superior a las especies nativas a un costo competitivo y sin dañar el medio ambiente. (Madera y construcción, 2015).

#### **Características:**

**Color:** El duramen es de color marrón pálido, casi amarillo. La albura de color claro o gris pálido.

**Fibra:** Entrelazada.

**Grano:** De medio a grueso.

**Dureza y Densidad:** Tiene una densidad aproximada de 780-830 kg/m<sup>3</sup> al 12% de humedad, sin embargo, no es uniforme en todo el tronco.

**Dureza:** Se trata de una madera semidura, La dureza es una propiedad de referencia para conocer la trabajabilidad de la madera y debe considerarse para cualquier utilización en que la madera esté sometida a impactos.

**Durabilidad:** Moderadamente duradero. Susceptible al ataque de insectos. Puede usarse sin problemas al exterior, siempre y cuando se haya tratado correctamente.

**Estabilidad Dimensional:** Es una madera con importantes tensiones internas. Estas son mayores en los árboles jóvenes y se van relajando con el tiempo. Los coeficientes de contracción radiales y tangenciales permiten estimar los problemas que pueden originarse durante el secado y los posteriores movimientos de la madera una vez puesta en servicio.

**Variación en el sentido radial:** En todos los casos, las propiedades (a excepción del punto de saturación de la fibra) presentan una fuerte tendencia a variar en el sentido radial, incrementándose de forma más o menos acusada desde la médula y hacia la corteza



## La Linaza

El lino, linaza o flax es una planta de cultivo muy antiguo teniendo un gran prestigio como planta saludable. Las semillas originalmente se usaban maceradas para preparar bálsamos que curaban inflamaciones de la piel o problemas de constipación. (Guadua, 1996)

### 2.2.10. Aceite de Linaza

Es un líquido viscoso y amarillento que se obtiene por prensado en frío y ocasionalmente tratado con disolventes de las semillas secas de la planta conocida por linaza (*Linum usitatissimum*, Linaceae) de la cual se utiliza también el tallo para obtener fibras que sirven de base para la tela conocida como lino. Este aceite vegetal endurece al aire muy lentamente y en realidad nunca llega a ser completamente rígido y mantiene cierta plasticidad, por esta razón se ha usado extensamente para la preparación de masillas de relleno cuando se le agrega algún polvo para darle cuerpo. Esta misma propiedad es la que hace que sea una excelente base para las pinturas al mantener cierta flexibilidad por largo tiempo. (Guadua, 1996)

Ha sido utilizado para el tratamiento de las superficies de madera y el cuero, las que hace relucientes, pero no vidriadas a la vez que rellena los pequeños poros, pero sin encubrir las fibras. Es el tratamiento de lujo de las maderas y su terminación puede durar meses. Cuando el aceite de linaza se hierve, se polimeriza parcialmente y el secado posterior al aire se realiza mucho más rápido, es entonces cuando se convierte en base para pinturas y adquiere carácter de barniz por sí mismo. (Guadua, 1996)

### Tipos de Aceite de Linaza

1. **Aceite crudo:** El aceite de linaza en crudo tarda bastante en secar, hasta varios días en función de la madera y el ambiente.

#### Usos del aceite de linaza crudo

El aceite de linaza se usa para "rebajar" la pintura y darle una consistencia más suave o más líquida, de hecho, es con lo que están elaboradas las pinturas al óleo. Es utilizado como base de ciertas pinturas para madera por sus características. Este aceite sirve de protección a la madera, pero no es una pintura en sí. No es recomendable aplicar aceite antes de barnizar una superficie. La pintura podría no adherirse. (Guadua, 1996)

2. **Aceite cocido:** El aceite de linaza cocido es un acabado secativo que deja una pequeña capa sobre la superficie de la madera. Como todos los aceites, se vuelve pegajoso y plástico si se no se limpia el exceso.



3. **Aceite que contiene secantes:** a diferencia del aceite de tipo crudo, este tiene la ventaja de secar en un par de horas ya que incorpora secantes.

### **Propiedades del Aceite de Linaza**

- ✓ Es un producto natural y ecológico.
- ✓ Gracias a su alto contenido en yodo es un producto secante.
- ✓ Aporta color y brillo a las maderas oscuras. En las maderas claras puede amarillear.
- ✓ Impermeabilización.
- ✓ Protección.
- ✓ Nutre la madera. Con ello se evita que se raje y curve.
- ✓ A diferencia de otros productos como el barniz, no crea una capa que se seca y endurece (cristaliza) sino que genera una película protectora.
- ✓ El precio del aceite de linaza es bajo en comparación con otras alternativas.
- ✓ Se puede teñir para añadir diferentes tonalidades a la madera. Deben ser tintes al disolvente. Otro método habitual para dar un color más oscuro es mezclarlo con betún de judea.
- ✓ Olor intenso, aunque no perjudicial.
- ✓ Ayuda a prevenir el ataque de insectos xilófagos.

### **2.2.11. Prueba t de Student**

#### **a. Definición**

Una variable con distribución t de Student se define como el cociente entre una variable normal estandarizada y la raíz cuadrada positiva de una variable  $\chi^2$  dividida por sus grados de libertad. Se aplica cuando la población estudiada sigue una distribución normal pero el tamaño muestral es demasiado pequeño como para que el estadístico en el que está basada la inferencia esté normalmente distribuido, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real. Es utilizado en análisis discriminante.

#### **b. Empleo de la prueba t de student**

El test de locación de muestra única por el cual se comprueba si la media de una población distribuida normalmente tiene un valor especificado en una hipótesis nula.



El test de locación para dos muestras, por el cual se comprueba si las medias de dos poblaciones distribuidas en forma normal son iguales. Todos estos test son usualmente llamados test  $t$  de Student, a pesar de que, estrictamente hablando, tal nombre sólo debería ser utilizado si las varianzas de las dos poblaciones estudiadas pueden ser asumidas como iguales; la forma de los ensayos que se utilizan cuando esta asunción se deja de lado suelen ser llamados a veces como prueba  $t$  de Welch. Estas pruebas suelen ser comúnmente nombradas como pruebas  $t$  desapareadas o de muestras independientes, debido a que tienen su aplicación más típica cuando las unidades estadísticas que definen a ambas muestras que están siendo comparadas no se superponen.

El test de hipótesis nula por el cual se demuestra que la diferencia entre dos respuestas medidas en las mismas unidades estadísticas es cero. Por ejemplo, supóngase que se mide el tamaño del tumor de un paciente con cáncer. Si el tratamiento resulta efectivo, lo esperable sería que el tumor de muchos pacientes disminuyera de tamaño luego de seguir el tratamiento. Esto con frecuencia es referido como prueba  $t$  de mediciones apareadas o repetidas.

El test para comprobar si la pendiente de una regresión lineal difiere estadísticamente de cero.

### c. Pruebas $t$ para dos muestras desapareadas y apareadas

Las *pruebas-t* de dos muestras para probar la diferencia en las medias pueden ser desapareadas o en parejas. Las pruebas  $t$  apareadas son una forma de bloqueo estadístico, y poseen un mayor poder estadístico que las pruebas no apareadas cuando las unidades apareadas son similares con respecto a los "factores de ruido" que son independientes de la pertenencia a los dos grupos que se comparan. En un contexto diferente, las *pruebas-t* apareadas pueden utilizarse para reducir los efectos de los factores de confusión en un estudio observacional.

#### ➤ Desapareada

Las pruebas  $t$  desapareadas o de muestras independientes, se utilizan cuando se obtienen dos grupos de muestras aleatorias, independientes e idénticamente distribuidas a partir de las dos poblaciones a ser comparadas. Por ejemplo, supóngase que estamos evaluando el efecto de un tratamiento médico, y reclutamos a 100 sujetos para el estudio. Luego elegimos aleatoriamente 50 sujetos para el grupo en tratamiento y 50 sujetos para el grupo de control. En este caso, obtenemos dos muestras independientes y podríamos utilizar la forma desapareada de la prueba  $t$ . La elección aleatoria no es esencial en este caso, si contactamos a 100 personas por teléfono y obtenemos la edad y género de cada una, y luego se utiliza una



prueba  $t$  bimuestral para ver en que forma la media de edades difiere por género, esto también sería una prueba  $t$  de muestras independientes, a pesar de que los datos son observacionales.

#### ➤ **Apareada**

Las pruebas  $t$  de muestras dependientes o apareadas, consisten típicamente en una muestra de pares de valores con similares unidades estadísticas, o un grupo de unidades que han sido evaluadas en dos ocasiones diferentes (una prueba  $t$  de mediciones repetitivas). Un ejemplo típico de prueba  $t$  para mediciones repetitivas sería por ejemplo que los sujetos sean evaluados antes y después de un tratamiento.

Una prueba  $t$  basada en la coincidencia de pares muestrales se obtiene de una muestra despareada que luego es utilizada para formar una muestra apareada, utilizando para ello variables adicionales que fueron medidas conjuntamente con la variable de interés.

La valoración de la coincidencia se lleva a cabo mediante la identificación de pares de valores que consisten en una observación de cada una de las dos muestras, donde las observaciones del par son similares en términos de otras variables medidas. Este enfoque se utiliza a menudo en los estudios observacionales para reducir o eliminar los efectos de los factores de confusión.

#### **d. Cálculos**

Las expresiones explícitas que pueden ser utilizadas para obtener varias pruebas  $t$  se dan a continuación. En cada caso, se muestra la fórmula para una prueba estadística que o bien siga exactamente o aproxime a una distribución  $t$  de Student bajo la hipótesis nula. Además, se dan los apropiados grados de libertad en cada caso. Cada una de estas estadísticas se pueden utilizar para llevar a cabo ya sea una prueba de una cola o prueba de dos colas.

Una vez que se ha determinado un valor  $t$ , es posible encontrar un valor  $p$  asociado utilizando para ello una tabla de valores de distribución  $t$  de Student. Si el valor  $p$  calculado es menor al límite elegido por significancia estadística (usualmente a niveles de significancia 0,10; 0,05 o 0,01), entonces la hipótesis nula se rechaza en favor de la hipótesis alternativa.

#### **e. Prueba $t$ para muestra única**

En esta prueba se evalúa la hipótesis nula de que la media de la población estudiada es igual a un valor especificado  $\mu_0$ , se hace uso del estadístico:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}},$$

donde  $\bar{x}$  es la media muestral,  $s$  es la desviación estándar muestral y  $n$  es el tamaño de la muestra. Los grados de libertad utilizados en esta prueba se corresponden al valor  $n - 1$ .

#### f. Pendiente de una regresión lineal

Supóngase que se está ajustando el modelo:

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i,$$

donde  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  son conocidos,  $\alpha$  y  $\beta$  son desconocidos, y  $\varepsilon_i$  es el error aleatorio en los residuales que se encuentra normalmente distribuido, con un valor esperado 0 y una varianza desconocida  $\sigma^2$ , e  $Y_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  son las observaciones.

Se desea probar la hipótesis nula de que la pendiente  $\beta$  es igual a algún valor especificado  $\beta_0$  (a menudo toma el valor 0, en cuyo caso la hipótesis es que  $x$  e  $y$  no están relacionados).

Sea:

$\hat{\alpha}, \hat{\beta}$  = estimadores de cuadrados mínimos,

$SE_{\hat{\alpha}}, SE_{\hat{\beta}}$  = error estándar de los estimadores de cuadrados mínimos.

Luego

$$t_{\text{valor}} = \frac{\hat{\beta} - \beta_0}{SE_{\hat{\beta}}}$$

Tiene una distribución  $t$  con  $n - 2$  grados de libertad si la hipótesis nula es verdadera. El error estándar de la pendiente:

$$SE_{\hat{\beta}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

puede ser reescrito en términos de los residuales:

$$\hat{\varepsilon}_i = Y_i - \hat{y}_i = Y_i - (\hat{\alpha} + \hat{\beta}x_i) = \text{residuales} = \text{errores estimados},$$
$$\text{SSE} = \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2 = \text{suma de los cuadrados de los residuales}.$$

Luego  $t_{\text{valor}}$  se encuentra dado por:

$$t_{\text{valor}} = \frac{(\hat{\beta} - \beta_0)\sqrt{n-2}}{\sqrt{\text{SSE} / \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}.$$

### g. Prueba t dependiente para muestras apareadas

Esta prueba se utiliza cuando las muestras son dependientes; esto es, cuando se trata de una única muestra que ha sido evaluada dos veces (muestras repetidas) o cuando las dos muestras han sido emparejadas o apareadas. Este es un ejemplo de un test de diferencia apareada.

$$t = \frac{\bar{X}_D - \mu_0}{s_D / \sqrt{n}}.$$

Para esta ecuación, la diferencia entre todos los pares tiene que ser calculada. Los pares se han formado ya sea con resultados de una persona antes y después de la evaluación o entre pares de personas emparejadas en grupos de significancia (por ejemplo, tomados de la misma familia o grupo de edad: véase la tabla). La media ( $\bar{X}_D$ ) y la desviación estándar ( $s_D$ ) de tales diferencias se han utilizado en la ecuación. La constante  $\mu_0$  es diferente de cero si se desea probar si la media de las diferencias es significativamente diferente de  $\mu_0$ . Los grados de libertad utilizados son  $n - 1$ .

### 2.2.12. Criterio estadístico de Chauvenet

Criterio de Chauvenet's para desechar puntos inciertos de un ensayo. Es una circunstancia extraña que ningún punto aparezca fuera de lugar con respecto a los demás datos de una experiencia.

Por lo que se debe decidir si estos puntos que parecen estar fuera de lugar son el resultado de una equivocación experimental, y por tanto pueden ser desechados. O a lo mejor representan otro fenómeno físico que sea peculiar a cierta condición de funcionamiento. El experimentador no puede simplemente desechar los puntos que no cumplen sus expectativas; él debe tener cierta base consistente para su eliminación.



Tales pruebas se conocen como criterio de Chauvenet's. Este criterio proporciona un método consistente para saber si desechar un punto o no.

Según el criterio de Chauvenet's una lectura puede ser rechazada si la probabilidad de obtener esta desviación en particular con respecto a la media es menor de  $0.5/n$ .

Para aplicar este criterio, tanto la media como la desviación estándar del ensayo se determinan utilizando todos los datos obtenidos. Luego las desviaciones de los puntos individuales son divididas por la desviación estándar del ensayo y comparados con los valores dados en la Tabla 3.

Todos los puntos cuya razón desviación / desviación estándar es más alta que la que indica la Tabla 3 se rechaza y una nueva media y desviación estándar se determina.

Tabla 3: Representación de una nueva media y desviación estándar.

n	s	n	s	n	s	n	s
1	19.95±0.01	26	19.95±0.01	51	19.95±0.01	76	19.94±0.01
2	19.96	27	19.98	52	19.94	77	19.96
3	19.90	28	19.96	53	19.94	78	19.97
4	20.00	29	19.94	54	19.95	79	19.90
5	19.93	30	19.99	55	19.97	80	19.92
6	19.95	31	19.97	56	19.96	81	19.90
7	19.97	32	19.92	57	19.92	82	19.94
8	19.91	33	19.93	58	19.90	83	19.91
9	19.95	34	19.92	59	19.90	84	19.95
10	19.95	35	19.97	60	19.92	85	19.92
11	19.99	36	19.88	61	19.92	86	19.90
12	19.91	37	19.91	62	19.89	87	19.93
13	19.88	38	19.95	63	19.87	88	19.90
14	19.90	39	19.91	64	19.88	89	19.97
15	19.94	40	19.91	65	19.91	90	19.94
16	19.89	41	19.94	66	19.92	91	19.95
17	19.94	42	19.84	67	19.92	92	19.95
18	19.91	43	19.90	68	19.92	93	19.91
19	19.93	44	19.92	69	19.90	94	19.92
20	19.85	45	19.94	70	19.94	95	19.91
21	19.96	46	19.94	71	19.93	96	19.94
22	19.89	47	19.94	72	19.93	97	19.94
23	19.91	48	19.98	73	19.94	98	19.93
24	19.95	49	19.95	74	19.92	99	19.92
25	19.88	50	19.92	75	19.91	100	19.91



## 2.3. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis general

El análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus, procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tiene una mejora al ser tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.

### 2.3.2. Sub hipótesis

1. Las propiedades físicas de la madera procedente de la localidad de Ollantaytambo de tipo Eucalyptus glóbulus son aptas según el reglamento (Norma E010).
2. Las propiedades mecánicas (resistencia paralela al grano, resistencia a la compresión perpendicular, resistencia al corte y flexión estática) de la madera de tipo Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco, son inferiores a las propiedades de la madera tratada con aceite de linaza.
3. Al tratar la madera de tipo Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo con aceite de linaza por inmersión prolongada mejoran sus propiedades físicas (contenido de humedad, densidad, dureza brinell y conductividad térmica).
4. Al tratar la madera de tipo Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo con aceite de linaza por inmersión prolongada mejoran sus propiedades mecánicas (resistencia a la compresión perpendicular, paralela al grano, resistencia al corte y flexión estática).

## 2.4. Definición de variables

### 2.4.1. Variables independientes

- VI\_1: Madera de tipo Eucalyptus glóbulus en estado seco  
Madera extraída según los métodos normados por la NTP y obtenidos de la localidad de Ollantaytambo.
- VI\_2: Madera de tipo Eucalyptus glóbulus en estado seco tratada con aceite de linaza  
Madera extraída según los métodos normados por la NTP y obtenidos de la localidad de Ollantaytambo y tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada

#### **Indicadores de las variables independientes**

- Edad de la muestra
- Altura del árbol extraído
- Diámetro del árbol extraído
- Cantidad de aceite de linaza



### 2.4.2. Variables dependientes

- VD\_1: Propiedades físicas

Propiedades de la madera que no necesitan someter la muestra a un esfuerzo para calcular la propiedad.

- VD\_2: Propiedades mecánicas

Relacionadas directamente con las propiedades que, durante su medición, se somete a la muestra a un tipo de esfuerzo según se necesite.



#### **Indicadores de las variables dependientes**

- Densidad ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- Contenido de humedad (%)
- Dureza (Brinell) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- Conductividad térmica ( $\text{watts}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{cm} \cdot \text{min})$ )
- Resistencia a la compresión paralela al grano ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- Resistencia al corte paralelo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- Resistencia a la compresión perpendicular ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- Resistencia a la flexión estática ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables.

Tabla: Cuadro de Operacionalización de Variables 4

 					
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
<b>ASESOR</b> : Ing. Heiner Soto Florez <b>PRESENTADA POR</b> : Bach. Mansilla Gomez, Katherin					
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b> : <i>Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus Glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.</i>					
OBJETIVOS	VARIABLES Y SUB-VARIABLES	INDICADORES	UND	NIVEL DE LA VARIABLE	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES	PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES			
Analizar comparativamente las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus globulus, procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco, tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.	X <sub>1</sub> - Madera de tipo Eucalyptus Glóbulus en estado seco	1) Edad de la muestra	Años	- Menor a 2 años - Mayor a 2 años	1) Fichas de recolección de datos
		2) Altura del árbol extraído	Metros	- 2 a 5m - 5 a 7m - mayor a 7m	
		3) Diametro	Centimetro	- Menor a 40cm - Mayor a 40cm	
	X <sub>2</sub> - Madera de tipo Eucalyptus Glóbulus en estado seco tratada con aceite de linaza	1) Edad de la muestra	Años	- Menor a 2 años - Mayor a 2 años	
		2) Altura del árbol extraído	Metros	- 2 a 5m - 5 a 7m - mayor a 7m	
		3) Cantidad de aceite de linaza	Litros	- 4 a 8 Litros	



ESPECÍFICOS	VARIABLES DEPENDIENTES	PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES			
1. Determinar cuáles son las propiedades físicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad Ollantaytambo en estado seco.	Propiedades físicas	1) Densidad	(gr/cm <sup>3</sup> )	- Mayor a 0.3gr/cm <sup>3</sup> Menor a 0.3gr/cm <sup>3</sup>	-
		2) Contenido de humedad	(%)	- 0% - Mayor a 0%	
		3) Dureza (Brinell) (adimensional)	/	- 100 a 500 - 500 a 1000 - mayor a 1000	
		4) Conductividad térmica	(watt/m°C)	- Menor a 1% Mayor a 1%	
2. Determinar cuáles son las propiedades mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco.	Propiedades mecánicas	1) Resistencia a la compresión paralela 2) Resistencia al corte paralelo. 3) Resistencia a la compresión perpendicular 4) Resistencia a la flexión estática.			1) Fichas de recolección de datos
3. Determinar cuáles son los efectos que producen en las propiedades físicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco al sumergirla en aceite de linaza.					
4. Determinar cuáles son los efectos que producen en las propiedades mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco al sumergirla en aceite de linaza.					

Fuente: Elaboración propia



## Capítulo III: Metodología

### 3.1. Metodología de la investigación

#### 3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque de tipo CUANTITATIVO, ya que relaciona las variables y realiza demostraciones mediante métodos numéricos usando magnitudes, que permiten manejar valores directamente cuantificables mediante herramientas del campo de la estadística.

*Según (Hernández, Fernández, & Baptista, Metodología de la Investigación, 1997):*

Establecen que: El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Plantea un problema de estudio delimitado y concreto. La recolección se basa en instrumentos estandarizados. Es uniforme para todos los casos. Los datos son obtenidos por observación, medición y documentación de mediciones. Se utilizan instrumentos que han demostrado ser válidos y confiables en estudios previos. Las preguntas o ítems utilizados son específicos con posibilidades de respuesta predeterminadas.

La investigación realizada según el enfoque es cuantitativa y aplicada porque vamos a demostrar experimentalmente la variación de la resistencia de la madera Eucalyptus Globulus en estado natural respecto a la misma madera tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada, ambas muestras con un  $w\%=0$ , ya que realizaremos ensayos en donde el aceite de linaza otorga a la madera natural propiedades significativas.

#### 3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es DESCRIPTIVO CORRELACIONAL, ya que el propósito es describir y relacionar las variables dependientes. Esto es, cómo es y se manifiesta determinado fenómeno.

*Según (Sánchez Carlessi & Reyes Meza, 2006):*

Una investigación descriptiva es aquella que actúa en el presente y sobre dos variables de tipo dependiente. Miden y evalúan con precisión el grado de relación que existe entre dos conceptos o variables en un grupo de sujetos durante la investigación. La correlación puede ser positiva o negativa. Exigen el planteamiento de hipótesis que se comprobarán o no. Su utilidad



radica en saber cómo se puede comportar un concepto o variable, conociendo el comportamiento de otra variable relacionada. Tienen en cierto sentido un valor explicativo, aunque parcial.

### **3.1.3. Método de investigación**

El método de la investigación es HIPOTÉTICO DEDUCTIVO, porque al estudiar la madera tratada con aceite de linaza, observamos las variaciones que esta sufre en la resistencia a los diferentes tipos de esfuerzo según la Norma Técnica Peruana, y verificamos si la hipótesis que planteamos es verdad comprobándola con las pruebas que se realizaron en laboratorio, con la realidad.

Partimos de lo general, analizando comportamientos de la madera y sus propiedades y los relacionamos con lo particular, es decir las propiedades de su contraparte modificada.

*Según (Hernández R., Metodología de la Investigación, 2003):*

El método hipotético-deductivo es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

## **3.2. Diseño de la investigación**

### **3.2.1. Diseño metodológico**

El diseño de la investigación es EXPERIMENTAL, porque se pretende realizar una serie de acciones relacionada con las variables y después mediante la observación ver los efectos de efectividad o adversidad que se presenten por la manipulación de las variables.

*Según (Hernández, Fernández, & Baptista, Metodología de la Investigación, 1997)*

Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes que afectan a una o más variables dependientes.

### 3.2.2. Diseño de ingeniería

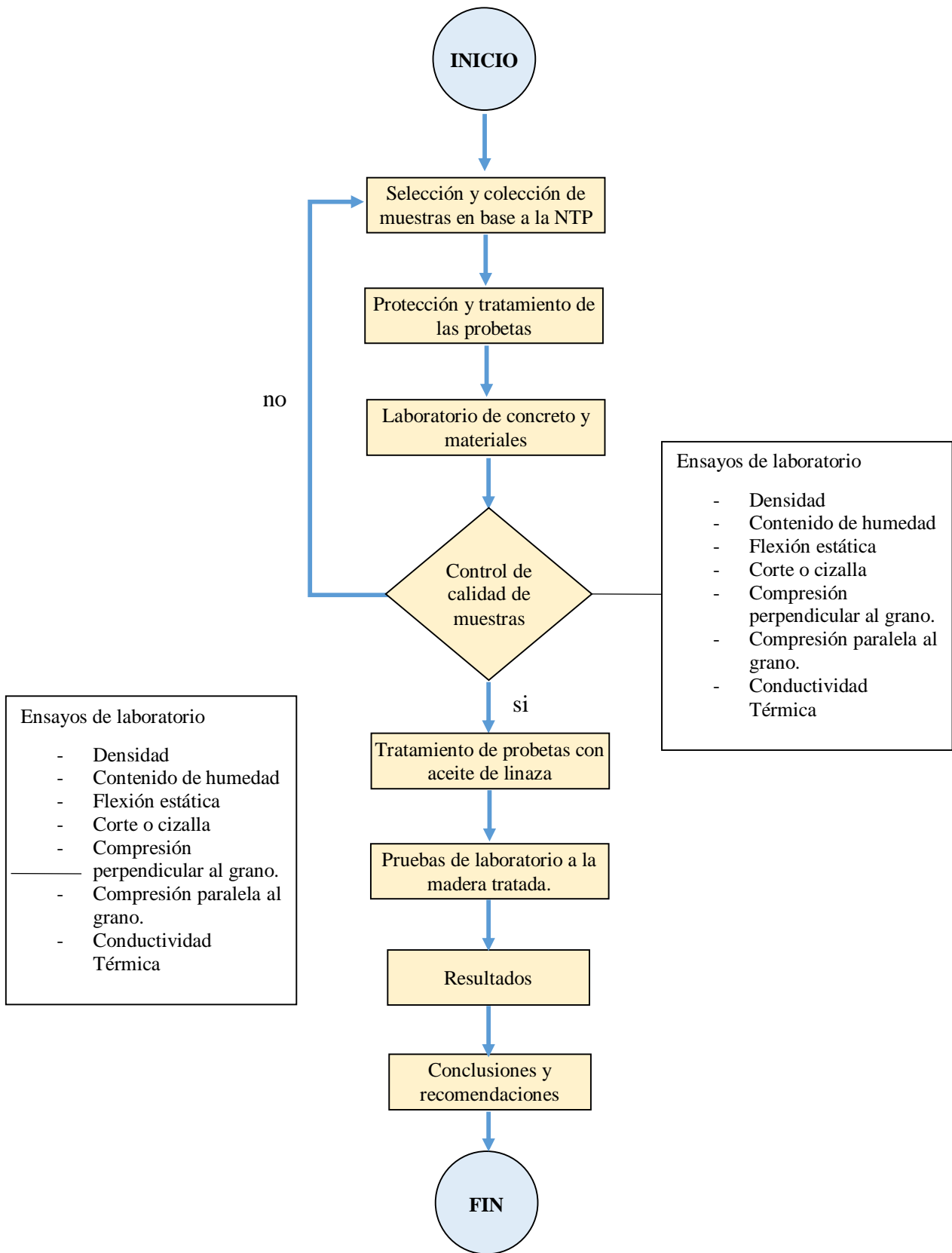


Figura 17: Diseño de ingeniería de la investigación  
Fuente: Elaboración propia



### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

##### 3.3.1.1. Descripción de la población

La población estuvo constituida por arboles de la especie *Eucalyptus glóbulus* procedente de la localidad de Ollantaytambo, para ello se deberá tomar consideraciones importantes, es decir antes de realizar el corte del árbol, se procederá a realizar un recorrido por el área delimitada, para determinar árboles que presentan las siguientes características

- No menor a 4 años de edad, en esta ocasión se elegirán arboles con 7 años de edad cuyo diámetro es aproximadamente 25cm.
- Que presente un tronco recto y uniforme en toda su longitud.
- Deberán tener una altura mínima de 6 metros (para asegurar la madurez del árbol).
- El árbol de Eucalipto deberá estar dentro de la zona de estudio correspondiente a la localidad de Ollantaytambo.

Se marcaron con una cinta una vez elegidas, posteriormente se procedió con el corte, se trozaron, transportaron y almacenaron según la norma NTP 251.008 para luego evaluar las muestras en el laboratorio de concreto y materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

##### 3.3.1.2. Cuantificación de la población

Se consideran las especies arbóreas elegidas al azar de *Eucalyptus glóbulus* de la localidad de Ollantaytambo, cuya área de influencia está delimitada por el polígono triangular, cuyos vértices son los presentados en la tabla 5.

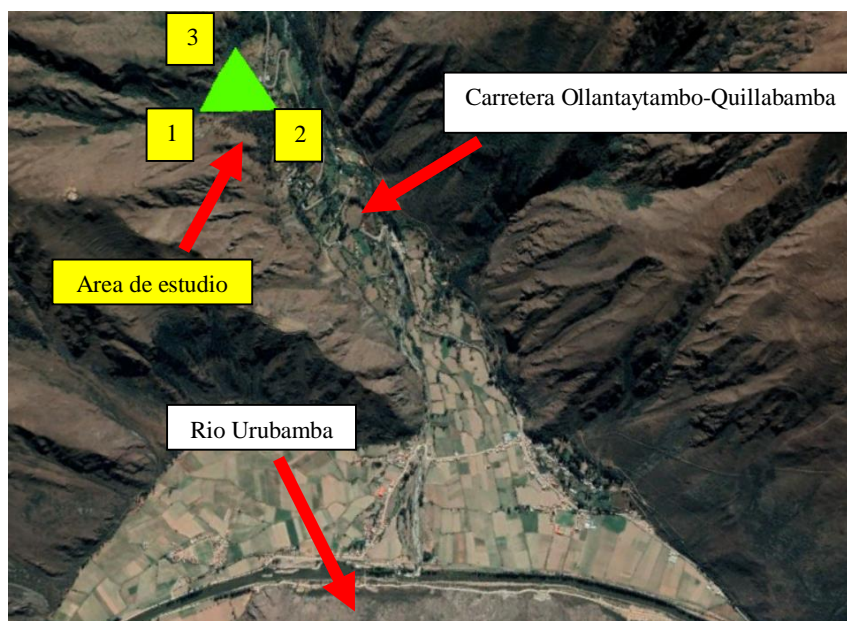


Figura 18: Área de origen de las muestras de madera  
Fuente: Google Earth

Tabla 5: Coordenadas geográficas de los vértices del polígono que delimita el área de estudio.

<i>PUNTO</i>	<i>COORDENADA SUR</i>	<i>COORDENADA OESTE</i>
1	13°12'35.58''	72°18'11.63''
2	13°12'40.70''	72°18'1.93''
3	13°12'29.85''	72°18'2.20''

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2. Muestra

#### 3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra estuvo constituida por especies arbóreas elegidas al azar de *Eucalyptus glóbulus* de la zona de Ollantaytambo con una altura mínima de 6m de altura y tronco recto, luego de ser taladas, transportadas se procede a la preparación de probetas con las dimensiones establecidas en la Norma Técnica Peruana.

Tabla 6: Dimensiones de las probetas para los ensayos de resistencia en muestras de madera.

<b>PROBETA POR TIPO DE ENSAYO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTURA</b>
Compresion Paralela al grano	20	5	5
Copresion Perpendicular al grano	15	5	5
Corte o Cizalla en muestras de Madera	5	5	6.3
Flexion Estatica	41	25	2.5

#### 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La muestra estará constituida en un número de veinte (20) unidades por tipo de ensayo, este número es obtenido según los requerimientos de las Normas Técnicas Peruanas.

Tabla 7: Cantidad de probetas a ensayar por cada propiedad

<b>N°</b>	<b>Muestra para ensayo</b>	<b>Cantidad de muestras en estado natural</b>	<b>Cantidad de muestras a tratar con aceite de linaza (estado seco)</b>
<b>1</b>	Densidad	20	20
<b>2</b>	Contenido de humedad	20	-
<b>3</b>	Compresión paralela al grano	10	10



4	Compresión perpendicular al grano	20	20
5	Corte o cizalla	20	20
6	Flexión estática	10	10
7	Dureza por el método Brinell	20	20
8	Conductividad térmica	10	10

### 3.3.2.3. Método de muestreo

El **muestreo probabilístico** es una técnica de **muestreo** en virtud de la cual las muestras son recogidas en un proceso que brinda a todos los individuos de la población las mismas oportunidades de ser seleccionados; por lo tanto, se eligieron las muestras a ser taladas de forma aleatoria.

### 3.3.2.4. Criterios de Evaluación de la muestra

Para las muestras que se eligieron para los distintos ensayos se tomaron en cuenta algunas características físicas visuales, por tanto, fueron elegidas para ensayo las muestras que:

- No tengan deformaciones que estén fuera de las medidas de probeta de ensayo que se especifican en las normas NTP de ensayos para madera.
- No tengan agrietamiento luego de su secado al horno.
- No exista orificios o perforaciones en las muestras
- Muestras que no presenten nudos, ya que afectarán a la resistencia de estas.

### 3.3.3. Criterios de Inclusión

- Solo se incluirán para el estudio los troncos arbóreos que no estén torcidos.
- Las muestras arbóreas deberán tener una altura mínima de 6 metros (para asegurar la madurez del árbol).
- Muestras que estén dentro de la zona de estudio correspondiente a la localidad de Ollantaytambo.
- Las probetas deberán encontrarse en estado anhidro, es decir su porcentaje de contenido de humedad debe estar alrededor del cero por ciento (0%).
- Las probetas aptas para su evaluación deberán cumplir con las dimensiones establecidas en las normas NTP según la prueba o ensayo a realizarse.



- Las probetas a ser tratadas con aceite de linaza por inmersión deberán encontrarse antes en un estado seco.

### **3.4. Instrumentos**

#### **3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos**

Dentro de la investigación se hizo uso de distintos instrumentos para recolectar datos, más específicamente guías de observación por cada ensayo estudiado, cómo son los siguientes:

- Calculo del contenido de humedad de muestras de madera
- Calculo de la densidad de muestras de madera
- Ensayo de dureza por el método Brinell
- Cálculo de la conductividad térmica de muestras de madera
- Compresión paralela al grano
- Compresión perpendicular al grano
- Ensayo de corte o cizalla para muestras de madera
- Ensayo de flexión estática de madera

Una vez obtenida los datos en las guías de observación, las muestras o probetas fueron transportadas para los respectivos ensayos, todo ellos se realizarán en el Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la escuela profesional de ingeniería civil, facultad de arquitectura e ingeniería civil de la universidad andina del cusco.

