

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Pino (*Pinus radiata*) y Ciprés (*Cupressus lusitánica*), para su uso como Material Estructural y su Aplicación al Diseño de un Tijeral Par y Nudillo, Abancay-Apurímac”

Presentado por:

Daniella Bianney Osis Lipa

Alberto Muñoz Fernández

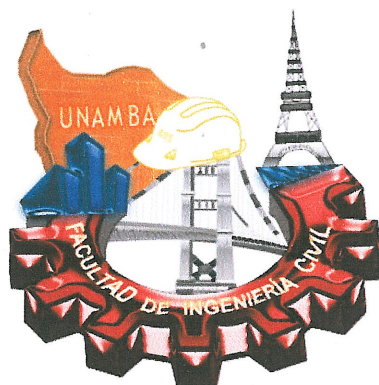
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“TESIS”

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA  
EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*), PINO (*Pinus radiata*) Y CIPRÉS (*Cupressus  
lusitánica*), PARA SU USO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL Y SU APLICACIÓN AL  
DISEÑO DE UN TIJERAL PAR Y NUDILLO, ABANCAY- APURÍMAC”


Presentado por Daniella Bianney Osis Lipa y Alberto Muñoz Fernández, para optar el

Título de:


INGENIERO CIVIL

Sustentado y aprobado el 17 de Junio del 2022 ante el jurado evaluador:

Presidente:

  
Mtro. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Primer Miembro:

  
Mtro. Walquer Huacani Calsin

Accesitario:

  
Dr. Joffre Huamán Núñez

Asesor:

  
Ing. Ricardo Heinrich Pinto Yupanqui

## **Agradecimiento**

*Quiero partir agradeciendo a las personas más importantes en mi vida, mi madre, Dominga Fernandez Junco, y mis hermanos, Valerio, Luis, Elena y Felicitas, sin el apoyo y amor que me entregaron cada día, nada sería posible. Los amo mucho.*

**Alberto Muñoz Fernandez**

*Mi agradecimiento en primera instancia a mis padres por darme la vida, mis abuelos y mis hermanos Irma y Rogger por estar presente en cada etapa de mi vida, ayudándome a encontrar lo mejor para mí y, por último, pero no por eso menos importante mis familiares y amigos.*

**Daniella Bianney Osis Lipa**

## **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo de investigación de manera muy especial a mis queridos padres Justiniano Muñoz Torbisco (Q.E.P.D) y Dominga Fernández Junco.*

**Alberto Muñoz Fernandez**

*Dedico esta tesis con todo amor a mi madre, Vianney Magaly Lipa Quispe por ser el pilar fundamental y por todo el apoyo incondicional que me brinda siempre sin importar las circunstancias. A mi padre Daniel Osis Chuta que a pesar de la distancia sé que este momento también es especial para él y a mis abuelos Antonio Lipa y Livia Quispe que siempre estuvieron pendiente de mi sin importar las condiciones en que se encuentren, con mucho amor para ellos.*

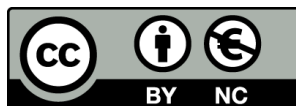
**Daniella Bianney Osis Lipa**



“Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), para su uso como material estructural y su aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo, Abancay-Apurímac”

Línea de Investigación: Ingeniería de materiales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>4</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema.....	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.3.1 Justificación técnica.....	5
1.3.2 Justificación social.....	6
1.3.3 Justificación por viabilidad.....	6
1.3.4 Justificación por relevancia.....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	<b>7</b>
2.1 Objetivos de la investigación.....	7
2.1.1 Objetivo general.....	7
2.1.2 Objetivos específicos.....	7
2.2 Hipótesis de la investigación.....	7
2.2.1 Hipótesis general.....	7
2.2.2 Hipótesis específicas.....	7
2.3 Operacionalización de variables.....	9
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>10</b>
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	<b>10</b>
3.1 Antecedentes.....	10
3.1.1 Antecedentes del ámbito internacional.....	10
3.1.2 Antecedentes del ámbito nacional.....	10
3.2 Marco teórico.....	11
3.2.1 Descripción de las especies en estudio.....	11
3.2.1.1 Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ).....	11
3.2.1.2 Pino ( <i>Pinus radiata</i> ).....	11
3.2.1.3 Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> ).....	12
3.2.2 Madera.....	12
3.2.2.1 Anatomía y estructura de la madera.....	12
3.2.2.2 Propiedades de la madera.....	13
3.2.2.3 Factores que afectan el comportamiento de la madera.....	21
3.2.2.4 Madera de construcción estructural.....	21

3.2.2.5	Tijeral par y nudillo .....	22
3.2.2.6	Agrupamiento de la madera para su uso como material estructural .....	24
3.2.2.7	Diseño estructural .....	25
3.2.2.8	Criterios Estadísticos .....	32
3.3	Marco conceptual.....	35
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>37</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>37</b>
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	37
4.1.1	Tipo de investigación.....	37
4.1.2	Nivel de investigación .....	37
4.2	Diseño de investigación.....	37
4.3	Población y muestra.....	37
4.3.1	Población .....	37
4.3.1.1	Descripción y cuantificación de la población.....	37
4.3.2	Muestra .....	38
4.3.2.1	Descripción de la muestra.....	38
4.3.2.2	Cuantificación de la muestra .....	38
4.3.2.3	Método de muestreo .....	39
4.3.2.4	Criterio de evaluación de la muestra .....	39
4.4	Procedimiento.....	39
4.4.1	Recolección de muestra .....	41
4.4.1.1	Reconocimiento preliminar .....	41
4.4.1.2	Selección y colección de muestras .....	41
4.4.2	Ensayos de las propiedades físicas .....	42
4.4.2.1	Contenido de humedad .....	42
4.4.2.2	Ensayo de densidad básica.....	43
4.4.3	Ensayos de las propiedades mecánicas.....	45
4.4.3.1	Ensayo de resistencia a corte paralelo al grano .....	45
4.4.3.2	Ensayo de compresión axial o paralela al grano.....	50
4.4.3.3	Toma de datos.....	51
4.4.3.4	Ensayo de compresión perpendicular al grano .....	53
4.4.3.5	Ensayo de tracción paralela al grano .....	56
4.4.3.6	Ensayo de flexión estática en probetas .....	60
4.5	Técnicas e instrumentos.....	64
4.5.1	Técnicas .....	64
4.5.1.1	Técnica de observación.....	64
4.5.2	Instrumentos .....	64
4.5.2.1	Instrumentos de laboratorio .....	64
4.5.3	Análisis estadístico .....	66
4.5.3.1	Densidad básica .....	66
4.5.3.2	Corte o Cizallamiento paralelo al grano .....	77
4.5.3.3	Compresión paralela al grano .....	88
4.5.3.4	Compresión perpendicular al grano.....	105
4.5.3.5	Tracción paralela a las fibras .....	122

4.5.3.6	Flexión estática .....	139
4.5.4	Aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo .....	159
4.5.4.1	Datos de diseño .....	159
4.5.4.2	Geometría del tijeral par y nudillo .....	159
4.5.4.3	Cargas .....	161
4.5.4.4	Cargas Uniformemente Repartidas .....	163
4.5.4.5	Fuerzas axiales de los elementos del tijeral Par y Nudillo .....	164
4.5.5	Ensayo del tijeral par y nudillo a compresión .....	170
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>172</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>172</b>
5.1	Análisis de resultados .....	172
5.1.1	Resultados de ensayos de propiedades físicas .....	172
5.1.1.1	Contenido de humedad .....	172
5.1.1.2	Densidad básica .....	172
5.1.2	Resultado de ensayos de propiedades mecánicas .....	173
5.1.2.1	Resultados del ensayo de corte paralelo al grano .....	173
5.1.2.2	Resultados del ensayo de compresión axial o paralela al grano .....	173
5.1.2.3	Resultados del ensayo de compresión perpendicular al grano .....	174
5.1.2.4	Resultados del ensayo de tracción paralela al grano .....	174
5.1.2.5	Resultados del ensayo flexión estática .....	175
5.1.3	Resultados de la aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo .....	176
5.1.3.1	Resumen de resultados de esfuerzos admisibles y densidad básica .....	176
5.2	Contrastación de hipótesis .....	177
5.2.1	Prueba de hipótesis .....	177
5.2.2	Hipótesis .....	177
5.2.3	Nivel de significancia .....	177
5.2.4	Cálculo de valores críticos y de prueba, zona de aceptación y de rechazo .....	177
5.2.5	Módulo de elasticidad .....	178
5.2.5.1	Madera eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) .....	178
5.2.5.2	Madera pino ( <i>Pinus radiata</i> ) .....	178
5.2.5.3	Madera ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> ) .....	179
5.3	Discusión de resultados .....	180
<b>CAPÍTULO VI .....</b>		<b>185</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>185</b>
6.1	Conclusiones .....	185
6.2	Recomendaciones .....	186
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>188</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>190</b>





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables .....	9
<b>Tabla 2</b> — Clasificación de la madera por su densidad .....	15
<b>Tabla 3</b> — Densidad Básica .....	24
<b>Tabla 4</b> — Modulo de elasticidad.....	24
<b>Tabla 5</b> — Esfuerzos Admisibles .....	24
<b>Tabla 6</b> — Factores de reducción considerados .....	26
<b>Tabla 7</b> — Deflexiones máximas admisibles .....	28
<b>Tabla 8</b> — Factores de forma (C)* .....	30
<b>Tabla 9</b> — Longitud efectiva.....	31
<b>Tabla 10</b> — Cantidad de muestra por tipo de ensayo .....	38
<b>Tabla 11</b> — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto .....	43
<b>Tabla 12</b> — Toma de datos de la probeta de la madera pino.....	44
<b>Tabla 13</b> — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés .....	45
<b>Tabla 14</b> — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto .....	48
<b>Tabla 15</b> — Toma de datos de la probeta de la madera pino.....	48
<b>Tabla 16</b> — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés .....	49
<b>Tabla 17</b> — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto .....	51
<b>Tabla 18</b> — Toma de datos de la probeta de la madera pino.....	52
<b>Tabla 19</b> — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés .....	53
<b>Tabla 20</b> — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto .....	55
<b>Tabla 21</b> — Toma de datos de la probeta de la madera pino.....	55
<b>Tabla 22</b> — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés .....	56
<b>Tabla 23</b> — Toma de datos de la probeta de madera eucalipto .....	58
<b>Tabla 24</b> — Toma de datos de la probeta de madera pino.....	59
<b>Tabla 25</b> — Toma de datos de la probeta de madera ciprés .....	59
<b>Tabla 26</b> — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto .....	61
<b>Tabla 27</b> — Toma de datos de la probeta de la madera pino.....	62
<b>Tabla 28</b> — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés .....	63
<b>Tabla 29</b> — Densidad básica de la madera eucalipto .....	67
<b>Tabla 30</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto.....	69
<b>Tabla 31</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet madera eucalipto con dato depurado .....	69
<b>Tabla 32</b> — Densidad básica de la madera pino.....	71
<b>Tabla 33</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera pino .....	72
<b>Tabla 34</b> — Densidad básica de la madera ciprés .....	73
<b>Tabla 35</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés.....	75
<b>Tabla 36</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés con dato depurados .....	76
<b>Tabla 37</b> — Resistencia al corte de la madera de eucalipto.....	77
<b>Tabla 38</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto.....	79
<b>Tabla 39</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet madera eucalipto con dato depurado .....	80



<b>Tabla 40</b> — Resistencia al corte de la madera pino.....	81
<b>Tabla 41</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera pino .....	83
<b>Tabla 42</b> — Resistencia al corte de la madera ciprés .....	84
<b>Tabla 43</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés.....	86
<b>Tabla 44</b> — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet madera eucalipto con dato depurados ...	87
<b>Tabla 45</b> — Resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad madera eucalipto .....	90
<b>Tabla 46</b> — Desviación estándar, coeficiente de variación y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto ...	91
<b>Tabla 47</b> — Promedio, resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional y módulo de elasticidad de la madera eucalipto con dato depurado .....	92
<b>Tabla 48</b> — Resultado de media aritmética, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto con dato depurados.....	93
<b>Tabla 49</b> — Resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad de la madera pino .....	96
<b>Tabla 50</b> — Desviación estándar de resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera pino con dato depurado .....	97
<b>Tabla 51</b> — Resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad de la madera ciprés.	100
<b>Tabla 52</b> — Desviación estándar, de resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés .....	102
<b>Tabla 53</b> — Promedio, de resistencia máxima, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y módulo de elasticidad de la madera ciprés con dato depurado .....	103
<b>Tabla 54</b> — Resultado de desviación estándar de resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet con dato depurado.....	103
<b>Tabla 55</b> — Esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera eucalipto .....	107
<b>Tabla 56</b> — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto.....	108
<b>Tabla 57</b> — Promedio de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional, con dato depurados de la madera eucalipto .....	109
<b>Tabla 58</b> — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto.....	110
<b>Tabla 59</b> — Esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera pino .....	112
<b>Tabla 60</b> — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera pino .....	114
<b>Tabla 61</b> — Promedio de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional, madera pino con dato depurados.....	115
<b>Tabla 62</b> — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet madera pino con dato depurado .....	115
<b>Tabla 63</b> — Promedio, esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera ciprés ...	117
<b>Tabla 64</b> — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera pino .....	119
<b>Tabla 65</b> — Promedio de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera pino con dato depurados.....	120
<b>Tabla 66</b> — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera pino con dato depurados .....	121