Estas guías de observación para la recolección de datos se muestran a continuación

Tabla 6: Guía de observación N° 01 para muestreo de especies arbóreas

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																													
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01	MUESTREO DE ESPECIES ARBOREAS																												
DATOS DE LA MUESTRA																													
Material																													
Especie																													
Fecha																													
Responsable																													
	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="4">Estructura de la muestra</th> </tr> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">N 3</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Norte   Sur</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Nivel 3 (Ápice)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">N 2</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Nivel 2 (Media)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Norte   Sur</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Nivel 1 (Base)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">N 1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Norte   Sur</td> <td></td> <td style="text-align: center;">N I V E L E S</td> </tr> </table>	Estructura de la muestra					N 3				Norte   Sur		Nivel 3 (Ápice)		N 2		Nivel 2 (Media)		Norte   Sur		Nivel 1 (Base)		N 1				Norte   Sur		N I V E L E S
Estructura de la muestra																													
	N 3																												
	Norte   Sur		Nivel 3 (Ápice)																										
	N 2		Nivel 2 (Media)																										
	Norte   Sur		Nivel 1 (Base)																										
	N 1																												
	Norte   Sur		N I V E L E S																										
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muestra_01</th> <th>Muestra_02</th> <th>Muestra_03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Largo</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Altura (base)</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Altura (media)</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Altura (ápice)</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Lado a usar (sur o norte)</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Muestra_01	Muestra_02	Muestra_03	<b>Largo</b>				<b>Altura (base)</b>				<b>Altura (media)</b>				<b>Altura (ápice)</b>				<b>Lado a usar (sur o norte)</b>							
	Muestra_01	Muestra_02	Muestra_03																										
<b>Largo</b>																													
<b>Altura (base)</b>																													
<b>Altura (media)</b>																													
<b>Altura (ápice)</b>																													
<b>Lado a usar (sur o norte)</b>																													
<b>OBSERVACIONES:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La unidad de medida para la obtención de muestra es en metros</li> <li>La muestra debe ser extraída del nivel 2.</li> </ul>																												

Fuente: Elaboración propia



Tabla 7: Guía de observación N° 02 para contenido de humedad de muestras de madera

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>          FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA          ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div>																																																																																																										
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE MADERA</b>																																																																																																									
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																																																										
Material Especie Fecha Responsable																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Muestra N°</th> <th style="width: 20%;">Peso Humedo- PH (gr)</th> <th style="width: 20%;">Peso Seco-PS (gr)</th> <th style="width: 20%;">Contenido de humedad - (PH-PS)/PS*100 (%)</th> <th style="width: 30%;">Tipo de muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Muestra N°	Peso Humedo- PH (gr)	Peso Seco-PS (gr)	Contenido de humedad - (PH-PS)/PS*100 (%)	Tipo de muestra	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					11					12					13					14					15					16					17					18					19					20				
Muestra N°	Peso Humedo- PH (gr)	Peso Seco-PS (gr)	Contenido de humedad - (PH-PS)/PS*100 (%)	Tipo de muestra																																																																																																						
1																																																																																																										
2																																																																																																										
3																																																																																																										
4																																																																																																										
5																																																																																																										
6																																																																																																										
7																																																																																																										
8																																																																																																										
9																																																																																																										
10																																																																																																										
11																																																																																																										
12																																																																																																										
13																																																																																																										
14																																																																																																										
15																																																																																																										
16																																																																																																										
17																																																																																																										
18																																																																																																										
19																																																																																																										
20																																																																																																										
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																																																																										

Fuente: Elaboración propia



Tabla 8: Guía de observación N° 03 para la densidad de la madera

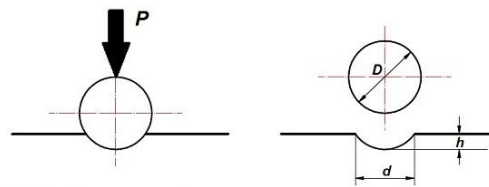
<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>												
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03</b>						<b>DENSIDAD DE MADERA</b>						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>												
Material												
Especie												
Fecha												
Responsable												
Muestra N°	Largo (cm)			Altura (cm)			Ancho (cm)			Volumen-V (L*A*H)cm <sup>3</sup>	Masa de la probeta- MP(gr)	Densidad= (MP/V)gr/cm <sup>3</sup>
	L_1	L_2	L_prom	H_1	H_2	H_prom	A_1	A_2	A_prom			
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
<b>OBSERVACIONES:</b>												

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Guía de observación N° 08 para ensayo de dureza por el método Brinell

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>						
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 08	DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL					
DATOS DE LA MUESTRA						
Material						
Especie						
Fecha						
Responsable						
Muestra N°	Diametro huella (mm)			Diam. billa	Fuerza aplicada	Dureza HB (kg/mm <sup>2</sup> )
	d_1	d_2	d prom	D (mm)	P (kg)	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
OBSERVACIONES:						

ESQUEMA DEL ENSAYO



$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB : Hardest Brinell (Dureza Brinell), en kg/mm<sup>2</sup>

D : Diametro de la Billa

d :Diametro de la huella

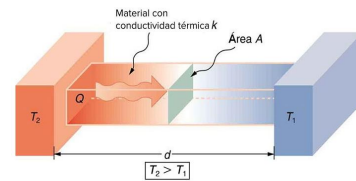
P : Carga aplicada durante la prueba

Fuente: Elaboración propia



Tabla 10: Guía de observación N° 10 para el cálculo de la conductividad térmica de muestras de madera

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 09					CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MUESTRAS DE MADERA					
DATOS DE LA MUESTRA										
Material										
Especie										
Fecha										
Responsable										
n°	Potencia electr.	Distan. entre placas	T inicial placa fria	T final placa fria	T inicial placa fria	T final placa fria	Variac. de Temp.	Area de contacto	Lectura de tiempo	K (Conductividad termica)
	$\Delta Q(\text{Watts})$	$\Delta x \text{ (m)}$	$T_o \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_o \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_f \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_f \text{ (}^\circ\text{C)}$	$\Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}$	$A \text{ (cm}^2\text{)}$	$\Delta t \text{ (min)}$	$(\Delta x * \Delta Q) / (\Delta t * A * \Delta T), \text{ (Watt/(m}^2\text{ }^\circ\text{C)}$
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
<b>OBSERVACIONES:</b>										



Muestra natural  
 Muestra tratada

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -\kappa \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$\Delta Q$  : Energía transportada (potencia eléctrica)

$\Delta t A$  : Variacion del tiempo por area de contacto



$\Delta T$  : Variación de temperatura

$\Delta x$  : Distancia entre las placas (caliente y fria)

$\kappa$  : Conductividad térmica

Fuente: Elaboración propia

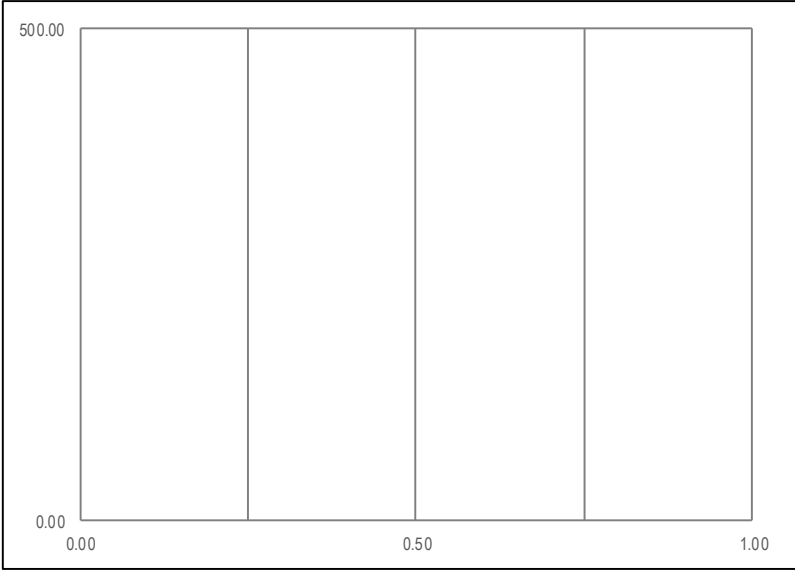
Tabla 11: Guía de observación N° 04 para compresión paralela al grano de madera

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material		
Especie		
Fecha		
Responsable		
<b>MUESTRA 01</b>		<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

**Datos de la MUESTRA 01**

<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>	
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =	cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =	cm
H <sub>prom</sub> =	cm	A <sub>prom</sub> =	cm

MOR <sub>pa</sub> =		MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =		TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Guía de observación N° 05 para compresión perpendicular al grano

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>									
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05</b>					<b>COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO</b>				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>									
Material									
Especie									
Fecha									
Responsable									
<b>Muestra N°</b>	<b>Ancho (cm)</b>			<b>Altura (cm)</b>			<b>Carga max.</b>	<b>Esfuerzo en comp.</b>	
	A_1	A_2	A_prom	H_1	H_2	H_prom	P (kg)	(E=P/A)kg/cm2	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

**ESQUEMA DEL ENSAYO**

Area de la placa(A) = 25.15 cm<sup>2</sup>

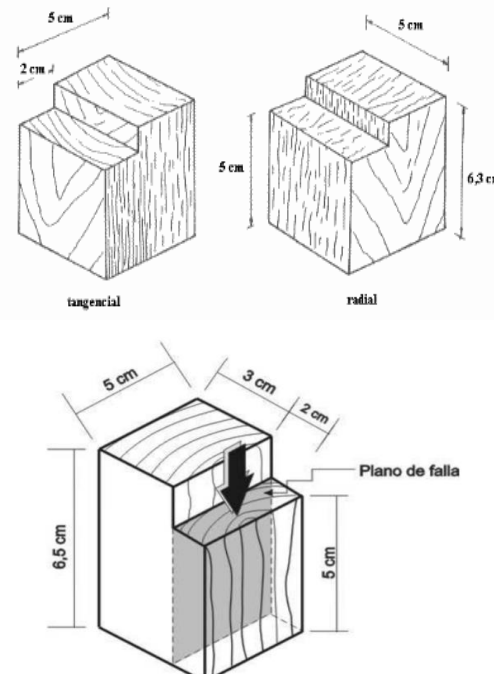
MORpe: Módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup> MORpe (kg/cm<sup>2</sup>) =

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Guía de observación para el ensayo de corte o cizalla de muestras de madera

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06					CORTE O CIZALLA DE MUESTRAS DE MADERA				
DATOS DE LA MUESTRA									
Material									
Especie									
Fecha									
Responsable									
Muestra N°	Dimensiones del plano de falla						A área A=L*H (cm <sup>2</sup> )	Carga y esfuerzo de rotura	
	Largo (cm)			Altura (cm)					
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L prom	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H prom	P (kg)	TR=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

**ESQUEMA DEL ENSAYO**



TR (kg/cm<sup>2</sup>) =

TR: Tensión en rotura en kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Guía de observación N° 07 para flexión estática de muestras de madera

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material		
Especie		
Fecha		
Responsable		
<b>MUESTRA 01</b>	<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>	
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Datos de la MUESTRA 01			
Altura		Ancho	
H_1 =	cm	A_1 =	cm
H_2 =	cm	A_2 =	cm
H <sub>prom</sub> =	cm	A <sub>prom</sub> =	cm






MORpa =	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPPa =	TLPPa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Instrumentos de ingeniería

Como instrumentos de ingeniería para el desarrollo de la investigación se tienen los siguientes:

Tabla 15: Instrumentos de ingeniería

Ensayo	Nombre del instrumento	Imagen	Descripción
Resistencia a la flexión estática	Equipo CBR para el ensayo de flexión estática.		Equipo dotado con diales de carga y deformación electrónicos que toman datos de carga y deformación a una velocidad de ensayo de 1.27mm/min, y una capacidad de carga de 50 kN.
Cizallamiento paralelo al grano.	Equipo universal de materiales para ensayo de corte o cizalla.		De la marca Edibon, equipo con capacidad de carga de 20 kN, capaz de poder realizar distintas pruebas a materiales.
Contenido de humedad.	Horno de secado de Humboldt, para el ensayo de contenido de humedad		Horno de secado por inducción forzada se utiliza para el secado de muestras mediante calor, con una capacidad de calentamiento de 195°C.
Compresión Axial paralela al grano.	Equipo a compresión ELE.		Equipo de compresión de 250 000 lb de capacidad, es capaz de poder comprimir probetas de ensayo de distintas dimensiones.
Determina la Dureza de la madera.	Equipo de dureza Brinell.		Para calcular la dureza por el método Brinell de distintos materiales.

Fuente: Elaboración propia

Herramientas y accesorios utilizados para las pruebas.

Tabla 16: Herramientas y accesorio para ensayos

Nombre del instrumento	Imagen	Descripción
Vernier o pie de rey.		Herramienta utilizada para medir dimensiones de hasta 15cm con una precisión de $\pm 0.02$ mm.
Balanza de precisión.		Utilizada para el registro de pesos de probetas y muestras de todo tipo hasta una capacidad de 8 000 gr con una precisión de $\pm 0.1$ gr.
Higrómetro		Utilizado para medir el contenido de humedad de muestras de madera in situ, con una precisión de 1%.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Procedimiento de recolección de datos.

#### 3.5.1. Selección y colección de muestras (NTP 251.008)

##### a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Bolsas de almacenamiento
- ✓ Wincha
- ✓ Soga
- ✓ Machete y motosierra

##### b) Procedimiento

- i. Primero se identificó la zona de donde se van a obtener las muestras, dentro de la localidad de Ollantaytambo, conociéndose con anterioridad el área de la zona forestal, para poder obtener un muestreo más exhaustivo.



Figura 19: Especies arbóreas de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

- ii. Luego se marcaron las muestras arbóreas a ser cortadas, considerando los criterios de inclusión anteriormente vistos (altura mínima 6 metros y troncos rectos).



*Figura 20:* Almacenamiento de muestras para su posterior estudio

Fuente: Elaboración propia

- iii. Se procedió a su tala y deshoje, preparándose así las muestras para su transporte.



*Figura 21:* Tala y deshoje de muestras en el lugar de recolección

Fuente: Elaboración propia





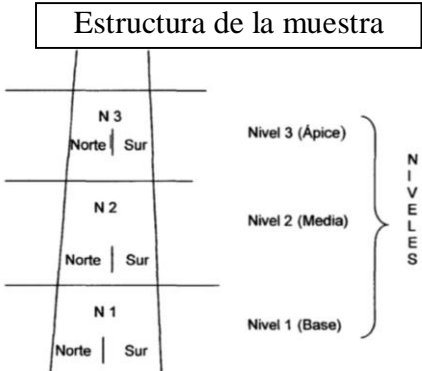
- iv. Una vez obtenida la muestra arbórea se procedió a su corte en las medidas especificadas para cada prueba y ensayo de laboratorio.



*Figura 22:* Corte de muestras de madera a muestras de ensayo  
Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 17: Toma de datos para muestreo de especies arbóreas

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 																											
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01		MUESTREO DE ESPECIES ARBOREAS																									
DATOS DE LA MUESTRA																											
Material	Madera																										
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																										
Fecha	03/06/2019																										
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muestra_01</th> <th>Muestra_02</th> <th>Muestra_03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Largo</b></td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td><b>Altura (base)</b></td> <td>0.75</td> <td>0.81</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td><b>Altura (media)</b></td> <td>8.36</td> <td>9.12</td> <td>8.55</td> </tr> <tr> <td><b>Altura (ápice)</b></td> <td>1.25</td> <td>1.53</td> <td>1.63</td> </tr> <tr> <td><b>Lado a usar (sur o norte)</b></td> <td>ambos</td> <td>ambos</td> <td>ambos</td> </tr> </tbody> </table>				Muestra_01	Muestra_02	Muestra_03	<b>Largo</b>	m	m	m	<b>Altura (base)</b>	0.75	0.81	0.75	<b>Altura (media)</b>	8.36	9.12	8.55	<b>Altura (ápice)</b>	1.25	1.53	1.63	<b>Lado a usar (sur o norte)</b>	ambos	ambos	ambos
	Muestra_01	Muestra_02	Muestra_03																								
<b>Largo</b>	m	m	m																								
<b>Altura (base)</b>	0.75	0.81	0.75																								
<b>Altura (media)</b>	8.36	9.12	8.55																								
<b>Altura (ápice)</b>	1.25	1.53	1.63																								
<b>Lado a usar (sur o norte)</b>	ambos	ambos	ambos																								
	<p style="text-align: center;">Estructura de la muestra</p> 																										
<b>OBSERVACIONES:</b>																											
Las muestras arbóreas fueron obtenidas de la localidad de Ollantaytambo, considerando el procedimiento establecido en la NTP 251.002																											

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2. Tratamiento de las probetas modificadas con aceite de linaza.

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Bandejas
- ✓ Balanza

#### b) Procedimiento

- i. Una vez se tienen las muestras de madera en las dimensiones establecidas por las normas NTP para los diferentes ensayos, se procede a dividir las en dos grupos; un grupo de muestras se utilizarán como grupo de control para la comparación de propiedades.



Figura 23: Se dividen las muestras para ser tratadas y las que se serán ensayadas en estado natural.

Fuente: Elaboración propia

- ii. Se rotularon e identificaron las muestras con nomenclatura y numeración distinta, para que puedan agruparse luego por su tratamiento o tipo de ensayo.



Figura 24: Rotulado de muestras

Fuente: Elaboración propia

- iii. El segundo grupo se sumergió en aceite de linaza para su tratamiento y se dejó sumergidas las muestras por un lapso de al menos 48 horas, para asegurar su saturación.



Figura 25: Muestras sumergidas en aceite de linaza por 48 horas  
Fuente: Elaboración propia

### c) Toma de datos

Para esta prueba no se presentaron toma de datos, ya que no se calculó ningún parámetro o propiedad de las muestras de madera.

### 3.5.3. Método para obtener el contenido de humedad de muestras de madera.

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Horno de inducción forzada
- ✓ Balanza de precisión

#### b) Procedimiento

- i. Se toman las probetas identificadas para esta prueba y se pesaron en una balanza de al menos 0.1% del peso total de la muestra, registrándose así el peso húmedo de la probeta.



Figura 26: Pesado de muestras para el ensayo de contenido de humedad  
Fuente: Elaboración propia

- ii. Se introdujeron las muestras al horno, a una temperatura de 20°C y se fue aumentando dicha temperatura en función del tiempo, tal como lo estipula la norma.



*Figura 27:* Colocado de muestras en el horno  
Fuente: Elaboración propia

- iii. Luego de un tiempo de secado de 24 horas como indica la Norma se procedió a tomar los pesos secos de las muestras de madera, para verificar si estaban en estado seco.



*Figura 28:* Pesado de muestras luego del horno  
Fuente: Elaboración propia

- iv. Adicionalmente se tomó la humedad con un higrómetro para luego poder comparar los valores de % de humedad por ambos métodos.



Figura 29: Contenido de humedad usando el higrómetro  
Fuente: Elaboración propia

### c) Toma de datos

Para el tratamiento de las muestras de madera con aceite de linaza no se consideraron datos a tomar, pues solo se sumergieron las muestras por 48 hrs.

Tabla 18: Toma de datos para ensayo de humedad en muestras de madera

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																																										
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02</b>																																																																																																										
CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE MADERA																																																																																																										
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																																																										
Material	Madera																																																																																																									
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																																																																																																									
Fecha	12/06/2019																																																																																																									
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																																																																																																									
<table border="1"><thead><tr><th>Muestra N°</th><th>Peso Humedo- P H (gr)</th><th>Peso Seco-P S (gr)</th><th>Contendio de humedad - (P H-P S)/P S *100</th><th>Tipo de muestra</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>285.40</td><td>218.40</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>2</td><td>274.00</td><td>208.70</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>3</td><td>281.20</td><td>216.30</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>4</td><td>269.80</td><td>204.60</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>5</td><td>293.60</td><td>221.00</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>6</td><td>288.40</td><td>216.70</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>7</td><td>263.50</td><td>201.30</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>8</td><td>275.70</td><td>213.30</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>9</td><td>281.90</td><td>210.10</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>10</td><td>275.60</td><td>209.80</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>11</td><td>274.80</td><td>210.30</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>12</td><td>281.30</td><td>215.80</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>13</td><td>285.60</td><td>212.20</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>14</td><td>291.40</td><td>218.90</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>15</td><td>286.60</td><td>217.70</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>16</td><td>287.60</td><td>215.70</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>17</td><td>294.20</td><td>220.40</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>18</td><td>275.50</td><td>211.50</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>19</td><td>263.10</td><td>199.97</td><td></td><td>Prismática</td></tr><tr><td>20</td><td>274.10</td><td>203.50</td><td></td><td>Prismática</td></tr></tbody></table>		Muestra N°	Peso Humedo- P H (gr)	Peso Seco-P S (gr)	Contendio de humedad - (P H-P S)/P S *100	Tipo de muestra	1	285.40	218.40		Prismática	2	274.00	208.70		Prismática	3	281.20	216.30		Prismática	4	269.80	204.60		Prismática	5	293.60	221.00		Prismática	6	288.40	216.70		Prismática	7	263.50	201.30		Prismática	8	275.70	213.30		Prismática	9	281.90	210.10		Prismática	10	275.60	209.80		Prismática	11	274.80	210.30		Prismática	12	281.30	215.80		Prismática	13	285.60	212.20		Prismática	14	291.40	218.90		Prismática	15	286.60	217.70		Prismática	16	287.60	215.70		Prismática	17	294.20	220.40		Prismática	18	275.50	211.50		Prismática	19	263.10	199.97		Prismática	20	274.10	203.50		Prismática
Muestra N°	Peso Humedo- P H (gr)	Peso Seco-P S (gr)	Contendio de humedad - (P H-P S)/P S *100	Tipo de muestra																																																																																																						
1	285.40	218.40		Prismática																																																																																																						
2	274.00	208.70		Prismática																																																																																																						
3	281.20	216.30		Prismática																																																																																																						
4	269.80	204.60		Prismática																																																																																																						
5	293.60	221.00		Prismática																																																																																																						
6	288.40	216.70		Prismática																																																																																																						
7	263.50	201.30		Prismática																																																																																																						
8	275.70	213.30		Prismática																																																																																																						
9	281.90	210.10		Prismática																																																																																																						
10	275.60	209.80		Prismática																																																																																																						
11	274.80	210.30		Prismática																																																																																																						
12	281.30	215.80		Prismática																																																																																																						
13	285.60	212.20		Prismática																																																																																																						
14	291.40	218.90		Prismática																																																																																																						
15	286.60	217.70		Prismática																																																																																																						
16	287.60	215.70		Prismática																																																																																																						
17	294.20	220.40		Prismática																																																																																																						
18	275.50	211.50		Prismática																																																																																																						
19	263.10	199.97		Prismática																																																																																																						
20	274.10	203.50		Prismática																																																																																																						
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																																																																										
Se utilizaron probetas de forma prismática para facilitar su medida, considerando un tamaño acorde al tamaño de la balanza que se uso para la prueba.																																																																																																										

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.4. Método para obtener la densidad de muestras de madera.

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Balanza
- ✓ Vernier
- ✓ Higrómetro

#### b) Procedimiento

- i. Se procede a tomar las masas de las muestras de forma prismática con ayuda de la balanza de precisión.



Figura 30: Pesado de las probetas con ayuda de la balanza de precisión  
Fuente: Elaboración propia

- ii. Se miden y registran las dimensiones de las muestras para luego calcular el volumen de la misma.




Figura 31: Medida de las dimensiones de la probeta con Vernier  
Fuente: Elaboración propia





c) Toma de datos

Tabla 19: Formato de toma de datos para el cálculo de la densidad de muestras de madera en estado natural

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03						DENSIDAD DE MADERA						
DATOS DE LA MUESTRA												
Material	Madera en estado natural											
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro											
Fecha	15/06/2019											
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin											
Muestra N°	Largo (cm)			Altura (cm)			Ancho (cm)			Volumen-V (L*A*H)cm <sup>3</sup>	Masa de la probeta- MP(gr)	Densidad= (MP/V)gr/cm <sup>3</sup>
	L_1	L_2	L_pro m	H_1	H_2	H_pro m	A_1	A_2	A_pro m			
1	5.25	5.20	<b>5.23</b>	10.20	10.15	<b>10.18</b>	5.20	5.15	<b>5.18</b>	275.13	235.00	
2	5.15	5.20	<b>5.18</b>	10.30	10.25	<b>10.28</b>	5.10	5.25	<b>5.18</b>	275.17	243.50	
3	5.25	5.15	<b>5.20</b>	10.35	10.20	<b>10.28</b>	5.20	5.35	<b>5.28</b>	281.84	236.80	
4	5.40	5.25	<b>5.33</b>	10.15	10.35	<b>10.25</b>	5.35	5.30	<b>5.33</b>	290.65	268.00	
5	5.35	5.25	<b>5.30</b>	10.10	10.30	<b>10.20</b>	5.10	5.15	<b>5.13</b>	277.06	251.40	
6	5.35	5.15	<b>5.25</b>	10.00	10.15	<b>10.08</b>	5.35	5.25	<b>5.30</b>	280.34	238.10	
7	5.20	5.15	<b>5.18</b>	9.85	9.50	<b>9.68</b>	5.15	5.15	<b>5.15</b>	257.85	243.90	
8	5.10	5.25	<b>5.18</b>	9.65	9.80	<b>9.73</b>	5.20	5.35	<b>5.28</b>	265.47	240.00	
9	5.20	5.35	<b>5.28</b>	10.15	10.10	<b>10.13</b>	5.35	5.35	<b>5.35</b>	285.74	238.60	
10	5.35	5.30	<b>5.33</b>	9.95	10.25	<b>10.10</b>	5.15	5.40	<b>5.28</b>	283.70	232.00	
11	5.15	5.15	<b>5.15</b>	10.25	10.15	<b>10.20</b>	5.00	5.20	<b>5.10</b>	267.90	245.50	
12	5.25	5.00	<b>5.13</b>	10.15	10.35	<b>10.25</b>	5.35	5.25	<b>5.30</b>	278.42	239.90	
13	5.20	4.95	<b>5.08</b>	10.25	10.00	<b>10.13</b>	5.15	5.15	<b>5.15</b>	264.63	241.70	
14	5.20	5.25	<b>5.23</b>	9.75	9.85	<b>9.80</b>	5.35	5.35	<b>5.35</b>	273.95	243.60	
15	5.35	5.35	<b>5.35</b>	9.95	10.25	<b>10.10</b>	5.40	5.40	<b>5.40</b>	291.79	245.50	
16	5.30	5.40	<b>5.35</b>	10.00	10.35	<b>10.18</b>	5.20	5.25	<b>5.23</b>	284.43	251.20	
17	5.25	5.20	<b>5.23</b>	10.15	10.25	<b>10.20</b>	5.35	5.35	<b>5.35</b>	285.13	236.90	
18	5.30	5.35	<b>5.33</b>	10.15	9.90	<b>10.03</b>	5.30	5.40	<b>5.35</b>	285.60	251.10	
19	5.35	5.25	<b>5.30</b>	9.85	10.00	<b>9.93</b>	5.25	5.20	<b>5.23</b>	274.85	260.00	
20	5.15	5.05	<b>5.10</b>	10.15	10.25	<b>10.20</b>	5.30	5.35	<b>5.33</b>	277.01	229.30	
<b>OBSERVACIONES:</b> Las medidas fueron tomadas con un Vernier a una precisión de 0.5 mm												

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Formato de toma de datos para el cálculo de la densidad de muestras de madera tratada con aceite de linaza

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 												
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03						DENSIDAD DE MADERA						
DATOS DE LA MUESTRA												
Material	Madera tratada con aceite de linaza											
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro											
Fecha	17/06/2019											
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin											
Muestra N°	Largo (cm)			Altura (cm)			Ancho (cm)			Volumen-V (L*A*H)cm <sup>3</sup>	Masa de la probeta- MP(gr)	Densidad= (MP/V)gr/c m <sup>3</sup>
	L_1	L_2	L_pro m	H_1	H_2	H_pro m	A_1	A_2	A_pro m			
1	4.99	4.99		9.98	10.10		5.10	4.95	<b>5.03</b>	251.75	254.00	
2	4.95	4.99		10.24	9.84		4.96	5.00	<b>4.98</b>	248.50	258.20	
3	5.03	4.92		9.90	10.00		4.92	5.07	<b>5.00</b>	247.26	269.30	
4	5.17	5.15		10.02	10.12		5.10	5.09	<b>5.10</b>	264.74	274.10	
5	4.94	4.91		10.26	9.80		4.93	5.07	<b>5.00</b>	246.99	251.00	
6	4.92	4.92		9.94	9.90		5.15	5.17	<b>5.16</b>	251.84	263.50	
7	5.06	5.06		10.04	10.02		4.99	5.09	<b>5.04</b>	255.79	255.80	
8	5.13	5.10		10.06	10.22		5.09	5.00	<b>5.05</b>	261.66	249.90	
9	5.03	5.15		10.06	9.96		4.93	5.18	<b>5.06</b>	257.56	264.70	
10	4.90	5.12		10.16	10.12		5.05	5.11	<b>5.08</b>	258.07	263.10	
11	5.09	4.98		9.82	9.82		5.17	4.95	<b>5.06</b>	250.19	258.70	
12	4.90	4.94		10.00	9.92		5.18	5.00	<b>5.09</b>	249.43	250.80	
13	5.14	5.15		10.04	9.80		4.94	5.09	<b>5.02</b>	255.96	256.20	
14	5.05	5.05		10.24	10.20		5.03	5.10	<b>5.07</b>	261.41	271.20	
15	5.04	4.96		9.74	10.20		5.09	5.14	<b>5.12</b>	254.98	276.90	
16	4.93	5.16		10.14	9.92		5.06	5.05	<b>5.06</b>	255.79	257.40	
17	5.07	5.12		9.74	10.14		5.10	5.07	<b>5.09</b>	257.53	269.80	
18	5.04	5.07		10.14	9.94		5.08	5.19	<b>5.14</b>	260.61	281.20	
19	4.95	4.99		9.86	9.80		5.06	5.14	<b>5.10</b>	249.16	286.90	
20	5.02	5.15		10.12	10.10		5.06	5.15	<b>5.11</b>	262.44	274.50	
<b>OBSERVACIONES:</b> Las medidas fueron tomadas con un Vernier con una precisión de 0.5 mm												

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.5. Ensayo para determinar la dureza por el método Brinell de muestras de madera.

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Equipo de ensayo para dureza Brinell
- ✓ Vernier
- ✓ Regla metálica
- ✓ Microscopio

#### b) Procedimiento

- i. Luego de medir las probetas se colocan dentro del equipo de dureza por el método Brinell y se le aplicó la carga para poder obtener la huella de la billa en la muestra de madera.



Figura 32: Colocado de la muestra dentro del equipo de dureza Brinell

Fuente: Elaboración propia

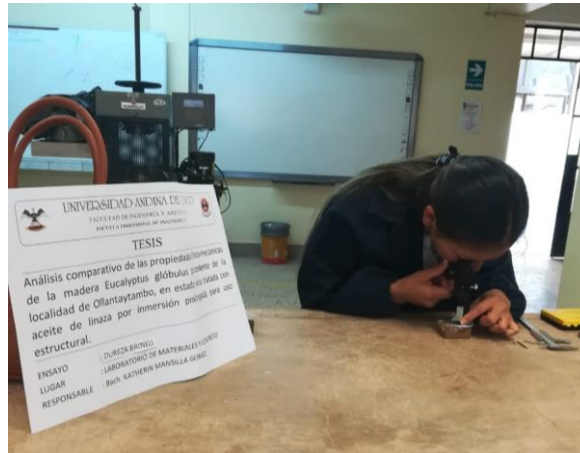
- ii. Luego de un tiempo de 20 segundos aplicando la carga, se libera la muestra y se retira del equipo.



Figura 33: Aplicación de la carga con el equipo.

Fuente: Elaboración propia

- iii. Con ayuda del microscopio se tomaron las lecturas de los diámetros de las huellas dejadas por la billa y se registraron los datos.



*Figura 34:* Medida de los diámetros de la huella en la muestra.  
Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 21: Toma de datos para el ensayo de dureza Brinell de muestras en estado natural

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 08			DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL			
DATOS DE LA MUESTRA						
Material	Madera					
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro					
Fecha	03/08/2019					
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin					
Muestra N°	Diametro huella (mm)			Diam. billa	Fuerza aplicada	Dureza
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d prom	D (mm)	P (kg)	HB (kg/mm <sup>2</sup> )
1	4.070	4.055		10.0	100.0	
2	4.060	4.010		10.0	100.0	
3	4.020	4.080		10.0	100.0	
4	4.090	4.035		10.0	100.0	
5	4.055	4.015		10.0	100.0	
6	4.035	4.055		10.0	100.0	
7	4.010	4.055		10.0	100.0	
8	4.055	4.085		10.0	100.0	
9	4.050	4.015		10.0	100.0	
10	4.025	4.095		10.0	100.0	
11	4.030	4.060		10.0	100.0	
12	4.010	4.015		10.0	100.0	
13	4.010	4.080		10.0	100.0	
14	4.080	4.090		10.0	100.0	
15	4.095	4.090		10.0	100.0	
16	4.075	4.055		10.0	100.0	
17	4.030	4.055		10.0	100.0	
18	4.090	4.040		10.0	100.0	
19	4.005	4.085		10.0	100.0	
20	4.060	4.060		10.0	100.0	
<div style="text-align: center;"> <p><b>ESQUEMA DEL ENSAYO</b></p> <math display="block">HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}</math> <p>HB : Hardest Brinell (Dureza Brinell), en kg/mm<sup>2</sup></p> <p>D : Diametro de la Billa</p> <p>d :Diametro de la huella</p> <p>P : Carga aplicada durante la prueba</p> </div>						
<p><b>OBSERVACIONES:</b></p>   						

Tabla 22: Toma de datos para el ensayo de dureza Brinell de muestras de madera tratadas

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>						
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 08</b>			<b>DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL</b>			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
Material	Madera					
Especie	Eucalyptus glóbulus tratado con aceite de linaza, en estado anhidro					
Fecha	03/08/2019					
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin					
<b>Muestra N°</b>	<b>Diametro huella (mm)</b>			<b>Diam. billa</b>	<b>Fuerza aplicada</b>	<b>Dureza</b>
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d prom	D (mm)	P (kg)	HB (kg/mm <sup>2</sup> )
1	3.945	3.960		10.0	100.0	
2	3.890	3.950		10.0	100.0	
3	3.895	3.955		10.0	100.0	
4	3.930	3.935		10.0	100.0	
5	3.890	3.945		10.0	100.0	
6	3.945	3.925		10.0	100.0	
7	3.960	3.910		10.0	100.0	
8	3.900	3.950		10.0	100.0	
9	3.900	3.940		10.0	100.0	
10	3.950	3.960		10.0	100.0	
11	3.945	3.900		10.0	100.0	
12	3.900	3.895		10.0	100.0	
13	3.970	3.980		10.0	100.0	
14	3.975	3.970		10.0	100.0	
15	3.970	3.925		10.0	100.0	
16	3.925	3.950		10.0	100.0	
17	3.975	3.980		10.0	100.0	
18	3.970	3.970		10.0	100.0	
19	3.920	3.965		10.0	100.0	
20	3.890	3.915		10.0	100.0	
<b>OBSERVACIONES:</b>						

**ESQUEMA DEL ENSAYO**

$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB : Hardest Brinell (Dureza Brinell), en kg/mm<sup>2</sup>  
 D : Diametro de la Billa  
 d :Diametro de la huella  
 P : Carga aplicada durante la prueba

### 3.5.6. Método para determinar la conductividad térmica de muestras de madera.

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Equipo para medir la conductividad térmica
- ✓ Horno
- ✓ Termómetros
- ✓ Multímetro

#### b) Procedimiento

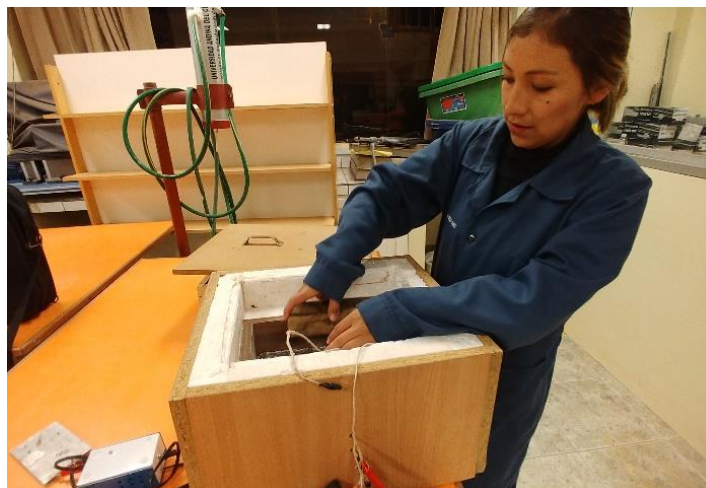
- i. Se verifica el estado anhidro de la madera con ayuda del higrómetro.



*Figura 35:* Medida de las dimensiones de la muestra

Fuente: Elaboración propia

- ii. Se colocan las muestras a ensayar previamente medias dentro de la cámara térmica.



*Figura 36:* Colocado de la muestra en la caja de conductividad térmica

Fuente: Elaboración propia

- iii. Se coloca las placas que contienen la resistencia eléctrica entre las dos muestras contenidas en la cámara térmica.



*Figura 37:* Colocado de la placa caliente con la resistencia eléctrica  
Fuente: Elaboración propia

- iv. Se colocó la muestra en una de las cámaras del equipo, se midió la temperatura de otra muestra del mismo tamaño y se colocó en la cámara sobrante.



*Figura 38:* Colocado de la placa caliente con la resistencia eléctrica  
Fuente: Elaboración propia

- v. Se toman las temperaturas en los extremos de la muestra, se cierra el equipo y se espera 1 hora para volver a tomar las lecturas de temperatura, se anotaron y registraron los datos.



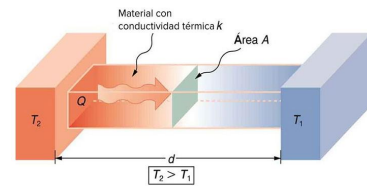


*Figura 39:* Tomado de las lecturas de temperatura  
Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 23: Toma de datos para el ensayo de conductividad térmica de muestras de madera.

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 09						CONDUCTIVIDAD TÉRMICA				
DATOS DE LA MUESTRA										
Material	Madera tratada y madera en estado natural anhidro									
Especie	Eucalyptus glóbulus									
Fecha	025/08/2019									
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin									
n°	Potencia electr.	Distan. entre placas	T inicial placa fria	T final placa fria	T inicial placa fria	T final placa fria	Variac. de Temp.	Area de contacto	Lectura de tiempo	K (Conductividad térmica) $(\Delta Q \cdot \Delta x) / (\Delta T \cdot A \cdot \Delta T)$
	Watts	X (cm)	To (°C)	To (°C)	Tf (°C)	Tf (°C)	T (°C)	A (cm <sup>2</sup> )	T (min)	
1	254.0	25.300	18.4	94.7	125.1	125.6	30.7	154.0	30.0	
2	254.0	25.300	18.1	96.1	123.4	125.4	28.3	158.1	30.0	
3	254.0	25.300	18.3	95.7	126.8	126.2	30.8	158.1	30.0	
4	254.0	25.300	18.6	98.0	127.5	128.1	29.8	158.1	30.0	
5	254.0	25.300	18.4	97.5	125.6	127.4	29.0	158.1	30.0	
6	254.0	25.300	19.2	97.2	126.4	128.6	30.3	158.1	30.0	
7	254.0	25.300	19.1	97.4	126.3	127.4	29.5	158.1	30.0	
8	254.0	25.300	19.6	98.2	127.4	129.2	30.1	158.1	30.0	
9	254.0	25.300	18.1	98.6	128.3	125.5	28.3	158.1	30.0	
10	254.0	25.300	18.6	97.4	127.4	126.3	29.5	158.1	30.0	
11	254.0	25.100	18.5	98.5	127.8	125.5	28.2	158.1	30.0	
12	254.0	25.100	18.4	97.9	126.3	125.4	28.0	158.1	30.0	
13	254.0	25.100	18.5	99.2	125.4	126.5	26.8	158.1	30.0	
14	254.0	25.100	18.6	98.4	124.3	125.0	26.3	158.1	30.0	
15	254.0	25.100	18.3	99.6	127.2	128.6	28.3	158.1	30.0	
16	254.0	25.100	18.4	97.6	125.8	127.6	29.1	158.1	30.0	
17	254.0	25.100	18.2	99.3	126.3	125.8	26.8	158.1	30.0	
18	254.0	25.100	18.3	98.6	127.4	124.8	27.5	158.1	30.0	
19	254.0	25.100	18.4	97.2	123.3	125.3	27.1	158.1	30.0	
20	254.0	25.100	18.2	98.3	125.0	126.3	27.4	158.1	30.0	
<b>OBSERVACIONES:</b>										



$$\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -\kappa \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

- $\Delta Q$  : Energía transportada (potencia eléctrica)
- $\Delta t A$  : Variación del tiempo por area de contacto
- $\Delta T$  : Variación de temperatura
- $\Delta x$  : Distancia entre las placas (caliente y fria)
- $\kappa$  : Conductividad térmica

3.5.7. Ensayo de compresión paralela al grano de muestras de madera.

a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Equipo a compresión
- ✓ Vernier
- ✓ Deformímetro analógico

**b) Procedimiento**

- i. Se coloca el deformímetro en el cuerpo del equipo a compresión.



*Figura 40:* Colocación del deformímetro en el cuerpo del equipo a compresión.

Fuente: Elaboración propia

- ii. Se coloca la muestra y se coloca el pistón de carga sobre ella.



*Figura 401:* Colocación del deformímetro en el cuerpo del equipo a compresión.

Fuente: Elaboración propia

- iii. Se taran ambos valores (carga y deformación) para que puedan tomarse los valores desde cero.
- iv. Se ejerce fuerza sobre la probeta con ayuda del equipo a compresión, registrando durante el proceso los valores de carga y deformación hasta el punto de falla de la muestra.