<b>Tabla 67</b> — Promedio, módulo de rotura y módulo de elasticidad de la madera eucalipto.....	123
<b>Tabla 68</b> — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto .....	125
<b>Tabla 69</b> — Promedio de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera eucalipto con dato depurados .....	126
<b>Tabla 70</b> — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto.....	127
<b>Tabla 71</b> — Promedio de módulo de rotura y módulo de elasticidad de la madera pino .....	129
<b>Tabla 72</b> — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera pino .....	130
<b>Tabla 73</b> — Promedio de módulo de rotura y módulo de elasticidad madera eucalipto con dato depurados.....	131
<b>Tabla 74</b> — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera pino .....	132
<b>Tabla 75</b> — Promedio de módulo de ruptura y módulo de elasticidad de la madera ciprés .....	134
<b>Tabla 76</b> — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés.....	136
<b>Tabla 77</b> — Promedio de módulo de rotura y módulo de elasticidad de la madera ciprés con dato depurados .	137
<b>Tabla 78</b> — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés.....	137
<b>Tabla 79</b> — Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto .....	141
<b>Tabla 80</b> — Desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto .....	143
<b>Tabla 81</b> — Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto con dato depurados .....	144
<b>Tabla 82</b> — Desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto con dato depurados .....	145
<b>Tabla 83</b> — Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera pino.....	148
<b>Tabla 84</b> — Resultado de desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet .....	150
<b>Tabla 85</b> — Resultado del Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet .....	151
<b>Tabla 86</b> — Resultado de desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet .....	152
<b>Tabla 87</b> — Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés .....	155
<b>Tabla 88</b> — Desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés .....	157
<b>Tabla 89</b> — Esfuerzos admisibles y densidad básica .....	159
<b>Tabla 90</b> — Factores de forma .....	162
<b>Tabla 91</b> — Resistencia a Compresión de la madera eucalipto .....	170



<b>Tabla 92</b> — Resistencia a compresión de la madera pino .....	170
<b>Tabla 93</b> — Resistencia a compresión de la madera ciprés .....	171
<b>Tabla 94</b> — Resultado de contenido de humedad de la madera eucalipto, pino y ciprés .....	172
<b>Tabla 95</b> — Resultado de densidad básica de la madera eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ).....	172
<b>Tabla 96</b> — Resultado de densidad básica de la madera pino ( <i>Pinus radiata</i> ).....	172
<b>Tabla 97</b> — Resultado de densidad básica de la madera ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> ) .....	172
<b>Tabla 98</b> — Resultado de Resistencia al corte paralelo al grano de la madera eucalipto .....	173
<b>Tabla 99</b> — Resultado de Resistencia al corte paralelo al grano de la madera pino.....	173
<b>Tabla 100</b> — Resultado de Resistencia al corte paralelo al grano de la madera ciprés .....	173
<b>Tabla 101</b> — Resultado de resistencia a compresión axial o paralela de la madera eucalipto .....	173
<b>Tabla 102</b> — Resultado de resistencia a compresión axial o paralela de la madera pino .....	173
<b>Tabla 103</b> — Resultado de resistencia a compresión axial o paralela de la madera ciprés .....	174
<b>Tabla 104</b> — Resultado de resistencia a compresión perpendicular al grano de la madera eucalipto .....	174
<b>Tabla 105</b> — Resultado de resistencia a compresión perpendicular al grano de la madera pino .....	174
<b>Tabla 106</b> — Resultado de resistencia a compresión perpendicular de la madera ciprés.....	174
<b>Tabla 107</b> — Resultado de esfuerzo a tracción paralela al grano de la madera eucalipto .....	174
<b>Tabla 108</b> — Resultado de esfuerzo a tracción paralela al grano de la madera pino.....	175
<b>Tabla 109</b> — Resultado de esfuerzo a tracción paralela al grano la madera ciprés .....	175
<b>Tabla 110</b> — Resumen de esfuerzo a flexión de madera eucalipto .....	175
<b>Tabla 111</b> — Resultado de esfuerzo a flexión de la madera pino.....	175
<b>Tabla 112</b> — Resultado de esfuerzo a flexión de la madera ciprés .....	175
<b>Tabla 113</b> — Resumen de esfuerzos admisibles y densidad básica.....	176
<b>Tabla 114</b> — Modulo de elasticidad.....	177
<b>Tabla 115</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión paralela al grano en probetas libres de defectos de eucalipto.....	212
<b>Tabla 116</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión paralela al grano en probetas libres de defectos de pino .....	213
<b>Tabla 117</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión paralela al grano en probetas libres de defectos de ciprés .....	214
<b>Tabla 118</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión perpendicular al grano en probetas libres de defectos de eucalipto .....	215
<b>Tabla 119</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión perpendicular al grano en probetas libres de defectos de pino.....	216
<b>Tabla 120</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo flexión en probetas libres de defectos de eucalipto..	217
<b>Tabla 121</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo flexión en probetas libres de defectos de pino .....	218
<b>Tabla 122</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo flexión en probetas libres de defectos de cipres .....	219
<b>Tabla 123</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo de tracción paralela al grano en probetas libres de defectos de eucalipto.....	220
<b>Tabla 124</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo de tracción paralela al grano en probetas libres de defectos de pino .....	221
<b>Tabla 125</b> — Diagrama carga vs deformación en ensayo de tracción paralela al grano en probetas libres de defectos de cipres.....	222



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> — Gráfica esfuerzo vs Deformación unitaria .....	19
<b>Figura 2</b> — Influencia del contenido de humedad.....	21
<b>Figura 3</b> — Cubierta de par y nudillo.....	22
<b>Figura 4</b> — Comportamiento asimétrico por cargas del viento.....	23
<b>Figura 5</b> — Comportamiento estructural de los elementos del tijeral par y nudillo .....	24
<b>Figura 6</b> — Variabilidad de la resistencia de espécimen libres de defectos .....	26
<b>Figura 7</b> — Procedimiento de la Investigación .....	40
<b>Figura 8</b> — Probeta de Corte.....	46
<b>Figura 9</b> — Ensayo de corte paralelo al grano .....	47
<b>Figura 10</b> — Ensayo de corte paralelo al grano .....	47
<b>Figura 11</b> — Probeta en ensayo.....	51
<b>Figura 12</b> — Probeta en ensayo.....	54
<b>Figura 13</b> — Probeta en ensayo.....	57
<b>Figura 14</b> — Probeta en ensayo.....	61
<b>Figura 15</b> — Máquina de ensayo universal .....	64
<b>Figura 16</b> — Máquina de Compresión .....	64
<b>Figura 17</b> — Balanza electrónica .....	65
<b>Figura 18</b> — Vernier .....	65
<b>Figura 19</b> — Higrómetro.....	65
<b>Figura 20</b> — Horno .....	66
<b>Figura 21</b> — Marcadores.....	66
<b>Figura 22</b> — Gráfico de barras de densidad básica de la madera eucalipto .....	68
<b>Figura 23</b> — Gráfico de barras de densidad básica de la madera pino.....	71
<b>Figura 24</b> — Gráfico de barras de densidad básica de la madera ciprés .....	74
<b>Figura 25</b> — Gráfico de barras de resistencia al corte de la madera eucalipto.....	78
<b>Figura 26</b> — Gráfico de barras de resistencia al corte de la madera pino .....	82
<b>Figura 27</b> — Gráfico de barras de resistencia al corte de la madera pino .....	85
<b>Figura 28</b> — Gráfico de barras de resistencia máxima de compresión paralelo al grano.....	91
<b>Figura 29</b> — Gráfico de barras de resistencia máxima de compresión paralelo al grano de pino .....	97
<b>Figura 30</b> — Gráfico de barras de resistencia máxima de compresión paralelo al grano de pino .....	101
<b>Figura 31</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de compresión perpendicular al grano.....	108
<b>Figura 32</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de compresión perpendicular al grano.....	113
<b>Figura 33</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de compresión perpendicular al grano.....	118
<b>Figura 34</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de ruptura de tracción .....	124
<b>Figura 35</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de tracción .....	130
<b>Figura 36</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de ruptura de tracción .....	135
<b>Figura 37</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de flexión.....	142
<b>Figura 38</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de flexión.....	149
<b>Figura 39</b> — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de compresión perpendicular al grano.....	156