*Figura 412:* Colocación de la muestra y aplicación de carga sobre la misma  
Fuente: Elaboración propia

- v. Finalmente se verifica la falla por compresión paralela se delimitan las fallas y se registran fotográficamente



*Figura 423:* Verificación de la falla a compresión paralela de la probeta luego del ensayo.  
Fuente: Elaboración propia



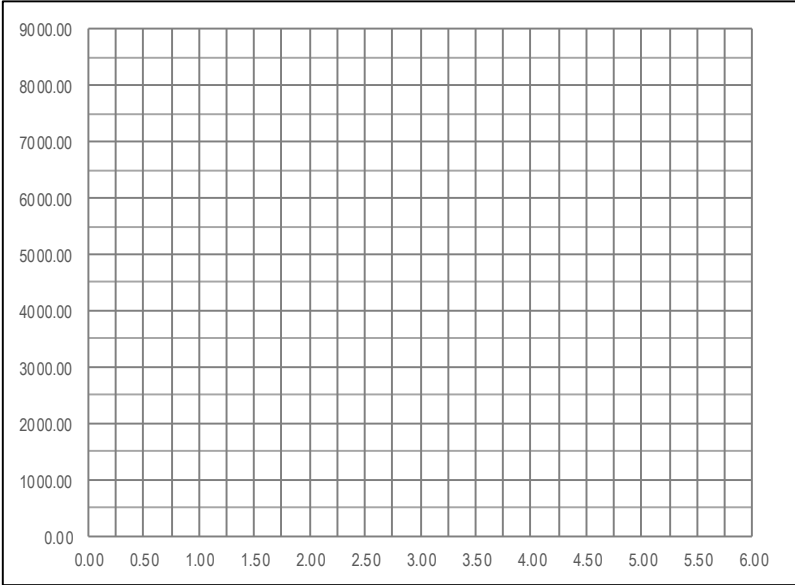
c) Toma de datos

Tabla 24: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 01)

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Material	Madera en estado anhidro		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	18/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
<b>MUESTRA 01</b>			<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>
Lectura	Carga y def.		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.30	203.94	
2	0.60	693.38	
3	0.90	1396.96	
4	1.20	2090.34	
5	1.50	2804.12	
6	1.80	3466.91	
7	2.10	4190.88	
8	2.40	4894.46	
9	2.70	5608.24	
10	3.00	6220.05	
11	3.30	6933.82	
12	3.60	7239.73	
13	3.90	7545.63	
14	4.20	7851.53	
<b>15</b>	<b>4.50</b>	<b>8157.44</b>	
16	4.80	7749.57	
17	5.10	7647.60	
18	5.40	7545.63	
19	5.70	7341.69	
20	6.00	7137.76	
<b>Datos de la MUESTRA 01</b>			
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>	
H_1 =	cm	A_1 =	cm
H_2 =	cm	A_2 =	cm
H <sub>prom</sub> =	20.15 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm
MOR <sub>pa</sub> =		MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =		TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 02)

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 02		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	152.95
2	0.60	611.81
3	0.90	1427.55
4	1.20	2141.33
5	1.50	2753.14
6	1.80	3262.98
7	2.10	4078.72
8	2.40	4894.46
9	2.70	5200.37
10	3.00	6220.05
11	3.30	6831.85
12	3.60	7239.73
13	3.90	7443.66
14	4.20	7545.63
15	4.50	7749.57
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>8004.49</b>
17	5.10	7647.60
18	5.40	7545.63
19	5.70	7341.69
20	6.00	7137.76
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
		
Datos de la MUESTRA 02		
Altura	Ancho	
H_1 =	cm	A_1 =
H_2 =	cm	A_2 =
H <sub>prom</sub> =	19.95 cm	A <sub>prom</sub> =
A <sub>prom</sub> =	5.05 cm	
MORpa =	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPpa =	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 03)

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 03		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	122.36
2	0.60	713.78
3	0.90	1427.55
4	1.20	1835.42
5	1.50	2396.25
6	1.80	3568.88
7	2.10	3874.78
8	2.40	4894.46
9	2.70	5200.37
10	3.00	6220.05
11	3.30	6831.85
12	3.60	7239.73
13	3.90	7362.09
<b>14</b>	<b>4.20</b>	<b>7443.66</b>
15	4.50	7341.69
16	4.80	7137.76
17	5.10	7035.79
18	5.40	6780.87
19	5.70	6627.92
20	6.00	6627.92
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
Datos de la MUESTRA 03		
Altura		Ancho
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =
H <sub>prom</sub> =	19.95 cm	A <sub>prom</sub> =
		5.25 cm
MOR <sub>pa</sub> =	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 04)

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 04		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	168.25
2	0.60	698.48
3	0.90	1274.60
4	1.20	2141.33
5	1.50	2906.09
6	1.80	3823.80
7	2.10	4588.56
8	2.40	5098.40
9	2.70	5812.17
10	3.00	6220.05
11	3.30	6882.84
12	3.60	7137.76
13	3.90	7341.69
14	4.20	7433.47
15	4.50	7443.66
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>7545.63</b>
17	5.10	7290.71
18	5.40	7137.76
19	5.70	7035.79
20	6.00	6933.82

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
8000.00			
7000.00			
6000.00			
5000.00			
4000.00			
3000.00			
2000.00			
1000.00			
0.00			
	1.50	2.00	2.50
	3.00	3.50	4.00
	4.50	5.00	5.50
	6.00		

Datos de la MUESTRA 04			
Altura		Ancho	
H_1 =	cm	A_1 =	cm
H_2 =	cm	A_2 =	cm
H <sub>prom</sub> =	20.30 cm	A <sub>prom</sub> =	4.95 cm

MOR <sub>pa</sub>	=	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub>	=	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia



Tabla 28: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 05)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>																																																																					
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																																																					
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>																																																																				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																					
Material	Madera en estado anhidro																																																																				
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																																																																				
Fecha	18/06/2019																																																																				
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #f2f2f2;">MUESTRA 05</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Lectura</th> <th colspan="2" style="background-color: #f2f2f2;">Carga y def.</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #f2f2f2;">D (mm)</th> <th style="background-color: #f2f2f2;">P (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.30</td><td>152.95</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.60</td><td>703.58</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.90</td><td>1172.63</td></tr> <tr><td>4</td><td>1.20</td><td>2243.30</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.50</td><td>2804.12</td></tr> <tr><td>6</td><td>1.80</td><td>3721.83</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.10</td><td>4435.61</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.40</td><td>4951.57</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.70</td><td>5697.36</td></tr> <tr><td>10</td><td>3.00</td><td>6178.14</td></tr> <tr><td>11</td><td>3.30</td><td>6707.86</td></tr> <tr><td>12</td><td>3.60</td><td>6919.04</td></tr> <tr><td>13</td><td>3.90</td><td>7295.40</td></tr> <tr><td>14</td><td>4.20</td><td>7449.58</td></tr> <tr><td>15</td><td>4.50</td><td>7299.79</td></tr> <tr><td>16</td><td>4.80</td><td>7510.35</td></tr> <tr><td><b>17</b></td><td><b>5.10</b></td><td><b>7718.77</b></td></tr> <tr><td>18</td><td>5.40</td><td>7501.17</td></tr> <tr><td>19</td><td>5.70</td><td>7356.48</td></tr> <tr><td>20</td><td>6.00</td><td>7105.84</td></tr> </tbody> </table>		MUESTRA 05			Lectura	Carga y def.		D (mm)	P (kg)	1	0.30	152.95	2	0.60	703.58	3	0.90	1172.63	4	1.20	2243.30	5	1.50	2804.12	6	1.80	3721.83	7	2.10	4435.61	8	2.40	4951.57	9	2.70	5697.36	10	3.00	6178.14	11	3.30	6707.86	12	3.60	6919.04	13	3.90	7295.40	14	4.20	7449.58	15	4.50	7299.79	16	4.80	7510.35	<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7718.77</b>	18	5.40	7501.17	19	5.70	7356.48	20	6.00	7105.84
MUESTRA 05																																																																					
Lectura	Carga y def.																																																																				
	D (mm)	P (kg)																																																																			
1	0.30	152.95																																																																			
2	0.60	703.58																																																																			
3	0.90	1172.63																																																																			
4	1.20	2243.30																																																																			
5	1.50	2804.12																																																																			
6	1.80	3721.83																																																																			
7	2.10	4435.61																																																																			
8	2.40	4951.57																																																																			
9	2.70	5697.36																																																																			
10	3.00	6178.14																																																																			
11	3.30	6707.86																																																																			
12	3.60	6919.04																																																																			
13	3.90	7295.40																																																																			
14	4.20	7449.58																																																																			
15	4.50	7299.79																																																																			
16	4.80	7510.35																																																																			
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7718.77</b>																																																																			
18	5.40	7501.17																																																																			
19	5.70	7356.48																																																																			
20	6.00	7105.84																																																																			
<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #f2f2f2;">Datos de la MUESTRA 05</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #f2f2f2;">Altura</th> <th colspan="2" style="background-color: #f2f2f2;">Ancho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H<sub>1</sub> =</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td>A<sub>1</sub> =</td> <td style="text-align: center;">cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub> =</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td>A<sub>2</sub> =</td> <td style="text-align: center;">cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>prom</sub> =</td> <td style="text-align: center;">20.10 cm</td> <td>A<sub>prom</sub> =</td> <td style="text-align: center;">5.05 cm</td> </tr> </tbody> </table>		Datos de la MUESTRA 05				Altura		Ancho		H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =	cm	H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =	cm	H <sub>prom</sub> =	20.10 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm																																																
Datos de la MUESTRA 05																																																																					
Altura		Ancho																																																																			
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =	cm																																																																		
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =	cm																																																																		
H <sub>prom</sub> =	20.10 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm																																																																		
MORpa =	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>																																																																				
TLPpa =	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																																																				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 06).

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 06		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	152.95
2	0.60	744.37
3	0.90	1368.51
4	1.20	2187.32
5	1.50	2921.79
6	1.80	3721.83
7	2.10	4297.44
8	2.40	4818.50
9	2.70	5790.66
10	3.00	6245.03
11	3.30	6479.76
12	3.60	6718.36
13	3.90	7194.25
14	4.20	7398.18
15	4.50	7408.79
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>7692.57</b>
17	5.10	7605.49
18	5.40	7295.30
19	5.70	7239.73
20	6.00	7035.69
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
Datos de la MUESTRA 06		
Altura		Ancho
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> = cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> = cm
H <sub>prom</sub> =	20.10 cm	A <sub>prom</sub> = 5.10 cm
MOR <sub>pa</sub> =		MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =		TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 07).

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 07</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	122.36
2	0.60	713.78
3	0.90	1376.57
4	1.20	2141.33
5	1.50	2702.15
6	1.80	3721.83
7	2.10	4078.72
8	2.40	4670.13
9	2.70	5678.29
10	3.00	6083.21
11	3.30	6268.79
12	3.60	6484.04
13	3.90	7009.79
14	4.20	7244.62
15	4.50	7399.71
16	4.80	7571.73
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7738.96</b>
18	5.40	7510.76
19	5.70	7229.22
20	6.00	7124.91

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Datos de la MUESTRA 07			
	Altura		Ancho
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =	cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =	cm
H <sub>prom</sub> =	20.15 cm	A <sub>prom</sub> =	5.20 cm

MORpa =	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPpa =	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 08).

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 08		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	138.47
2	0.60	712.45
3	0.90	1283.47
4	1.20	2199.35
5	1.50	2640.66
6	1.80	3617.52
7	2.10	4056.69
8	2.40	4455.80
9	2.70	5351.99
10	3.00	5770.27
11	3.30	6178.14
12	3.60	6358.11
13	3.90	6707.25
14	4.20	7180.08
15	4.50	7289.39
16	4.80	7510.76
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7635.16</b>
18	5.40	7391.35
19	5.70	7152.44
20	6.00	6992.66
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
Datos de la MUESTRA 08		
Altura		Ancho
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> = cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> = cm
H <sub>prom</sub> =	19.95 cm	A <sub>prom</sub> = 4.95 cm
MOR <sub>pa</sub> =		MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =		TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>



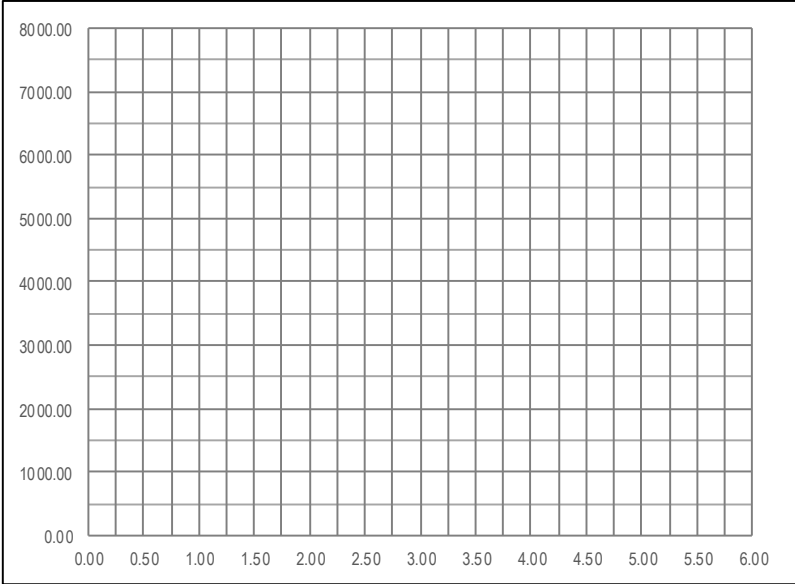
Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 09).

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera en estado anhidro		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	18/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 09			
Lectura	Carga y def.		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.30	100.54	
2	0.60	756.09	
3	0.90	1147.75	
4	1.20	2249.21	
5	1.50	2412.36	
6	1.80	3330.07	
7	2.10	3864.18	
8	2.40	4410.73	
9	2.70	4973.49	
10	3.00	5370.14	
11	3.30	6105.54	
12	3.60	6380.03	
13	3.90	6627.71	
14	4.20	7244.62	
15	4.50	7401.55	
16	4.80	7408.79	
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7718.77</b>	
18	5.40	7544.31	
19	5.70	7393.80	
20	6.00	7197.82	
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
Datos de la MUESTRA 09			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =	cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =	cm
H <sub>prom</sub> =	20.20 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm
MOR <sub>pa</sub> =		MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =		TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia

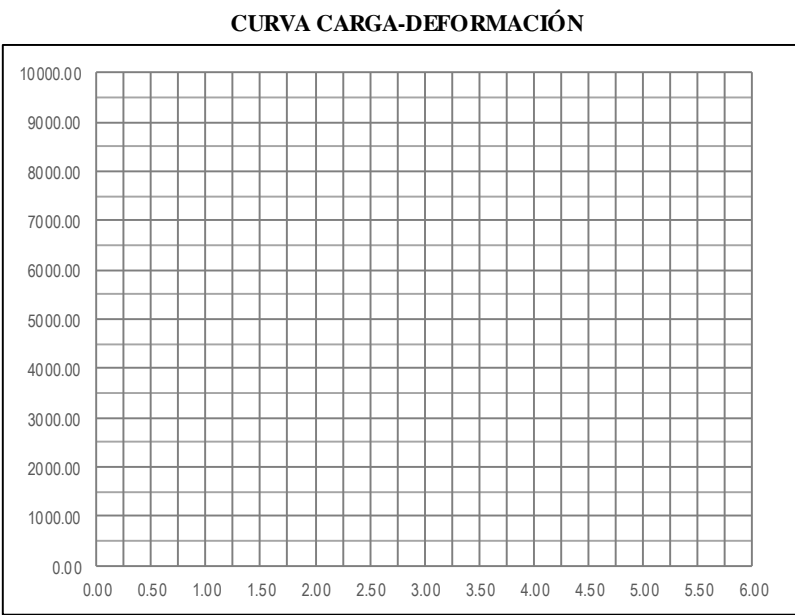
Tabla 33: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera en estado natural (muestra 10).

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera en estado anhidro		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	18/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 10			
Lectura	Carga y def.		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.30	128.17	
2	0.60	754.36	
3	0.90	1129.60	
4	1.20	1884.27	
5	1.50	2506.17	
6	1.80	3023.76	
7	2.10	3771.59	
8	2.40	4338.43	
9	2.70	4780.06	
10	3.00	5464.16	
11	3.30	6105.54	
12	3.60	6275.82	
13	3.90	6627.71	
14	4.20	7179.67	
15	4.50	7265.63	
16	4.80	7337.92	
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7498.83</b>	
18	5.40	7397.57	
19	5.70	7289.39	
20	6.00	7037.22	
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
			
Datos de la MUESTRA 10			
Altura		Ancho	
H_1 =	20.1 cm	A_1 =	5.0 cm
H_2 =	20.0 cm	A_2 =	5.1 cm
H <sub>prom</sub> =	20.05 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm
MOR <sub>pa</sub> =	294.0	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =	204.3	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia



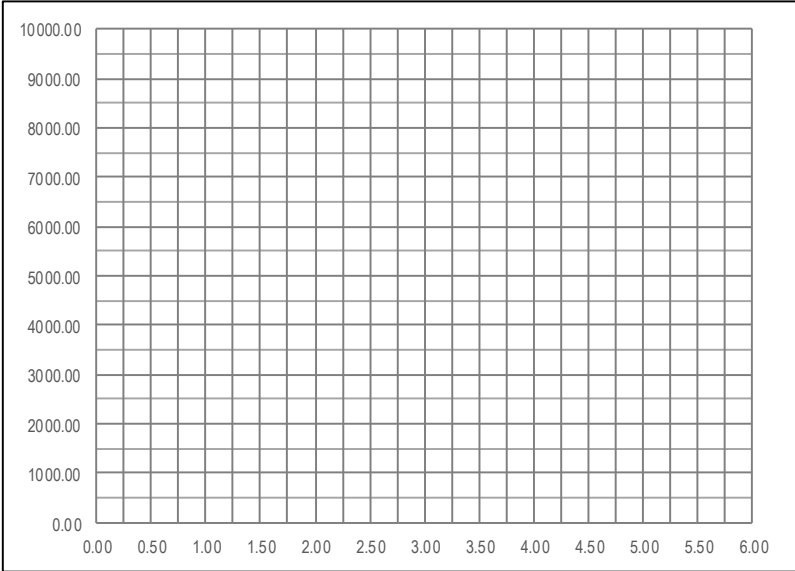
Tabla 34: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 11).

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 11</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	175.89
2	0.60	703.58
3	0.90	1641.68
4	1.20	2462.53
5	1.50	3166.11
6	1.80	3752.42
7	2.10	4690.53
8	2.40	5628.63
9	2.70	5980.42
10	3.00	7153.05
11	3.30	7856.63
12	3.60	8325.69
13	3.90	8560.21
14	4.20	8677.48
15	4.50	8912.00
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>9205.16</b>
17	5.10	8794.74
18	5.40	8677.48
19	5.70	8442.95
20	6.00	8208.42
<b>Datos de la MUESTRA 11</b>		
Altura		Ancho
H <sub>1</sub> =	20.0 cm	A <sub>1</sub> = 5.2 cm
H <sub>2</sub> =	20.1 cm	A <sub>2</sub> = 5.0 cm
H <sub>prom</sub> =	20.05 cm	A <sub>prom</sub> = 5.10 cm
MOR <sub>pa</sub> =	353.9	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =	200.3	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>



Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 12).

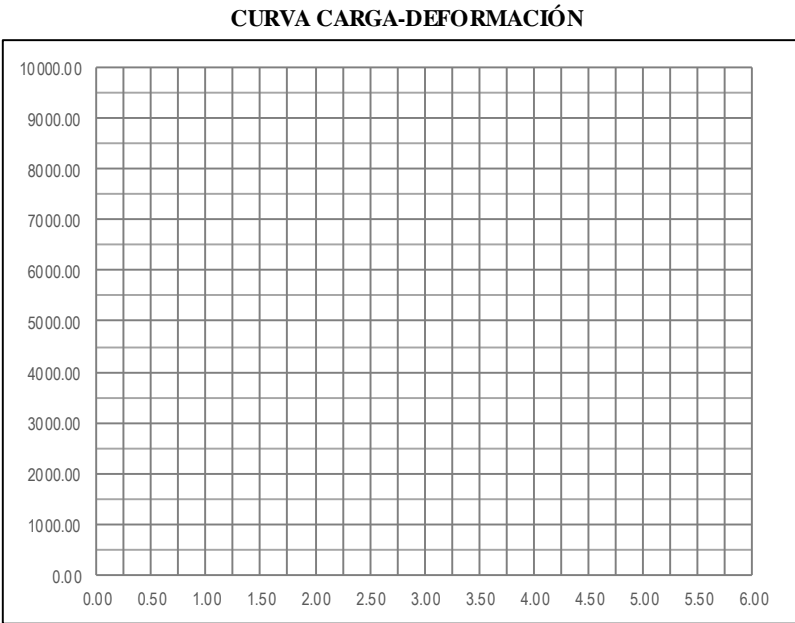
 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera en estado anhidro		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	19/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 12			
Lectura	Carga y def.		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.30	193.48	
2	0.60	803.25	
3	0.90	1465.79	
4	1.20	2462.53	
5	1.50	3342.00	
6	1.80	4397.37	
7	2.10	5276.84	
8	2.40	5863.16	
9	2.70	6684.00	
10	3.00	7153.05	
11	3.30	7915.26	
12	3.60	8208.42	
13	3.90	8442.95	
14	4.20	8548.49	
15	4.50	8560.21	
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>8677.48</b>	
17	5.10	8384.32	
18	5.40	8208.42	
19	5.70	8091.16	
20	6.00	7973.90	
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
			
Datos de la MUESTRA 12			
Altura		Ancho	
H_1 =	cm	A_1 =	cm
H_2 =	cm	A_2 =	cm
H <sub>prom</sub> =	20.00 cm	A <sub>prom</sub> =	4.95 cm
MORpa =		MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPpa =		TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia





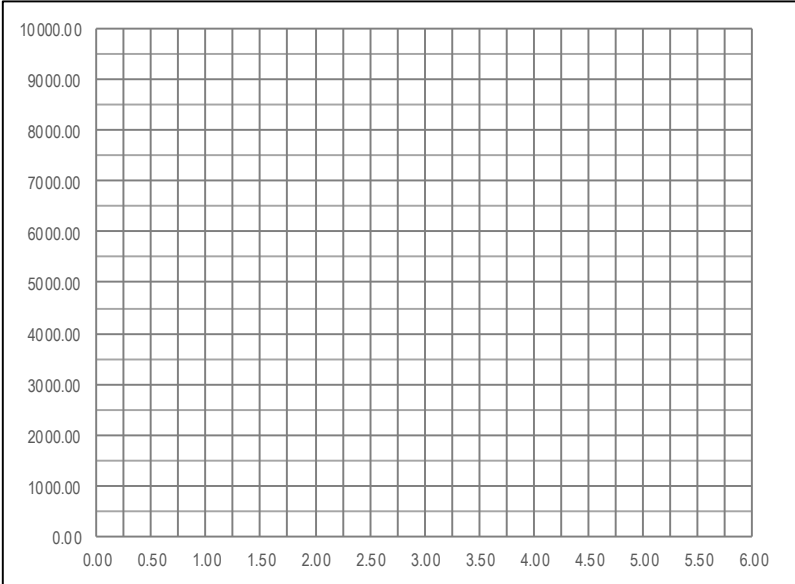
Tabla 36: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 13).

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 13</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	175.89
2	0.60	856.02
3	0.90	1573.79
4	1.20	2515.41
5	1.50	3360.06
6	1.80	4280.11
7	2.10	4942.06
8	2.40	5541.27
9	2.70	6659.26
10	3.00	7181.78
11	3.30	7451.72
12	3.60	7726.12
13	3.90	8273.39
14	4.20	8507.91
15	4.50	8520.11
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>8846.45</b>
17	5.10	8746.31
18	5.40	8389.59
19	5.70	8325.69
20	6.00	8091.04
<b>Datos de la MUESTRA 13</b>		
Altura		Ancho
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> = cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> = cm
H <sub>prom</sub> =	20.10 cm	A <sub>prom</sub> = 5.15 cm
MOR <sub>pa</sub> =	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TL <sub>pa</sub> =	TL <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	



Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 14).

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> 		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 14		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	156.47
2	0.60	805.07
3	0.90	1450.32
4	1.20	2485.26
5	1.50	2983.95
6	1.80	4087.80
7	2.10	4584.06
8	2.40	5035.05
9	2.70	6047.75
10	3.00	6520.40
11	3.30	6981.30
12	3.60	7184.67
13	3.90	7579.19
14	4.20	8113.49
15	4.50	8237.01
16	4.80	8487.16
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>8627.73</b>
18	5.40	8352.23
19	5.70	8082.26
20	6.00	7901.70
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
		
Datos de la MUESTRA 14		
Altura	Ancho	
H_1 =                      cm	A_1 =                      cm	
H_2 =                      cm	A_2 =                      cm	
H <sub>prom</sub> =                      19.95 cm	A <sub>prom</sub> =                      5.00 cm	
MOR <sub>pa</sub> =	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 15).

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Material	Madera en estado anhidro
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro
Fecha	19/06/2019
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin
<b>MUESTRA 15</b>	<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>
	Carga y def.
Lectura	D (mm)      P (kg)
1	0.30      146.12
2	0.60      859.97
3	0.90      1287.75
4	1.20      2148.06
5	1.50      2857.03
6	1.80      3447.08
7	2.10      4299.61
8	2.40      4945.81
9	2.70      5449.26
10	3.00      6229.14
11	3.30      6960.31
12	3.60      7154.44
13	3.90      7555.59
14	4.20      8184.82
15	4.50      8282.81
16	4.80      8365.23
<b>17</b>	<b>5.10      8548.66</b>
18	5.40      8433.23
19	5.70      8309.90
20	6.00      8022.43

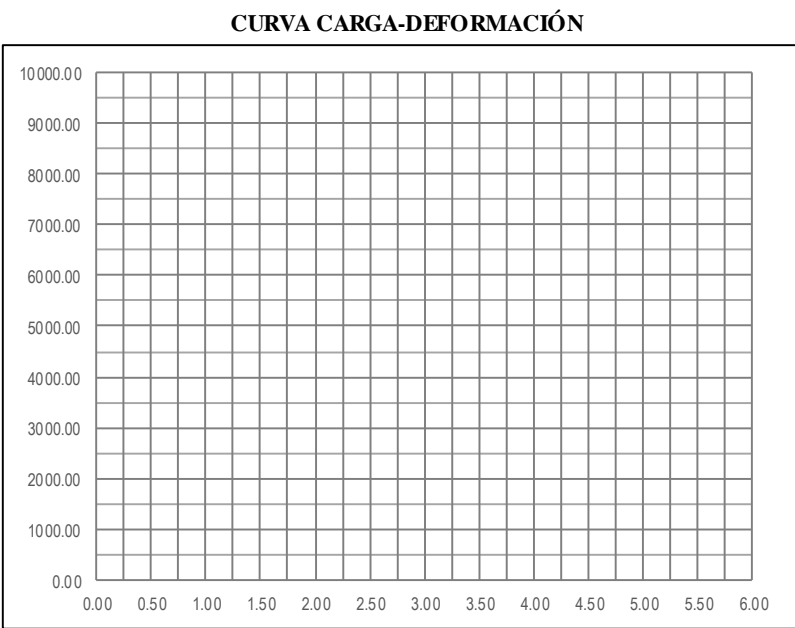
Datos de la MUESTRA 15			
Altura		Ancho	
H_1 =	cm	A_1 =	cm
H_2 =	cm	A_2 =	cm
H <sub>prom</sub> =	19.90 cm	A <sub>prom</sub> =	5.10 cm

MOR <sub>pa</sub> =	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TL <sub>pa</sub> =	TL <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 16).

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 16</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	234.53
2	0.60	797.39
3	0.90	1606.51
4	1.20	2403.90
5	1.50	3224.74
6	1.80	3986.95
7	2.10	4819.52
8	2.40	5628.63
9	2.70	6449.47
10	3.00	7153.05
11	3.30	7973.90
12	3.60	8325.69
13	3.90	8677.48
14	4.20	9029.26
<b>15</b>	<b>4.50</b>	<b>9381.05</b>
16	4.80	8912.00
17	5.10	8794.74
18	5.40	8677.48
19	5.70	8442.95
20	6.00	8208.42
<b>Datos de la MUESTRA 16</b>		
Altura		Ancho
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> = cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> = cm
H <sub>prom</sub> =	20.20 cm	A <sub>prom</sub> = 5.10 cm
MOR <sub>pa</sub> =		MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TL <sub>pa</sub> =		TL <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>



Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 17).

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 17</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	141.94
2	0.60	827.98
3	0.90	1655.96
4	1.20	2129.09
5	1.50	2779.65
6	1.80	4139.90
7	2.10	4494.75
8	2.40	5677.58
9	2.70	6032.43
10	3.00	7215.25
11	3.30	7924.95
12	3.60	8398.08
13	3.90	8540.02
<b>14</b>	<b>4.20</b>	<b>8634.65</b>
15	4.50	8516.37
16	4.80	8279.80
17	5.10	8161.52
18	5.40	7865.81
19	5.70	7688.39
20	6.00	7688.39
<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>		
<b>Datos de la MUESTRA 17</b>		
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>
H_1 =	cm	A_1 =
H_2 =	cm	A_2 =
H <sub>prom</sub> =	20.15 cm	A <sub>prom</sub> =
		5.05 cm
MOR <sub>pa</sub> =		MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TL <sub>pa</sub> =		TL <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 18).

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO			
DATOS DE LA MUESTRA					
Material	Madera en estado anhidro				
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro				
Fecha	19/06/2019				
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin				
MUESTRA 18			CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
Lectura	Carga y def.				
	D (mm)	P (kg)			
1	0.30	174.37			
2	0.60	802.08			
3	0.90	1336.80			
4	1.20	2557.36			
5	1.50	3196.70			
6	1.80	4242.89			
7	2.10	5056.59			
8	2.40	5644.78			
9	2.70	6494.99			
10	3.00	7043.08			
11	3.30	7646.96			
12	3.60	7887.70			
13	3.90	8316.76			
14	4.20	8492.52			
15	4.50	8321.76			
16	4.80	8561.80			
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>8799.40</b>			
18	5.40	8551.34			
19	5.70	8386.39			
20	6.00	8100.66			
Datos de la MUESTRA 18					
Altura		Ancho			
H_1 =	cm	A_1 =	cm		
H_2 =	cm	A_2 =	cm		
H <sub>prom</sub> =	20.00 cm	A <sub>prom</sub> =	5.15 cm		
MOR <sub>pa</sub> =					MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =					TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 19).

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Material	Madera en estado anhidro
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro
Fecha	19/06/2019
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin
<b>MUESTRA 19</b>	<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>
	Carga y def.
Lectura	D (mm)      P (kg)
1	0.30      140.72
2	0.60      820.84
3	0.90      1583.05
4	1.20      2462.53
5	1.50      3107.47
6	1.80      4280.11
7	2.10      4690.53
8	2.40      5370.65
9	2.70      6530.03
10	3.00      6995.69
11	3.30      7209.11
12	3.60      7456.65
13	3.90      8061.26
14	4.20      8331.31
15	4.50      8509.67
16	4.80      8707.49
<b>17</b>	<b>5.10      8899.81</b>
18	5.40      8637.37
19	5.70      8313.61
20	6.00      8193.65
<b>Datos de la MUESTRA 19</b>	
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>
H_1 =                      cm	A_1 =                      cm
H_2 =                      cm	A_2 =                      cm
H <sub>prom</sub> =      20.10      cm	A <sub>prom</sub> =      5.15      cm
MORpa =	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPpa =	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Toma de datos del ensayo de compresión paralela al grano de la madera tratada (muestra 20).

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Material	Madera en estado anhidro		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	19/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
<b>MUESTRA 20</b>		<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>	
Lectura	Carga y def.		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.30	116.63	
2	0.60	877.07	
3	0.90	1331.39	
4	1.20	2609.08	
5	1.50	2798.34	
6	1.80	3862.88	
7	2.10	4482.45	
8	2.40	5116.44	
9	2.70	5769.25	
10	3.00	6229.37	
11	3.30	7082.42	
12	3.60	7400.84	
13	3.90	7688.15	
14	4.20	8403.76	
15	4.50	8585.80	
16	4.80	8594.20	
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>8953.78</b>	
18	5.40	8751.39	
19	5.70	8576.81	
20	6.00	8349.47	
<b>Datos de la MUESTRA 20</b>			
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>	
H_1 =	cm	A_1 =	cm
H_2 =	cm	A_2 =	cm
H <sub>prom</sub> =	19.90 cm	A <sub>prom</sub> =	5.15 cm
MOR <sub>pa</sub> =		MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =		TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.8. Ensayo de resistencia a compresión perpendicular al grano de muestras de madera.

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Equipo a compresión
- ✓ Placa metálica

#### b) Procedimiento

- i. Se coloca la muestra dentro del equipo a compresión en posición horizontal según lo establecido en el método de prueba.



Figura 43: Colocado de la muestra en posición horizontal dentro del equipo

Fuente: Elaboración propia

- ii. Se aplica carga con ayuda del equipo a compresión en la placa metálica y se registra el valor máximo en kilogramos-fuerza que aplico el equipo hasta que se registró la falla de la misma.



Figura 44: Aplicación de carga sobre la muestra hasta su falla por compresión perpendicular al grano.

Fuente: Elaboración propia.

iii. Se verifica la falla de la muestra y se registran fotográficamente.



*Figura 45:* Muestra de la falla compresión perpendicular al grano.  
Fuente: Elaboración propia.

c) Toma de datos

Tabla 44: Toma de datos para el ensayo de compresión perpendicular al grano de muestras en estado natural.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05				COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO					
DATOS DE LA MUESTRA									
Material	Madera sin tratar								
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro								
Fecha	19/06/2019								
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin								
Muestra N°	Ancho (cm)			Altura (cm)			Carga max.	Esfuerzo en comp.	<p style="text-align: center;"><b>ESQUEMA DEL ENSAYO</b></p> <p>Area de la placa(A) = 25.15 cm<sup>2</sup></p>
	A_1	A_2	A prom	H_1	H_2	H prom	P (kg)	(E=P/A)kg/cm <sup>2</sup>	
1	15.2	15.1		5.10	5.20		4225		
2	15.1	15.3		5.00	5.10		4356		
3	15.3	14.9		5.10	5.10		4125		
4	15.1	15.3		5.20	5.20		4258		
5	15.0	15.2		4.80	5.00		4269		
6	15.0	15.1		5.10	4.90		4367		
7	15.2	14.8		5.20	5.20		3974		
8	15.2	14.7		5.30	5.10		4289		
9	14.9	15.1		5.40	5.10		4357		
10	15.1	15.2		5.30	5.00		4389		
11	15.2	15.4		5.10	5.00		4189		
12	14.8	15.3		5.10	5.10		4267		
13	15.0	15.1		5.20	5.20		4215		
14	15.3	15.1		5.30	5.20		4381		
15	15.2	15.0		4.90	5.00		4275		
16	15.2	15.0		5.10	5.10		3998		
17	15.1	14.9		5.10	4.90		4561		
18	15.0	14.8		5.20	4.80		4369		
19	14.9	15.2		5.00	5.00		4257		
20	15.3	15.2		5.00	5.10		4361		
MORpe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>								MORpe (kg/cm <sup>2</sup> ) =	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Toma de datos para el ensayo de compresión perpendicular al grano de muestras de madera tratada.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05					COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO				
DATOS DE LA MUESTRA									
Material	Madera tratada								
Especie	Eucalyptus glóbulus tratado con aceite de linaza en estado anhidro								
Fecha	19/06/2019								
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin								
Muestra N°	Ancho (cm)			Altura (cm)			Carga max.	Esfuerzo en comp.	<p style="text-align: center;"><b>ESQUEMA DEL ENSAYO</b></p> <p>Area de la placa(A) = 25.15 cm<sup>2</sup></p>
	A_1	A_2	A <sub>prom</sub>	H_1	H_2	H <sub>prom</sub>	P (kg)	(E=P/A)kg/cm <sup>2</sup>	
1	15.2	14.9		5.10	5.20		4875		
2	15.1	15.1		5.20	5.00		4915		
3	15.1	15.2		5.10	5.10		5118		
4	15.0	15.1		5.00	5.20		5050		
5	14.9	14.8		4.90	5.00		4996		
6	15.2	15.1		5.10	5.10		5197		
7	15.1	15.1		5.10	5.20		4777		
8	15.2	15.1		5.20	5.10		5365		
9	15.3	15.0		4.80	5.10		4879		
10	15.1	15.2		5.00	5.20		4963		
11	15.2	15.0		5.20	5.10		5007		
12	15.3	15.2		4.90	5.30		4875		
13	15.2	15.1		5.30	5.20		5147		
14	15.1	15.0		4.90	4.70		5517		
15	14.8	14.9		5.20	5.00		5268		
16	15.1	15.0		5.00	5.10		4798		
17	15.0	15.0		5.10	5.30		4895		
18	15.3	15.1		5.00	5.20		4881		
19	14.9	15.2		5.10	5.00		5114		
20	15.0	15.2		5.20	5.10		4578		
MOR <sub>pe</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>					MOR <sub>pe</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) =				

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.9. Ensayo de resistencia al corte de muestras de madera.

#### a) Equipos utilizados en la prueba

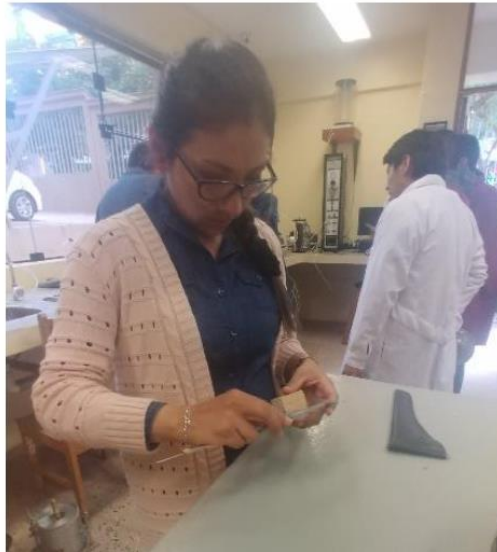
✓ Equipo universal de materiales y accesorios

✓ Vernier

✓ Higrómetro

#### b) Procedimiento

- i. Se mide la muestra para poder calcular el área de la muestra en corte.



*Figura 46:* Toma de medidas de las probetas para el ensayo de corte

Fuente: Elaboración propia

- ii. Se coloca la muestra en el equipo Universal y con ayuda de la gata hidráulica se aplica la fuerza sobre la superficie que generará el corte en la muestra.



*Figura 47:* Colocado de la muestra en el equipo a compresión universal

Fuente: Elaboración propia

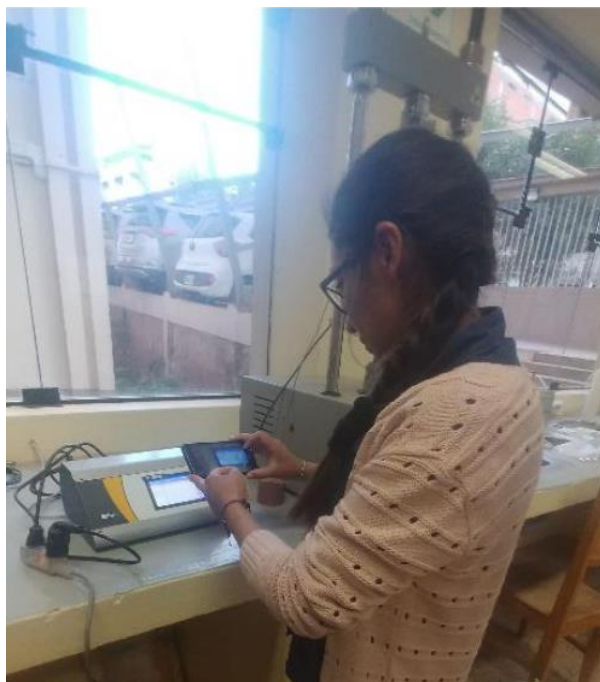
iii. Se verifica la falla y se registra el valor de carga máximo alcanzado en la prueba.



*Figura 48:* Se aplica la carga con ayuda de la gata hidráulica sobre la muestra.

Fuente: Elaboración propia

iv. Se registran los datos de carga que fueron necesarios para generar la falla por corte



*Figura 49:* Registro de datos del ensayo, valores de carga en falla por corte.

Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

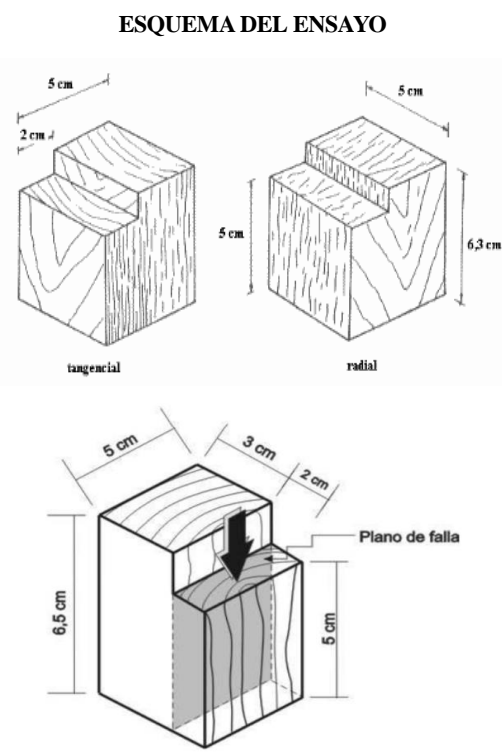
Tabla 46: Toma de datos para el ensayo de corte o cizalla en muestras de madera en estado natural.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06					CORTE O CIZALLA DE MUESTRAS DE MADERA				
DATOS DE LA MUESTRA									
Material	Madera								
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro								
Fecha	21/06/2019								
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin								
Muestra N°	Dimensiones del plano de falla						A área A=L*H (cm <sup>2</sup> )	Carga y esfuerzo de rotura	
	Largo (cm)			Altura (cm)					
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>prom</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>prom</sub>			
1	5.1	5.0	5.05	5.0	5.2	5.10		2457	
2	5.2	5.1	5.15	5.1	4.9	5.00		2536	
3	5.0	5.2	5.10	5.1	5.0	5.05		2784	
4	5.1	5.2	5.15	5.2	5.1	5.15		2689	
5	5.0	4.9	4.95	5.1	4.8	4.95		2458	
6	5.3	5.0	5.15	5.0	4.7	4.85		2766	
7	5.1	5.0	5.05	4.9	5.0	4.95		2654	
8	5.1	5.2	5.15	5.2	5.1	5.15		2589	
9	5.4	5.1	5.25	4.8	5.1	4.95		2739	
10	5.1	5.2	5.15	5.2	4.9	5.05		2647	
11	4.8	4.8	4.80	4.8	4.7	4.75		2601	
12	5.1	5.0	5.05	5.1	5.2	5.15		2587	
13	5.1	5.2	5.15	4.8	5.2	5.00		2398	
14	5.3	5.2	5.25	5.0	5.1	5.05		2618	
15	5.1	4.8	4.95	5.2	5.0	5.10		2748	
16	5.0	4.9	4.95	4.9	5.2	5.05		2635	
17	5.1	5.3	5.20	5.1	5.0	5.05		2874	
18	4.7	5.0	4.85	5.2	5.1	5.15		2369	
19	5.2	5.1	5.15	5.3	5.0	5.15		2858	
20	5.0	4.9	4.95	5.2	5.1	5.15		2599	

TR (kg/cm<sup>2</sup>) =

TR: Tensión en rotura en kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**



Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Toma de datos para el ensayo de corte o cizalla en muestras de madera tratada con aceite de linaza.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06					CORTE O CIZALLA DE MUESTRAS DE MADERA				
DATOS DE LA MUESTRA									
Material	Madera								
Especie	Eucalyptus glóbulus tratado con aceite de linaza, en estado anhidro								
Fecha	22/06/2019								
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin								
Muestra N°	Dimensiones del plano de falla						A área A=L*H (cm <sup>2</sup> )	Carga y esfuerzo de rotura	
	Largo (cm)			Altura (cm)					
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>prom</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>prom</sub>			
1	5.1	5.2		5.0	5.2			2897	
2	5.0	5.0		5.1	5.1			2785	
3	5.2	5.2		5.1	5.0			2877	
4	5.1	5.0		5.2	5.0			3011	
5	5.0	5.1		5.1	5.2			2877	
6	5.3	5.0		5.0	4.7			2968	
7	5.1	5.2		5.2	5.1			2874	
8	5.0	4.7		5.1	5.2			2766	
9	5.2	5.1		5.0	4.9			2987	
10	5.1	5.2		5.2	4.9			2974	
11	5.0	4.9		4.8	4.7			2698	
12	5.2	4.9		5.1	5.2			2874	
13	5.1	5.2		4.8	5.1			3058	
14	5.1	4.9		5.0	5.0			2874	
15	5.1	5.0		5.2	5.2			3110	
16	5.2	5.2		5.1	5.2			2744	
17	5.1	5.0		5.0	5.0			2856	
18	5.2	5.1		5.2	5.1			2987	
19	5.1	5.1		5.3	4.9			2608	
20	5.0	4.9		5.2	5.0			2851	

**ESQUEMA DEL ENSAYO**

TR<sub>(kg/cm<sup>2</sup>)</sub> =

TR: Tensión en rotura en kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.10. Ensayo para determinar la resistencia a la flexión estática de muestras de madera.