<b>Figura 40</b> — Geometría del tijeral par y nudillo .....	160
<b>Figura 41</b> — Resistencia a la compresión de tijerales .....	171
<b>Figura 42</b> — Resistencia a la compresión de tijeral par y nudillo .....	176
<b>Figura 43</b> — Principales ejes del árbol.....	191
<b>Figura 44</b> — Población a estudiar del sector Taraccasa .....	191
<b>Figura 45</b> — Población a estudiar del sector Socclaccasa.....	191
<b>Figura 46</b> — Sector de Taraccasa dividido en 10 bloques .....	192
<b>Figura 47</b> — Sector de Socclaccasa dividido en 10 bloques .....	192
<b>Figura 48</b> — Selección de los árboles con diámetro mayor a 30 cm aplicando la NTP 251.008 .....	193
<b>Figura 49</b> — Talado de Árboles .....	193
<b>Figura 50</b> — Corte y selección de trozas por especie.....	193
<b>Figura 51</b> — Selección de viguetas dentro de las trozas para la extracción de probetas .....	194
<b>Figura 52</b> — Anillos de los árboles.....	195
<b>Figura 53</b> — Probetas para el ensayo de densidad básica .....	195
<b>Figura 54</b> — Secado de las probetas en un horno a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	196
<b>Figura 55</b> — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza .....	196
<b>Figura 56</b> — Probetas para el ensayo de compresión axial o paralela al grano.....	196
<b>Figura 57</b> — Secado de las probetas en un horno a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	197
<b>Figura 58</b> — Probetas de compresión paralela al grano a un contenido de humedad del 12% .....	197
<b>Figura 59</b> — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza .....	197
<b>Figura 60</b> — Ensayo para determinar la compresión axial o paralela al grano .....	198
<b>Figura 61</b> — Fallas de las probetas por compresión axial o paralela al grano .....	198
<b>Figura 62</b> — Probetas para el ensayo de compresión perpendicular al grano .....	199
<b>Figura 63</b> — Secado de las probetas en un horno a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	199
<b>Figura 64</b> — Probetas de compresión perpendicular al grano con contenido de humedad 12% .....	199
<b>Figura 65</b> — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza .....	200
<b>Figura 66</b> — Ensayo para determinar la compresión perpendicular al grano.....	200
<b>Figura 67</b> — Probetas para el ensayo de cizallamiento paralelo al grano .....	200
<b>Figura 68</b> — Secado de las probetas en un horno a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	201
<b>Figura 69</b> — Probetas de cizallamiento paralelo al grano a un contenido de humedad 12% .....	201
<b>Figura 70</b> — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza .....	201
<b>Figura 71</b> — Ensayo para determinar el cizallamiento paralelo al grano.....	202
<b>Figura 72</b> — Fallas de las probetas de cizallamiento paralelo al grano.....	203
<b>Figura 73</b> — Probetas para el ensayo de flexión estática .....	204
<b>Figura 74</b> — Secado de las probetas en un horno a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	204
<b>Figura 75</b> — Probetas de flexión estática a un contenido de humedad del 12% .....	205
<b>Figura 76</b> — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza .....	205
<b>Figura 77</b> — Ensayo para determinar la flexión estática.....	205
<b>Figura 78</b> — Fallas de las probetas de flexión estática .....	206
<b>Figura 79</b> — Probetas para el ensayo de tracción paralela al grano .....	207
<b>Figura 80</b> — Probetas de tracción paralela al grano a un contenido de humedad del 12% .....	207
<b>Figura 81</b> — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza .....	207



<b>Figura 82</b> — Ensayo de tracción paralela al grano.....	208
<b>Figura 83</b> — Fallas del ensayo de tracción paralela al grano .....	208
<b>Figura 84</b> — Tijerales de eucalipto, pino y ciprés.....	209
<b>Figura 85</b> — Tijerales a un contenido de humedad del 12% .....	209
<b>Figura 86</b> — Ensayo de compresión en tijerales .....	209
<b>Figura 87</b> — Fallas del ensayo de compresión en tijerales.....	210
<b>Figura 88</b> — Verificación del asesor del diámetro mayor a 30cm aplicando la NTP 251.008 .....	211
<b>Figura 89</b> — Verificación de las medidas y realización de los ensayos por parte del asesor y los responsables de laboratorio.....	211
<b>Figura 90</b> — Distribucion t-Student .....	223
<b>Figura 91</b> — Definición del material, seccion y carga en SAP 2000 .....	224
<b>Figura 92</b> — Combinacion de cargas en SAP 2000 .....	225
<b>Figura 93</b> — Cargas asignadas.....	226
<b>Figura 94</b> — Diagrama de fuerza axiales o internas COMB: 2.....	227
<b>Figura 95</b> — Diagrama de momento flector.....	227
<b>Figura 96</b> — Reacciones horizontales .....	228
<b>Figura 97</b> — Diagrama de fuerza carga viento.....	228
<b>Figura 98</b> — Diseño del tijeral en software SAP V16 - Deformación máxima o flecha.....	229
<b>Figura 99</b> — Ficha de requerimiento de equipos e instrumento de laboratorio del ensayo de cizallamiento paralelo.....	230
<b>Figura 100</b> — Ficha de requerimiento de equipos e instrumento de laboratorio del ensayo de tracción paralela .....	231
<b>Figura 101</b> — Ficha de requerimiento de equipos e instrumento de laboratorio del ensayo de flexión estática	232
<b>Figura 102</b> — Ensayo de tijerales madera eucalipto .....	233
<b>Figura 103</b> — Ensayo de tijerales madera pino.....	234
<b>Figura 104</b> — Ensayo de tijerales madera ciprés .....	235
<b>Figura 105</b> — Plano de ubicación .....	236