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Equipo de ensayo CBR
- ✓ Vernier
- ✓ Regla metálica

#### b) Procedimiento

i. Se midió la muestra, se registran los datos, se colocan los apoyos y la muestra dentro del equipo a flexión.



*Figura 50:* Registro de las medidas de probetas sometidas a ensayo a flexión

Fuente: Elaboración propia

ii. Se colocó la muestra considerando la separación entre apoyos establecida en la norma.



*Figura 51:* Colocado de la muestra en el equipo de CBR considerando la distancia de apoyos según norma.

Fuente: Elaboración propia

- iii. Se aplicó una carga a velocidad constante con ayuda del pistón de carga del equipo de CBR y se van tomando las lecturas de deformación y carga hasta el punto de ruptura.



*Figura 52:* Toma de datos de las lecturas de la deformación y de la carga  
Fuente: Elaboración propia

- iv. Se verificó la falla visualmente y se registraron los datos.



*Figura 53:* Verificación de la falla por flexión estática de las muestras  
Fuente: Elaboración propia

c) Toma de datos

Tabla 48: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 1)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>		<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 01</b>		<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	10.73
2	0.70	36.49
3	1.05	73.52
4	1.40	110.02
5	1.75	147.59
6	2.10	182.47
7	2.45	220.57
8	2.80	257.60
9	3.15	295.17
10	3.50	327.37
11	3.85	355.80
12	4.20	381.04
13	4.55	397.14
14	4.90	413.24
15	5.25	418.42
16	5.60	416.50
17	5.95	411.60
18	6.30	410.80
19	6.65	386.40
20	7.00	375.67
<b>Datos de la MUESTRA 01</b>		
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>	
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =
H <sub>prom</sub> =	2.52 cm	A <sub>prom</sub> =
	2.53 cm	
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 49: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 2)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 02		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	5.3
2	0.70	39.8
3	1.05	60.4
4	1.40	118.4
5	1.75	127.0
6	2.10	175.3
7	2.45	203.4
8	2.80	232.1
9	3.15	261.8
10	3.50	282.6
11	3.85	321.3
12	4.20	335.8
13	4.55	348.8
14	4.90	381.3
15	5.25	389.6
16	5.60	389.9
<b>17</b>	<b>5.95</b>	<b>406.3</b>
18	6.30	397.1
19	6.65	389.1
20	7.00	378.8
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
Datos de la MUESTRA 02		
Altura	Ancho	
H <sub>1</sub> =            cm	A <sub>1</sub> =            cm	
H <sub>2</sub> =            cm	A <sub>2</sub> =            cm	
H <sub>prom</sub> = 2.56 cm	A <sub>prom</sub> = 2.52 cm	
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 50: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 3)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 03		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	7.3
2	0.70	37.5
3	1.05	67.6
4	1.40	115.8
5	1.75	139.0
6	2.10	190.4
7	2.45	213.5
8	2.80	234.5
9	3.15	281.7
10	3.50	303.7
11	3.85	325.2
12	4.20	334.6
13	4.55	353.0
14	4.90	377.9
15	<b>5.25</b>	383.7
16	5.60	395.3
<b>17</b>	<b>5.95</b>	<b>401.9</b>
18	6.30	389.0
19	6.65	376.4
20	7.00	368.0

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Datos de la MUESTRA 03			
Altura		Ancho	
H_1 =	cm	A_1 =	cm
H_2 =	cm	A_2 =	cm
H <sub>prom</sub> =	2.53 cm	A <sub>prom</sub> =	2.53 cm

MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 51: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 4)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07	FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 04		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	6.4
2	0.70	37.6
3	1.05	72.5
4	1.40	112.7
5	1.75	142.2
6	2.10	195.9
7	2.45	214.7
8	2.80	245.8
9	3.15	298.9
10	3.50	320.2
11	3.85	329.9
12	4.20	341.3
13	4.55	368.9
14	4.90	381.3
15	<b>5.25</b>	389.5
16	5.60	398.5
<b>17</b>	5.95	<b>407.3</b>
18	6.30	395.3
19	6.65	380.5
20	7.00	375.0

### CURVA CARGA-DEFORMACIÓN

Datos de la MUESTRA 04			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =	cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =	cm
H <sub>prom</sub> =	2.56 cm	A <sub>prom</sub> =	2.53 cm

MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 52: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 5)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 05</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	8.1
2	0.70	39.2
3	1.05	72.0
4	1.40	115.1
5	1.75	153.8
6	2.10	195.9
7	2.45	226.2
8	2.80	253.6
9	3.15	304.8
10	3.50	328.7
11	3.85	341.0
12	4.20	353.6
13	4.55	378.6
14	4.90	389.4
15	<b>5.25</b>	389.9
<b>16</b>	<b>5.60</b>	<b>404.9</b>
17	5.95	400.3
18	6.30	384.0
19	6.65	381.0
20	7.00	370.3
<b>Datos de la MUESTRA 05</b>		
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>	
H_1 =            cm	A_1 =            cm	
H_2 =            cm	A_2 =            cm	
H <sub>prom</sub> = 2.52 cm	A <sub>prom</sub> = 2.50 cm	
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Tabla 53: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 6)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 06		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	8.1
2	0.70	37.0
3	1.05	61.7
4	1.40	118.1
5	1.75	147.6
6	2.10	195.9
7	2.45	233.5
8	2.80	260.6
9	3.15	299.9
10	3.50	325.2
11	3.85	353.0
12	4.20	364.2
13	4.55	384.0
14	4.90	392.1
15	<b>5.25</b>	384.2
16	5.60	395.3
<b>17</b>	5.95	<b>406.3</b>
18	6.30	394.8
19	6.65	387.2
20	7.00	374.0

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			

Datos de la MUESTRA 06			
Altura		Ancho	
H_1 =	cm	A_1 =	cm
H_2 =	cm	A_2 =	cm
H <sub>prom</sub> =	2.56 cm	A <sub>prom</sub> =	2.55 cm

MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>



Tabla 54: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 7)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 07		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	8.9
2	0.70	36.8
3	1.05	67.1
4	1.40	112.7
5	1.75	153.0
6	2.10	201.3
7	2.45	241.5
8	2.80	268.3
9	3.15	305.9
10	3.50	327.4
11	3.85	362.3
12	4.20	375.7
13	4.55	386.4
14	4.90	391.2
15	<b>5.25</b>	391.8
<b>16</b>	<b>5.60</b>	<b>397.1</b>
17	5.95	383.7
18	6.30	375.7
19	6.65	370.3
20	7.00	364.9
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
Datos de la MUESTRA 07		
Altura	Ancho	
H <sub>1</sub> =            cm	A <sub>1</sub> =            cm	
H <sub>2</sub> =            cm	A <sub>2</sub> =            cm	
H <sub>prom</sub> = 2.53 cm	A <sub>prom</sub> = 2.54 cm	
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 55: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 8)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 08		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	6.4
2	0.70	37.6
3	1.05	75.1
4	1.40	96.6
5	1.75	126.1
6	2.10	187.8
7	2.45	203.9
8	2.80	257.6
9	3.15	273.7
10	3.50	327.4
11	3.85	359.6
12	4.20	381.0
13	4.55	387.5
14	4.90	391.8
15	5.25	386.4
16	5.60	375.7
17	5.95	370.3
18	6.30	356.9
19	6.65	348.8
20	7.00	348.8

### CURVA CARGA-DEFORMACIÓN

Datos de la MUESTRA 08			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =	cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =	cm
H <sub>prom</sub> =	2.50 cm	A <sub>prom</sub> =	2.52 cm

MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 56: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 9)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 09</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	10.73
2	0.70	36.49
3	1.05	73.52
4	1.40	110.02
5	1.75	147.59
6	2.10	182.47
7	2.45	220.57
8	2.80	257.60
9	3.15	295.17
10	3.50	327.37
11	3.85	355.80
12	4.20	381.04
13	4.55	397.14
14	4.90	413.24
<b>15</b>	<b>5.25</b>	<b>418.42</b>
16	5.60	416.50
17	5.95	411.60
18	6.30	410.80
19	6.65	386.40
20	7.00	375.67
<b>Datos de la MUESTRA 09</b>		
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>	
H_1 =            cm	A_1 =            cm	
H_2 =            cm	A_2 =            cm	
H <sub>prom</sub> = 2.57 cm	A <sub>prom</sub> = 2.55 cm	
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Tabla 578: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera en estado natural seco (muestra 10)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 10		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	8.1
2	0.70	32.2
3	1.05	75.1
4	1.40	112.7
5	1.75	144.9
6	2.10	171.7
7	2.45	214.7
8	2.80	257.6
9	3.15	273.7
10	3.50	327.4
11	3.85	359.6
12	4.20	381.0
13	4.55	391.8
14	4.90	397.1
15	5.25	407.9
<b>16</b>	<b>5.60</b>	<b>421.3</b>
17	5.95	402.5
18	6.30	397.1
19	6.65	386.4
20	7.00	375.7
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN		
Datos de la MUESTRA 10		
Altura	Ancho	
H <sub>1</sub> =            cm	A <sub>1</sub> =            cm	
H <sub>2</sub> =            cm	A <sub>2</sub> =            cm	
H <sub>prom</sub> =    2.51 cm	A <sub>prom</sub> =    2.53 cm	
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 58: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 11)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	29/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 11</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.50	6.35
2	1.00	47.75
3	1.50	72.49
4	2.00	142.06
5	2.50	152.36
6	3.00	210.32
7	3.50	244.05
8	4.00	278.57
9	4.50	314.12
10	5.00	339.17
11	5.50	385.61
12	6.00	402.95
13	6.50	418.59
14	7.00	457.56
15	7.50	467.47
16	8.00	467.92
<b>17</b>	<b>8.50</b>	<b>487.50</b>
18	9.00	476.48
19	9.50	466.98
20	10.00	454.60
<b>Datos de la MUESTRA 11</b>		
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>	
H <sub>1</sub> =            cm	A <sub>1</sub> =            cm	
H <sub>2</sub> =            cm	A <sub>2</sub> =            cm	
H <sub>prom</sub> =    2.50 cm	A <sub>prom</sub> =    2.52 cm	
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Tabla 60: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 12)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																						
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>																					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																						
Material	Madera																					
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																					
Fecha	29/06/2019																					
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																					
<b>MUESTRA 12</b>		<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>																				
Lectura	Carga y deformación																					
	D (mm)	P (kg)																				
1	0.50	7.6																				
2	1.00	44.3																				
3	1.50	85.5																				
4	2.00	133.0																				
5	2.50	167.8																				
6	3.00	231.1																				
7	3.50	253.3																				
8	4.00	290.0																				
9	4.50	352.7																				
10	5.00	377.8																				
11	5.50	389.3																				
12	6.00	402.7																				
13	6.50	435.3																				
14	7.00	449.9																				
15	7.50	459.6																				
16	8.00	470.2																				
17	8.50	480.6																				
18	9.00	466.5																				
19	9.50	449.0																				
20	10.00	442.5																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Datos de la MUESTRA 12</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Altura</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Ancho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H_1 =</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td>A_1 =</td> <td style="text-align: center;">cm</td> </tr> <tr> <td>H_2 =</td> <td style="text-align: center;">cm</td> <td>A_2 =</td> <td style="text-align: center;">cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>prom</sub> =</td> <td style="text-align: center;">2.49 cm</td> <td>A<sub>prom</sub> =</td> <td style="text-align: center;">2.51 cm</td> </tr> </tbody> </table>			Datos de la MUESTRA 12				Altura		Ancho		H_1 =	cm	A_1 =	cm	H_2 =	cm	A_2 =	cm	H <sub>prom</sub> =	2.49 cm	A <sub>prom</sub> =	2.51 cm
Datos de la MUESTRA 12																						
Altura		Ancho																				
H_1 =	cm	A_1 =	cm																			
H_2 =	cm	A_2 =	cm																			
H <sub>prom</sub> =	2.49 cm	A <sub>prom</sub> =	2.51 cm																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>MORfe =</td> <td>MORfe: Módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>TLPfe =</td> <td>TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>			MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>																					
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																					

Tabla 591: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 13)

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>		<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Material	Madera		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
<b>MUESTRA 13</b>			
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	9.5	
2	1.00	43.7	
3	1.50	72.8	
4	2.00	139.3	
5	2.50	174.2	
6	3.00	231.1	
7	3.50	275.5	
8	4.00	307.5	
9	4.50	353.8	
10	5.00	383.7	
11	5.50	416.6	
12	6.00	429.7	
13	6.50	453.1	
14	7.00	462.7	
15	7.50	453.4	
16	8.00	466.4	
17	8.50	479.4	
18	9.00	465.9	
19	9.50	456.9	
20	10.00	441.3	
<b>Datos de la MUESTRA 13</b>			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	cm	A <sub>1</sub> =	cm
H <sub>2</sub> =	cm	A <sub>2</sub> =	cm
H <sub>prom</sub> =	2.52 cm	A <sub>prom</sub> =	2.52 cm
MORfe =		MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =		TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

D (mm)	P (kg)
0.50	9.5
1.00	43.7
1.50	72.8
2.00	139.3
2.50	174.2
3.00	231.1
3.50	275.5
4.00	307.5
4.50	353.8
5.00	383.7
5.50	416.6
6.00	429.7
6.50	453.1
7.00	462.7
7.50	453.4
8.00	466.4
8.50	479.4
9.00	465.9
9.50	456.9
10.00	441.3

Tabla 602: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 14)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Material	Madera
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro
Fecha	29/06/2019
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin
<b>MUESTRA 14</b>	<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>
	Carga y deformación
Lectura	D (mm)      P (kg)
1	0.50      7.6
2	1.00      44.3
3	1.50      88.7
4	2.00      114.0
5	2.50      148.8
6	3.00      221.6
7	3.50      240.6
8	4.00      304.0
9	4.50      323.0
10	5.00      386.3
11	5.50      424.3
12	6.00      449.6
13	6.50      457.2
14	7.00      462.3
15	7.50      456.0
16	8.00      443.3
17	8.50      437.0
18	9.00      421.1
19	9.50      411.6
20	10.00      411.6
<b>Datos de la MUESTRA 14</b>	
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>
H <sub>1</sub> =                  cm	A <sub>1</sub> =                  cm
H <sub>2</sub> =                  cm	A <sub>2</sub> =                  cm
H <sub>prom</sub> =    2.51    cm	A <sub>prom</sub> =    2.53    cm
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

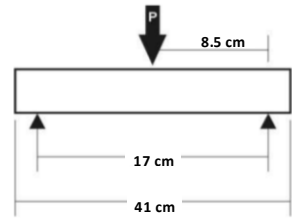
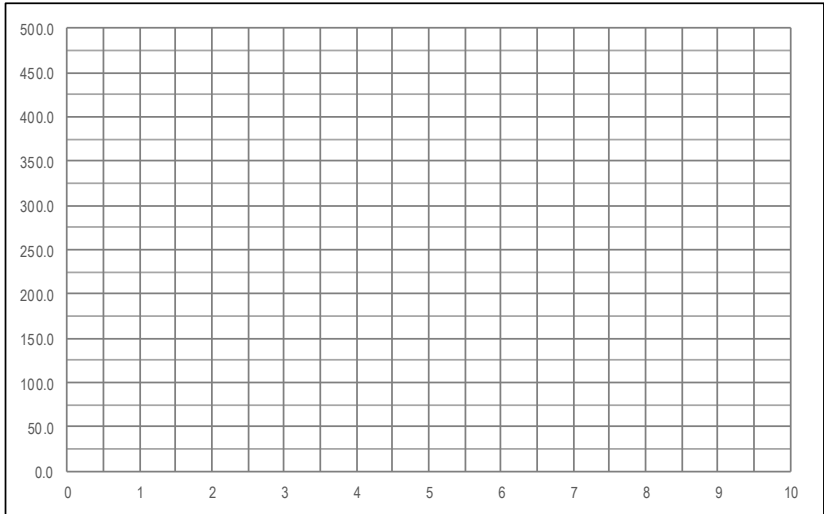




Tabla 613: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 15)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>																																												
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																												
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07	FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA																																											
DATOS DE LA MUESTRA																																												
Material	Madera																																											
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																																											
Fecha	29/06/2019																																											
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																																											
MUESTRA 15	CURVA CARGA-DEFORMACIÓN																																											
Lectura	Carga y deformación																																											
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">D (mm)</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">P (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">1.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">1.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">2.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">2.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">3.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">3.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">4.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">4.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">10</td><td style="text-align: center;">5.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">5.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">12</td><td style="text-align: center;">6.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">13</td><td style="text-align: center;">6.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">14</td><td style="text-align: center;">7.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">15</td><td style="text-align: center;">7.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">16</td><td style="text-align: center;">8.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">17</td><td style="text-align: center;">8.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">18</td><td style="text-align: center;">9.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">19</td><td style="text-align: center;">9.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">20</td><td style="text-align: center;">10.00</td></tr> </tbody> </table>		D (mm)	P (kg)	1	0.50	2	1.00	3	1.50	4	2.00	5	2.50	6	3.00	7	3.50	8	4.00	9	4.50	10	5.00	11	5.50	12	6.00	13	6.50	14	7.00	15	7.50	16	8.00	17	8.50	18	9.00	19	9.50	20	10.00
D (mm)	P (kg)																																											
1	0.50																																											
2	1.00																																											
3	1.50																																											
4	2.00																																											
5	2.50																																											
6	3.00																																											
7	3.50																																											
8	4.00																																											
9	4.50																																											
10	5.00																																											
11	5.50																																											
12	6.00																																											
13	6.50																																											
14	7.00																																											
15	7.50																																											
16	8.00																																											
17	8.50																																											
18	9.00																																											
19	9.50																																											
20	10.00																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Datos de la MUESTRA 15</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Altura</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Ancho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H<sub>1</sub> =            cm</td> <td>A<sub>1</sub> =            cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub> =            cm</td> <td>A<sub>2</sub> =            cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>prom</sub> = 2.50 cm</td> <td>A<sub>prom</sub> = 2.51 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Datos de la MUESTRA 15		Altura	Ancho	H <sub>1</sub> =            cm	A <sub>1</sub> =            cm	H <sub>2</sub> =            cm	A <sub>2</sub> =            cm	H <sub>prom</sub> = 2.50 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm																																
Datos de la MUESTRA 15																																												
Altura	Ancho																																											
H <sub>1</sub> =            cm	A <sub>1</sub> =            cm																																											
H <sub>2</sub> =            cm	A <sub>2</sub> =            cm																																											
H <sub>prom</sub> = 2.50 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">MORfe =</td> <td>MORfe: Módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>TLPfe =</td> <td>TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> </table>	MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																						
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>																																											
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																											

Tabla 624: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 16)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	29/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 16</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.50	12.7
2	1.00	43.1
3	1.50	86.8
4	2.00	129.8
5	2.50	174.2
6	3.00	215.3
7	3.50	260.3
8	4.00	304.0
9	4.50	348.3
10	5.00	386.3
11	5.50	419.8
12	6.00	449.6
13	6.50	468.6
14	7.00	487.6
15	7.50	493.7
16	8.00	491.5
17	8.50	485.7
18	9.00	484.7
19	9.50	456.0
20	10.00	443.3
<b>Datos de la MUESTRA 16</b>		
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>	
H <sub>1</sub> =            cm	A <sub>1</sub> =            cm	
H <sub>2</sub> =            cm	A <sub>2</sub> =            cm	
H <sub>prom</sub> = 2.50 cm	A <sub>prom</sub> = 2.49 cm	
MOR <sub>fe</sub> =	MOR <sub>fe</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>fe</sub> =	TLP <sub>fe</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Tabla 635: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 17)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>																																												
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																												
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07	FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA																																											
DATOS DE LA MUESTRA																																												
Material	Madera																																											
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																																											
Fecha	29/06/2019																																											
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																																											
MUESTRA 17	CURVA CARGA-DEFORMACIÓN																																											
Lectura	Carga y deformación																																											
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">D (mm)</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">P (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">1.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">1.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">2.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">2.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">3.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">3.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">4.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">4.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">10</td><td style="text-align: center;">5.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">5.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">12</td><td style="text-align: center;">6.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">13</td><td style="text-align: center;">6.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">14</td><td style="text-align: center;">7.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">15</td><td style="text-align: center;">7.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">16</td><td style="text-align: center;">8.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">17</td><td style="text-align: center;">8.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">18</td><td style="text-align: center;">9.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">19</td><td style="text-align: center;">9.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">20</td><td style="text-align: center;">10.00</td></tr> </tbody> </table>		D (mm)	P (kg)	1	0.50	2	1.00	3	1.50	4	2.00	5	2.50	6	3.00	7	3.50	8	4.00	9	4.50	10	5.00	11	5.50	12	6.00	13	6.50	14	7.00	15	7.50	16	8.00	17	8.50	18	9.00	19	9.50	20	10.00
D (mm)	P (kg)																																											
1	0.50																																											
2	1.00																																											
3	1.50																																											
4	2.00																																											
5	2.50																																											
6	3.00																																											
7	3.50																																											
8	4.00																																											
9	4.50																																											
10	5.00																																											
11	5.50																																											
12	6.00																																											
13	6.50																																											
14	7.00																																											
15	7.50																																											
16	8.00																																											
17	8.50																																											
18	9.00																																											
19	9.50																																											
20	10.00																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Datos de la MUESTRA 17</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Altura</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Ancho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H_1 =            cm</td> <td>A_1 =            cm</td> </tr> <tr> <td>H_2 =            cm</td> <td>A_2 =            cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>prom</sub> = 2.52 cm</td> <td>A<sub>prom</sub> = 2.52 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Datos de la MUESTRA 17		Altura	Ancho	H_1 =            cm	A_1 =            cm	H_2 =            cm	A_2 =            cm	H <sub>prom</sub> = 2.52 cm	A <sub>prom</sub> = 2.52 cm																																
Datos de la MUESTRA 17																																												
Altura	Ancho																																											
H_1 =            cm	A_1 =            cm																																											
H_2 =            cm	A_2 =            cm																																											
H <sub>prom</sub> = 2.52 cm	A <sub>prom</sub> = 2.52 cm																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">MORfe =</td> <td>MORfe: Módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>TLPfe =</td> <td>TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> </table>	MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																						
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>																																											
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																											

Tabla 646: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 18)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>	
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07	FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA
DATOS DE LA MUESTRA	
Material	Madera
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro
Fecha	29/06/2019
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin
MUESTRA 18	CURVA CARGA-DEFORMACIÓN
	Carga y deformación
Lectura	D (mm)      P (kg)
1	0.50      9.5
2	1.00      46.2
3	1.50      85.0
4	2.00      135.8
5	2.50      181.5
6	3.00      231.1
7	3.50      266.9
8	4.00      299.3
9	4.50      359.6
10	5.00      387.8
11	5.50      402.4
12	6.00      417.2
13	6.50      446.8
14	7.00      459.5
15	7.50      460.1
16	8.00      477.7
17	8.50      472.3
18	9.00      453.1
19	9.50      449.6
20	10.00      437.0
Datos de la MUESTRA 18	
Altura	Ancho
H <sub>1</sub> =                  cm	A <sub>1</sub> =                  cm
H <sub>2</sub> =                  cm	A <sub>2</sub> =                  cm
H <sub>prom</sub> =    2.50    cm	A <sub>prom</sub> =    2.51    cm
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

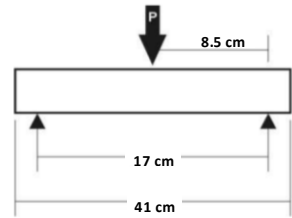
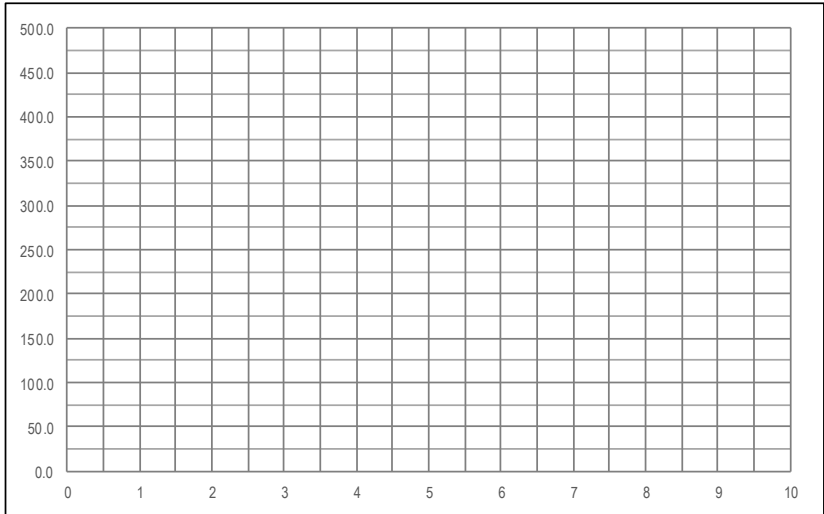


Tabla 657: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 19)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	29/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 19</b>		
<b>Lectura</b>	<b>Carga y deformación</b>	
	<b>D (mm)</b>	<b>P (kg)</b>
1	0.50	10.4
2	1.00	43.4
3	1.50	79.2
4	2.00	133.0
5	2.50	180.5
6	3.00	237.5
7	3.50	285.0
8	4.00	316.6
9	4.50	361.0
10	5.00	386.3
11	5.50	427.5
12	6.00	443.3
13	6.50	456.0
14	7.00	461.7
15	7.50	462.3
16	8.00	468.6
17	8.50	452.8
18	9.00	443.3
19	9.50	437.0
20	10.00	430.6
<b>Datos de la MUESTRA 19</b>		
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>	
H_1 =            cm	A_1 =            cm	
H_2 =            cm	A_2 =            cm	
H <sub>prom</sub> = 2.52 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm	
MORfe =	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Tabla 668: Toma de datos para el ensayo de flexión estática de madera tratada con aceite de linaza (muestra 20)

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus tratada con aceite de linaza	
Fecha	29/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 20</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.50	12.7
2	1.00	43.1
3	1.50	86.8
4	2.00	129.8
5	2.50	174.2
6	3.00	215.3
7	3.50	260.3
8	4.00	304.0
9	4.50	348.3
10	5.00	386.3
11	5.50	419.8
12	6.00	449.6
13	6.50	468.6
14	7.00	487.6
15	7.50	493.7
16	8.00	491.5
17	8.50	485.7
18	9.00	484.7
19	9.50	456.0
20	10.00	443.3
<b>Datos de la MUESTRA 20</b>		
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>	
H <sub>1</sub> =            cm	A <sub>1</sub> =            cm	
H <sub>2</sub> =            cm	A <sub>2</sub> =            cm	
H <sub>prom</sub> = 2.51 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm	
MOR <sub>fe</sub> =	MOR <sub>fe</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>fe</sub> =	TLP <sub>fe</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

**3.6. Procedimiento de análisis de datos**



**3.6.1. Selección y colección de muestras**

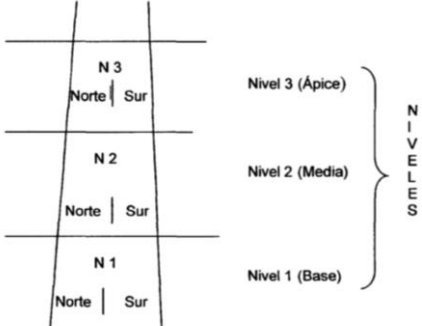
**a) Procesamiento o cálculos de la prueba**

Para esta prueba no se realizaron cálculos, ya que la elección de la muestra fue íntegramente de carácter cualitativo y descriptivo.

**b) Diagramas y tablas**

Tabla 67: Análisis de datos para el muestreo de especies arbóreas

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01</b>		<b>MUESTREO DE ESPECIES ARBOREAS</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Material	Madera		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	03/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
	<b>Muestra_01</b>	<b>Muestra_02</b>	<b>Muestra_03</b>
<b>Largo</b>			
<b>Altura (base)</b>	0.75	0.81	0.75
<b>Altura (media)</b>	8.36	9.12	8.55
<b>Altura (ápice)</b>	1.25	1.53	1.63
<b>Lado a usar (sur o norte)</b>	ambos	ambos	ambos



**OBSERVACIONES:**

Las muestras arbóreas fueron obtenidas de la localidad de Ollantaytambo, considerando el procedimiento establecido en la NTP 251.002

**c) Análisis de la prueba**

Los valores de las longitudes se tomaron luego del corte de las muestras, las cuales fueron transportadas después para la obtención de muestras de laboratorio.

### 3.6.2. Tratamiento de las probetas modificadas con aceite de linaza

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para el tratamiento de las probetas en aceite de linaza no se consideraron cálculos, ya que el tratamiento por inmersión solo requiere que las muestras sean sumergidas un determinado tiempo en el material tratante de la madera.

#### b) Diagramas y tablas

Tabla 68: Cantidad de muestras para ensayar por prueba.

N°	Muestra para ensayo	Cantidad de muestras a ser ensayadas
1	Densidad	40
2	Contenido de humedad	20
3	Compresión paralela al grano	20
4	Compresión perpendicular al grano	40
5	Corte o cizalla	40
6	Flexión estática	20
7	Dureza por el método Brinell	40
8	Conductividad térmica	20
	<b>TOTAL</b>	<b>240</b>

#### c) Análisis de la prueba

Para la elección del número de muestras a tratar con aceite de linaza se tomó en cuenta el total de muestras obtenidas para los diferentes ensayos, se dividió en dos grupos eligiendo las muestras de forma aleatoria, con lo cual se obtuvieron las cantidades de muestras a ser tratadas con aceite de linaza.

### 3.6.3. Método para obtener el contenido de humedad de muestras de madera

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo del contenido de humedad de las muestras se tomaron los pesos con una precisión de una centésima de gramo, para poder así obtener valores más exactos.



**Calculo del contenido de humedad.**

Peso húmedo : Ph

Peso seco : Ps

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

**Muestra 01**

Peso húmedo : 285.40 gr

Peso seco : 218.40 gr

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{285.40 - 218.40}{218.40} \times 100$$

$$\%h = 0.3068 \times 100$$

$$\%h = 30.68 \%$$

**Muestra 02**

Peso húmedo : 274.00 gr

Peso seco : 208.70 gr

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{274.00 - 208.70}{208.70} \times 100$$

$$\%h = 0.3129 \times 100$$

$$\%h = 31.29 \%$$

**Muestra 03**

Peso húmedo : 281.20 gr

Peso seco : 216.30 gr

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{281.2 - 216.30}{216.30} \times 100$$

$$\%h = 0.3000 \times 100$$

$$\%h = 30.00 \%$$

## b) Diagramas y tablas

Tabla 69: Análisis de datos para el ensayo de contenido de humedad de muestras de madera.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																																										
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02</b>																																																																																																										
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE MADERA</b>																																																																																																										
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																																																										
Material	Madera																																																																																																									
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																																																																																																									
Fecha	12/06/2019																																																																																																									
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																																																																																																									
<table border="1"><thead><tr><th>Muestra N°</th><th>Peso Humedo (gr)</th><th>Peso seco (gr)</th><th>Contendio de humedad (%)</th><th>Tipo de muestra</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>285.40</td><td>218.40</td><td>30.68</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>2</td><td>274.00</td><td>208.70</td><td>31.29</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>3</td><td>281.20</td><td>216.30</td><td>30.00</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>4</td><td>269.80</td><td>204.60</td><td>31.87</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>5</td><td>293.60</td><td>221.00</td><td>32.85</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>6</td><td>288.40</td><td>216.70</td><td>33.09</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>7</td><td>263.50</td><td>201.30</td><td>30.90</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>8</td><td>275.70</td><td>213.30</td><td>29.25</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>9</td><td>281.90</td><td>210.10</td><td>34.17</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>10</td><td>275.60</td><td>209.80</td><td>31.36</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>11</td><td>274.80</td><td>210.30</td><td>30.67</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>12</td><td>281.30</td><td>215.80</td><td>30.35</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>13</td><td>285.60</td><td>212.20</td><td>34.59</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>14</td><td>291.40</td><td>218.90</td><td>33.12</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>15</td><td>286.60</td><td>217.70</td><td>31.65</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>16</td><td>287.60</td><td>215.70</td><td>33.33</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>17</td><td>294.20</td><td>220.40</td><td>33.48</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>18</td><td>275.50</td><td>211.50</td><td>30.26</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>19</td><td>263.10</td><td>199.97</td><td>31.57</td><td>Prismática</td></tr><tr><td>20</td><td>274.10</td><td>203.50</td><td>34.69</td><td>Prismática</td></tr></tbody></table>		Muestra N°	Peso Humedo (gr)	Peso seco (gr)	Contendio de humedad (%)	Tipo de muestra	1	285.40	218.40	30.68	Prismática	2	274.00	208.70	31.29	Prismática	3	281.20	216.30	30.00	Prismática	4	269.80	204.60	31.87	Prismática	5	293.60	221.00	32.85	Prismática	6	288.40	216.70	33.09	Prismática	7	263.50	201.30	30.90	Prismática	8	275.70	213.30	29.25	Prismática	9	281.90	210.10	34.17	Prismática	10	275.60	209.80	31.36	Prismática	11	274.80	210.30	30.67	Prismática	12	281.30	215.80	30.35	Prismática	13	285.60	212.20	34.59	Prismática	14	291.40	218.90	33.12	Prismática	15	286.60	217.70	31.65	Prismática	16	287.60	215.70	33.33	Prismática	17	294.20	220.40	33.48	Prismática	18	275.50	211.50	30.26	Prismática	19	263.10	199.97	31.57	Prismática	20	274.10	203.50	34.69	Prismática
Muestra N°	Peso Humedo (gr)	Peso seco (gr)	Contendio de humedad (%)	Tipo de muestra																																																																																																						
1	285.40	218.40	30.68	Prismática																																																																																																						
2	274.00	208.70	31.29	Prismática																																																																																																						
3	281.20	216.30	30.00	Prismática																																																																																																						
4	269.80	204.60	31.87	Prismática																																																																																																						
5	293.60	221.00	32.85	Prismática																																																																																																						
6	288.40	216.70	33.09	Prismática																																																																																																						
7	263.50	201.30	30.90	Prismática																																																																																																						
8	275.70	213.30	29.25	Prismática																																																																																																						
9	281.90	210.10	34.17	Prismática																																																																																																						
10	275.60	209.80	31.36	Prismática																																																																																																						
11	274.80	210.30	30.67	Prismática																																																																																																						
12	281.30	215.80	30.35	Prismática																																																																																																						
13	285.60	212.20	34.59	Prismática																																																																																																						
14	291.40	218.90	33.12	Prismática																																																																																																						
15	286.60	217.70	31.65	Prismática																																																																																																						
16	287.60	215.70	33.33	Prismática																																																																																																						
17	294.20	220.40	33.48	Prismática																																																																																																						
18	275.50	211.50	30.26	Prismática																																																																																																						
19	263.10	199.97	31.57	Prismática																																																																																																						
20	274.10	203.50	34.69	Prismática																																																																																																						
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																																																																										
Se utilizaron probetas de forma prismática para facilitar su medida, considerando un tamaño acorde al tamaño de la balanza que se uso para la prueba.																																																																																																										



### c) Análisis de la prueba

Para la validación de los datos se hizo uso del criterio de Chauvenet, que es un instrumento estadístico que permite evaluar las muestras eliminando los valores más atípicos mediante la expresión:

X(valido) debe estar entre:

Valor máximo :  $X_p + 1.96 d$

Valor mínimo :  $X_p - 1.96 d$

Donde:

$X_p$  : valor promedio de los datos a analizar.

$d$  : desviación estándar den conjunto de datos

Tabla 70: Validación de los datos por el criterio de Chauvenet

N°	humedad (%)	Limite máximo	Limite minimo	Valido
1	30.678	35.11	28.81	si
2	31.289	35.11	28.81	si
3	30.005	35.11	28.81	si
4	31.867	35.11	28.81	si
5	32.851	35.11	28.81	si
6	33.087	35.11	28.81	si
7	30.899	35.11	28.81	si
8	29.255	35.11	28.81	si
9	34.174	35.11	28.81	si
10	31.363	35.11	28.81	si
11	30.670	35.11	28.81	si
12	30.352	35.11	28.81	si
13	34.590	35.11	28.81	si
14	33.120	35.11	28.81	si
15	31.649	35.11	28.81	si
16	33.333	35.11	28.81	si
17	33.485	35.11	28.81	si
18	30.260	35.11	28.81	si
19	31.570	35.11	28.81	si
20	34.693	35.11	28.81	si

### 3.6.4. Método para obtener la densidad de muestras de madera

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de los volúmenes de las probetas prismáticas se tomaron diferentes medidas de las dimensiones de las probetas, se obtuvieron promedios de cada una y finalmente se calculó el volumen en base a dichos promedios.

#### Calculo del volumen

$$\text{Largo} : \frac{L01+L02}{2} = L \text{ prom}$$

$$\text{Volumen} = L \text{ prom} * A \text{ prom} * H \text{ prom}$$

$$\text{Ancho} : \frac{A01+A02}{2} = A \text{ prom}$$

$$\text{Altura} : \frac{H01+H02}{2} = H \text{ prom}$$

#### Cálculo de la densidad:

$$\text{Masa de la probeta} : M$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa de la probeta}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Volumen} : \text{Vol}$$

#### Probeta 01

##### Calculo del volumen

$$\text{Largo} : \frac{5.25+5.20}{2} = 5.23 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen} = 5.23 * 5.18 * 10.18 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ancho} : \frac{5.20+5.15}{2} = 5.18 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen} = 275.13 \text{ cm}^3$$

$$\text{Altura} : \frac{10.20+10.15}{2} = 10.18 \text{ cm}$$

##### Cálculo de la densidad:

$$\text{Masa de la probeta} : 235.00 \text{ gr}$$

$$\text{Densidad} = \frac{235.00 \text{ gr}}{275.13 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Volumen} : 275.13 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad} = 0.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

#### Probeta 02

##### Calculo del volumen

$$\text{Largo} : \frac{5.15+5.20}{2} = 5.18 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen} = 5.18 * 5.18 * 10.28 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ancho} : \frac{5.10+5.25}{2} = 5.18 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen} = 243.50 \text{ cm}^3$$

$$\text{Altura} : \frac{10.30+10.25}{2} = 10.28 \text{ cm}$$

##### Cálculo de la densidad:

$$\text{Masa de la probeta} : 243.50 \text{ gr}$$

$$\text{Densidad} = \frac{243.50 \text{ gr}}{275.17 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Volumen} : 275.17 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad} = 0.88 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

**Probeta 03**

Cálculo del volumen

$$\text{Largo} : \frac{5.25+5.15}{2} = 5.20\text{cm}$$

$$\text{Ancho} : \frac{5.20+5.35}{2} = 5.28\text{cm}$$

$$\text{Altura} : \frac{10.35+10.20}{2} = 10.28\text{cm}$$

$$\text{Volumen} = 5.20 \cdot 5.28 \cdot 10.28 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen} = 281.84 \text{ cm}^3$$

Cálculo de la densidad:

$$\text{Masa de la probeta} : 236.80 \text{ gr}$$



$$\text{Volumen} : 281.84 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad} = \frac{236.80 \text{ gr}}{281.84 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Densidad} = 0.84 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

**b) Diagramas y tablas**

Tabla 71: Análisis de datos para el ensayo de densidad de madera en estado natural

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 												
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03						DENSIDAD DE MADERA						
DATOS DE LA MUESTRA												
Material	Madera en estado natural											
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro											
Fecha	15/06/2019											
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin											
Muestra N°	Largo (cm)			Altura (cm)			Ancho (cm)			Volumen-V (L*A*H)cm <sup>3</sup>	Masa de la probeta-MP(gr)	Densidad=(MP/V)gr/cm <sup>3</sup>
	L_1	L_2	L_pro m	H_1	H_2	H_pro m	A_1	A_2	A_pro m			
1	5.25	5.20	<b>5.23</b>	10.20	10.15	<b>10.18</b>	5.20	5.15	<b>5.18</b>	275.13	235.00	<b>0.85</b>
2	5.15	5.20	<b>5.18</b>	10.30	10.25	<b>10.28</b>	5.10	5.25	<b>5.18</b>	275.17	243.50	<b>0.88</b>
3	5.25	5.15	<b>5.20</b>	10.35	10.20	<b>10.28</b>	5.20	5.35	<b>5.28</b>	281.84	236.80	<b>0.84</b>
4	5.40	5.25	<b>5.33</b>	10.15	10.35	<b>10.25</b>	5.35	5.30	<b>5.33</b>	290.65	268.00	<b>0.92</b>
5	5.35	5.25	<b>5.30</b>	10.10	10.30	<b>10.20</b>	5.10	5.15	<b>5.13</b>	277.06	251.40	<b>0.91</b>
6	5.35	5.15	<b>5.25</b>	10.00	10.15	<b>10.08</b>	5.35	5.25	<b>5.30</b>	280.34	238.10	<b>0.85</b>
7	5.20	5.15	<b>5.18</b>	9.85	9.50	<b>9.68</b>	5.15	5.15	<b>5.15</b>	257.85	243.90	<b>0.95</b>
8	5.10	5.25	<b>5.18</b>	9.65	9.80	<b>9.73</b>	5.20	5.35	<b>5.28</b>	265.47	240.00	<b>0.90</b>
9	5.20	5.35	<b>5.28</b>	10.15	10.10	<b>10.13</b>	5.35	5.35	<b>5.35</b>	285.74	238.60	<b>0.84</b>
10	5.35	5.30	<b>5.33</b>	9.95	10.25	<b>10.10</b>	5.15	5.40	<b>5.28</b>	283.70	232.00	<b>0.82</b>
11	5.15	5.15	<b>5.15</b>	10.25	10.15	<b>10.20</b>	5.00	5.20	<b>5.10</b>	267.90	245.50	<b>0.92</b>
12	5.25	5.00	<b>5.13</b>	10.15	10.35	<b>10.25</b>	5.35	5.25	<b>5.30</b>	278.42	239.90	<b>0.86</b>
13	5.20	4.95	<b>5.08</b>	10.25	10.00	<b>10.13</b>	5.15	5.15	<b>5.15</b>	264.63	241.70	<b>0.91</b>
14	5.20	5.25	<b>5.23</b>	9.75	9.85	<b>9.80</b>	5.35	5.35	<b>5.35</b>	273.95	243.60	<b>0.89</b>
15	5.35	5.35	<b>5.35</b>	9.95	10.25	<b>10.10</b>	5.40	5.40	<b>5.40</b>	291.79	245.50	<b>0.84</b>
16	5.30	5.40	<b>5.35</b>	10.00	10.35	<b>10.18</b>	5.20	5.25	<b>5.23</b>	284.43	251.20	<b>0.88</b>
17	5.25	5.20	<b>5.23</b>	10.15	10.25	<b>10.20</b>	5.35	5.35	<b>5.35</b>	285.13	236.90	<b>0.83</b>
18	5.30	5.35	<b>5.33</b>	10.15	9.90	<b>10.03</b>	5.30	5.40	<b>5.35</b>	285.60	251.10	<b>0.88</b>
19	5.35	5.25	<b>5.30</b>	9.85	10.00	<b>9.93</b>	5.25	5.20	<b>5.23</b>	274.85	260.00	<b>0.95</b>
20	5.15	5.05	<b>5.10</b>	10.15	10.25	<b>10.20</b>	5.30	5.35	<b>5.33</b>	277.01	229.30	<b>0.83</b>

**OBSERVACIONES:**  
Las medidas fueron tomadas con un Vernier a una precisión de 0.5 mm

Tabla 72: Análisis de datos para el ensayo de densidad de madera en estado seco tratada con aceite de linaza.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 												
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03						DENSIDAD DE MADERA						
DATOS DE LA MUESTRA												
Material	Madera tratada con aceite de linaza											
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro											
Fecha	17/06/2019											
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin											
Muestra N°	Largo (cm)			Altura (cm)			Ancho (cm)			Volumen (cm <sup>3</sup> )	Masa de la probeta (gr)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
	L_1	L_2	L_prom	H_1	H_2	H_prom	A_1	A_2	A_prom			
1	5.18	5.08	<b>5.13</b>	9.70	10.10	<b>9.90</b>	5.12	4.91	<b>5.02</b>	254.70	254.00	<b>1.00</b>
2	4.90	5.13	<b>5.02</b>	10.28	9.98	<b>10.13</b>	5.15	4.98	<b>5.07</b>	257.31	258.20	<b>1.00</b>
3	5.15	5.06	<b>5.11</b>	10.28	9.98	<b>10.13</b>	4.94	4.91	<b>4.93</b>	254.69	269.30	<b>1.06</b>
4	4.92	4.94	<b>4.93</b>	9.98	9.96	<b>9.97</b>	5.18	5.02	<b>5.10</b>	250.68	274.10	<b>1.09</b>
5	4.93	4.99	<b>4.96</b>	9.78	10.08	<b>9.93</b>	5.13	5.05	<b>5.09</b>	250.70	251.00	<b>1.00</b>
6	5.14	5.06	<b>5.10</b>	9.88	9.84	<b>9.86</b>	5.03	5.10	<b>5.07</b>	254.70	263.50	<b>1.03</b>
7	5.12	5.18	<b>5.15</b>	9.90	9.70	<b>9.80</b>	5.05	4.92	<b>4.99</b>	251.59	255.80	<b>1.02</b>
8	5.09	5.13	<b>5.11</b>	10.20	9.70	<b>9.95</b>	5.04	4.96	<b>5.00</b>	254.22	249.90	<b>0.98</b>
9	4.99	4.93	<b>4.96</b>	9.90	9.74	<b>9.82</b>	4.91	5.00	<b>4.96</b>	241.34	264.70	<b>1.10</b>
10	4.98	5.18	<b>5.08</b>	9.80	10.06	<b>9.93</b>	5.00	5.11	<b>5.06</b>	255.00	263.10	<b>1.03</b>
11	5.02	5.00	<b>5.01</b>	10.14	9.94	<b>10.04</b>	4.93	4.90	<b>4.92</b>	247.23	258.70	<b>1.05</b>
12	5.13	5.06	<b>5.10</b>	9.82	9.80	<b>9.81</b>	5.15	4.98	<b>5.07</b>	253.16	250.80	<b>0.99</b>
13	5.12	5.18	<b>5.15</b>	10.06	10.26	<b>10.16</b>	5.14	5.02	<b>5.08</b>	265.81	256.20	<b>0.96</b>
14	5.05	5.06	<b>5.06</b>	9.88	9.88	<b>9.88</b>	5.17	4.98	<b>5.08</b>	253.46	271.20	<b>1.07</b>
15	4.93	5.08	<b>5.01</b>	9.74	9.78	<b>9.76</b>	4.92	5.15	<b>5.04</b>	245.95	276.90	<b>1.13</b>
16	5.11	5.01	<b>5.06</b>	10.14	9.88	<b>10.01</b>	5.00	5.17	<b>5.09</b>	257.56	257.40	<b>1.00</b>
17	5.05	5.14	<b>5.10</b>	9.78	9.94	<b>9.86</b>	4.95	5.09	<b>5.02</b>	252.19	269.80	<b>1.07</b>
18	5.14	4.91	<b>5.03</b>	10.20	9.70	<b>9.95</b>	4.96	5.07	<b>5.02</b>	250.74	281.20	<b>1.12</b>
19	4.98	4.99	<b>4.99</b>	9.82	9.96	<b>9.89</b>	5.06	5.15	<b>5.11</b>	251.68	286.90	<b>1.14</b>
20	5.10	5.17	<b>5.14</b>	9.98	9.72	<b>9.85</b>	5.10	4.97	<b>5.04</b>	254.67	274.50	<b>1.08</b>
<b>OBSERVACIONES:</b> Las medidas fueron tomadas con un Vernier con una precisión de 0.5 mm												

**c) Análisis de la prueba**

Para la validación de los datos se hizo uso del criterio de Chauvenet, que es un instrumento estadístico que permite evaluar las muestras eliminando los valores más atípicos mediante la expresión:



X(valido) debe estar entre:

Valor máximo :  $X_p + 1.96 d$

Valor mínimo :  $X_p - 1.96 d$

Donde:

$X_p$  : valor promedio de los datos a analizar.

$d$  : desviación estándar den conjunto de datos

Tabla 73: Validación de los datos por el criterio de Chauvenet para el ensayo de densidad de madera

M. sin tratar				M. Tratada			
Des. Estad. =	0.040	Promedio =	0.877	Des. Estad. =	0.042	Promedio =	1.037
Dato	Lim min	Lim max	Valido	Dato	Lim min	Lim max	Valido
0.85	0.799	0.956	si	1.00893547	0.955	1.119	si
0.88	0.799	0.956	si	1.03905083	0.955	1.119	si
0.84	0.799	0.956	si	1.08914247	0.955	1.119	si
0.92	0.799	0.956	si	1.03534639	0.955	1.119	si
0.91	0.799	0.956	si	1.01624062	0.955	1.119	si
0.85	0.799	0.956	si	1.04629498	0.955	1.119	si
0.95	0.799	0.956	si	1.00004272	0.955	1.119	si
0.90	0.799	0.956	si	0.95503985	0.955	1.119	si
0.84	0.799	0.956	si	1.02773447	0.955	1.119	si
0.82	0.799	0.956	si	1.01948644	0.955	1.119	si
0.92	0.799	0.956	si	1.03403431	0.955	1.119	si
0.86	0.799	0.956	si	1.00550749	0.955	1.119	si
0.91	0.799	0.956	si	1.00094713	0.955	1.119	si
0.89	0.799	0.956	si	1.03745188	0.955	1.119	si
0.84	0.799	0.956	si	1.08595581	0.955	1.119	si
0.88	0.799	0.956	si	1.00629492	0.955	1.119	si
0.83	0.799	0.956	si	1.04766013	0.955	1.119	si
0.88	0.799	0.956	si	1.0789964	0.955	1.119	si
0.95	0.799	0.956	si	<b>1.15146427</b>	<b>0.955</b>	<b>1.119</b>	<b>NO</b>
0.83	0.799	0.956	si	1.0459345	0.955	1.119	si





### 3.6.5. Ensayo de compresión paralela al grano de muestras de madera

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de los módulos de rotura de las probetas en compresión paralela, se desarrollaron gráficas de las cuales pudo obtenerse estos valores, las gráficas se construyeron con los datos obtenidos de los diales de deformación y el indicador de carga propios del equipo a compresión. Es importante mencionar que las diez primeras probetas son las correspondientes a las muestras de madera en estado anhidro sin tratamiento y las diez siguientes son las que fueron tratadas con aceite de linaza.

Se calcularon los valores de:

$$\text{MOR (kg/cm}^2\text{)} = Q/A$$

Siendo :

MOR : módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup>

Q : carga de rotura, en kg

A : sección transversal de la probeta en cm<sup>2</sup>

El valor de carga de rotura es el máximo valor de carga que se obtuvo de la prueba.

$$\text{TLP (kg/cm}^2\text{)} = P/A$$

Siendo :

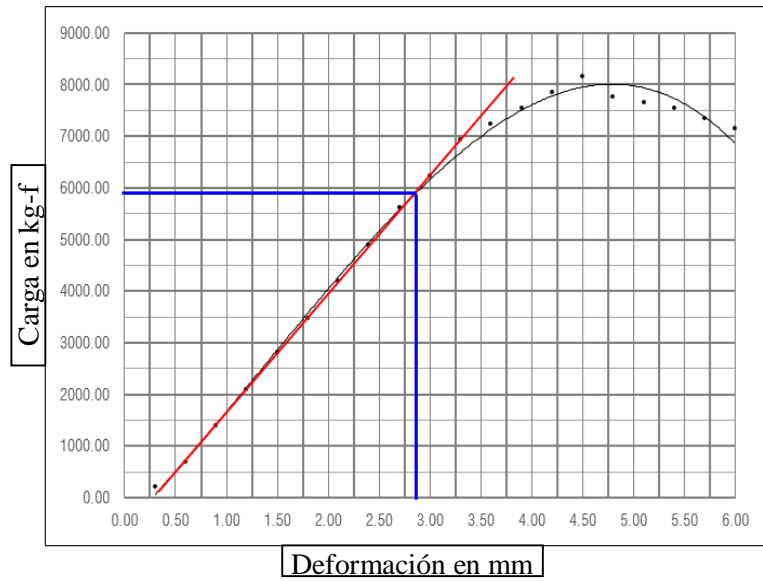
TLP : Tensión en el límite de proporcionalidad kg/cm<sup>2</sup>

P : Carga máxima aplicada en el límite elástico en kg.

A : sección transversal de la probeta en cm<sup>2</sup>

## Muestra 01

Figura 54: Curva carga deformación ensayo de compresión paralela al grano, muestra 01.



$$MOR_{muestra\_1} = Q/A$$

$$MOR_{muestra\_1} = (8157.4\text{kg}) / (5.05\text{cm})^2$$

$$MOR_{muestra\_1} = 319.9 \text{ kg/cm}^2$$

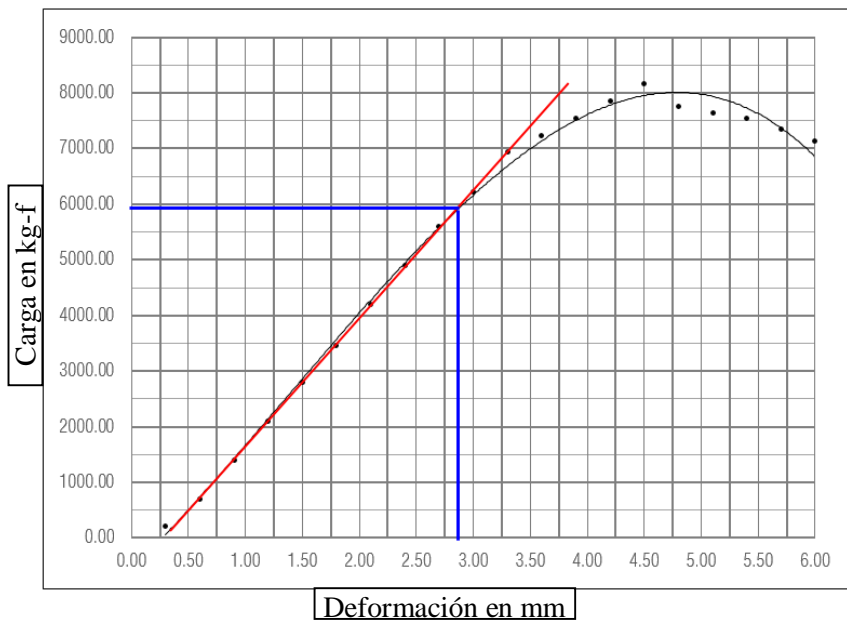
$$TLP (\text{kg/cm}^2) = P/A$$

$$TLP (\text{kg/cm}^2) = 5950 / 25.50$$

$$TLP (\text{kg/cm}^2) = 274.5 \text{ kg/cm}^2$$

## Muestra 02

Figura 55: Curva carga deformación ensayo de compresión paralela al grano, muestra 01.



$$\text{MOR}_{\text{muestra}_1} = Q/A$$

$$\text{MOR}_{\text{muestra}_1} = (8004.5 \text{ kg}) / (5.05 \text{ cm})^2$$

$$\text{MOR}_{\text{muestra}_1} = 313.9 \text{ kg/cm}^2$$

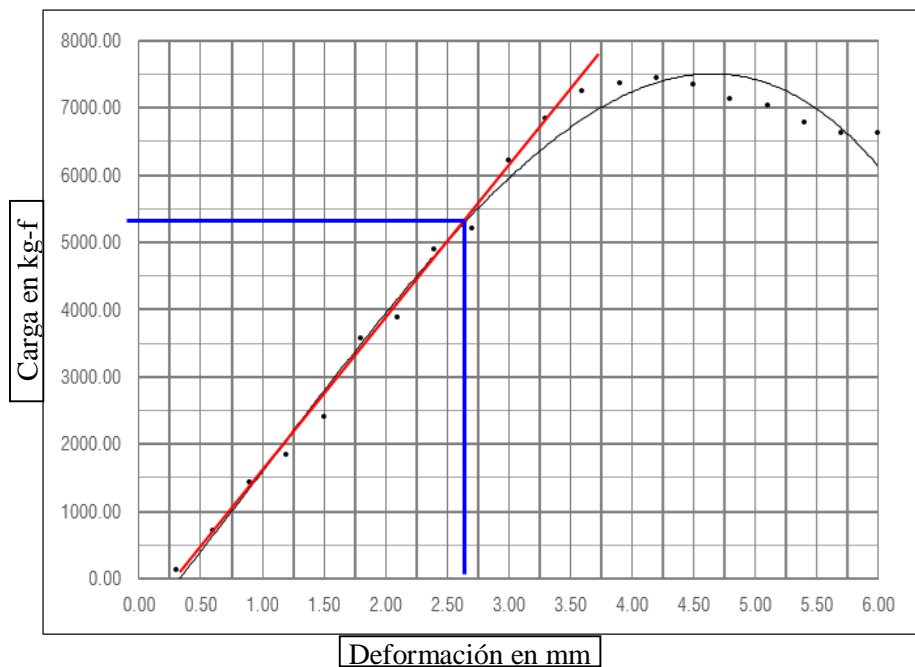
$$\text{TLP (kg/cm}^2) = P/A$$

$$\text{TLP (kg/cm}^2) = 5600 / 25.5$$

$$\text{TLP (kg/cm}^2) = 219.6 \text{ kg/cm}^2$$

### Muestra 03

Figura 56: Curva carga deformación ensayo de compresión paralela al grano, muestra 03.



$$\text{MOR}_{\text{muestra}_1} = Q/A$$

$$\text{MOR}_{\text{muestra}_1} = (7443.6 \text{ kg}) / (5.25 \text{ cm})^2$$

$$\text{MOR}_{\text{muestra}_1} = 270.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{TLP (kg/cm}^2) = P/A$$

$$\text{TLP (kg/cm}^2) = 5300 / 27.56$$

$$\text{TLP (kg/cm}^2) = 192.3 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Diagramas y tablas**

Tabla 74: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 01.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>																																																																			
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																																																			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>																																																																		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																			
Material	Madera en estado anhidro																																																																		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																																																																		
Fecha	18/06/2019																																																																		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																																																																		
<b>MUESTRA 01</b>	<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>																																																																		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Datos de la MUESTRA 01</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;">Altura</th> <th style="width: 15%;">Ancho</th> <th style="width: 15%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H<sub>1</sub> =</td> <td>20.2 cm</td> <td>A<sub>1</sub> =</td> <td>5.0 cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub> =</td> <td>20.1 cm</td> <td>A<sub>2</sub> =</td> <td>5.1 cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>prom</sub> =</td> <td>20.15 cm</td> <td>A<sub>prom</sub> =</td> <td>5.05 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Datos de la MUESTRA 01					Altura	Ancho		H <sub>1</sub> =	20.2 cm	A <sub>1</sub> =	5.0 cm	H <sub>2</sub> =	20.1 cm	A <sub>2</sub> =	5.1 cm	H <sub>prom</sub> =	20.15 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm																																														
Datos de la MUESTRA 01																																																																			
	Altura	Ancho																																																																	
H <sub>1</sub> =	20.2 cm	A <sub>1</sub> =	5.0 cm																																																																
H <sub>2</sub> =	20.1 cm	A <sub>2</sub> =	5.1 cm																																																																
H <sub>prom</sub> =	20.15 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm																																																																
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 15%;">MORpa =</td> <td style="width: 15%;">319.9</td> <td style="width: 15%;">MORpa: Módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>TLPpa =</td> <td>233.3</td> <td>TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>	MORpa =	319.9	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	TLPpa =	233.3	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																																												
MORpa =	319.9	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>																																																																	
TLPpa =	233.3	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Lectura</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Carga y def.</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="width: 10%;">D (mm)</th> <th style="width: 10%;">P (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.30</td><td>203.94</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.60</td><td>693.38</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.90</td><td>1396.96</td></tr> <tr><td>4</td><td>1.20</td><td>2090.34</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.50</td><td>2804.12</td></tr> <tr><td>6</td><td>1.80</td><td>3466.91</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.10</td><td>4190.88</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.40</td><td>4894.46</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.70</td><td>5608.24</td></tr> <tr><td>10</td><td>3.00</td><td>6220.05</td></tr> <tr><td>11</td><td>3.30</td><td>6933.82</td></tr> <tr><td>12</td><td>3.60</td><td>7239.73</td></tr> <tr><td>13</td><td>3.90</td><td>7545.63</td></tr> <tr><td>14</td><td>4.20</td><td>7851.53</td></tr> <tr><td><b>15</b></td><td><b>4.50</b></td><td><b>8157.44</b></td></tr> <tr><td>16</td><td>4.80</td><td>7749.57</td></tr> <tr><td>17</td><td>5.10</td><td>7647.60</td></tr> <tr><td>18</td><td>5.40</td><td>7545.63</td></tr> <tr><td>19</td><td>5.70</td><td>7341.69</td></tr> <tr><td>20</td><td>6.00</td><td>7137.76</td></tr> </tbody> </table>	Lectura	Carga y def.			D (mm)	P (kg)	1	0.30	203.94	2	0.60	693.38	3	0.90	1396.96	4	1.20	2090.34	5	1.50	2804.12	6	1.80	3466.91	7	2.10	4190.88	8	2.40	4894.46	9	2.70	5608.24	10	3.00	6220.05	11	3.30	6933.82	12	3.60	7239.73	13	3.90	7545.63	14	4.20	7851.53	<b>15</b>	<b>4.50</b>	<b>8157.44</b>	16	4.80	7749.57	17	5.10	7647.60	18	5.40	7545.63	19	5.70	7341.69	20	6.00	7137.76
Lectura	Carga y def.																																																																		
	D (mm)	P (kg)																																																																	
1	0.30	203.94																																																																	
2	0.60	693.38																																																																	
3	0.90	1396.96																																																																	
4	1.20	2090.34																																																																	
5	1.50	2804.12																																																																	
6	1.80	3466.91																																																																	
7	2.10	4190.88																																																																	
8	2.40	4894.46																																																																	
9	2.70	5608.24																																																																	
10	3.00	6220.05																																																																	
11	3.30	6933.82																																																																	
12	3.60	7239.73																																																																	
13	3.90	7545.63																																																																	
14	4.20	7851.53																																																																	
<b>15</b>	<b>4.50</b>	<b>8157.44</b>																																																																	
16	4.80	7749.57																																																																	
17	5.10	7647.60																																																																	
18	5.40	7545.63																																																																	
19	5.70	7341.69																																																																	
20	6.00	7137.76																																																																	

Tabla 75: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 02.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 02		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	152.95
2	0.60	611.81
3	0.90	1427.55
4	1.20	2141.33
5	1.50	2753.14
6	1.80	3262.98
7	2.10	4078.72
8	2.40	4894.46
9	2.70	5200.37
10	3.00	6220.05
11	3.30	6831.85
12	3.60	7239.73
13	3.90	7443.66
14	4.20	7545.63
15	4.50	7749.57
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>8004.49</b>
17	5.10	7647.60
18	5.40	7545.63
19	5.70	7341.69
20	6.00	7137.76

#### CURVA CARGA-DEFORMACIÓN

Datos de la MUESTRA 02			
Altura		Ancho	
H_1 =	20.1 cm	A_1 =	5.1 cm
H_2 =	19.8 cm	A_2 =	5.0 cm
H <sub>prom</sub> =	19.95 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm

MORpa = 313.9	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPPa = 219.6	TLPPa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 76: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 03.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 03		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	122.36
2	0.60	713.78
3	0.90	1427.55
4	1.20	1835.42
5	1.50	2396.25
6	1.80	3568.88
7	2.10	3874.78
8	2.40	4894.46
9	2.70	5200.37
10	3.00	6220.05
11	3.30	6831.85
12	3.60	7239.73
14	4.20	7443.66
15	4.50	7341.69
16	4.80	7137.76
17	5.10	7035.79
18	5.40	6780.87
19	5.70	6627.92
20	6.00	6627.92

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
Datos de la MUESTRA 03			
Altura		Ancho	
H_1 =	20.1 cm	A_1 =	5.3 cm
H_2 =	19.8 cm	A_2 =	5.2 cm
H <sub>prom</sub> =	19.95 cm	A <sub>prom</sub> =	5.25 cm
MORpa =	270.1	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPPa =	192.3	TLPPa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 77: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 04.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 04		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	168.25
2	0.60	698.48
3	0.90	1274.60
4	1.20	2141.33
5	1.50	2906.09
6	1.80	3823.80
7	2.10	4588.56
8	2.40	5098.40
9	2.70	5812.17
10	3.00	6220.05
11	3.30	6882.84
12	3.60	7137.76
13	3.90	7341.69
14	4.20	7433.47
15	4.50	7443.66
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>7545.63</b>
17	5.10	7290.71
18	5.40	7137.76
19	5.70	7035.79
20	6.00	6933.82

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Datos de la MUESTRA 04			
Altura		Ancho	
H_1 =	20.4 cm	A_1 =	4.9 cm
H_2 =	20.2 cm	A_2 =	5.0 cm
H <sub>prom</sub> =	20.30 cm	A <sub>prom</sub> =	4.95 cm

MORpa =	308.0	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPpa =	202.0	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 78: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 05.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 05</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	152.95
2	0.60	703.58
3	0.90	1172.63
4	1.20	2243.30
5	1.50	2804.12
6	1.80	3721.83
7	2.10	4435.61
8	2.40	4951.57
9	2.70	5697.36
10	3.00	6178.14
11	3.30	6707.86
12	3.60	6919.04
13	3.90	7295.40
14	4.20	7449.58
15	4.50	7299.79
16	4.80	7510.35
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7718.77</b>
18	5.40	7501.17
19	5.70	7356.48
20	6.00	7105.84

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
Datos de la MUESTRA 05			
Altura		Ancho	
H_1 =	20.2 cm	A_1 =	5.1 cm
H_2 =	20.0 cm	A_2 =	5.0 cm
H <sub>prom</sub> =	20.10 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm
MOR <sub>pa</sub> =	302.7	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =	209.8	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	



Tabla 79: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 06.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 06</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	152.95
2	0.60	744.37
3	0.90	1368.51
4	1.20	2187.32
5	1.50	2921.79
6	1.80	3721.83
7	2.10	4297.44
8	2.40	4818.50
9	2.70	5790.66
10	3.00	6245.03
11	3.30	6479.76
12	3.60	6718.36
13	3.90	7194.25
14	4.20	7398.18
15	4.50	7408.79
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>7692.57</b>
17	5.10	7605.49
18	5.40	7295.30
19	5.70	7239.73
20	6.00	7035.69
<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>		
<b>Datos de la MUESTRA 06</b>		
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>
H_1 =	20.1 cm	A_1 = 5.2 cm
H_2 =	20.1 cm	A_2 = 5.0 cm
H <sub>prom</sub> =	20.10 cm	A <sub>prom</sub> = 5.10 cm
MOR <sub>pa</sub> =	295.8	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =	211.5	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 80: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 07.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera en estado anhidro	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	18/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 07</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	122.36
2	0.60	713.78
3	0.90	1376.57
4	1.20	2141.33
5	1.50	2702.15
6	1.80	3721.83
7	2.10	4078.72
8	2.40	4670.13
9	2.70	5678.29
10	3.00	6083.21
11	3.30	6268.79
12	3.60	6484.04
13	3.90	7009.79
14	4.20	7244.62
15	4.50	7399.71
16	4.80	7571.73
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7738.96</b>
18	5.40	7510.76
19	5.70	7229.22
20	6.00	7124.91
<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>		
<b>Datos de la MUESTRA 07</b>		
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>
H_1 =	20.1 cm	A_1 = 5.3 cm
H_2 =	20.2 cm	A_2 = 5.1 cm
H <sub>prom</sub> =	20.15 cm	A <sub>prom</sub> = 5.20 cm
MOR <sub>pa</sub> =	286.2	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TL <sub>Ppa</sub> =	201.9	TL <sub>Ppa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 81: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 08

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>				
Material	Madera en estado anhidro			
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro			
Fecha	18/06/2019			
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin			
<b>MUESTRA 08</b>			<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>	
Lectura	Carga y def.			
	D (mm)	P (kg)		
1	0.30	138.47		
2	0.60	712.45		
3	0.90	1283.47		
4	1.20	2199.35		
5	1.50	2640.66		
6	1.80	3617.52		
7	2.10	4056.69		
8	2.40	4455.80		
9	2.70	5351.99		
10	3.00	5770.27		
11	3.30	6178.14		
12	3.60	6358.11		
13	3.90	6707.25		
14	4.20	7180.08		
15	4.50	7289.39		
16	4.80	7510.76		
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7635.16</b>		
18	5.40	7391.35		
19	5.70	7152.44		
20	6.00	6992.66		
<b>Datos de la MUESTRA 08</b>				
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>		
H_1 =	19.8 cm	A_1 =	4.9 cm	
H_2 =	20.1 cm	A_2 =	5.0 cm	
H <sub>prom</sub> =	19.95 cm	A <sub>prom</sub> =	4.95 cm	
MORpa =	311.6	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLPPa =	210.2	TLPPa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		

Tabla 82: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 09.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO		
DATOS DE LA MUESTRA				
Material	Madera en estado anhidro			
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro			
Fecha	18/06/2019			
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin			
MUESTRA 09			CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y def.			
	D (mm)	P (kg)		
1	0.30	100.54		
2	0.60	756.09		
3	0.90	1147.75		
4	1.20	2249.21		
5	1.50	2412.36		
6	1.80	3330.07		
7	2.10	3864.18		
8	2.40	4410.73		
9	2.70	4973.49		
10	3.00	5370.14		
11	3.30	6105.54		
12	3.60	6380.03		
13	3.90	6627.71		
14	4.20	7244.62		
15	4.50	7401.55		
16	4.80	7408.79		
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7718.77</b>		
18	5.40	7544.31		
19	5.70	7393.80		
20	6.00	7197.82		
Datos de la MUESTRA 09				
Altura		Ancho		
H_1 =	20.2 cm	A_1 =	5.0 cm	
H_2 =	20.2 cm	A_2 =	5.1 cm	
H <sub>prom</sub> =	20.20 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm	
MOR <sub>pa</sub> =	302.7	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLP <sub>pa</sub> =	209.0	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		

Tabla 83: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 10.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera en estado anhidro		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	18/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 10		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y def.		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.30	128.17	
2	0.60	754.36	
3	0.90	1129.60	
4	1.20	1884.27	
5	1.50	2506.17	
6	1.80	3023.76	
7	2.10	3771.59	
8	2.40	4338.43	
9	2.70	4780.06	
10	3.00	5464.16	
11	3.30	6105.54	
12	3.60	6275.82	
13	3.90	6627.71	
14	4.20	7179.67	
15	4.50	7265.63	
16	4.80	7337.92	
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>7498.83</b>	
18	5.40	7397.57	
19	5.70	7289.39	
20	6.00	7037.22	
Datos de la MUESTRA 10			
Altura		Ancho	
H_1 =	20.1 cm	A_1 =	5.0 cm
H_2 =	20.0 cm	A_2 =	5.1 cm
H <sub>prom</sub> =	20.05 cm	A <sub>prom</sub> =	5.05 cm
MOR <sub>pa</sub> =	294.0	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TL <sub>Ppa</sub> =	204.3	TL <sub>Ppa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 84: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 11.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 11		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	175.89
2	0.60	703.58
3	0.90	1641.68
4	1.20	2462.53
5	1.50	3166.11
6	1.80	3752.42
7	2.10	4690.53
8	2.40	5628.63
9	2.70	5980.42
10	3.00	7153.05
11	3.30	7856.63
12	3.60	8325.69
13	3.90	8560.21
14	4.20	8677.48
15	4.50	8912.00
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>9205.16</b>
17	5.10	8794.74
18	5.40	8677.48
19	5.70	8442.95
20	6.00	8208.42

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
Datos de la MUESTRA 11			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	20.0 cm	A <sub>1</sub> =	5.2 cm
H <sub>2</sub> =	20.1 cm	A <sub>2</sub> =	5.0 cm
H <sub>prom</sub> =	20.05 cm	A <sub>prom</sub> =	5.10 cm
MOR <sub>pa</sub> =	353.9	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =	200.3	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 85: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 12.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 12		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	193.48
2	0.60	803.25
3	0.90	1465.79
4	1.20	2462.53
5	1.50	3342.00
6	1.80	4397.37
7	2.10	5276.84
8	2.40	5863.16
9	2.70	6684.00
10	3.00	7153.05
11	3.30	7915.26
12	3.60	8208.42
13	3.90	8442.95
14	4.20	8548.49
15	4.50	8560.21
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>8677.48</b>
17	5.10	8384.32
18	5.40	8208.42
19	5.70	8091.16
20	6.00	7973.90

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
Datos de la MUESTRA 12			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	20.1 cm	A <sub>1</sub> =	4.9 cm
H <sub>2</sub> =	19.9 cm	A <sub>2</sub> =	5.0 cm
H <sub>prom</sub> =	20.00 cm	A <sub>prom</sub> =	4.95 cm
MOR <sub>pa</sub> =	354.1	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>pa</sub> =	212.6	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 86: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 13.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 13</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	175.89
2	0.60	856.02
3	0.90	1573.79
4	1.20	2515.41
5	1.50	3360.06
6	1.80	4280.11
7	2.10	4942.06
8	2.40	5541.27
9	2.70	6659.26
10	3.00	7181.78
11	3.30	7451.72
12	3.60	7726.12
13	3.90	8273.39
14	4.20	8507.91
15	4.50	8520.11
<b>16</b>	<b>4.80</b>	<b>8846.45</b>
17	5.10	8746.31
18	5.40	8389.59
19	5.70	8325.69
20	6.00	8091.04

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
Datos de la MUESTRA 13			
Altura	Ancho		
H <sub>1</sub> = 20.2 cm	A <sub>1</sub> = 5.2 cm		
H <sub>2</sub> = 20.0 cm	A <sub>2</sub> = 5.1 cm		
H <sub>prom</sub> = 20.10 cm	A <sub>prom</sub> = 5.15 cm		
MOR <sub>pa</sub> = 333.5	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLP <sub>pa</sub> = 196.4	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		



Tabla 87: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 14.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 14</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	156.47
2	0.60	805.07
3	0.90	1450.32
4	1.20	2485.26
5	1.50	2983.95
6	1.80	4087.80
7	2.10	4584.06
8	2.40	5035.05
9	2.70	6047.75
10	3.00	6520.40
11	3.30	6981.30
12	3.60	7184.67
13	3.90	7579.19
14	4.20	8113.49
15	4.50	8237.01
16	4.80	8487.16
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>8627.73</b>
18	5.40	8352.23
19	5.70	8082.26
20	6.00	7901.70

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
Datos de la MUESTRA 14			
Altura	Ancho		
H <sub>1</sub> = 20.0 cm	A <sub>1</sub> = 5.1 cm		
H <sub>2</sub> = 19.9 cm	A <sub>2</sub> = 4.9 cm		
H <sub>prom</sub> = 19.95 cm	A <sub>prom</sub> = 5.00 cm		
MOR <sub>pa</sub> = 345.1	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLP <sub>pa</sub> = 208.4	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		

Tabla 88: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 15.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 15</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	146.12
2	0.60	859.97
3	0.90	1287.75
4	1.20	2148.06
5	1.50	2857.03
6	1.80	3447.08
7	2.10	4299.61
8	2.40	4945.81
9	2.70	5449.26
10	3.00	6229.14
11	3.30	6960.31
12	3.60	7154.44
13	3.90	7555.59
14	4.20	8184.82
15	4.50	8282.81
16	4.80	8365.23
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>8548.66</b>
18	5.40	8433.23
19	5.70	8309.90
20	6.00	8022.43
<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>		
<b>Datos de la MUESTRA 15</b>		
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>
H <sub>1</sub> =	19.8 cm	A <sub>1</sub> = 5.1 cm
H <sub>2</sub> =	20.0 cm	A <sub>2</sub> = 5.1 cm
H <sub>prom</sub> =	19.90 cm	A <sub>prom</sub> = 5.10 cm
MOR <sub>pa</sub> =	328.7	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =	200.3	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 89: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 16.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 16</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	234.53
2	0.60	797.39
3	0.90	1606.51
4	1.20	2403.90
5	1.50	3224.74
6	1.80	3986.95
7	2.10	4819.52
8	2.40	5628.63
9	2.70	6449.47
10	3.00	7153.05
11	3.30	7973.90
12	3.60	8325.69
13	3.90	8677.48
14	4.20	9029.26
<b>15</b>	<b>4.50</b>	<b>9381.05</b>
16	4.80	8912.00
17	5.10	8794.74
18	5.40	8677.48
19	5.70	8442.95
20	6.00	8208.42
<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>		
<b>Datos de la MUESTRA 16</b>		
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>
H <sub>1</sub> =	20.3 cm	A <sub>1</sub> = 5.0 cm
H <sub>2</sub> =	20.1 cm	A <sub>2</sub> = 5.2 cm
H <sub>prom</sub> =	20.20 cm	A <sub>prom</sub> = 5.10 cm
MOR <sub>pa</sub> =	360.7	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =	200.3	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 90: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 17.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 17</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	141.94
2	0.60	827.98
3	0.90	1655.96
4	1.20	2129.09
5	1.50	2779.65
6	1.80	4139.90
7	2.10	4494.75
8	2.40	5677.58
9	2.70	6032.43
10	3.00	7215.25
11	3.30	7924.95
12	3.60	8398.08
13	3.90	8540.02
<b>14</b>	<b>4.20</b>	<b>8634.65</b>
15	4.50	8516.37
16	4.80	8279.80
17	5.10	8161.52
18	5.40	7865.81
19	5.70	7688.39
20	6.00	7688.39
<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>		
<b>Datos de la MUESTRA 17</b>		
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>
H <sub>1</sub> =	20.1 cm	A <sub>1</sub> = 5.1 cm
H <sub>2</sub> =	20.2 cm	A <sub>2</sub> = 5.0 cm
H <sub>prom</sub> =	20.15 cm	A <sub>prom</sub> = 5.05 cm
MOR <sub>pa</sub> =	338.6	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =	204.3	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 91: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 18.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>	<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 18</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	174.37
2	0.60	802.08
3	0.90	1336.80
4	1.20	2557.36
5	1.50	3196.70
6	1.80	4242.89
7	2.10	5056.59
8	2.40	5644.78
9	2.70	6494.99
10	3.00	7043.08
11	3.30	7646.96
12	3.60	7887.70
13	3.90	8316.76
14	4.20	8492.52
15	4.50	8321.76
16	4.80	8561.80
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>8799.40</b>
18	5.40	8551.34
19	5.70	8386.39
20	6.00	8100.66
<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>		
<b>Datos de la MUESTRA 18</b>		
<b>Altura</b>		<b>Ancho</b>
H <sub>1</sub> =	20.0 cm	A <sub>1</sub> = 5.1 cm
H <sub>2</sub> =	20.0 cm	A <sub>2</sub> = 5.2 cm
H <sub>prom</sub> =	20.00 cm	A <sub>prom</sub> = 5.15 cm
MOR <sub>pa</sub> =	331.8	MOR <sub>pa</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>pa</sub> =	196.4	TLP <sub>pa</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 92: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 19.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 19</b>		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	140.72
2	0.60	820.84
3	0.90	1583.05
4	1.20	2462.53
5	1.50	3107.47
6	1.80	4280.11
7	2.10	4690.53
8	2.40	5370.65
9	2.70	6530.03
10	3.00	6995.69
11	3.30	7209.11
12	3.60	7456.65
13	3.90	8061.26
14	4.20	8331.31
15	4.50	8509.67
16	4.80	8707.49
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>8899.81</b>
18	5.40	8637.37
19	5.70	8313.61
20	6.00	8193.65

Altura		Ancho	
H_1 =	20.0 cm	A_1 =	5.2 cm
H_2 =	20.2 cm	A_2 =	5.1 cm
H <sub>prom</sub> =	20.10 cm	A <sub>prom</sub> =	5.15 cm

MORpa =	335.6	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPpa =	196.4	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 93: Análisis de datos para el ensayo de compresión paralela al grano, muestra 20.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04</b>		<b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO</b>
DATOS DE LA MUESTRA		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	19/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
MUESTRA 20		
Lectura	Carga y def.	
	D (mm)	P (kg)
1	0.30	116.63
2	0.60	877.07
3	0.90	1331.39
4	1.20	2609.08
5	1.50	2798.34
6	1.80	3862.88
7	2.10	4482.45
8	2.40	5116.44
9	2.70	5769.25
10	3.00	6229.37
11	3.30	7082.42
12	3.60	7400.84
13	3.90	7688.15
14	4.20	8403.76
15	4.50	8585.80
16	4.80	8594.20
<b>17</b>	<b>5.10</b>	<b>8953.78</b>
18	5.40	8751.39
19	5.70	8576.81
20	6.00	8349.47

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN			
Datos de la MUESTRA 20			
Altura		Ancho	
H_1 =	19.8 cm	A_1 =	5.2 cm
H_2 =	20.0 cm	A_2 =	5.1 cm
H <sub>prom</sub> =	19.90 cm	A <sub>prom</sub> =	5.15 cm
MORpa =	337.6	MORpa: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPpa =	196.4	TLPpa: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

**c) Análisis de la prueba**

Para la validación de los datos se hizo uso del criterio de Chauvenet, que es un instrumento estadístico que permite evaluar las muestras eliminando los valores más atípicos mediante la expresión:

X(valido) debe estar entre:

Valor máximo :  $X_p + 1.96 d$

Valor mínimo :  $X_p - 1.96 d$

Donde:

$X_p$  : valor promedio de los datos a analizar.