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis titulado: “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), para su uso como material estructural y su aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo”, surge por la necesidad de darle la debida importancia al uso de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), como material estructural, sin embargo, en estos tiempos se ve limitado su uso estructuralmente ya que en la actualidad se viene utilizando en puntales, encofrados, material de combustión y otros usos domésticos, por lo que el estudio busca descubrir la calidad y resistencia de la misma sustentado técnicamente para su aplicación en elementos sometidos a esfuerzos. Por lo cual el presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal determinar las propiedades de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) para su uso como material estructural y su aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo, para ello se tuvo el siguiente procedimiento por etapas: Primera etapa; consiste en los trabajos de campo, en la selección y colección de las muestras, para lo cual se ha seleccionado 10 árboles de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), 10 árboles de pino (*Pinus radiata*) y 10 árboles de ciprés (*Cupressus lusitánica*), del sector de Taraccasa y Socclaccasa tomando como referencia la (NTP 251.008). Segunda etapa; se elaboran las probetas de diferentes dimensiones en función al tipo de ensayo a realizar: contenido de humedad NTP:251.010, densidad básica NTP:251.011, corte paralelo NTP:251.013, compresión paralela NTP:251.014, compresión perpendicular NTP:251.016, tracción paralelo manual adobón, flexión estática NTP:251.017, para lo cual se han elaborado un total de 450 probetas. Tercera etapa; se procede a realizar los diferentes ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) tomando como referencia el ensayo de: contenido de humedad NTP:251.010, densidad básica NTP:251.011, corte paralelo NTP:251.013, compresión paralela NTP:251.014, compresión perpendicular NTP:251.016, tracción paralelo manual Edibón, flexión estática NTP:251.017. Cuarta etapa; se realizan los cálculos con los resultados obtenidos de los ensayos. Quinta etapa; se procede al diseño y construcción del tijeral par y nudillo. Sexta etapa; se realiza la interpretación de los resultados obtenidos, tomando como referencia la NTP E.010, con los cuales se alcanzan a los objetivos planteados.





## RESUMEN

La investigación se enmarca en la región Apurímac. El objetivo principal fue “Determinar las propiedades de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) para su uso como material estructural y su aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo”. La metodología fue evaluar mediante los diferentes ensayos, la densidad básica, esfuerzo admisible al corte paralelo al grano, esfuerzo admisible a compresión axial paralela al grano, esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano, esfuerzo admisible a tracción paralelo al grano y esfuerzo admisible a flexión estática y aplicar los valores obtenidos del laboratorio al diseño de un tijeral par y nudillo, para lo cual se utilizó un total de 450 probetas, elaboradas de 10 árboles de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), 10 árboles de pino (*Pinus radiata*) y 10 árboles de ciprés (*Cupressus lusitánica*), extraídos del sector de Taraccasa y del sector de Socllaccasa. Las dimensiones de cada probeta se realizaron de acuerdo a lo estipulado en las normas técnicas peruanas y aun contenido de humedad promedio entre 12.3% y 12.6%. Siendo los resultados; para la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), densidad básica  $0.89 \text{ g/cm}^3$ , esfuerzo admisible a corte paralelo  $21.2 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a compresión paralela  $206.1 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano  $42.1 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a tracción paralela  $453.3 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a flexión estática  $409.3 \text{ kg/cm}^2$ , MOE  $65989.3 \text{ kg/cm}^2$ ; para la madera pino (*Pinus radiata*), densidad básica  $0.57 \text{ g/cm}^3$ , esfuerzo admisible a corte paralelo  $12.3 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a compresión paralela  $135.5 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano  $23.1 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a tracción paralela  $367.6 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a flexión estática  $300.2 \text{ kg/cm}^2$ , MOE  $41816.6 \text{ kg/cm}^2$ ; para la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*), densidad básica  $0.44 \text{ g/cm}^3$ , esfuerzo admisible a corte paralelo  $4.4 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a compresión paralela  $102.7 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano  $15.1 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a tracción paralela  $250.4 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a flexión estática  $236.8 \text{ kg/cm}^2$ , MOE  $41592.8 \text{ kg/cm}^2$ . Luego de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) se concluye que la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sí tiene las propiedades físicas y mecánicas aptas para su uso como material estructural, sin embargo, la madera pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) tienen las propiedades físicas aptas mas no las propiedades mecánicas, para su uso como material estructural.

**Palabras clave:** propiedades físicas y mecánicas, uso estructural, aplicación al diseño.



## ABSTRACT

The research was carried out in the Apurímac region. The main objective was "To determine the properties of eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), pine (*Pinus radiata*) and cypress (*Cupressus lusitánica*) wood for its use as structural material and its application to the design of a pair and knuckle scissors". The methodology was to evaluate by means of different tests the basic density, admissible shear stress parallel to the grain, admissible axial compressive stress parallel to the grain, admissible compressive stress perpendicular to the grain, admissible tensile stress parallel to the grain and admissible static bending stress, and to apply the values obtained from the laboratory to the design of a pair and knuckle scissors, For this purpose, a total of 450 specimens were used, made from 10 eucalyptus trees (*Eucalyptus globulus*), 10 pine trees (*Pinus radiata*) and 10 cypress trees (*Cupressus lusitánica*), extracted from the Taraccasa and Socllaccasa sectors. The dimensions of each specimen were made according to Peruvian technical standards and an average moisture content between 12.3% and 12.6%. The results were: for eucalyptus wood (*Eucalyptus globulus*), basic density 0.89 g/cm<sup>3</sup>, admissible stress at parallel shear 21.2 kg/cm<sup>2</sup>, admissible stress at parallel compression 206.1 kg/cm<sup>2</sup>, admissible stress at compression perpendicular to the grain 42.1 kg/cm<sup>2</sup>, admissible stress at compression perpendicular to the grain 42.1 kg/cm<sup>2</sup>, admissible stress at parallel compression 206.1 kg/cm<sup>2</sup>, admissible stress at compression perpendicular to the grain 42.1 kg/cm<sup>2</sup>, permissible parallel tensile stress 453.3 kg/cm<sup>2</sup>, permissible static bending stress 409.3 kg/cm<sup>2</sup>, MOE 65989.3 kg/cm<sup>2</sup>; for pine wood (*Pinus radiata*), basic density 0.57 g/cm<sup>3</sup>, permissible parallel shear stress 12.3 kg/cm<sup>2</sup>, permissible parallel compressive stress 135.5 kg/cm<sup>2</sup>, permissible compressive stress perpendicular to the grain 23.1 kg/cm<sup>2</sup>, permissible parallel tensile stress 367.6 kg/cm<sup>2</sup>, permissible static bending stress 300.2 kg/cm<sup>2</sup>, MOE 41816.6 kg/cm<sup>2</sup>; for cypress wood (*Cupressus lusitánica*), basic density 0.44 g/cm<sup>3</sup>, admissible parallel shear stress 4.4 kg/cm<sup>2</sup>, admissible parallel compressive stress 102.7 kg/cm<sup>2</sup>, admissible compressive stress perpendicular to the grain 15.1 kg/cm<sup>2</sup>, admissible parallel tensile stress 250.4 kg/cm<sup>2</sup>, admissible static bending stress 236.8 kg/cm<sup>2</sup>, MOE 41592.8 kg/cm<sup>2</sup>. After evaluating the physical and mechanical properties of eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), pine (*Pinus radiata*) and cypress (*Cupressus lusitánica*) wood, it was concluded that eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) wood does have the physical and mechanical properties required to be used in the production of the wood, however, pine (*Pinus radiata*) and cypress (*Cupressus lusitánica*) have the physical and mechanical properties suitable for use as structural material, but not the mechanical properties for use as structural material.