$d$  : desviación estándar den conjunto de datos

Tabla 94: Validación de datos por el criterio de Chauvenet para el ensayo de compresión paralela al grano (MOR)

MORpa					
M. sin tratar		Des. Estad. =	14.671	Promedio =	300.470
		Dato	Lim min	Lim max	Valido
	1	319.87	271.715	329.225	si
	2	313.87	271.715	329.225	si
	3	<b>270.06</b>	<b>271.715</b>	<b>329.225</b>	<b>NO</b>
	4	307.95	271.715	329.225	si
	5	302.67	271.715	329.225	si
	6	295.75	271.715	329.225	si
	7	286.20	271.715	329.225	si
	8	311.61	271.715	329.225	si
	9	302.67	271.715	329.225	si
10	294.04	271.715	329.225	si	
M. tratada		Des. Estad. =	10.924	Promedio =	341.955
		Dato	Lim min	Lim max	Valido
	1	353.91	320.543	363.367	si
	2	354.15	320.543	363.367	si
	3	333.55	320.543	363.367	si
	4	345.11	320.543	363.367	si
	5	328.67	320.543	363.367	si
	6	360.67	320.543	363.367	si
	7	338.58	320.543	363.367	si
	8	331.77	320.543	363.367	si
	9	335.56	320.543	363.367	si
10	337.59	320.543	363.367	si	





Tabla 95: Validación de datos por el criterio de Chauvenet para el ensayo de compresión paralela al grano (TLP)

TLPpa					
M. sin tratar		Des. Estad. =	11.105	Promedio =	209.385
		Dato	Lim min	Lim max	Valido
	<b>1</b>	<b>233.31</b>	<b>187.620</b>	<b>231.150</b>	<b>NO</b>
	<b>2</b>	219.59	187.620	231.150	si
	<b>3</b>	192.29	187.620	231.150	si
	<b>4</b>	202.02	187.620	231.150	si
	<b>5</b>	209.78	187.620	231.150	si
	<b>6</b>	211.46	187.620	231.150	si
	<b>7</b>	201.92	187.620	231.150	si
	<b>8</b>	210.18	187.620	231.150	si
	<b>9</b>	209.00	187.620	231.150	si
<b>10</b>	204.29	187.620	231.150	si	
M. tratada		Des. Estad. =	0.000	Promedio =	0.000
		Dato	Lim min	Lim max	Valido
	<b>1</b>	200.31	190.166	212.233	si
	<b>2</b>	<b>212.63</b>	<b>190.166</b>	<b>212.233</b>	<b>NO</b>
	<b>3</b>	196.44	190.166	212.233	si
	<b>4</b>	208.40	190.166	212.233	si
	<b>5</b>	200.31	190.166	212.233	si
	<b>6</b>	200.31	190.166	212.233	si
	<b>7</b>	204.29	190.166	212.233	si
	<b>8</b>	196.44	190.166	212.233	si
	<b>9</b>	196.44	190.166	212.233	si
<b>10</b>	196.44	190.166	212.233	si	

### 3.6.6. Ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano de muestras de madera.

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para esta prueba se tomaron como medidas dos anchos y dos alturas de las probetas prismáticas, los cuales se usaron para obtener el ancho y la altura promedio, para luego dividir la carga alcanzada por la probeta entre el área de la placa de carga y obtener el esfuerzo en compresión perpendicular al grano correspondiente.

Los cálculos se desarrollaron de la siguiente manera:

#### Probeta 01

##### Ancho

$$A_1 = 15.2 \text{ cm}$$

$$A_2 = 15.1 \text{ cm}$$

$$A_{\text{prom}} = \frac{A_1 + A_2}{2} = 15.15 \text{ cm}$$

##### Altura

$$H_1 = 5.1 \text{ cm}$$

$$H_2 = 5.2 \text{ cm}$$

$$H_{\text{prom}} = \frac{H_1 + H_2}{2} = 5.15 \text{ cm}$$

#### Esfuerzo a compresión

$$E = \frac{P}{A} = \frac{4225}{25.15} = 167.99 \text{ kg/cm}^2$$

#### Probeta 02

##### Ancho

$$A_1 = 15.1 \text{ cm}$$

$$A_2 = 15.3 \text{ cm}$$

$$A_{\text{prom}} = \frac{A_1 + A_2}{2} = 15.20 \text{ cm}$$

##### Altura

$$H_1 = 5.0 \text{ cm}$$

$$H_2 = 5.1 \text{ cm}$$

$$H_{\text{prom}} = \frac{H_1 + H_2}{2} = 5.05 \text{ cm}$$

#### Esfuerzo a compresión

$$E = \frac{P}{A} = \frac{4356}{25.15} = 173.20 \text{ kg/cm}^2$$

**Probeta 03****Ancho**

$$A_1 = 15.3 \text{ cm}$$

$$A_2 = 14.9 \text{ cm}$$

$$A_{\text{prom}} = \frac{A_1 + A_2}{2} = 15.1 \text{ cm}$$

**Esfuerzo a compresión**

$$E = \frac{P}{A} = \frac{4125}{25.15} = 164.02 \text{ kg/cm}^2$$

**Altura**

$$H_1 = 5.1 \text{ cm}$$

$$H_2 = 5.1 \text{ cm}$$

$$H_{\text{prom}} = \frac{H_1 + H_2}{2} = 5.1 \text{ cm}$$

**Probeta 04****Ancho**

$$A_1 = 15.1 \text{ cm}$$

$$A_2 = 15.3 \text{ cm}$$

$$A_{\text{prom}} = \frac{A_1 + A_2}{2} = 15.2 \text{ cm}$$

**Esfuerzo a compresión**

$$E = \frac{P}{A} = \frac{4258}{25.15} = 169.30 \text{ kg/cm}^2$$

**Altura**

$$H_1 = 5.2 \text{ cm}$$

$$H_2 = 5.2 \text{ cm}$$

$$H_{\text{prom}} = \frac{H_1 + H_2}{2} = 5.2 \text{ cm}$$

**b) Diagramas y tablas**

Tabla 96: Análisis de datos para el ensayo de compresión perpendicular en muestras en estado natural.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05				COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO				
DATOS DE LA MUESTRA								
Material	Madera sin tratar							
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro							
Fecha	19/06/2019							
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin							
Muestra N°	Ancho (cm)			Altura (cm)			Carga max.	Esfuerzo en comp.
	A_1	A_2	A_prom	H_1	H_2	H_prom	P (kg)	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.2	15.1	15.15	5.10	5.20	5.15	4225	167.99
2	15.1	15.3	15.20	5.00	5.10	5.05	4356	173.20
3	15.3	14.9	15.10	5.10	5.10	5.10	4125	164.02
4	15.1	15.3	15.20	5.20	5.20	5.20	4258	169.30
5	15.0	15.2	15.10	4.80	5.00	4.90	4269	169.74
6	15.0	15.1	15.05	5.10	4.90	5.00	4367	173.64
7	15.2	14.8	15.00	5.20	5.20	5.20	3974	158.01
8	15.2	14.7	14.95	5.30	5.10	5.20	4289	170.54
9	14.9	15.1	15.00	5.40	5.10	5.25	4357	173.24
10	15.1	15.2	15.15	5.30	5.00	5.15	4389	174.51
11	15.2	15.4	15.30	5.10	5.00	5.05	4189	166.56
12	14.8	15.3	15.05	5.10	5.10	5.10	4267	169.66
13	15.0	15.1	15.05	5.20	5.20	5.20	4215	167.59
14	15.3	15.1	15.20	5.30	5.20	5.25	4381	174.19
15	15.2	15.0	15.10	4.90	5.00	4.95	4275	169.98
16	15.2	15.0	15.10	5.10	5.10	5.10	3998	158.97
17	15.1	14.9	15.00	5.10	4.90	5.00	4561	181.35
18	15.0	14.8	14.90	5.20	4.80	5.00	4369	173.72
19	14.9	15.2	15.05	5.00	5.00	5.00	4257	169.26
20	15.3	15.2	15.25	5.00	5.10	5.05	4361	173.40
MORpe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>							MORpe (kg/cm <sup>2</sup> ) = 169.94	

**ESQUEMA DEL ENSAYO**

Area de la placa = 25.15 cm<sup>2</sup>

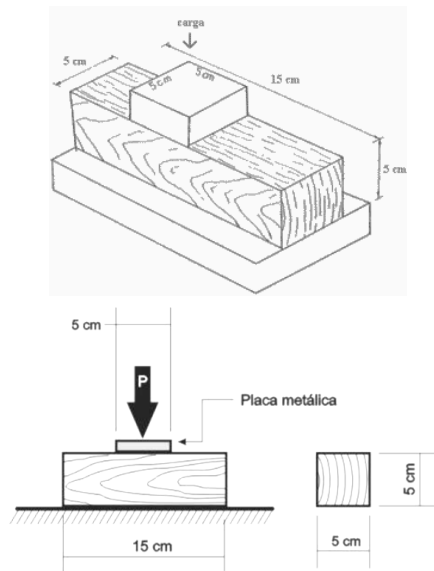


Tabla 97: Análisis de datos para el ensayo de compresión perpendicular en muestras tratadas.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05					COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO				
DATOS DE LA MUESTRA									
Material	Madera tratada								
Especie	Eucalyptus glóbulus tratado con aceite de linaza en estado anhidro								
Fecha	19/06/2019								
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin								
Muestra N°	Ancho (cm)			Altura (cm)			Carga max.	Esfuerzo en comp.	
	A_1	A_2	A_prom	H_1	H_2	H_prom	P (kg)	E (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	15.2	14.9	15.05	5.10	5.20	5.15	4875	193.84	
2	15.1	15.1	15.10	5.20	5.00	5.10	4915	195.43	
3	15.1	15.2	15.15	5.10	5.10	5.10	5118	203.50	
4	15.0	15.1	15.05	5.00	5.20	5.10	5050	200.80	
5	14.9	14.8	14.85	4.90	5.00	4.95	4996	198.65	
6	15.2	15.1	15.15	5.10	5.10	5.10	5197	206.64	
7	15.1	15.1	15.10	5.10	5.20	5.15	4777	189.94	
8	15.2	15.1	15.15	5.20	5.10	5.15	5365	213.32	
9	15.3	15.0	15.15	4.80	5.10	4.95	4879	194.00	
10	15.1	15.2	15.15	5.00	5.20	5.10	4963	197.34	
11	15.2	15.0	15.10	5.20	5.10	5.15	5007	199.09	
12	15.3	15.2	15.25	4.90	5.30	5.10	4875	193.84	
13	15.2	15.1	15.15	5.30	5.20	5.25	5147	204.65	
14	15.1	15.0	15.05	4.90	4.70	4.80	5517	219.36	
15	14.8	14.9	14.85	5.20	5.00	5.10	5268	209.46	
16	15.1	15.0	15.05	5.00	5.10	5.05	4798	190.78	
17	15.0	15.0	15.00	5.10	5.30	5.20	4895	194.63	
18	15.3	15.1	15.20	5.00	5.20	5.10	4881	194.08	
19	14.9	15.2	15.05	5.10	5.00	5.05	5114	203.34	
20	15.0	15.2	15.10	5.20	5.10	5.15	4578	182.03	

**ESQUEMA DEL ENSAYO**

Area de la placa = 25.15 cm<sup>2</sup>

MOR<sub>pe</sub>: Módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup> MOR<sub>pe</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) = 199.23

**c) Análisis de la prueba**

Para la validación de los datos se hizo uso del criterio de Chauvenet, que es un instrumento estadístico que permite evaluar las muestras eliminando los valores más atípicos mediante la expresión:

X(valido) debe estar entre:

Valor máximo :  $X_p + 1.96 d$

Valor mínimo :  $X_p - 1.96 d$

Donde:

$X_p$  : valor promedio de los datos a analizar.

$d$  : desviación estándar den conjunto de datos

Tabla 98: Validación de datos para el ensayo de compresión perpendicular en muestras en estado natural y tratadas

M. sin tratar				M. Tratada			
Des. Estad. =	5.383	Promedio =	169.944	Des. Estad. =	8.693	Promedio =	199.235
Dato	Lim min	Lim max	Valido	Dato	Lim min	Lim max	Valido
167.99	159.394	180.495	si	193.84	182.196	216.273	si
173.20	159.394	180.495	si	195.43	182.196	216.273	si
164.02	159.394	180.495	si	203.50	182.196	216.273	si
169.30	159.394	180.495	si	200.80	182.196	216.273	si
169.74	159.394	180.495	si	198.65	182.196	216.273	si
173.64	159.394	180.495	si	206.64	182.196	216.273	si
<b>158.01</b>	<b>159.394</b>	<b>180.495</b>	<b>NO</b>	189.94	182.196	216.273	si
170.54	159.394	180.495	si	213.32	182.196	216.273	si
173.24	159.394	180.495	si	194.00	182.196	216.273	si
174.51	159.394	180.495	si	197.34	182.196	216.273	si
166.56	159.394	180.495	si	199.09	182.196	216.273	si
169.66	159.394	180.495	si	193.84	182.196	216.273	si
167.59	159.394	180.495	si	204.65	182.196	216.273	si
174.19	159.394	180.495	si	<b>219.36</b>	<b>182.196</b>	<b>216.273</b>	<b>NO</b>
169.98	159.394	180.495	si	209.46	182.196	216.273	si
<b>158.97</b>	<b>159.394</b>	<b>180.495</b>	<b>NO</b>	190.78	182.196	216.273	si
<b>181.35</b>	<b>159.394</b>	<b>180.495</b>	<b>NO</b>	194.63	182.196	216.273	si
173.72	159.394	180.495	si	194.08	182.196	216.273	si
169.26	159.394	180.495	si	203.34	182.196	216.273	si
173.40	159.394	180.495	si	<b>182.03</b>	<b>182.196</b>	<b>216.273</b>	<b>NO</b>

### 3.6.7. Ensayo de resistencia al Corte o Cizalla de muestras de madera

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para esta prueba se tomaron como medidas dos anchos y dos alturas de las probetas prismáticas, los cuales se usaron para obtener el ancho y la altura promedio, para luego dividir la carga alcanzada por la probeta entre el área de la placa de carga y obtener el esfuerzo en corte o cizalla.

Los cálculos se desarrollaron de la siguiente manera:

#### Probeta 01

##### Largo

$$L_{1} = 5.1 \text{ cm}$$

$$L_{2} = 5.0 \text{ cm}$$

$$A_{\text{prom}} = \frac{L_{1} + L_{2}}{2} = 5.05 \text{ cm}$$

##### Área

$$\text{Área (A)} = L_{\text{prom}} * H_{\text{prom}}$$

$$\text{Área (A)} = 5.05 \text{ cm} * 5.10 \text{ cm}$$

$$\text{Área (A)} = 25.76 \text{ cm}^2$$

##### Esfuerzo a compresión

$$TR = \frac{P}{A} = \frac{2457 \text{ kg}}{25.76 \text{ cm}^2} = 95.40 \text{ kg/cm}^2$$

##### Altura

$$H_{1} = 5.0 \text{ cm}$$

$$H_{2} = 5.2 \text{ cm}$$

$$H_{\text{prom}} = \frac{H_{1} + H_{2}}{2} = 5.10 \text{ cm}$$

#### Probeta 02

##### Largo

$$L_{1} = 5.2 \text{ cm}$$

$$L_{2} = 5.1 \text{ cm}$$

$$A_{\text{prom}} = \frac{L_{1} + L_{2}}{2} = 5.15 \text{ cm}$$

##### Área

$$\text{Área (A)} = L_{\text{prom}} * H_{\text{prom}}$$

$$\text{Área (A)} = 5.15 \text{ cm} * 5.00 \text{ cm}$$

$$\text{Área (A)} = 25.75 \text{ cm}^2$$

##### Altura

$$H_{1} = 5.1 \text{ cm}$$

$$H_{2} = 4.9 \text{ cm}$$

$$H_{\text{prom}} = \frac{H_{1} + H_{2}}{2} = 5.00 \text{ cm}$$

**Esfuerzo a compresión**

$$\mathbf{TR} = \frac{P}{A} = \frac{2536 \text{ kg}}{25.75 \text{ cm}^2} = 98.49 \text{ kg/cm}^2$$

**Probeta 03****Largo**

$$L_{_1} = 5.0 \text{ cm}$$

$$L_{_2} = 5.2 \text{ cm}$$

$$A_{\text{prom}} = \frac{L_{_1} + L_{_2}}{2} = 5.10 \text{ cm}$$

**Área**

$$\text{Área (A)} = L_{\text{prom}} * H_{\text{prom}}$$

$$\text{Área (A)} = 5.10 \text{ cm} * 5.05 \text{ cm}$$

$$\text{Área (A)} = 25.76 \text{ cm}^2$$

**Esfuerzo a compresión**

$$\mathbf{TR} = \frac{P}{A} = \frac{2784 \text{ kg}}{25.76 \text{ cm}^2} = 108.10 \text{ kg/cm}^2$$

**Altura**

$$H_{_1} = 5.1 \text{ cm}$$

$$H_{_2} = 5.0 \text{ cm}$$

$$H_{\text{prom}} = \frac{H_{_1} + H_{_2}}{2} = 5.05 \text{ cm}$$



**b) Diagramas y tablas**

Tabla 99: Análisis de datos para el ensayo de corte y cizalla en muestras de madera en estado natural.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06					CORTE O CIZALLA DE MUESTRAS DE MADERA				
DATOS DE LA MUESTRA									
Material	Madera								
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro								
Fecha	21/06/2019								
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin								
Muestra N°	Dimensiones del plano de falla						A (cm <sup>2</sup> )	Carga y esfuerzo de rotura	
	Largo (cm)			Altura (cm)					
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>prom</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>prom</sub>			
1	5.1	5.0	5.05	5.0	5.2	5.10	25.76	2457	95.40
2	5.2	5.1	5.15	5.1	4.9	5.00	25.75	2536	98.49
3	5.0	5.2	5.10	5.1	5.0	5.05	25.76	2784	108.10
4	5.1	5.2	5.15	5.2	5.1	5.15	26.52	2689	101.39
5	5.0	4.9	4.95	5.1	4.8	4.95	24.50	2458	100.32
6	5.3	5.0	5.15	5.0	4.7	4.85	24.98	2766	110.74
7	5.1	5.0	5.05	4.9	5.0	4.95	25.00	2654	106.17
8	5.1	5.2	5.15	5.2	5.1	5.15	26.52	2589	97.62
9	5.4	5.1	5.25	4.8	5.1	4.95	25.99	2739	105.40
10	5.1	5.2	5.15	5.2	4.9	5.05	26.01	2647	101.78
11	4.8	4.8	4.80	4.8	4.7	4.75	22.80	2601	114.08
12	5.1	5.0	5.05	5.1	5.2	5.15	26.01	2587	99.47
13	5.1	5.2	5.15	4.8	5.2	5.00	25.75	2398	93.13
14	5.3	5.2	5.25	5.0	5.1	5.05	26.51	2618	98.75
15	5.1	4.8	4.95	5.2	5.0	5.10	25.25	2748	108.85
16	5.0	4.9	4.95	4.9	5.2	5.05	25.00	2635	105.41
17	5.1	5.3	5.20	5.1	5.0	5.05	26.26	2874	109.44
18	4.7	5.0	4.85	5.2	5.1	5.15	24.98	2369	94.85
19	5.2	5.1	5.15	5.3	5.0	5.15	26.52	2858	107.76
20	5.0	4.9	4.95	5.2	5.1	5.15	25.49	2599	101.95

**TR (kg/cm<sup>2</sup>) = 102.95**

TR: Tensión en rotura en kg/cm<sup>2</sup>

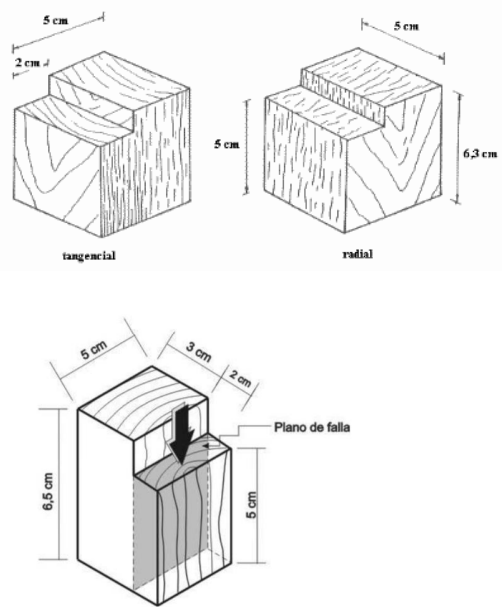
**ESQUEMA DEL ENSAYO**

**OBSERVACIONES:**

Tabla 100: Análisis de datos para el ensayo de corte y cizalla en muestras de madera tratada.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06					CORTE O CIZALLA DE MUESTRAS DE MADERA				
DATOS DE LA MUESTRA									
Material	Madera								
Especie	Eucalyptus glóbulus tratado con aceite de linaza, en estado anhidro								
Fecha	22/06/2019								
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin								
Muestra N°	Dimensiones del plano de falla						A área	Carga y esfuerzo de rotura	
	Largo (cm)			Altura (cm)				A (cm <sup>2</sup> )	P (kg)
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>prom</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>prom</sub>			
1	5.1	5.2	5.15	5.0	5.2	5.10	26.27	2897	110.30
2	5.0	5.0	5.00	5.1	5.1	5.10	25.50	2785	109.22
3	5.2	5.2	5.20	5.1	5.0	5.05	26.26	2877	109.56
4	5.1	5.0	5.05	5.2	5.0	5.10	25.76	3011	116.91
5	5.0	5.1	5.05	5.1	5.2	5.15	26.01	2877	110.62
6	5.3	5.0	5.15	5.0	4.7	4.85	24.98	2968	118.83
7	5.1	5.2	5.15	5.2	5.1	5.15	26.52	2874	108.36
8	5.0	4.7	4.85	5.1	5.2	5.15	24.98	2766	110.74
9	5.2	5.1	5.15	5.0	4.9	4.95	25.49	2987	117.17
10	5.1	5.2	5.15	5.2	4.9	5.05	26.01	2974	114.35
11	5.0	4.9	4.95	4.8	4.7	4.75	23.51	2698	114.75
12	5.2	4.9	5.05	5.1	5.2	5.15	26.01	2874	110.51
13	5.1	5.2	5.15	4.8	5.1	4.95	25.49	3058	119.96
14	5.1	4.9	5.00	5.0	5.0	5.00	25.00	2874	114.96
15	5.1	5.0	5.05	5.2	5.2	5.20	26.26	3110	118.43
16	5.2	5.2	5.20	5.1	5.2	5.15	26.78	2744	102.46
17	5.1	5.0	5.05	5.0	5.0	5.00	25.25	2856	113.11
18	5.2	5.1	5.15	5.2	5.1	5.15	26.52	2987	112.62
19	5.1	5.1	5.10	5.3	4.9	5.10	26.01	2608	100.27
20	5.0	4.9	4.95	5.2	5.0	5.10	25.25	2851	112.93
							TR (kg/cm <sup>2</sup> ) = <b>112.30</b>		
TR: Tensión en rotura en kg/cm <sup>2</sup>									
<b>OBSERVACIONES:</b>									

**ESQUEMA DEL ENSAYO**



**c) Análisis de la prueba**

Para la validación de los datos se hizo uso del criterio de Chauvenet, que es un instrumento estadístico que permite evaluar las muestras eliminando los valores más atípicos mediante la expresión:

X(valido) debe estar entre:

Valor máximo :  $X_p + 1.96 d$

Valor mínimo :  $X_p - 1.96 d$

Donde:

$X_p$  : valor promedio de los datos a analizar.

$d$  : desviación estándar den conjunto de datos

*Tabla 101: Validación de datos para el ensayo de corte y cizalla para las muestras de madera tratada y en estado natural*

M. sin tratar				M. Tratada			
Des. Estad. =	5.816	Promedio =	102.953	Des. Estad. =	5.072	Promedio =	112.303
Dato	Lim min	Lim max	Valido	Dato	Lim min	Lim max	Valido
95.40	91.554	114.353	si	110.30	102.362	122.243	si
98.49	91.554	114.353	si	109.22	102.362	122.243	si
108.10	91.554	114.353	si	109.56	102.362	122.243	si
101.39	91.554	114.353	si	116.91	102.362	122.243	si
100.32	91.554	114.353	si	110.62	102.362	122.243	si
110.74	91.554	114.353	si	118.83	102.362	122.243	si
106.17	91.554	114.353	si	108.36	102.362	122.243	si
97.62	91.554	114.353	si	110.74	102.362	122.243	si
105.40	91.554	114.353	si	117.17	102.362	122.243	si
101.78	91.554	114.353	si	114.35	102.362	122.243	si
114.08	91.554	114.353	si	114.75	102.362	122.243	si
99.47	91.554	114.353	si	110.51	102.362	122.243	si
93.13	91.554	114.353	si	119.96	102.362	122.243	si
98.75	91.554	114.353	si	114.96	102.362	122.243	si
108.85	91.554	114.353	si	118.43	102.362	122.243	si
105.41	91.554	114.353	si	102.46	102.362	122.243	si
109.44	91.554	114.353	si	113.11	102.362	122.243	si
94.85	91.554	114.353	si	112.62	102.362	122.243	si
107.76	91.554	114.353	si	<b>100.27</b>	<b>102.362</b>	<b>122.243</b>	<b>NO</b>
101.95	91.554	114.353	si	112.93	102.362	122.243	si

### 3.6.8. Ensayo para determinar la resistencia a la flexión estática de muestras de madera

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para el ensayo de flexión estática se consideraron la toma de cuatro medidas, dos correspondientes al ancho de la probeta y otras dos a la altura, registrándose también datos de deformación y carga con los cuales se construyó una gráfica de la que se obtuvieron valores de carga con los cuales se procedió a calcular los parámetros de resistencia a la flexión estática respectiva.

A partir de los gráficos carga-deformación se obtienen los valores de

P : Carga máxima en el límite de proporcionalidad en kg.

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

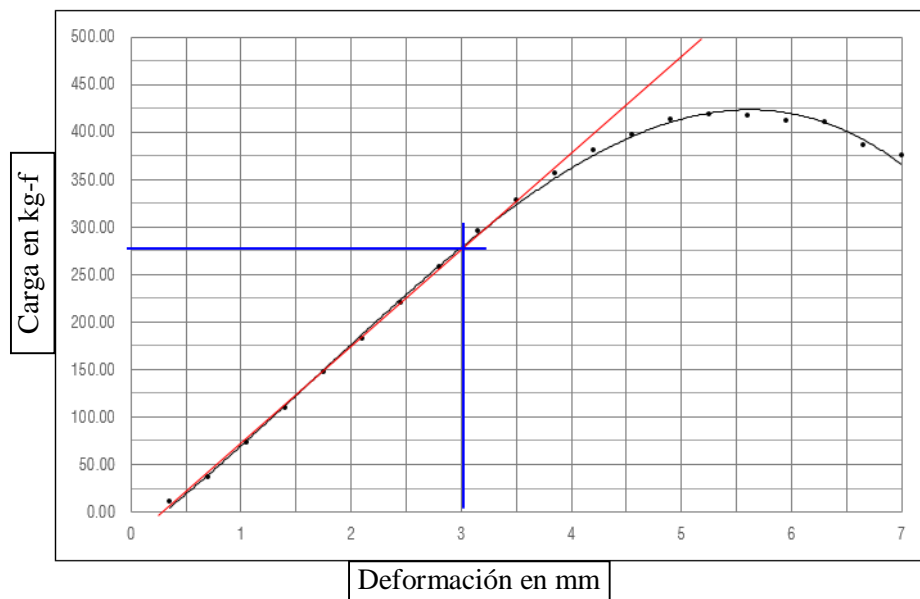
$P/\Delta$  : Pendiente de la curva carga-deformación en el rango elástico en kg/cm

$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{Q * L}{b * h^2}$$

$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{P * L}{b * h^2}$$

#### Muestra 01

Figura 57: Curva carga deformación ensayo de resistencia a la flexión, muestra 01



$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{Q * L}{b * h^2}$$

$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{418.4 * 17}{2.53 * 2.52^2}$$

$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 664.1$$

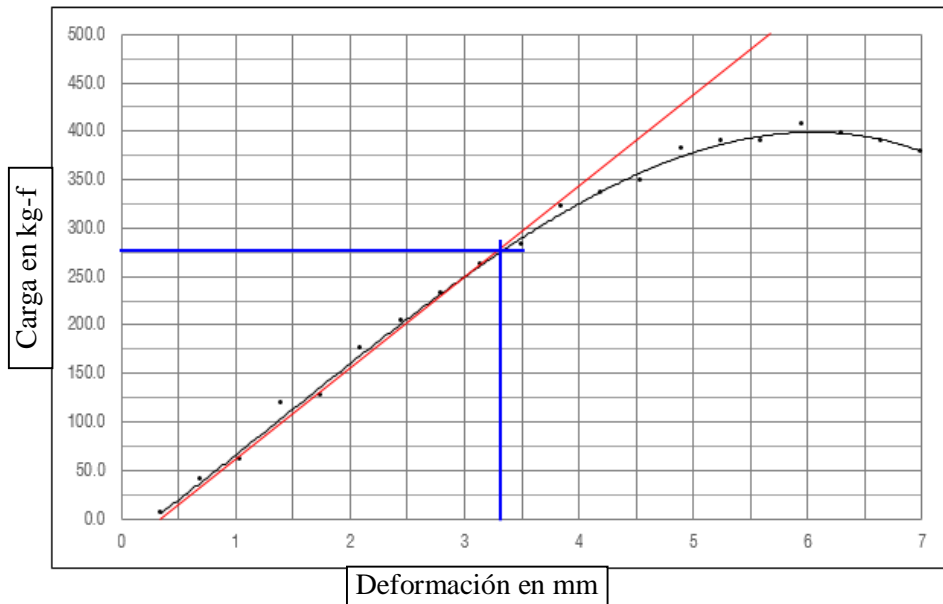
$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{P * L}{b * h^2}$$

$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{275 * 17}{2.53 * 2.52^2}$$

$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 436.5$$

## Muestra 02

Figura 58: Curva carga deformación ensayo de resistencia a la flexión, muestra 02



$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{Q * L}{b * h^2}$$

$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{418.4 * 17}{2.52 * 2.56^2}$$

$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 628.5$$

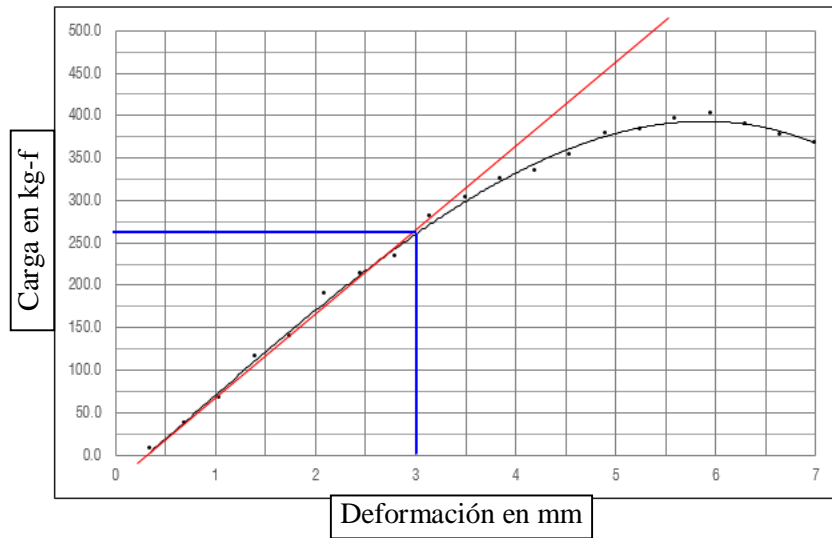
$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{P * L}{b * h^2}$$

$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{287.5 * 17}{2.49 * 2.46^2}$$

$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 444.8$$

**Muestra 03**

Figura 59: Curva carga deformación ensayo de resistencia a la flexión, muestra 03



$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{Q * L}{b * h^2}$$

$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{418.4 * 17}{2.49 * 2.46^2}$$

$$\text{MORfe (kg/cm}^2\text{)} = 712.40$$

$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{P * L}{b * h^2}$$

$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 1.5 * \frac{285 * 17}{2.53 * 2.53^2}$$

$$\text{TLPfe (kg/cm}^2\text{)} = 415.0$$

**b) Diagramas y tablas**

Tabla 102: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 01.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 01</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	10.73
2	0.70	36.49
3	1.05	73.52
4	1.40	110.02
5	1.75	147.59
6	2.10	182.47
7	2.45	220.57
8	2.80	257.60
9	3.15	295.17
10	3.50	327.37
11	3.85	355.80
12	4.20	381.04
13	4.55	397.14
14	4.90	413.24
15	<b>5.25</b>	<b>418.42</b>
16	5.60	416.50
17	5.95	411.60
18	6.30	410.80
19	6.65	386.40
20	7.00	375.67

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Datos de la MUESTRA 01			
Altura		Ancho	
H_1 =	2.51 cm	A_1 =	2.52 cm
H_2 =	2.53 cm	A_2 =	2.54 cm
H <sub>prom</sub> =	2.52 cm	A <sub>prom</sub> =	2.53 cm

MORfe = 664.1	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe = 436.5	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 103: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 02.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>		<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 02</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	5.3
2	0.70	39.8
3	1.05	60.4
4	1.40	118.4
5	1.75	127.0
6	2.10	175.3
7	2.45	203.4
8	2.80	232.1
9	3.15	261.8
10	3.50	282.6
11	3.85	321.3
12	4.20	335.8
13	4.55	348.8
14	4.90	381.3
15	5.25	389.6
16	5.60	389.9
17	<b>5.95</b>	<b>406.3</b>
18	6.30	397.1
19	6.65	389.1
20	7.00	378.8

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Datos de la MUESTRA 02			
Altura		Ancho	
H_1 =	2.59 cm	A_1 =	2.48 cm
H_2 =	2.53 cm	A_2 =	2.55 cm
H <sub>prom</sub> =	2.56 cm	A <sub>prom</sub> =	2.52 cm

MORfe = 628.5	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe = 444.8	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>



Tabla 104: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 03.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 03</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	7.3
2	0.70	37.5
3	1.05	67.6
4	1.40	115.8
5	1.75	139.0
6	2.10	190.4
7	2.45	213.5
8	2.80	234.5
9	3.15	281.7
10	3.50	303.7
11	3.85	325.2
12	4.20	334.6
13	4.55	353.0
14	4.90	377.9
15	<b>5.25</b>	383.7
16	5.60	395.3
<b>17</b>	<b>5.95</b>	<b>401.9</b>
18	6.30	389.0
19	6.65	376.4
20	7.00	368.0

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Datos de la MUESTRA 03			
Altura		Ancho	
H_1 =	2.49 cm	A_1 =	2.51 cm
H_2 =	2.56 cm	A_2 =	2.55 cm
H <sub>prom</sub> =	2.53 cm	A <sub>prom</sub> =	2.53 cm

MORfe = 635.3	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe = 415.0	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 105: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 04.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 04</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	6.4
2	0.70	37.6
3	1.05	72.5
4	1.40	112.7
5	1.75	142.2
6	2.10	195.9
7	2.45	214.7
8	2.80	245.8
9	3.15	298.9
10	3.50	320.2
11	3.85	329.9
12	4.20	341.3
13	4.55	368.9
14	4.90	381.3
15	<b>5.25</b>	389.5
16	5.60	398.5
<b>17</b>	<b>5.95</b>	<b>407.3</b>
18	6.30	395.3
19	6.65	380.5
20	7.00	375.0

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

**Datos de la MUESTRA 04**

Altura		Ancho	
H_1 =	2.54 cm	A_1 =	2.55 cm
H_2 =	2.57 cm	A_2 =	2.50 cm
H <sub>prom</sub> =	2.56 cm	A <sub>prom</sub> =	2.53 cm

MORfe =	630.1	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	425.4	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 106: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 05.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 05</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	8.1
2	0.70	39.2
3	1.05	72.0
4	1.40	115.1
5	1.75	153.8
6	2.10	195.9
7	2.45	226.2
8	2.80	253.6
9	3.15	304.8
10	3.50	328.7
11	3.85	341.0
12	4.20	353.6
13	4.55	378.6
14	4.90	389.4
15	5.25	389.9
16	5.60	404.9
17	5.95	400.3
18	6.30	384.0
19	6.65	381.0
20	7.00	370.3

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

**Datos de la MUESTRA 05**

Altura		Ancho	
H_1 =	2.52 cm	A_1 =	2.48 cm
H_2 =	2.51 cm	A_2 =	2.51 cm
H <sub>prom</sub> =	2.52 cm	A <sub>prom</sub> =	2.50 cm

MOR <sub>fe</sub> =	654.2	MOR <sub>fe</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLP <sub>fe</sub> =	424.2	TLP <sub>fe</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 107: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 06.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>																																																																					
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07	FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA																																																																				
DATOS DE LA MUESTRA																																																																					
Material	Madera																																																																				
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro																																																																				
Fecha	28/06/2019																																																																				
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center; font-weight: bold;">MUESTRA 06</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Lectura</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Carga y deformación</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">D (mm)</th> <th style="width: 15%;">P (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.35</td><td>8.1</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.70</td><td>37.0</td></tr> <tr><td>3</td><td>1.05</td><td>61.7</td></tr> <tr><td>4</td><td>1.40</td><td>118.1</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.75</td><td>147.6</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.10</td><td>195.9</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.45</td><td>233.5</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.80</td><td>260.6</td></tr> <tr><td>9</td><td>3.15</td><td>299.9</td></tr> <tr><td>10</td><td>3.50</td><td>325.2</td></tr> <tr><td>11</td><td>3.85</td><td>353.0</td></tr> <tr><td>12</td><td>4.20</td><td>364.2</td></tr> <tr><td>13</td><td>4.55</td><td>384.0</td></tr> <tr><td>14</td><td>4.90</td><td>392.1</td></tr> <tr><td>15</td><td>5.25</td><td>384.2</td></tr> <tr><td>16</td><td>5.60</td><td>395.3</td></tr> <tr><td>17</td><td>5.95</td><td><b>406.3</b></td></tr> <tr><td>18</td><td>6.30</td><td>394.8</td></tr> <tr><td>19</td><td>6.65</td><td>387.2</td></tr> <tr><td>20</td><td>7.00</td><td>374.0</td></tr> </tbody> </table>		MUESTRA 06			Lectura	Carga y deformación		D (mm)	P (kg)	1	0.35	8.1	2	0.70	37.0	3	1.05	61.7	4	1.40	118.1	5	1.75	147.6	6	2.10	195.9	7	2.45	233.5	8	2.80	260.6	9	3.15	299.9	10	3.50	325.2	11	3.85	353.0	12	4.20	364.2	13	4.55	384.0	14	4.90	392.1	15	5.25	384.2	16	5.60	395.3	17	5.95	<b>406.3</b>	18	6.30	394.8	19	6.65	387.2	20	7.00	374.0
MUESTRA 06																																																																					
Lectura	Carga y deformación																																																																				
	D (mm)	P (kg)																																																																			
1	0.35	8.1																																																																			
2	0.70	37.0																																																																			
3	1.05	61.7																																																																			
4	1.40	118.1																																																																			
5	1.75	147.6																																																																			
6	2.10	195.9																																																																			
7	2.45	233.5																																																																			
8	2.80	260.6																																																																			
9	3.15	299.9																																																																			
10	3.50	325.2																																																																			
11	3.85	353.0																																																																			
12	4.20	364.2																																																																			
13	4.55	384.0																																																																			
14	4.90	392.1																																																																			
15	5.25	384.2																																																																			
16	5.60	395.3																																																																			
17	5.95	<b>406.3</b>																																																																			
18	6.30	394.8																																																																			
19	6.65	387.2																																																																			
20	7.00	374.0																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center; font-weight: bold;">CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"> </td> </tr> </tbody> </table>		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN																																																																			
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center; font-weight: bold;">Datos de la MUESTRA 06</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Altura</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Ancho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H_1 =</td> <td>2.53 cm</td> <td>A_1 =</td> <td>2.56 cm</td> </tr> <tr> <td>H_2 =</td> <td>2.58 cm</td> <td>A_2 =</td> <td>2.54 cm</td> </tr> <tr> <td>H<sub>prom</sub> =</td> <td>2.56 cm</td> <td>A<sub>prom</sub> =</td> <td>2.55 cm</td> </tr> </tbody> </table>		Datos de la MUESTRA 06				Altura		Ancho		H_1 =	2.53 cm	A_1 =	2.56 cm	H_2 =	2.58 cm	A_2 =	2.54 cm	H <sub>prom</sub> =	2.56 cm	A <sub>prom</sub> =	2.55 cm																																																
Datos de la MUESTRA 06																																																																					
Altura		Ancho																																																																			
H_1 =	2.53 cm	A_1 =	2.56 cm																																																																		
H_2 =	2.58 cm	A_2 =	2.54 cm																																																																		
H <sub>prom</sub> =	2.56 cm	A <sub>prom</sub> =	2.55 cm																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>MOR<sub>fe</sub> =</td> <td>622.3</td> <td>MOR<sub>fe</sub>: Módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>TLP<sub>fe</sub> =</td> <td>383.0</td> <td>TLP<sub>fe</sub>: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>		MOR <sub>fe</sub> =	622.3	MOR <sub>fe</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	TLP <sub>fe</sub> =	383.0	TLP <sub>fe</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																																														
MOR <sub>fe</sub> =	622.3	MOR <sub>fe</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>																																																																			
TLP <sub>fe</sub> =	383.0	TLP <sub>fe</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>																																																																			