**Keywords:** physical and mechanical properties, structural use, application to design.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

El uso correcto de la madera requiere del conocimiento de sus propiedades físicas y mecánicas que poseen. Estos estudios se deben centrar en la elaboración de métodos que permitan, en base a las propiedades mencionadas, poder estimar con facilidad y confiabilidad las condiciones de utilización y procesamiento adecuado de las especies forestales. Las propiedades mecánicas definen el comportamiento, aptitud y capacidad que tiene la madera para resistir fuerzas externas. Los valores de resistencia tienen gran importancia en las aplicaciones de la madera en la construcción, especialmente en el dimensionamiento de las diferentes piezas según su resistencia y deformación. Estas propiedades varían de una especie a otra, incluso en una misma especie pueden existir diferencias entre árboles diferentes o piezas de un mismo árbol.

Apurímac cuenta con especies forestales maderables como eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), que en la actualidad se viene utilizando en puntales en minerías, pies derechos en encofrados de techos y vigas; como vigas y columnas macizas en la construcción de viviendas de adobe; como viguetas en coberturas; como tablas en encofrados; en postes de alumbrado; en carpintería y como material de combustión.

Pero hasta la actualidad a pesar de su uso, se carece de conocimiento técnico de estas especies en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas que poseen, de la misma forma se desconoce el grupo estructural al que pertenecen para dar el uso como material estructural, debido a que el buen desempeño de la madera, como material estructural, requiere de conocimientos sobre sus propiedades físicas, mecánicas y sus limitaciones.

El desconocimiento de las propiedades físicas y mecánicas conduce a una pérdida de prestigio del material lo cual limita su aplicación en los diferentes usos que se le pueda conceder en la rama de la industria de la construcción.

Es por ello que es indispensable conocer sus propiedades físicas y mecánicas de estos materiales para eliminar el desconcierto que existe tanto en los proyectistas, constructores, comerciantes y público en general, acerca de su comportamiento, aptitud y capacidad de resistir fuerzas externas al ser usado como material estructural.



## 1.2 Enunciado del problema

### 1.2.1 Problema general

¿La madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) tendrán las propiedades aptas para su uso como material estructural y su aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿La madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) tendrán las propiedades físicas aptas para su uso como material estructural?
- ¿La madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) tendrán las propiedades mecánicas aptas para su uso como material estructural?
- ¿Cómo será el comportamiento estructural de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) en la aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo?

## 1.3 Justificación de la investigación

### 1.3.1 Justificación técnica

Esta investigación se desarrolló para determinar los valores reales de las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), la cual facilite la decisión de seleccionar y usar de manera confiable el tipo de madera, en función a la carga y al esfuerzo demandado, ya que Abancay como una ciudad de un país en vías de desarrollo demanda de información confiable sobre materiales de construcción de uso cotidiano, de fácil alcance y de bajo costo. En ello radica la necesidad de determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), para obtener información confiable a través de ensayos de laboratorios debidamente normados y tener esfuerzos los cuales nos ayudaran a tener un mejor control y uso de dicho material. Cabe precisar que esta investigación representa un aporte al conocimiento técnico de materiales de construcción de uso cotidiano.

### **1.3.2 Justificación social**

En la medida en que sean difundidas la información obtenida de las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), serán utilizadas por todos aquellos que se dedican en el rubro de la construcción, en caso particular los ingenieros, contarán con información real que servirá para la disminución de riesgos en la toma de decisiones. La ampliación del conocimiento sobre la resistencia de los materiales de la zona, favorece como una herramienta actualizada, así como tener parámetros de resistencia del material ayuda también a su adecuado uso, en la seguridad del usuario al implementarla en su estructura, su máxima eficiencia hacia este y en la medida que dicho estudio se socialice será de beneficio para toda la sociedad para dar el uso correcto y confiable.

### **1.3.3 Justificación por viabilidad**

Los ensayos realizados están normados y basados en la Norma Técnica Peruana E.010, los tesisistas de dicha investigación asumen todo el costo de la inversión en tiempo, economía para los ensayos y materiales.

### **1.3.4 Justificación por relevancia**

La investigación se justifica por su importancia debido a que se aspira documentar en lo que refiere a las propiedades físicas y mecánicas que se obtendrá en el laboratorio tras una serie de ensayos, su clasificación en uno de los grupos estructurales (A, B, C) prescritos en la Norma Técnica Peruana E.010 y su aplicación al diseño estructural.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Determinar las propiedades de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) para su uso como material estructural y su aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo.

##### 2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) para su uso como material estructural.
- Determinar las propiedades mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) para su uso como material estructural.
- Analizar el comportamiento estructural de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), en la aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo.

#### 2.2 Hipótesis de la investigación

##### 2.2.1 Hipótesis general

La madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), sí tienen las propiedades aptas para su uso como material estructural y su aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo.

##### 2.2.2 Hipótesis específicas

- La madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) sí tienen las propiedades físicas aptas para su uso como material estructural.
- La madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) sí tienen las propiedades mecánicas aptas para su uso como material estructural.
- La madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) tiene mejor comportamiento estructural a comparación con la madera pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus*

*lusitánica*) cumpliendo con los parámetros del diseño estructural en la aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo.



### 2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variable	Tipo de Variable	Operacionalización	Definición	Indicador	Nivel de medición	Unidad de Medida
<b>Variable Dependiente</b> Uso de la madera como material estructural	Cuantitativo	Evaluación de resultados de laboratorio	Uso de la madera como material estructural se verifica mediante sus propiedades físicas y mecánicas	Propiedades físicas y propiedades mecánicas	Escala de intervalo	Fuerza sobre área(kg/cm <sup>2</sup> ) y masa sobre volumen (g/cm <sup>3</sup> )
<b>Variable Independiente</b> Propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), pino ( <i>Pinus radiata</i> ) y ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )	Cuantitativo	Cálculo de las propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos en laboratorio	<p>Las propiedades físicas son aquellas que determinan su comportamiento ante los distintos factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin producir ninguna modificación química en su estructura.</p> <p>Las propiedades mecánicas son aquellas que determinan la capacidad para resistir fuerzas externas. Se entiende por fuerza externa cualquier carga aplicada por un agente no propio del material, ajeno o externo que puedan alterar su tamaño, dimensión o la deforme.</p>	Contenido de humedad Densidad básica Resistencia a flexión Resistencia a Tracción paralela a las fibras Resistencia a compresión paralela a las fibras Resistencia a compresión perpendicular las fibras Resistencia a corte paralelo a las fibras	Datos numericos	Fuerza sobre área(kg/cm <sup>2</sup> ) , masa sobre volumen (g/cm <sup>3</sup> ) y porcentaje de contenido de humedad (%)



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

##### 3.1.1 Antecedentes del ámbito internacional

Siza y Martinez (2009) en su tesis titulada “Propiedades físicas - mecánicas del eucalipto y aplicación al diseño estructural de una vivienda parte de una granja integral, ubicada en el Isa I”. En su investigación llegó a la siguiente conclusión: 1) El eucalipto glóbulos puede ser utilizada como estructural por ser una madera pesada al tener una masa por volumen de  $810 \text{ kg/m}^3$ ” (p.204).

##### 3.1.2 Antecedentes del ámbito nacional

Del pezo y Loaiza (2016) en su tesis titulada “Determinación de las características físico - mecánicas del eucalipto glóbulos 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". Los resultados fueron: 1) en contenido de humedad seco: corte paralelo al grano  $17.6603 \text{ kg/cm}^2$ , compresión axial paralela al grano  $144.8210 \text{ kg/cm}^2$ , compresión perpendicular al grano  $57.9902 \text{ kg/cm}^2$ , flexión estática  $244.2475 \text{ kg/cm}^2$ , tracción paralela  $170.9733 \text{ kg/cm}^2$ , módulo de elasticidad  $24045.764 \text{ kg/cm}^2$ . densidad básica  $0.7334 \text{ g/cm}^3$ . Llego a la siguiente conclusión: Paruro - Cusco tienen las características para poder ser empleado estructuralmente” (p.187).

Bacon y Díaz (2016), en su tesis titulada “Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera de pino radiata para el diseño de elementos estructurales para viviendas en Cajamarca”. obtuvo los siguientes resultados: densidad básica  $0.393 \text{ g/cm}^3$ , esfuerzo admisible a la compresión paralela a las fibras  $63 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a la compresión Perpendicular al grano  $8 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo admisible a la tracción paralela a la fibra  $71 \text{ kg/cm}^2$ , Esfuerzo admisible a la flexión estática  $92 \text{ kg/cm}^2$  y esfuerzo al corte o corte paralelo al grano  $6 \text{ kg/cm}^2$ . Concluyo, que la madera Pinus Radiata, se ajusta al grupo estructural “C” (madera blanda) de los PADT REFORT” (p.8).



## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Descripción de las especies en estudio

#### 3.2.1.1 Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

Para Oshiro (2016) “el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), es un árbol de origen australiano. Es la principal especie utilizada en el Perú para los programas de forestación y reforestación de elevada talla, llega a alcanzar los 70 m de altura y los 2 m de diámetro en nuestro país, aunque normalmente supera los 50 m de altura y los 1,50 m de diámetro medido a 1,30 m de altura sobre el suelo” (p.1).

#### **Clasificación taxonómica**

Familia: “Myrtaceae

Nombre Común: eucalipto

Nombre Comercial: eucalipto

Nombre Científico: eucaliptus glóbulos” (Oshiro 2006, p.1).

#### **Usos**

“Se utiliza en la construcción de pequeñas embarcaciones, traviesa de ferrocarril construcción naval, postes de telégrafo, puentes, herramientas de mano, traviesas en carpintería y muebles” (Oshiro 2006, p.1)

#### 3.2.1.2 Pino (*Pinus radiata*)

Para Rodríguez, R., et al,(2006), “es conocido como *Pinus radiata* o Pino de Monterrey, este último nombre debido a su lugar de origen en la comarca californiana de Monterrey (Estados Unidos)” (p.5).

#### **Clasificación taxonómica**

Orden: “Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Pinus*

Especie: *Radiata*

Nombres comunes: Pino radiata, pino Monterrey, pino insigne

Nombre científico: *Pinus radiata*” (Fernandez y Sarmiento, 2004, p.17).

#### **Usos**

Para Fernandez y Sarmiento (2004), “la madera de *pinus radiata* se emplea en la construcción de viviendas, tabiques, pisos, vigas de pisos, vigas laminadas,



techos, tijerales, costaneras, revestimientos exteriores e interiores, puertas interiores y exteriores protegidas con pintura, ventanas de calidad menor, para la fabricación de tableros, chapas, terciado, para muebles, embalajes, cajas y cajones” (p.19).

### 3.2.1.3 Ciprés (*Cupressus lusitánica*)

“El cedro de San Juan (*Cupressus lusitánica*), el epíteto latino lusitánica está relacionado con su cultivo en Portugal, alrededor del año 1634, a partir de plantas importadas desde México al monasterio de Buçaco, (Colaboradores de Wikipedia, 2020).

#### Clasificación taxonómica

Nombre Científico: “*Cupressus lusitánica*

Reino: Plantae

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Cupressaceae.

Género: *Cupressus*

Especie: *C. lusitánica*” (Colaboradores de Wikipedia, 2020).

#### Usos

“La madera de ciprés se usa en mobiliario, carpintería de interior y exterior, leña, postes, embarcaciones, chapas decorativas, torneados.” (Colaboradores de Wikipedia, 2020).

## 3.2.2 Madera

Para Guindos (2019) “la madera es un sólido natural, compuesto fundamentalmente por células alargadas (traqueidas y radios leñosos) cuyas paredes celulares se componen de celulosa, hemicelulosa y lignina” (p.14).

### 3.2.2.1 Anatomía y estructura de la madera

#### A. Estructura macroscópica

Para Vignote y Martinez, (2006), “si se realiza un corte al fuste de un árbol se observarán las siguientes partes: **Corteza:** Es la parte externa, formada por materia muerta de aspecto resquebrajado. **Líber o floema:** Es una capa más o menos delgada de apariencia similar a la corteza, más blanda, cuyas



funciones en el árbol es la de conducción de la sabia elaborada. **Cambium:** células con funciones reproductoras. **Xilema o madera:** Es la capa más interna con funciones de sostén del propio árbol” (p.84).

## **B. Estructura microscópica**

Para Vignote y Martinez, (2006), “si se analiza la madera a través de un microscopio se comprueba que, al igual que cualquier ser vivo, está constituida por células en general alargadas dispuestas en su mayoría en dirección del eje del árbol” (p.89).

### **Maderas latifoliadas**

Para CORMA (2003), “son especies que tienen las siguientes características:

**Hojas:** ancha y caduca.

**Frutos:** Nueces, bayas, estructura variada – exudaciones látex o goma.

**Flores vistosas - Polinización:** insectos o aves” (p.8).

### **Maderas coníferas**

Para CORMA (2003), “son especies que tienen las siguientes características:

**Hojas:** En forma de agujas o alargadas y perenne.

**Fruto:** Cono – madera resinosa – estructura floral simple.

**Fecundación:** Viento o corrientes de aire” (p.8).

## **3.2.2.2 Propiedades de la madera**

### **A. Propiedades básicas de la madera**

#### **A.1 Anisotropía**

Para Zaniewski y Mamlouk (2009), “la madera es un material anisotrópico, en el sentido de que tiene propiedades y características diferentes en cada dirección. Las tres orientaciones del eje en la madera son: longitudinales o paralelas a la veta; la radial o perpendicular a los anillos de crecimiento; y la tangencial o tangente a los anillos de crecimiento” (p.439).



Para Vignote y Martinez (2006), “la madera resiste entre 20 a 200 veces más en el sentido del eje del árbol que en el sentido transversal del árbol y se denominan:

**Dirección axial:** La del eje del árbol.

**Dirección radial:** La dirección de los radios, perpendicular al eje del árbol.

**Dirección tangencial:** La dirección tangencial al árbol, perpendicular al eje del árbol” (p.101).

## A.2 Higroscopicidad

Para Vignote y Martinez, (2006), “es la capacidad que tiene ciertos materiales de absorber humedad de la atmosfera que le rodea y de retenerla en forma de agua líquida o vapor de agua. La madera contiene huecos en el lumen celular, entre las microfibrillas y entre las fibrillas elementales todos ellos susceptibles de ser ocupados por agua.” (p.101).