Tabla 108: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 07.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <b>ES CUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>	<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera	
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro	
Fecha	28/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 07</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.35	8.9
2	0.70	36.8
3	1.05	67.1
4	1.40	112.7
5	1.75	153.0
6	2.10	201.3
7	2.45	241.5
8	2.80	268.3
9	3.15	305.9
10	3.50	327.4
11	3.85	362.3
12	4.20	375.7
13	4.55	386.4
14	4.90	391.2
15	5.25	391.8
16	5.60	397.1
17	5.95	383.7
18	6.30	375.7
19	6.65	370.3
20	7.00	364.9

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Datos de la MUESTRA 07			
Altura		Ancho	
H_1 =	2.53 cm	A_1 =	2.51 cm
H_2 =	2.53 cm	A_2 =	2.56 cm
H <sub>prom</sub> =	2.53 cm	A <sub>prom</sub> =	2.54 cm

MORfe =	624.1	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	388.2	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 109: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 08.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	28/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 08		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.35	6.4	
2	0.70	37.6	
3	1.05	75.1	
4	1.40	96.6	
5	1.75	126.1	
6	2.10	187.8	
7	2.45	203.9	
8	2.80	257.6	
9	3.15	273.7	
10	3.50	327.4	
11	3.85	359.6	
12	4.20	381.0	
13	4.55	387.5	
14	4.90	391.8	
15	5.25	386.4	
16	5.60	375.7	
17	5.95	370.3	
18	6.30	356.9	
19	6.65	348.8	
20	7.00	348.8	
Datos de la MUESTRA 08			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	2.50 cm	A <sub>1</sub> =	2.51 cm
H <sub>2</sub> =	2.49 cm	A <sub>2</sub> =	2.53 cm
H <sub>prom</sub> =	2.50 cm	A <sub>prom</sub> =	2.52 cm
MORfe =	636.8	MORfe:	Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	414.5	TLPfe:	Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 110: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 09.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	28/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 09		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.35	10.73	
2	0.70	36.49	
3	1.05	73.52	
4	1.40	110.02	
5	1.75	147.59	
6	2.10	182.47	
7	2.45	220.57	
8	2.80	257.60	
9	3.15	295.17	
10	3.50	327.37	
11	3.85	355.80	
12	4.20	381.04	
13	4.55	397.14	
14	4.90	413.24	
15	5.25	418.42	
16	5.60	416.50	
17	5.95	411.60	
18	6.30	410.80	
19	6.65	386.40	
20	7.00	375.67	
Datos de la MUESTRA 09			
Altura	Ancho	MORfe = 637.2	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
H <sub>1</sub> = 2.56 cm	A <sub>1</sub> = 2.54 cm	TLPfe = 472.1	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>
H <sub>2</sub> = 2.57 cm	A <sub>2</sub> = 2.55 cm		
H <sub>prom</sub> = 2.57 cm	A <sub>prom</sub> = 2.55 cm		

Tabla 111: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 10.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera		
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro		
Fecha	28/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 10		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.35	8.1	
2	0.70	32.2	
3	1.05	75.1	
4	1.40	112.7	
5	1.75	144.9	
6	2.10	171.7	
7	2.45	214.7	
8	2.80	257.6	
9	3.15	273.7	
10	3.50	327.4	
11	3.85	359.6	
12	4.20	381.0	
13	4.55	391.8	
14	4.90	397.1	
15	5.25	407.9	
16	5.60	421.3	
17	5.95	402.5	
18	6.30	397.1	
19	6.65	386.4	
20	7.00	375.7	
Datos de la MUESTRA 10			
Altura	Ancho		
H <sub>1</sub> = 2.50 cm	A <sub>1</sub> = 2.53 cm		
H <sub>2</sub> = 2.51 cm	A <sub>2</sub> = 2.52 cm		
H <sub>prom</sub> = 2.51 cm	A <sub>prom</sub> = 2.53 cm		
MORfe = 678.0	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLPfe = 482.8	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		



Tabla 112: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 11.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera tratada con aceite de linaza		
Especie	Eucalyptus glóbulus		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 11		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	6.35	
2	1.00	47.75	
3	1.50	72.49	
4	2.00	142.06	
5	2.50	152.36	
6	3.00	210.32	
7	3.50	244.05	
8	4.00	278.57	
9	4.50	314.12	
10	5.00	339.17	
11	5.50	385.61	
12	6.00	402.95	
13	6.50	418.59	
14	7.00	457.56	
15	7.50	467.47	
16	8.00	467.92	
17	<b>8.50</b>	<b>487.50</b>	
18	9.00	476.48	
19	9.50	466.98	
20	10.00	454.60	
Datos de la MUESTRA 11			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	2.50 cm	A <sub>1</sub> = 2.51 cm	
H <sub>2</sub> =	2.49 cm	A <sub>2</sub> = 2.52 cm	
H <sub>prom</sub> =	2.50 cm	A <sub>prom</sub> = 2.52 cm	
MOR <sub>fe</sub> =	794.0	MOR <sub>fe</sub> : Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLP <sub>fe</sub> =	537.5	TLP <sub>fe</sub> : Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 113: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 12.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera tratada con aceite de linaza		
Especie	Eucalyptus glóbulus		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 12		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	7.6	
2	1.00	44.3	
3	1.50	85.5	
4	2.00	133.0	
5	2.50	167.8	
6	3.00	231.1	
7	3.50	253.3	
8	4.00	290.0	
9	4.50	352.7	
10	5.00	377.8	
11	5.50	389.3	
12	6.00	402.7	
13	6.50	435.3	
14	7.00	449.9	
15	7.50	459.6	
16	8.00	470.2	
17	8.50	480.6	
18	9.00	466.5	
19	9.50	449.0	
20	10.00	442.5	
Datos de la MUESTRA 12			
Altura	Ancho		
H <sub>1</sub> = 2.49 cm	A <sub>1</sub> = 2.51 cm	A <sub>1</sub> = 2.51 cm	
H <sub>2</sub> = 2.49 cm	A <sub>2</sub> = 2.51 cm	A <sub>2</sub> = 2.51 cm	
H <sub>prom</sub> = 2.49 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm	
MORfe = 787.6	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLPfe = 532.5	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		

Tabla 114: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 13

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>		<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	29/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 13</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.50	9.5
2	1.00	43.7
3	1.50	72.8
4	2.00	139.3
5	2.50	174.2
6	3.00	231.1
7	3.50	275.5
8	4.00	307.5
9	4.50	353.8
10	5.00	383.7
11	5.50	416.6
12	6.00	429.7
13	6.50	453.1
14	7.00	462.7
15	7.50	453.4
16	8.00	466.4
17	8.50	479.4
18	9.00	465.9
19	9.50	456.9
20	10.00	441.3

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

Datos de la MUESTRA 13			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	2.52 cm	A <sub>1</sub> =	2.52 cm
H <sub>2</sub> =	2.51 cm	A <sub>2</sub> =	2.52 cm
H <sub>prom</sub> =	2.52 cm	A <sub>prom</sub> =	2.52 cm

MORfe =	766.9	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe =	511.9	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 115: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 14.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera tratada con aceite de linaza		
Especie	Eucalyptus glóbulus		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 14		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	7.6	
2	1.00	44.3	
3	1.50	88.7	
4	2.00	114.0	
5	2.50	148.8	
6	3.00	221.6	
7	3.50	240.6	
8	4.00	304.0	
9	4.50	323.0	
10	5.00	386.3	
11	5.50	424.3	
12	6.00	449.6	
13	6.50	457.2	
14	7.00	462.3	
15	7.50	456.0	
16	8.00	443.3	
17	8.50	437.0	
18	9.00	421.1	
19	9.50	411.6	
20	10.00	411.6	
Datos de la MUESTRA 14			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	2.50 cm	A <sub>1</sub> = 2.53 cm	
H <sub>2</sub> =	2.51 cm	A <sub>2</sub> = 2.52 cm	
H <sub>prom</sub> =	2.51 cm	A <sub>prom</sub> = 2.53 cm	
MORfe =	744.0	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	547.2	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 116: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 15

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>		<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Material	Madera tratada con aceite de linaza		
Especie	Eucalyptus glóbulus		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
<b>MUESTRA 15</b>		<b>CURVA CARGA-DEFORMACIÓN</b>	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	9.5	
2	1.00	38.0	
3	1.50	88.7	
4	2.00	133.0	
5	2.50	171.0	
6	3.00	202.6	
7	3.50	253.3	
8	4.00	304.0	
9	4.50	323.0	
10	5.00	386.3	
11	5.50	424.3	
12	6.00	449.6	
13	6.50	462.3	
14	7.00	468.6	
15	7.50	481.3	
16	8.00	497.1	
17	8.50	475.0	
18	9.00	468.6	
19	9.50	456.0	
20	10.00	443.3	
<b>Datos de la MUESTRA 15</b>			
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>		
H <sub>1</sub> = 2.49 cm	A <sub>1</sub> = 2.49 cm		
H <sub>2</sub> = 2.50 cm	A <sub>2</sub> = 2.52 cm		
H <sub>prom</sub> = 2.50 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm		
MORfe = 812.9	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLPfe = 613.2	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		

Tabla 117: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 16.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera tratada con aceite de linaza		
Especie	Eucalyptus glóbulus		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 16		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	12.7	
2	1.00	43.1	
3	1.50	86.8	
4	2.00	129.8	
5	2.50	174.2	
6	3.00	215.3	
7	3.50	260.3	
8	4.00	304.0	
9	4.50	348.3	
10	5.00	386.3	
11	5.50	419.8	
12	6.00	449.6	
13	6.50	468.6	
14	7.00	487.6	
15	7.50	493.7	
16	8.00	491.5	
17	8.50	485.7	
18	9.00	484.7	
19	9.50	456.0	
20	10.00	443.3	
Datos de la MUESTRA 16			
Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	2.50 cm	A <sub>1</sub> = 2.48 cm	
H <sub>2</sub> =	2.49 cm	A <sub>2</sub> = 2.49 cm	
H <sub>prom</sub> =	2.50 cm	A <sub>prom</sub> = 2.49 cm	
MORfe =	813.9	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>	
TLPfe =	568.7	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>	

Tabla 118: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 17.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera tratada con aceite de linaza		
Especie	Eucalyptus glóbulus		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 17		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	8.6	
2	1.00	44.2	
3	1.50	79.7	
4	2.00	136.6	
5	2.50	164.0	
6	3.00	224.7	
7	3.50	251.9	
8	4.00	276.7	
9	4.50	332.4	
10	5.00	358.4	
11	5.50	383.7	
12	6.00	394.9	
13	6.50	416.6	
14	7.00	445.9	
15	7.50	452.7	
16	8.00	466.5	
17	8.50	474.2	
18	9.00	459.0	
19	9.50	444.2	
20	10.00	434.3	
Datos de la MUESTRA 17			
Altura	Ancho		
H <sub>1</sub> = 2.51 cm	A <sub>1</sub> = 2.51 cm		
H <sub>2</sub> = 2.52 cm	A <sub>2</sub> = 2.52 cm		
H <sub>prom</sub> = 2.52 cm	A <sub>prom</sub> = 2.52 cm		
MORfe = 760.1	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLPfe = 545.0	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		

Tabla 119: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 18.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera tratada con aceite de linaza		
Especie	Eucalyptus glóbulus		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 18		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	9.5	
2	1.00	46.2	
3	1.50	85.0	
4	2.00	135.8	
5	2.50	181.5	
6	3.00	231.1	
7	3.50	266.9	
8	4.00	299.3	
9	4.50	359.6	
10	5.00	387.8	
11	5.50	402.4	
12	6.00	417.2	
13	6.50	446.8	
14	7.00	459.5	
15	7.50	460.1	
16	8.00	477.7	
17	8.50	472.3	
18	9.00	453.1	
19	9.50	449.6	
20	10.00	437.0	
Datos de la MUESTRA 18			
Altura	Ancho		
H <sub>1</sub> = 2.50 cm	A <sub>1</sub> = 2.50 cm		
H <sub>2</sub> = 2.50 cm	A <sub>2</sub> = 2.52 cm		
H <sub>prom</sub> = 2.50 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm		
MORfe = 776.6	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLPfe = 544.5	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		



Tabla 120: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera en estado natural, muestra 19

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07</b>		<b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA</b>
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Material	Madera tratada con aceite de linaza	
Especie	Eucalyptus glóbulus	
Fecha	29/06/2019	
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin	
<b>MUESTRA 19</b>		
Lectura	Carga y deformación	
	D (mm)	P (kg)
1	0.50	10.4
2	1.00	43.4
3	1.50	79.2
4	2.00	133.0
5	2.50	180.5
6	3.00	237.5
7	3.50	285.0
8	4.00	316.6
9	4.50	361.0
10	5.00	386.3
11	5.50	427.5
12	6.00	443.3
13	6.50	456.0
14	7.00	461.7
15	7.50	462.3
16	8.00	468.6
17	8.50	452.8
18	9.00	443.3
19	9.50	437.0
20	10.00	430.6

**CURVA CARGA-DEFORMACIÓN**

**Datos de la MUESTRA 19**

Altura		Ancho	
H <sub>1</sub> =	2.53 cm	A <sub>1</sub> =	2.51 cm
H <sub>2</sub> =	2.51 cm	A <sub>2</sub> =	2.51 cm
H <sub>prom</sub> =	2.52 cm	A <sub>prom</sub> =	2.51 cm

MORfe = 749.7	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>
TLPfe = 532.7	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 121: Análisis de datos del ensayo de flexión en muestras de madera tratada con aceite de linaza, muestra 20.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		FLEXIÓN ESTÁTICA DE MUESTRAS DE MADERA	
DATOS DE LA MUESTRA			
Material	Madera tratada con aceite de linaza		
Especie	Eucalyptus glóbulus		
Fecha	29/06/2019		
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin		
MUESTRA 20		CURVA CARGA-DEFORMACIÓN	
Lectura	Carga y deformación		
	D (mm)	P (kg)	
1	0.50	12.7	
2	1.00	43.1	
3	1.50	86.8	
4	2.00	129.8	
5	2.50	174.2	
6	3.00	215.3	
7	3.50	260.3	
8	4.00	304.0	
9	4.50	348.3	
10	5.00	386.3	
11	5.50	419.8	
12	6.00	449.6	
13	6.50	468.6	
14	7.00	487.6	
15	7.50	493.7	
16	8.00	491.5	
17	8.50	485.7	
18	9.00	484.7	
19	9.50	456.0	
20	10.00	443.3	
Datos de la MUESTRA 20			
Altura	Ancho		
H <sub>1</sub> = 2.51 cm	A <sub>1</sub> = 2.51 cm		
H <sub>2</sub> = 2.51 cm	A <sub>2</sub> = 2.51 cm		
H <sub>prom</sub> = 2.51 cm	A <sub>prom</sub> = 2.51 cm		
MORfe = 796.2	MORfe: Módulo de rotura en kg/cm <sup>2</sup>		
TLPfe = 483.8	TLPfe: Tensión en el límite de proporcionalidad en kg/cm <sup>2</sup>		

**c) Análisis de la prueba**

Para la validación de los datos se hizo uso del criterio de Chauvenet, que es un instrumento estadístico que permite evaluar las muestras eliminando los valores más atípicos mediante la expresión:

X(valido) debe estar entre:

Valor máximo :  $X_p + 1.96 d$

Valor mínimo :  $X_p - 1.96 d$

Donde:

$X_p$  : valor promedio de los datos a analizar.

$d$  : desviación estándar del conjunto de datos

Tabla 122: Validación de datos ensayo de flexión, MORfe.

MORfe					
M. sin tratar		Des. Estad. =	18.412	Promedio =	641.073
		Dato	Lim min	Lim max	Valido
	1	664.10	604.986	677.160	si
	2	628.52	604.986	677.160	si
	3	635.27	604.986	677.160	si
	4	630.12	604.986	677.160	si
	5	654.20	604.986	677.160	si
	6	622.32	604.986	677.160	si
	7	624.11	604.986	677.160	si
	8	636.84	604.986	677.160	si
	9	637.22	604.986	677.160	si
10	<b>678.02</b>	<b>604.986</b>	<b>677.160</b>	<b>NO</b>	
M. tratada		Des. Estad. =	24.813	Promedio =	780.189
		Dato	Lim min	Lim max	Valido
	1	794.03	731.556	828.822	si
	2	787.55	731.556	828.822	si
	3	766.90	731.556	828.822	si
	4	744.01	731.556	828.822	si
	5	812.93	731.556	828.822	si
	6	813.89	731.556	828.822	si
	7	760.10	731.556	828.822	si
	8	776.58	731.556	828.822	si
	9	749.70	731.556	828.822	si
10	796.19	731.556	828.822	si	

Tabla 123: Validación de datos ensayo de flexión, TLPfe.

TLPfe					
M. sin tratar		Des. Estad. =	32.125	Promedio =	428.640
		Dato	Lim min	Lim max	Valido
	1	436.47	365.675	491.604	si
	2	444.80	365.675	491.604	si
	3	414.98	365.675	491.604	si
	4	425.43	365.675	491.604	si
	5	424.15	365.675	491.604	si
	6	382.96	365.675	491.604	si
	7	388.17	365.675	491.604	si
	8	414.51	365.675	491.604	si
	9	472.11	365.675	491.604	si
10	482.82	365.675	491.604	si	
M. tratada		Des. Estad. =	33.861	Promedio =	541.716
		Dato	Lim min	Lim max	Valido
	1	537.50	475.349	608.083	si
	2	532.54	475.349	608.083	si
	3	511.93	475.349	608.083	si
	4	547.20	475.349	608.083	si
	5	<b>613.23</b>	<b>475.349</b>	<b>608.083</b>	<b>NO</b>
	6	568.71	475.349	608.083	si
	7	545.01	475.349	608.083	si
	8	544.54	475.349	608.083	si
	9	532.73	475.349	608.083	si
10	483.77	475.349	608.083	si	

### 3.6.9. Ensayo para determinar la dureza por el método Brinell de muestras de madera

#### a) Procesamiento o cálculos de la prueba

Para el cálculo de la dureza por el método Brinell se hizo uso de la siguiente expresión:

$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dónde :

HB : Hardest Brinell (dureza Brinell)

D : Diámetro de la billa

d : Diámetro de la huella

P : Carga aplicada durante la prueba

Para las muestras en estado natural se tiene:

#### Muestra 1

$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$HB = \frac{2 * 100}{\pi * 10 * (10 - \sqrt{10^2 - 4.063^2})}$$

$$HB = \frac{200}{\pi * 10 * 0.86238}$$

$$HB = 7.382$$

#### Muestra 2

$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$HB = \frac{2 * 100}{\pi * 10 * (10 - \sqrt{10^2 - 4.035^2})}$$

$$HB = \frac{200}{\pi * 10 * 0.8502}$$

$$HB = 7.488$$

#### Muestra 3

$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB

$$= \frac{2 * 100}{\pi * 10 * (10 - \sqrt{10^2 - 4.050^2})}$$

#### Muestra 4

$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB

$$= \frac{2 * 100}{\pi * 10 * (10 - \sqrt{10^2 - 4.063^2})}$$

$$HB = \frac{200}{\pi * 10 * 0.85683}$$

$$HB = 7.430$$

$$HB = \frac{200}{\pi * 10 * 0.86238}$$

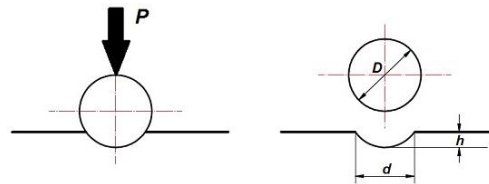
$$HB = 7.382$$

**b) Diagramas y tablas**

Tabla 124: Análisis de datos para el ensayo de dureza por el método Brinell en madera en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 08	DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL			
DATOS DE LA MUESTRA				
Material	Madera			
Especie	Eucalyptus glóbulus en estado natural anhidro			
Fecha	03/08/2019			
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin			
Muestra N°	Diametro huella (mm)	Diam. billa	Fuerza aplicada	Dureza HB (kg/mm2)
	d <sub>1</sub> d <sub>2</sub> d <sub>prom</sub>	D (mm)	P (kg)	
1	4.070    4.055    4.063	10.0	100.0	7.382
2	4.060    4.010    4.035	10.0	100.0	7.488
3	4.020    4.080    4.050	10.0	100.0	7.430
4	4.090    4.035    4.063	10.0	100.0	7.382
5	4.055    4.015    4.035	10.0	100.0	7.488
6	4.035    4.055    4.045	10.0	100.0	7.449
7	4.010    4.055    4.033	10.0	100.0	7.498
8	4.055    4.085    4.070	10.0	100.0	7.354
9	4.050    4.015    4.033	10.0	100.0	7.498
10	4.025    4.095    4.060	10.0	100.0	7.392
11	4.030    4.060    4.045	10.0	100.0	7.449
12	4.010    4.015    4.013	10.0	100.0	7.576
13	4.010    4.080    4.045	10.0	100.0	7.449
14	4.080    4.090    4.085	10.0	100.0	7.297
15	4.095    4.090    4.093	10.0	100.0	7.269
16	4.075    4.055    4.065	10.0	100.0	7.373
17	4.030    4.055    4.043	10.0	100.0	7.459
18	4.090    4.040    4.065	10.0	100.0	7.373
19	4.005    4.085    4.045	10.0	100.0	7.449
20	4.060    4.060    4.060	10.0	100.0	7.392
<b>OBSERVACIONES:</b>				

**ESQUEMA DEL ENSAYO**



$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB : Hardest Brinell (Dureza Brinell), en kg/mm2

D : Diametro de la Billa

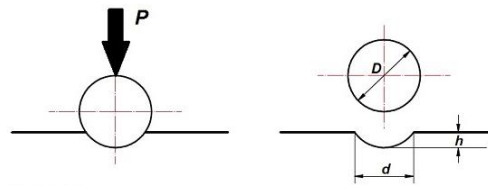
d :Diametro de la huella

P : Carga aplicada durante la prueba

Tabla 125: Análisis de datos para el ensayo de dureza por el método Brinell en madera tratada.

<span style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; margin: 0 10px;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</span>						
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 08</b>			<b>DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL</b>			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
Material	Madera					
Especie	Eucalyptus glóbulus tratado con aceite de linaza, en estado anhidro					
Fecha	03/08/2019					
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin					
<b>Muestra N°</b>	<b>Diametro huella (mm)</b>			<b>Diam. billa</b>	<b>Fuerza aplicada</b>	<b>Dureza</b>
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>prom</sub>	D (mm)	P (kg)	HB (kg/mm <sup>2</sup> )
1	3.945	3.960	3.953	10.0	100.0	7.818
2	3.890	3.950	3.920	10.0	100.0	7.954
3	3.895	3.955	3.925	10.0	100.0	7.933
4	3.930	3.935	3.933	10.0	100.0	7.902
5	3.890	3.945	3.918	10.0	100.0	7.965
6	3.945	3.925	3.935	10.0	100.0	7.891
7	3.960	3.910	3.935	10.0	100.0	7.891
8	3.900	3.950	3.925	10.0	100.0	7.933
9	3.900	3.940	3.920	10.0	100.0	7.954
10	3.950	3.960	3.955	10.0	100.0	7.808
11	3.945	3.900	3.923	10.0	100.0	7.944
12	3.900	3.895	3.898	10.0	100.0	8.050
13	3.970	3.980	3.975	10.0	100.0	7.726
14	3.975	3.970	3.973	10.0	100.0	7.736
15	3.970	3.925	3.948	10.0	100.0	7.839
16	3.925	3.950	3.938	10.0	100.0	7.881
17	3.975	3.980	3.978	10.0	100.0	7.716
18	3.970	3.970	3.970	10.0	100.0	7.747
19	3.920	3.965	3.943	10.0	100.0	7.860
20	3.890	3.915	3.903	10.0	100.0	8.029
<b>OBSERVACIONES:</b>						

**ESQUEMA DEL ENSAYO**



$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB : Hardest Brinell (Dureza Brinell), en kg/mm<sup>2</sup>

D : Diametro de la Billa

d :Diametro de la huella

P : Carga aplicada durante la prueba

**c) Análisis de la prueba**

Para la validación de los datos se hizo uso del criterio de Chauvenet, que es un instrumento estadístico que permite evaluar las muestras eliminando los valores más atípicos mediante la expresión:

X(valido) debe estar entre:

Valor máximo :  $X_p + 1.96 d$

Valor mínimo :  $X_p - 1.96 d$

Donde:

$X_p$  : valor promedio de los datos a analizar.

$d$  : desviación estándar den conjunto de datos

Tabla 126: Validación de datos para el ensayo de dureza por el método Brinell en madera tratada y sin tratar.

N°	M. sin tratar				M. Tratada			
	Des. Estad. = Dato	0.073 Lim min	Promedio = Lim max	7.422 Valido	Des. Estad. = Dato	0.097 Lim min	Promedio = Lim max	7.879 Valido
1	7.382	7.279	7.566	si	7.818	7.688	8.070	si
2	7.488	7.279	7.566	si	7.954	7.688	8.070	si
3	7.430	7.279	7.566	si	7.933	7.688	8.070	si
4	7.382	7.279	7.566	si	7.902	7.688	8.070	si
5	7.488	7.279	7.566	si	7.965	7.688	8.070	si
6	7.449	7.279	7.566	si	7.891	7.688	8.070	si
7	7.498	7.279	7.566	si	7.891	7.688	8.070	si
8	7.354	7.279	7.566	si	7.933	7.688	8.070	si
9	7.498	7.279	7.566	si	7.954	7.688	8.070	si
10	7.392	7.279	7.566	si	7.808	7.688	8.070	si
11	7.449	7.279	7.566	si	7.944	7.688	8.070	si
12	<b>7.576</b>	<b>7.279</b>	<b>7.566</b>	<b>NO</b>	8.050	7.688	8.070	si
13	7.449	7.279	7.566	si	7.726	7.688	8.070	si
14	7.297	7.279	7.566	si	7.736	7.688	8.070	si
15	<b>7.269</b>	<b>7.279</b>	<b>7.566</b>	<b>NO</b>	7.839	7.688	8.070	si
16	7.373	7.279	7.566	si	7.881	7.688	8.070	si
17	7.459	7.279	7.566	si	7.716	7.688	8.070	si
18	7.373	7.279	7.566	si	7.747	7.688	8.070	si
19	7.449	7.279	7.566	si	7.860	7.688	8.070	si
20	7.392	7.279	7.566	si	8.029	7.688	8.070	si



**3.6.10. Ensayo para determinar la conductividad térmica de muestras de madera****a) Procesamiento o cálculos de la prueba**

Para el cálculo de la conductividad térmica de muestras de madera se hizo uso de la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Dónde :

$\Delta Q$  : Energía transportada (potencia eléctrica)

$\Delta t A$  : Variación del tiempo por área de contacto

$\Delta T$  : Variación de temperatura

$\Delta x$  : Distancia entre las placas caliente y fría

$K$  : Conductividad térmica

Para las muestras en estado natural se tiene:

**Muestra 1**

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\frac{254}{30 * 154.00} = -k \frac{30.7}{0.253}$$

$$k = 4.54E - 04$$

**Muestra 2**

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\frac{254}{30 * 158.1} = -k \frac{28.3}{0.249}$$

$$k = 4.71E - 04$$

**Muestra 3**

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\frac{254}{30 * 158.100} = -k \frac{30.8}{0.254}$$

$$k = 4.42E - 04$$

**Muestra 4**

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\frac{254}{30 * 158.1} = -k \frac{29.8}{0.252}$$

$$k = 4.53E - 04$$

**b) Diagramas y tablas**

Tabla 127: Análisis de datos para el ensayo conductividad térmica en madera de estado natural y madera tratada..

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 09					CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MUESTRAS DE MADERA					
DATOS DE LA MUESTRA										
Material	Madera tratada y madera en estado natural anhidro									
Especie	Eucalyptus glóbulus									
Fecha	25/08/2019									
Responsable	MANSILLA GOMEZ, Katherin									
n°	Potencia electr.	Distanc. entre placas	T inicial placa fria	T final placa fria	T inicial placa fria	T final placa fria	Variac. de Temp.	Area de contacto	Lectura de tiempo	K (Conductividad termica)
	$\Delta Q(\text{Watts})$	$\Delta x \text{ (m)}$	$T_o \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_f \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_i \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_f \text{ (}^\circ\text{C)}$	$\Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}$	$A \text{ (cm}^2\text{)}$	$\Delta t \text{ (min)}$	$(\Delta x * \Delta Q) / (\Delta t * A * \Delta T), \text{ (Watt/(m}^2 * ^\circ\text{C)}$
1	254.0	25.300	18.4	94.7	125.1	125.6	30.7	154.0	30.0	4.54E-02
2	254.0	25.300	18.1	96.1	123.4	125.4	28.3	158.1	30.0	4.79E-02
3	254.0	25.300	18.3	95.7	126.8	126.2	30.8	158.1	30.0	4.40E-02
4	254.0	25.300	18.6	98.0	127.5	128.1	29.8	158.1	30.0	4.55E-02
5	254.0	25.300	18.4	97.5	125.6	127.4	29.0	158.1	30.0	4.67E-02
6	254.0	25.300	19.2	97.2	126.4	128.6	30.3	158.1	30.0	4.47E-02
7	254.0	25.300	19.1	97.4	126.3	127.4	29.5	158.1	30.0	4.60E-02
8	254.0	25.300	19.6	98.2	127.4	129.2	30.1	158.1	30.0	4.50E-02
9	254.0	25.300	18.1	98.6	128.3	125.5	28.3	158.1	30.0	4.79E-02
10	254.0	25.300	18.6	97.4	127.4	126.3	29.5	158.1	30.0	4.60E-02
11	254.0	25.100	18.5	98.5	127.8	125.5	28.2	158.1	30.0	4.78E-02
12	254.0	25.100	18.4	97.9	126.3	125.4	28.0	158.1	30.0	4.81E-02
13	254.0	25.100	18.5	99.2	125.4	126.5	26.8	158.1	30.0	5.03E-02
14	254.0	25.100	18.6	98.4	124.3	125.0	26.3	158.1	30.0	5.12E-02
15	254.0	25.100	18.3	99.6	127.2	128.6	28.3	158.1	30.0	4.75E-02
16	254.0	25.100	18.4	97.6	125.8	127.6	29.1	158.1	30.0	4.62E-02
17	254.0	25.100	18.2	99.3	126.3	125.8	26.8	158.1	30.0	5.03E-02
18	254.0	25.100	18.3	98.6	127.4	124.8	27.5	158.1	30.0	4.89E-02
19	254.0	25.100	18.4	97.2	123.3	125.3	27.1	158.1	30.0	4.96E-02
20	254.0	25.100	18.2	98.3	125.0	126.3	27.4	158.1	30.0	4.92E-02
<b>OBSERVACIONES:</b>										

Material con conductividad térmica K  
Área A  
 $T_2$   
 $T_1$   
 $d$   
 $T_2 > T_1$

Muestra natural  
 Muestra tratada

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t A} = -\kappa \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$\Delta Q$  : Energía transportada (potencia eléctrica)  
 $\Delta t A$  : Variacion del tiempo por area de contacto  
 $\Delta T$  : Variación de temperatura  
 $\Delta x$  : Distancia entre las placas (caliente y fria)  
 $\kappa$  : Conductividad térmica

### c) Análisis de la prueba

Para la validación de los datos se hizo uso del criterio de Chauvenet, que es un instrumento estadístico que permite evaluar las muestras eliminando los valores más atípicos mediante la expresión:

X(valido) debe estar entre:

Valor máximo :  $X_p + 1.96 d$

Valor mínimo :  $X_p - 1.96 d$

Donde:

$X_p$  : valor promedio de los datos a analizar.

$d$  : desviación estándar den conjunto de datos

Tabla 128: Validación de datos para el ensayo conductividad ter en madera tratada y en estado natural.

N°	Madera sin tratar				Madera tratada			
	Des. Estad. = Dato	1.28E-03 Lim min	Promedio = Lim max	4.59E-02 Valido	Des. Estad. = Dato	1.52E-03 Lim min	Promedio = Lim max	4.89E-02 Valido
1	4.54E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	4.78E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
2	4.79E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	4.81E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
3	4.40E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	5.03E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
4	4.55E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	5.12E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
5	4.67E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	4.75E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
6	4.47E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	4.62E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
7	4.60E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	5.03E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
8	4.50E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	4.89E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
9	4.79E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	4.96E-02	4.59E-02	5.19E-02	si
10	4.60E-02	4.34E-02	4.84E-02	si	4.92E-02	4.59E-02	5.19E-02	si

### CAPITULO IV: Resultados

Los resultados presentados a continuación se muestran por ensayo y comparando los valores obtenidos a partir de ensayos realizados a las muestras de madera en estado natural y a madera tratada, para el dato obtenido como resultado de todas las pruebas por ensayo se hizo uso del criterio de **T-Student**, que es un criterio estadístico para obtener un valor representativo de un grupo de datos pequeño, el manual de maderas del grupo andino (1987) propone que el valor de exclusión sea de 5%, para obtener el percentil 5% el cual representa que de toda la población existente para un determinado ensayo por especie solamente el 5% tenga una resistencia menor que el valor obtenido.

A continuación, se muestra el tabulado de resultados para valores de T-Student utilizados en la presente investigación.

Tabla 129: Resultados para probetas con valores obtenidos por el criterio de T-student.

Ensayo	Tipo de muestra	Prom de valores	N	N-1	S	t0.95	PER 5%
Contenido de humedad	Madera en estado natural	31.96	20	19	1.606	1.73	<b>32.11</b>
Densidad	Madera en estado natural	0.88	20	19	0.040	1.73	<b>0.88</b>
	Madera tratada con aceite de linaza	1.04	19	18	0.042	1.73	<b>1.04</b>
Compresión paralela	Madera en estado natural (MORpa)	300.47	9	8	14.671	1.83	<b>303.83</b>
	Madera tratada con aceite de linaza (MORpa)	341.95	10	9	10.924	1.81	<b>344.15</b>
	Madera en estado natural (TLPpa)	209.38	9	8	11.105	1.83	<b>211.92</b>
	Madera tratada con aceite de linaza (TLPpa)	201.20	9	8	5.630	1.83	<b>202.49</b>
Compresión perpendicular	Madera en estado natural	169.94433	17	16	5.383	1.74	<b>170.53</b>
	Madera tratada con aceite de linaza	199.23459	18	17	8.693	1.73	<b>200.12</b>
Corte o cizalla	Madera en estado natural	102.95336	20	19	5.816	1.73	<b>103.48</b>
	Madera tratada con aceite de linaza	112.3027	19	18	5.072	1.73	<b>112.79</b>
Flexión estática	Madera en estado natural (MORfe)	641.07	9	8	18.412	1.83	<b>645.28</b>
	Madera tratada con aceite de linaza (MORfe)	780.19	10	9	24.813	1.81	<b>785.18</b>
	Madera en estado natural (TLPfe)	428.64	10	9	32.125	1.81	<b>435.10</b>
	Madera tratada con aceite de linaza (TLPfe)	541.72	9	8	33.861	1.83	<b>549.46</b>
Dureza Brinell	Madera en estado natural	7.4222493	18	17	0.073	1.73	<b>7.43</b>
	Madera tratada con aceite de linaza	7.8788797	20	19	0.097	1.73	<b>7.89</b>
Conductividad térmica	Madera en estado natural	4.59E-02	10	9	1.28E-03	1.81	<b>4.62E-02</b>
	Madera tratada con aceite de linaza	4.89E-02	10	9	1.52E-03	1.81	<b>4.92E-02</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 130: Resumen de resultados para cada ensayo.

Ensayo	Tipo de muestra	Valor Representativo	Unidad
Contenido de humedad	Madera en estado natural	32.11	%
Densidad	Madera en estado natural	0.88	gr/cm <sup>3</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza	1.04	gr/cm <sup>3</sup>
Compresión paralela	Madera en estado natural (MORpa)	303.83	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza (MORpa)	344.15	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera en estado natural (TLPpa)	211.92	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza (TLPpa)	202.49	kg/cm <sup>2</sup>
Compresión perpendicular	Madera en estado natural	170.53	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza	200.12	kg/cm <sup>2</sup>
Corte o cizalla	Madera en estado natural	103.48	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza	112.79	kg/cm <sup>2</sup>
Flexión estática	Madera en estado natural (MORfe)	645.28	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza (MORfe)	785.18	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera en estado natural (TLPfe)	435.10	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza (TLPfe)	549.46	kg/cm <sup>2</sup>
Dureza Brinell	Madera en estado natural	7.43	kg/mm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza	7.89	kg/mm <sup>2</sup>
Conductividad térmica	Madera en estado natural	4.62E-02	Watts/(°C *cm*min)
	Madera tratada con aceite de linaza	4.92E-02	Watts/(°C *cm*min)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1. Resultados obtenidos para la prueba de densidad de la madera.

Tabla 131: Comparación de valores para el ensayo de densidad.

Ensayo	Tipo de muestra	Valor Representativo	Unidad
Densidad	Madera en estado natural	0.88	gr/cm <sup>3</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza	1.04	gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

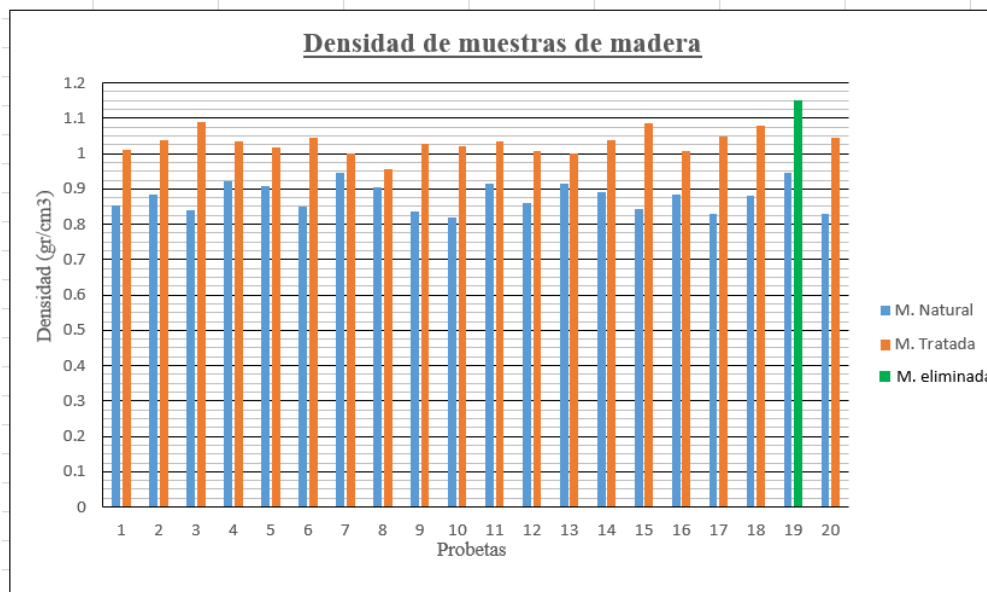


Figura 60: Ensayo de densidad de la madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza.  
Fuente: Elaboración propia

En la imagen se deduce; que las probetas de muestras de madera tratadas con aceite de linaza tienen un mayor valor de densidad respecto a las muestras de madera en estado natural.

### 5.2. Resultados obtenidos para la prueba de compresión paralela al grano.

Tabla 132: Comparación de valores entre la madera sin tratar y la madera tratada.

Ensayo	Tipo de muestra	Valor Representativo	Unidad
Compresión paralela	Madera en estado natural (MORpa)	303.83	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza (MORpa)	344.15	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera en estado natural (TLPpa)	211.92	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza (TLPpa)	202.49	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

- Para el módulo de rotura en compresión paralela se tiene.

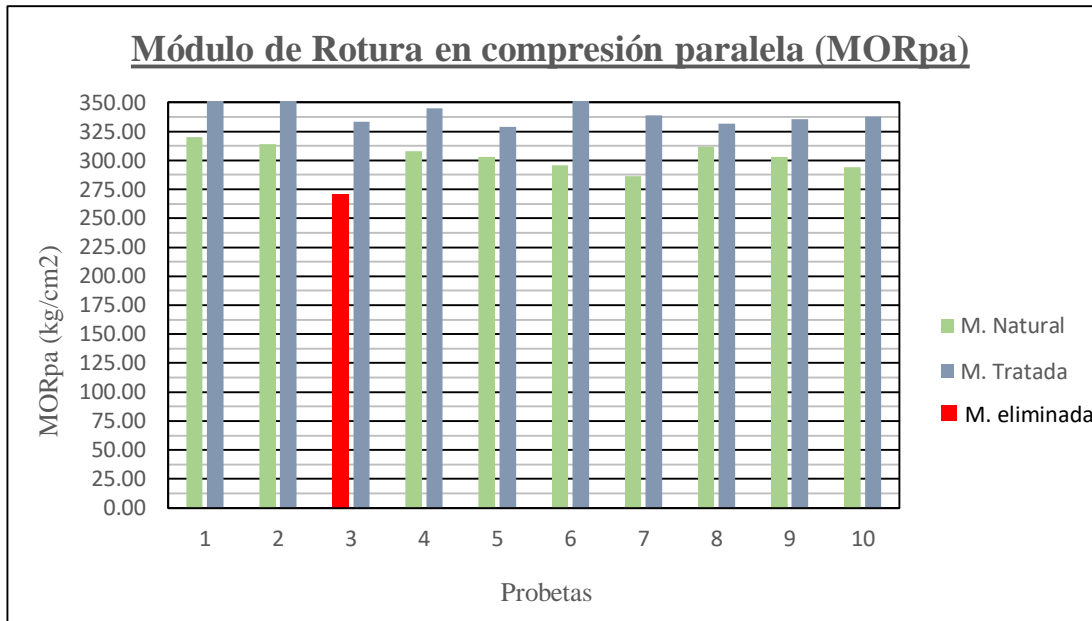


Figura 60: Madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza - (MORpa).  
Fuente: Elaboración propia

De la imagen se deduce; que las muestras de madera tratadas con aceite de linaza tienen un módulo de rotura mayor respecto a las muestras en estado natural, es decir la tensión máxima frente a una carga máxima es mayor.

- Para el límite de proporcionalidad en compresión paralela al grano se tiene.

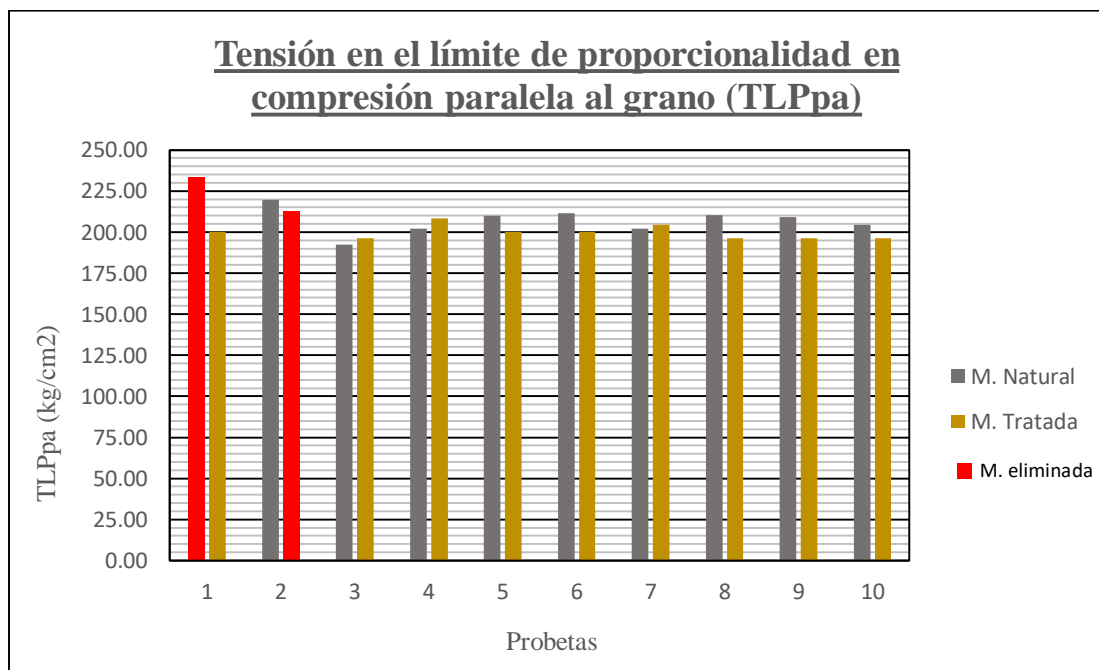


Figura 61: Madera en estado natural vs madera tratada con aceite de (TLPpa)  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Resultados obtenidos para la prueba de compresión perpendicular al grano.

- Para el módulo de rotura en compresión perpendicular se tiene.

Tabla 133: Valores promedio e incremento de la resistencia a compresión perpendicular al grano por tipo de muestra:

Ensayo	Tipo de muestra	Valor Representativo	Unidad
Compresión perpendicular	Madera en estado natural	170.53	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza	200.12	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

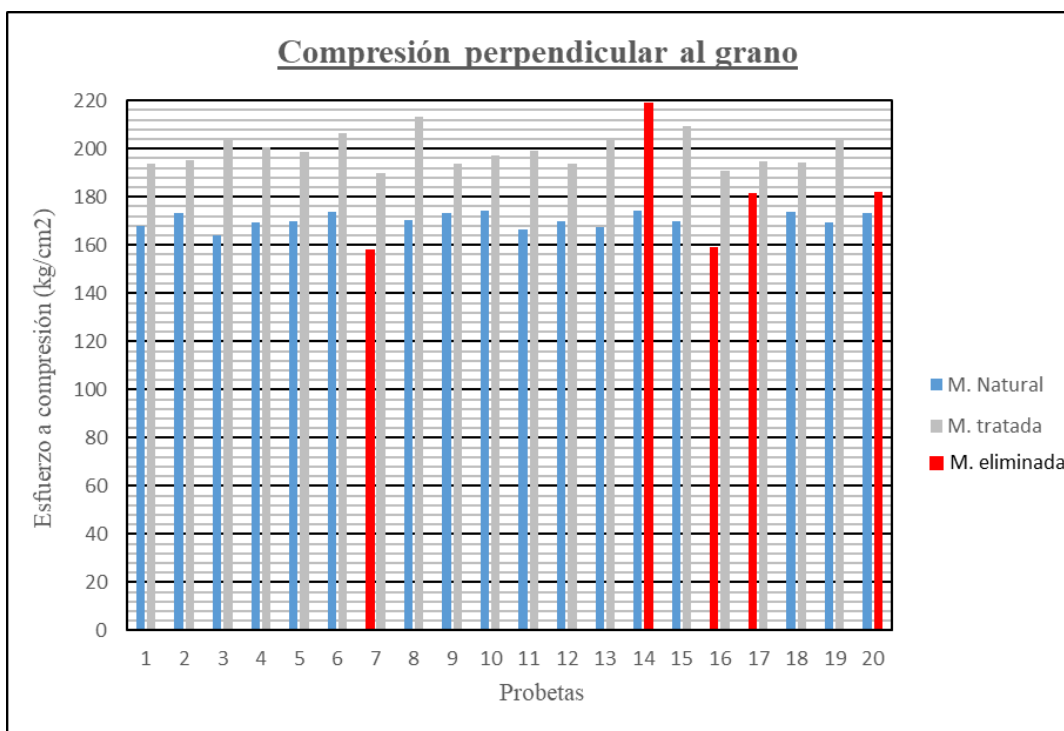


Figura 62: Ensayo de compresión perpendicular al grano de la madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza.

Fuente: Elaboración propia

### 5.4. Resultados obtenidos para la prueba de corte o cizalla paralela al grano.

Tabla 134: Valores promedio e incremento de la resistencia al corte paralela al grano por tipo de muestra:

Ensayo	Tipo de muestra	Valor Representativo	Unidad
Corte o cizalla	Madera en estado natural	103.48	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza	112.79	kg/cm <sup>2</sup>



Fuente: Elaboración propia

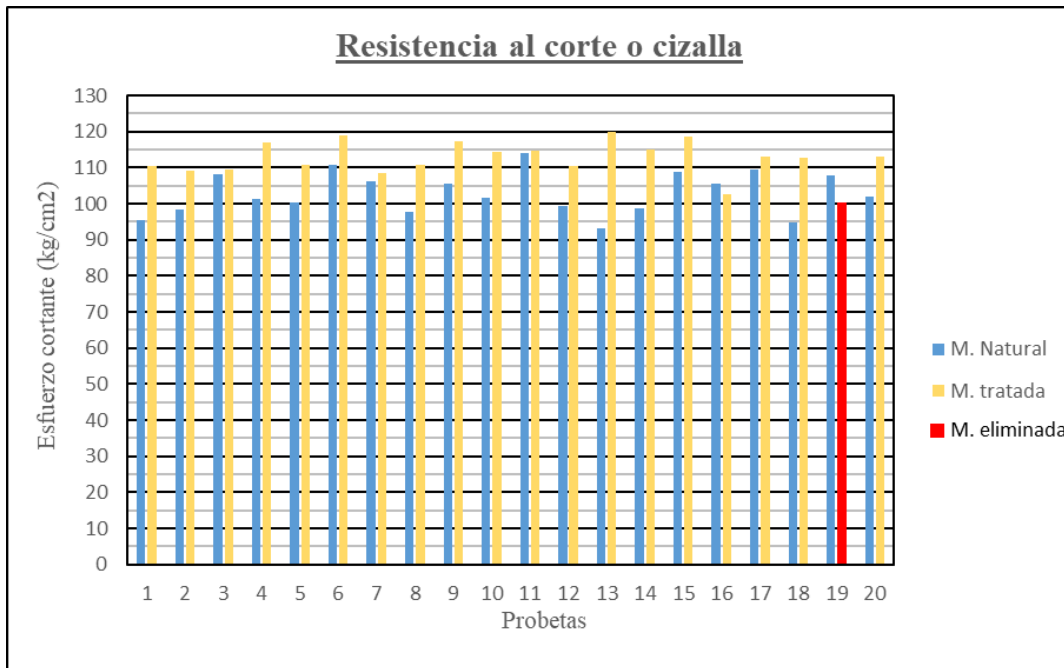


Figura 63: Ensayo de corte o cizalla paralelo al grano de la madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza.

Fuente: Elaboración propia

### 5.5. Resultados obtenidos para la prueba de flexión estática.

Tabla 135: Valores promedio de la resistencia a la flexión estática por tipo de muestra:

Ensayo	Tipo de muestra	Valor Representativo	Unidad
Flexión estática	Madera en estado natural (MORfe)	645.28	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza (MORfe)	785.18	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera en estado natural (TLPfe)	435.10	kg/cm <sup>2</sup>
	Madera tratada con aceite de linaza (TLPfe)	549.46	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

- Para el módulo de rotura en flexión estática se tiene.

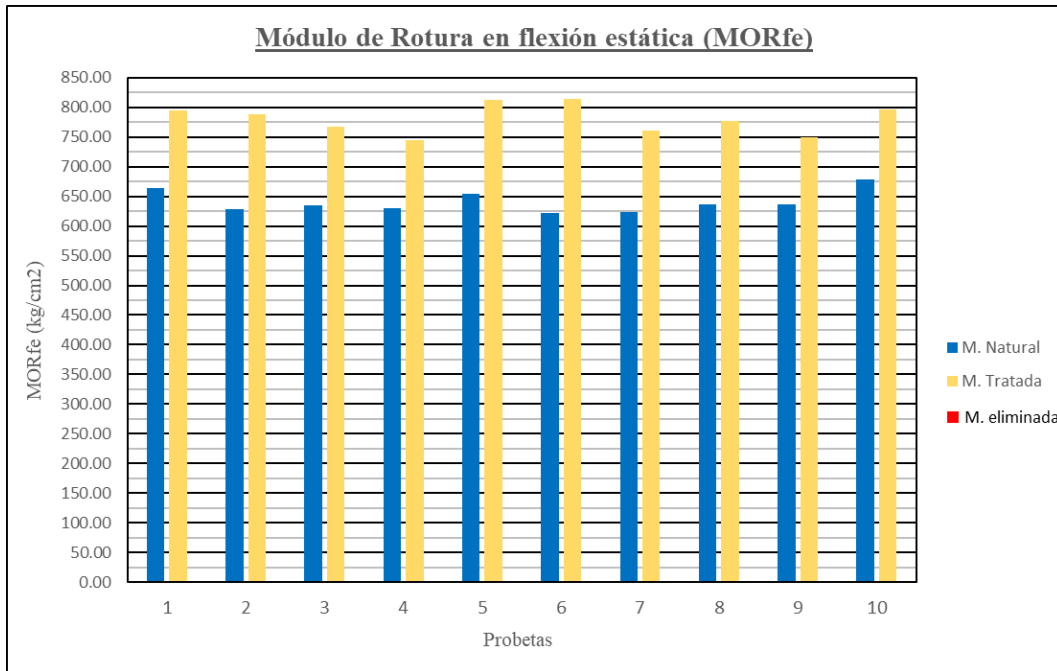


Figura 64: Madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza - (MORpa).  
Fuente: Elaboración propia

- Para la tensión en el límite de proporcionalidad en flexión estática se tiene.

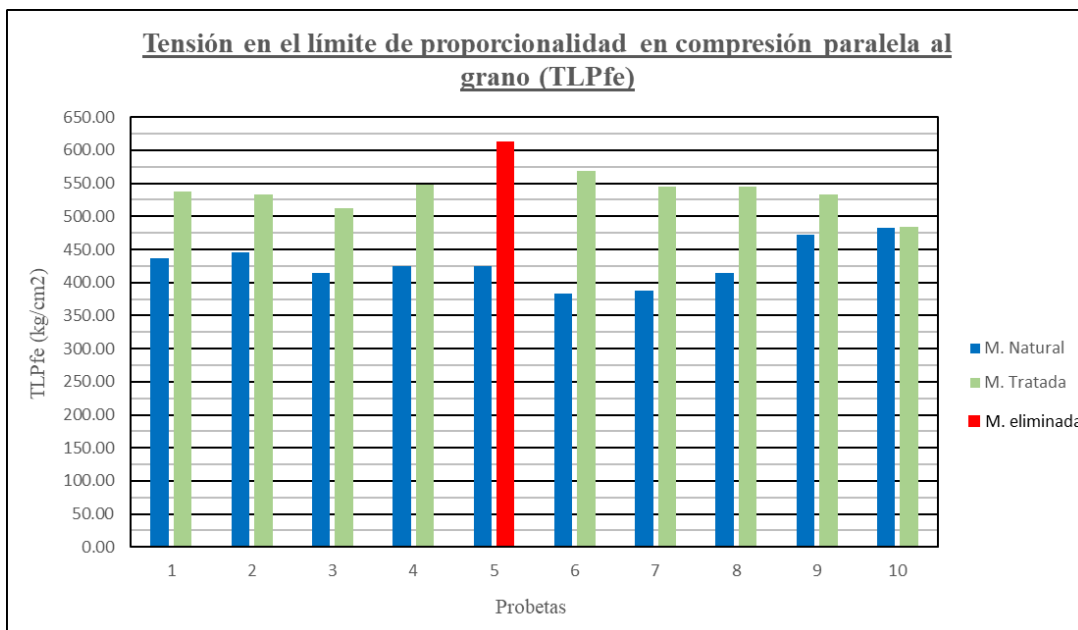


Figura 65: Madera en estado natural vs madera tratada con aceite de (TLPpa)  
Fuente: Elaboración propia

### 5.6. Resultados obtenidos para la prueba de Dureza por método Brinell.

Tabla 136: valores promedio de la dureza por método Brinell, por tipo de muestra.

Ensayo	Tipo de muestra	Valor Representativo	Unidad
Dureza Brinell	Madera en estado natural	7.43	kg/mm2
	Madera tratada con aceite de linaza	7.89	kg/mm2

Fuente: Elaboración propia

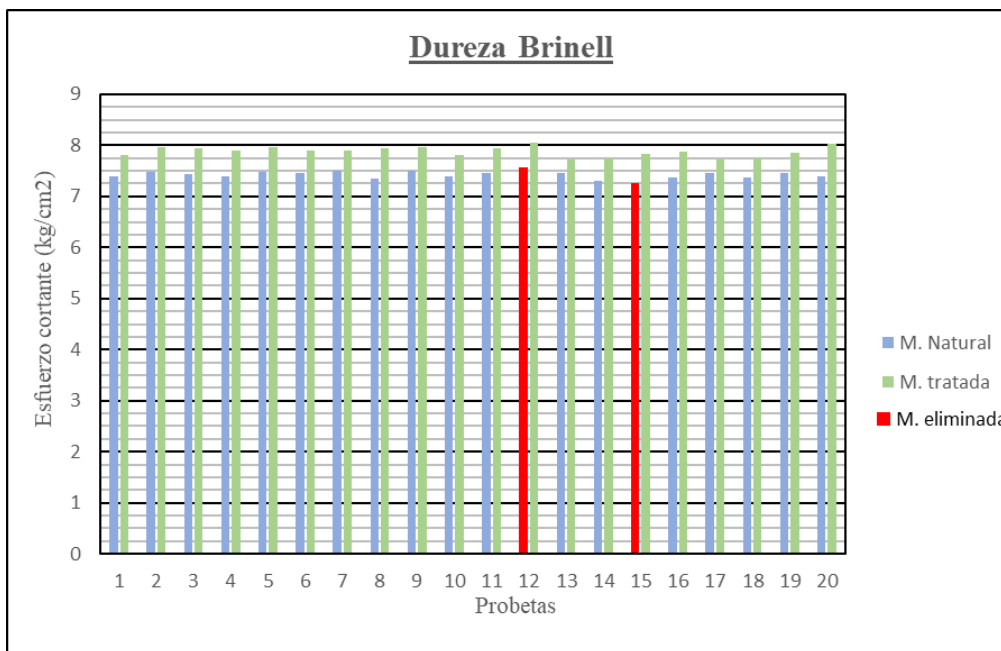


Figura 66: Ensayo de dureza por método Brinell de la madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza.

Fuente: Elaboración propia

### 5.7. Resultados obtenidos para la prueba de Conductividad Térmica.

Tabla 137: Valores promedio e incremento de la conductividad térmica en la madera tratada.

Ensayo	Tipo de muestra	Valor Representativo	Unidad
Conductividad térmica	Madera en estado natural	4.62E-02	Watts/(°C *cm*min)
	Madera tratada con aceite de linaza	4.92E-02	Watts/(°C *cm*min)

Fuente: Elaboración propia

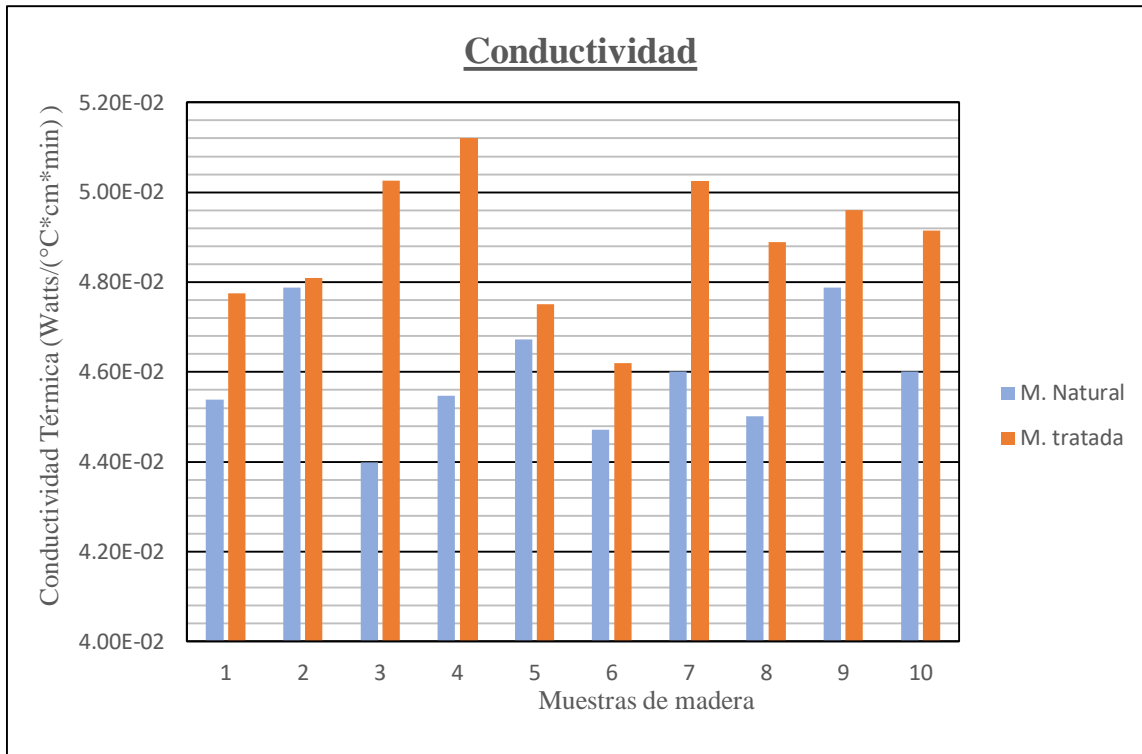


Figura 67: Ensayo de conductividad térmica de la madera en estado natural vs madera tratada con aceite de linaza.  
Fuente: Elaboración propia



## CAPITULO V: Discusión

### a. **¿Por qué se eligió el aceite de linaza para el tratamiento de la madera?**

Se eligió el aceite de linaza por ser un material de bajo costo y alta comercialización, ya que la madera suele recibir tratamientos con materiales similares, considerando que estos tratamientos suelen ser solo a nivel superficial.

### b. **¿Por qué razón se utiliza el método de Inmersión prolongada en el tratamiento de la madera eucalipto?**

La inmersión prolongada es un método de saturación de uso factible en la madera por la porosidad de esta y no constituye un método muy complicado de saturación, además de ser muy eficiente en cuanto a tiempos y recursos necesarios para desarrollarlo.

### c. **¿Qué propiedad fue la que más se mejoró con el uso del aceite de linaza?**

La propiedad que mejores resultados dio fue la de flexión estática, puesto que los valores alcanzados por las muestras tratadas superan ampliamente los valores de resistencia de la muestra patrón y los establecidos en la norma peruana para madera E 010, siendo estas ensayadas en estado natural.

### d. **¿Qué propiedad no presentó mejoría al ser ensayada respecto a las muestras en estado natural?**

La propiedad que presentó menos mejoría fue la propiedad mecánica de compresión paralela al grano, puesto que los valores obtenidos en las muestras tratadas son muy parecidos a los datos de las muestras ensayadas en estado natural.

### e. **¿Se puede asumir que el aceite de linaza se mantendrá en la madera durante la vida útil de las estructuras construidas con esta?**

Al tener un punto de ebullición mucho más alto que el del agua, podemos asumir que una madera tratada con aceite de linaza se mantendrá en la muestra durante el tiempo que las estructuras requieran y que también dependerá del mantenimiento que el usuario realizara.

### f. **¿Por qué utilizamos como métodos estadísticos el criterio de Chauvenet y la distribución t de Student?**



Ya que el criterio de Chauvenet es un método para calcular si un dato experimental de un conjunto de datos experimentales, es probable que sea un valor atípico, de esta manera eliminamos datos que eran muy dispersos.

El manual de maderas para el grupo andino (1987) propone que el valor de exclusión sea de 5%, para obtener el percentil 5% en nuestra investigación se utilizó la función probabilística (t) Student, el percentil 5% quiere decir que se espera que de toda la población existente de dicha especie solamente el 5% tenga una resistencia menor que este valor.

**g. ¿Por qué, se considera la población y muestra a la madera Eucalipto Glóbulus?**

Se considera como población a la madera Eucalipto Glóbulus, puesto que es el elemento o la especie a ser analizada en función de su comportamiento para uso estructural, asimismo este tipo de madera es la más usada por la Localidad de Ollantaytambo para la construcción de sus viviendas de bajo costo. Del mismo modo se determina como muestra ya que estará constituida en un número de veinte (20) unidades por tipo de ensayo, este número es obtenido según los requerimientos de las Normas Técnicas Peruanas.

**h. ¿En la escala de muestreo, influirá en los resultados de la madera tratada con aceite de linaza y para qué tipo elemento estructural recomendaría?**

En la escala de muestreo, a mayor cantidad de muestras los resultados se ajustan más al valor que representará a la población y sí podría influir, pero al momento de utilizar criterios estadísticos para descartar datos, se reduce esos errores por coger una determinada cantidad de muestras a coger una muestra mayor

Se recomienda la madera tratada para uso en viviendas donde la cantidad de madera disponible no sea la requerida, por tanto, se podría fabricar tijerales con secciones de menor tamaño, tratarlas con aceite de linaza para darles una resistencia de una sección mayor, de esta manera se optimiza las cantidades de madera dando mayores propiedades resistencia.

**i. ¿Con qué otro material similar al aceite, tratan normalmente la madera?**

El aceite quemado o automotriz, es el aceite que más se utiliza, pero tiene ciertas desventajas, como modificar aspectos físicos de la madera, le da un aspecto negruzco, en cuestión de acabado se tendría que darle un tratamiento superficial para obtener un acabado más estético, ya que con el caite de linaza no se altera tanto el color de la madera.



j. ¿Cuánto eleva el costo por p2 de la madera tratada respecto a la madera no tratada?

La variación del costo por pie<sup>2</sup> de la madera tratada es de 3.40 soles respecto a una madera sin tratamiento, cabe mencionar que el tratamiento no es de forma superficial más al contrario la madera estará tratada al 100%, quiere decir que, el comportamiento físico y mecánico será mayor un óptimo respecto a una madera sin tratamiento o con tratamiento superficial. Un ejemplo se muestra en la tabla adjunta.

<b>PARA UN DINTEL DE PUERTA Y VENTANA CON MADERA EN ESTADO NATURAL</b>				
<b>ALTO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>PIE2</b>	<b>COSTO (S/.)</b>
6"	8"	6.56 '	26.247	70
<b>PARA UN DINTEL DE PUERTA Y VENTANA CON MADERA TRATADA CON ACEITE DE LINAZA</b>				
<b>ALTO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>PIE2</b>	<b>COSTO (S/.)</b>
6"	8"	6.56 '	26.247	89.5



## GLOSARIO

**ANISOTRÓPICO:** Que tiene propiedades diferentes en diferentes ejes. **ACANALADURA:** O abarquillado es un alabeo en dirección transversal a las fibras. **ASTM:** Es una norma propuesta, en sus abreviaciones es Sociedad Americana para prueba de Materiales Es la mayor organización científica y técnica para el establecimiento y la difusión de normas relativas a las características y prestaciones de materiales, productos, sistemas, servicios y publicaciones de ingeniería.

**BLOQUE:** Es la superficie mínima que constituye el centro de actividad, del cual serán seleccionados los arboles

**CONÍFEROS:** Arboles con estructuras reproductivas denominadas conos o más comúnmente piñas. Las plantas que forman esta colección son las especies forestales dominantes en los climas fríos y de altas montañas.

**DENDROCRONOLOGÍA:** Parte de la botánica que establece la edad de un árbol y los cambios climáticos a los que ha estado sometido mediante la observación de los anillos de crecimiento anual.

**ESFUERZOS BÁSICOS:** Es el esfuerzo mínimo obtenido de ensayos de propiedades mecánicas que sirven de base para la determinación de esfuerzos admisibles.

**ESFUERZOS ADMISIBLES:** Son los esfuerzos de diseño del material para cargas de servicio, definidos para los grupos estructurales.

**ENCORVADURA:** O curvatura lateral corresponde al alabeo de los cantos en el sentido de las fibras.

**FUERZA DE ROTURA:** carga aplicada sobre la probeta con un coeficiente de corrección que relaciona la distancia entre apoyos y el ancho de la probeta.

**HIGROSCÓPICO:** Sustancias que cambian como un resultado directo de atraer y absorber agua.

**HEMICELULOSAS:** Cualquier elemento de un grupo de polisacáridos que constituyen la parte principal de los componentes esqueléticos de las paredes celulares de las plantas y se parecen a la celulosa.





**HUMEDAD DE EQUILIBRIO:** Se denomina, al porcentaje de agua que alcanza una madera sometida durante un lapso determinado a condiciones de temperatura y humedad en su medio ambiente.

**ISOTRÓPICO:** Que tiene propiedades que son idénticas en todas direcciones.

**LIGNINA:** Es una sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen, la lignina constituye el 25% de la madera.

**MADERA SECA:** Es aquella cuyo contenido de humedad es menor o igual que el correspondiente al equilibrio higroscópico.

**MADERA HÚMEDA:** Es aquella cuyo contenido de humedad es superior al del equilibrio higroscópico.

**MADERA CON CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL:** Madera que no ha sufrido ningún proceso de secado.

**MADERA ASERRADA:** Piezas de madera maciza obtenidas por aserrado del árbol, generalmente escuadradas, es decir con caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas.

**MATERIAL HOMOGÉNEO:** Es el que presenta una composición uniforme, en la cual no se pueden distinguir a simple vista sus componentes; en muchos casos, no se distinguen ni con instrumentos como el microscopio.

**MADERA VERDE:** Madera con un contenido de humedad por encima del punto de saturación de fibra.

**MADERA ANHIDRA:** Es aquella en la que se ha eliminado todo su contenido de humedad

**NTP:** Norma Técnica Peruana.

**PARÁMETRO:** Se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva.

**PROPIEDADES FÍSICAS:** Son aquellas que se pueden medir sin que se afecte la composición o la identidad de la sustancia.

**PROPIEDADES MECÁNICAS:** Son aquellas propiedades de los sólidos que se manifiestan cuando aplicamos una fuerza, se refieren a la capacidad de los mismos de resistir acciones de



cargas: las cargas o fuerzas actúan momentáneamente, tienen carácter de choque. **PUNTO DE SATURACIÓN DE LA FIBRA:** Estado de humedad de la madera, en el cual las paredes celulares se encuentran saturadas de agua. Oscila entre 28 y el 40% según las especies, aunque a efectos prácticos se puede tomar el 30%.

**PROBETA:** Es la pieza de dimensiones y formas especificadas que se preparan a partir de la vigueta seleccionada para el estudio de las propiedades de la madera.

**TORCEDURA:** O revirado es el alabeo helicoidal en dirección longitudinal y transversal de las fibras.

**TROZA:** Es la parte del fuste de longitud variable y libre de ramas obtenida por corte transversal.

**VIGUETA:** Es la parte seleccionada de la troza de sección suficiente a partir de la cual se preparan las probetas.

**XILEMA:** Tejido especializado en la conducción de agua y minerales desde la raíz al resto de la planta.



## CONCLUSIONES

### CONCLUSIÓN N° 01

Se demostró la hipótesis general que a la letra dice: *“El análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus, procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco, tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural dará como resultado una mejora en las propiedades estructurales de la madera respecto a una sin tratamiento.”* Ya que como puede apreciarse en la tabla 131, en el capítulo de resultados, todas las pruebas desarrolladas a las muestras tratadas con aceite de linaza presentan una mejora en cuanto a sus propiedades mecánicas (resistencia a la compresión paralela al grano, resistencia a la compresión perpendicular, corte o cizalla y flexión estática), esto indica que la madera tratada tendrá un comportamiento adecuado como elemento estructural puesto que sus propiedades físicas son óptimas, debido a su densidad la madera se podrá agrupar como elemento estructural según la norma E-010, respecto a su dureza, será capaz de resistir cargas vivas y muestras de la estructura y respecto a la conductividad térmica, la madera será capaz de almacenar la temperatura de la energía solar.

### CONCLUSIÓN N° 02

Se demostró la sub-hipótesis 01 que a la letra dice *“Las propiedades físicas de la madera procedente de Ollantaytambo de tipo Eucalyptus glóbulus son aptas según el reglamento”*, Dado que los valores obtenidos en los diferentes ensayos para muestras en estado natural y madera tratada superan los valores exigidos por norma para la clasificación por grupo, tabla 132, 137, 138, esto indica que la madera al ser tratada con aceite de linaza adquiere componentes químicos del aceite, provocando que los agentes externos tales como: polillas, termitas, hongos entre otros sean repelidos, haciendo que la madera tenga una vida útil prolongada como elemento estructural.

### CONCLUSIÓN N° 03

Se demostró la sub-hipótesis 02 que a la letra dice *“Las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión paralela al grano, resistencia a la compresión perpendicular al grano, resistencia al corte y flexión estática) de la madera de tipo Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco, son inferiores a las propiedades de la madera tratada con aceite de linaza.”* Ya que como se aprecian en las tablas 133, 134, 135 y 136 los valores de las propiedades mecánicas de las muestras en estado natural anhidro



respecto a las muestras tratadas con aceite de linaza son inferiores, aportando de esta manera mayor confiabilidad en la utilización del aceite de linaza.

#### **CONCLUSIÓN N° 04**

Se demostró la sub-hipótesis 03 que a la letra dice “*Al tratar la madera de tipo Eucalyptus glóbulus proveniente de Ollantaytambo con aceite de linaza por inmersión prolongada mejoran sus propiedades físicas (densidad, dureza por método Brinell y Conductividad térmica).*” Ya que como se aprecian en las tablas 132, 137 y 138 los valores de las propiedades físicas (densidad, dureza brinell, conductividad térmica) de las muestras tratadas fueron superiores a los resultados de las muestras en estado natural, en todos los ensayos.

#### **CONCLUSIÓN N° 05**

Se demostró la sub-hipótesis 02 que a la letra dice “*Al tratar la madera de tipo Eucalyptus glóbulus proveniente de Ollantaytambo con aceite de linaza por inmersión prolongada mejora la conductividad térmica.*” Ya que como se aprecian en la tabla 138, los valores de los ensayos de conductividad térmica de las muestras tratadas con aceite de linaza fueron superiores a los resultados de las muestras en estado natural, en todos los ensayos, lo que significa que la madera es capaz de transmitir y/o conducir calor.



## RECOMENDACIONES

### RECOMENDACIÓN N° 01

Se recomienda el análisis de muestras tratadas por otros métodos de saturación, como por ejemplo el método por autoclave que utiliza presión neumática para la saturación de la muestra.

### RECOMENDACIÓN N° 02

Se recomienda el análisis de muestras tratadas con materiales de densidades menores a las del aceite de linaza, para obtener una mejor saturación de la muestra y se puedan mejorar aún más las propiedades mecánicas y físicas de la misma.

### RECOMENDACIÓN N° 03

Se recomienda el uso de madera tratada con aceite de linaza para elementos estructurales en viviendas de bajo costo, tomando en cuenta las consideraciones y limitaciones de la norma, asimismo se recomienda el uso de otro aditivo, por ejemplo, el aceite quemado que es más económico respecto al aceite de linaza, pero las propiedades que da el aceite quemado no son las mismas a la del aceite de linaza, dado que el aceite automotriz o aceite quemado puede ser sintético y su producción es más industrial es decir necesita pasar varios procesos para la utilización. Por tanto, recomiendo para una investigación con el aceite automotriz (aceite quemado), sea más exhaustivo el tratamiento y la aplicación sobre la madera.

Otra alternativa de aceite sería el aceite de ....., pero debería probarse con investigación y cuál es la que da mejores resultados.

**RECOMENDACIÓN N° 04**

Se recomienda la evaluación de modelos estructurales (vigas, cerchas, columnas) de madera tratada y madera sin tratar para determinar los efectos que tiene el aceite de linaza en las deflexiones y fuerzas internas presentes en los elementos de una determinada estructura.

**REFERENCIAS**

- Associats, A. G. (30 de Enero de 2014). AGA. Obtenido de AGA: <http://www.aga.cat/index.php/es/articulos/articulos-de-interes/varios/383-propiedades-fisicas-y-mecanicas-de-la-madera>
- cartagena, J. d. (2008). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Cartagena: Padt-Refort.
- CORMA. (2010). *Manual de construcción de viviendas de madera*. Santiago de Chile: CORMA.
- Hernández, R. (2003). *Metodología de la Investigación*. Mexico: MG Graw.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Infomadera. (18 de 02 de 2019). *Infomadera*. Obtenido de Infomadera: [http://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_40\\_mecanicaEstructura1.pdf](http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructura1.pdf)
- Lamadera. (11 de abril de 2019). *lamadera.net*. Obtenido de lamadera.net: <https://lamadera.net/conductividad-termica-la-madera/>



Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2006). *Metodología y diseños en investigación científica*. Lima - Perú: Edit. Visión Universitaria. pp.222.

Tailaketa. (24 de septiembre de 2014). Obtenido de Tailaketa:  
<https://tailaketa.wordpress.com/2014/09/24/partes-de-la-madera/>

Tailaketa. (24 de septiembre de 2014). *Tailaketa*. Obtenido de Tailaketa:  
<https://tailaketa.wordpress.com/2014/09/24/partes-de-la-madera/>

GUADUA Y BAMBU COLOMBIA NIT: 79967862-1

Pablo Comments, P. (2015). *Madera y Construcción*

## ANEXOS







Figura 4 . Matriz de consistencia

		<h1 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</h1> <p style="margin: 0;">FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p style="margin: 0;">ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>			
MATRÍZ DE CONSISTENCIA					
ASESOR	:	Ing.	Heiner Soto Florez		
PRESENTADA POR	:	Bach.	Mansilla Gomez, Katherin		
TÍTULO DE LA TESIS	:	<p style="color: red; margin: 0;"><i>Analisis comparativo de las propiedades fisico-mecánicas de la madera Eucalyptus globulus procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.</i></p>			
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y SUB - VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
GENERAL	GENERAL	GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES	PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	
<p>¿Cuál será el análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus, procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco, tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural?</p>	<p>Analizar comparativamente las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus, procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco, tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.</p>	<p>El análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus, procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tiene una mejora al ser tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural.</p>	<p>X<sub>1</sub>- Madera de tipo Eucalyptus globulus en estado seco</p> <p>X<sub>2</sub>- Madera de tipo Eucalyptus globulus en estado seco tratada con aceite de linaza</p>	<p>1) Edad de la muestra</p> <p>2) Altura del arbol extraido</p> <p>3) diametro del arbol extraido</p> <p>1) Edad de la muestra</p> <p>2) Altura del arbol extraido</p> <p>3) diametro del arbol</p> <p>4) cantidad de aceite de linaza</p>	<p>1) Fichas de recolección de datos</p>
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	VARIABLES DEPENDIENTES	PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	
<p>1. ¿Cuáles son las propiedades físicas (contenido de humedad, dureza por método Brinell, densidad, conductividad térmica) de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo en estado seco?</p>	<p>1. Determinar cuáles son las propiedades físicas (contenido de humedad, densidad, dureza, conductividad térmica) de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad Ollantaytambo en estado seco.</p>	<p>1. Las propiedades físicas de la madera procedente de la localidad de Ollantaytambo de tipo Eucalyptus glóbulus son aptas según el reglamento (Norma E010).</p>	<p>Propiedades físicas</p>	<p>1) Contenido de humedad</p> <p>2) Densidad</p> <p>3) Dureza (Brinell)</p> <p>4) Conductividad térmica</p>	