## B. Propiedades físicas de la madera

### B.1 Contenido de humedad

Para Guindos (2019) “es la presencia del agua en la madera que se manifiesta ocupando los espacios celulares e intercelulares del leño (*agua libre*), o impregnando las paredes de las células (*agua de impregnación*), pudiendo en ambos casos eliminarse por medios físicos. Existe también la denominada *agua de constitución*, que forma parte de la pared celular y que no se puede ser extraída sin destruir el tejido” (p.21).

Para ser utilizada como material de construcción, y específicamente con fines estructurales, el contenido de humedad debe ser inferior al 15%. (Manual CORMA, 2004).

Para NTP 251.104 (2017) “la madera de diseño para uso estructural especificada como seca deberá tener un contenido de humedad mínimo del 10 % y máximo del 22 %” (p.21).

Para (NTP 251.010, 2014), “el contenido de humedad (CH) se puede calcular con la ecuación:



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

Donde:

$m_1$ : Masa antes del secado.

$m_2$ : Masa después del secado” (p.35).

Para (Norma ecuatoriana de la construcción (NEC) (2014), “se pueden usar detectores eléctricos para medir la humedad de la madera. Estos aparatos, denominados también higrómetros, sirven para medir de manera rápida y fácil” (p.30).

## B.2 Densidad

Para Vignote y Martínez (2006), “la densidad es la relación entre el peso P y el volumen V de una madera, como tanto el peso como el volumen de la madera están afectados por el porcentaje de humedad, al hablar de densidad se debe siempre significar la humedad como puede ser al 0% (densidad anhidra)” (p.110).

$$D.B = \frac{PSH}{VV}$$

Donde:

D.B.: Es la densidad básica.

PSH: Peso seco al horno (gr).

VV: Volumen verde (cm<sup>3</sup>)” (p.39).

Para Vignote y Martínez (2006), “es la característica que influye de forma muy directa en casi la totalidad de características físicas y mecánicas. Se puede clasificar las maderas por su densidad de la siguiente forma” (p.244).

**Tabla 2 — Clasificación de la madera por su densidad**

Tipo de densidad	Densidad en kg/m <sup>3</sup>
Ligeras	<500
Semiligeras	De 500 a 599
Semipesadas	De 600 a 649
Pesadas	De 650 a 799
Muy pesadas	>800

Extraído de Vignote y Martinez (2006)

Para Norma ecuatoriana de la construcción (NEC) (2014), “es un indicativo de las propiedades mecánicas que tiene una madera. Está en función de la edad, a mayor edad su densidad aumenta” (p.9).

### C. Propiedades mecánicas de la madera

Para Guindos (2019), “las propiedades mecánicas de la madera miden su capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas, los componentes de la madera, lignina y celulosa actúan de una forma similar a la de los componentes del hormigón armado. La lignina, con su gran resistencia a compresión, equivale al hormigón, mientras que la celulosa, por su buen comportamiento a los esfuerzos de tracción, es el equivalente a las armaduras de acero. (p.13).

1. Resistencia a la compresión paralela al grano.
2. Compresión perpendicular al grano.
3. Corte paralelo al grano.
4. Tracción.
5. Flexión” (p.41).

#### C.1 Resistencia a la compresión paralela al grano

Para Urban (2011), “la resistencia a compresión es aquella con la que se opone la madera a todas las acciones externas que tratan de aplastarla, disminuyendo su longitud y ampliando su sección transversal” (p.13).

Para NTP 251.014, (2014), “la resistencia máxima por compresión axial paralelo al grano y el esfuerzo al límite proporcional se determina aplicando las siguientes fórmulas:

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

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

Donde:

ELP: Esfuerzo al límite proporcional, en  $\text{kg/cm}^2$ .

RM: Resistencia máxima por compresión axial, en  $\text{kg/cm}^2$ .

P': Carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, en kg.

P: Carga máxima soportada por la probeta, en kg.

A: La sección transversal de la probeta en cm<sup>2</sup>" (p.4).

### **C.2 Resistencia a la compresión perpendicular al grano**

Para Urban (2011), "se denomina resistencia a compresión perpendicular al grano, a la resistencia debida a la acción de una fuerza que tiende a aplastar la madera en sentido normal a las fibras (es de resistencia mínima), como los puentes, traviesas de ferrocarril" (p.15).

Para NTP 251.016 (2015), "la resistencia a la compresión perpendicular al grano esta representado por el esfuerzo al límite proporcional y se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$ELP = \frac{P'}{S} (\text{kg/cm}^2)$$

Donde:

ELP: Esfuerzo al límite proporcional, en kg/cm<sup>2</sup>.

P': Carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, en kg.

S: Es la superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión medida, en cm<sup>2</sup>" (p.5).

### **C.3 Resistencia al corte**

Para Urban (2011), "se denomina resistencia al corte, la resistencia provocada por la acción de una fuerza que tiende a desgajar o cortar la madera. La resistencia es máxima en el sentido normal a las fibras llamada cortadura, y es mínima en el sentido paralelo a las fibras, llamada desgarramiento" (p.16).

Para NTP 251.013 (2015), "la resistencia al corte se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia al cizallamiento} = \frac{P}{A} (\text{kg/cm}^2)$$

Donde:

P: Es la carga máxima soportada por la probeta en (kg).

A: La superficie del plano en que se produce el corte en (cm<sup>2</sup>)" (p.9).





#### **C.4 Resistencia a la tracción o tensión**

Para Urban (2011), “la resistencia a la tracción es la provocada por la acción de una fuerza que tiende a romper la pieza de madera, alargando su longitud y reduciendo su sección transversal. Es más alta que la resistencia a compresión cuando los esfuerzos se ejercen en la dirección paralela a las fibras o al eje del tronco” (p.13).

Para NTP 251.085 (2017), “la resistencia a la tracción paralelo al grano esta representado por el módulo de ruptura y se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{MOR} = \frac{P}{(a)(e)} (\text{kg/cm}^2)$$

Donde:

MOR: Módulo de ruptura.

P: Carga máxima (kg).

a: Ancho de la probeta de madera en (cm).

e: Espesor de la probeta de madera en (cm).

#### **C.5 Resistencia a la flexión estática paralela al grano**

Para Urban (2011), “la resistencia a flexión es el esfuerzo que opone la viga o pieza de madera a su deformación, ante una carga que actúa sobre ella. Si el esfuerzo a flexión no sobrepasa el límite de elasticidad de la madera, una vez cese el dicho esfuerzo, recupera su forma primitiva” (p.16).

Para NTP 251.017 (2004), “la resistencia a flexión estática paralelo al grano esta representado por el módulo de ruptura y se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{MOR} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot a \cdot e^2} (\text{kg/cm}^2)$$

Donde:

P: Carga máxima (kg).

L: Distancia entre los soportes, luz de la probeta de madera en (cm).

a: Ancho de la probeta de madera en (cm).

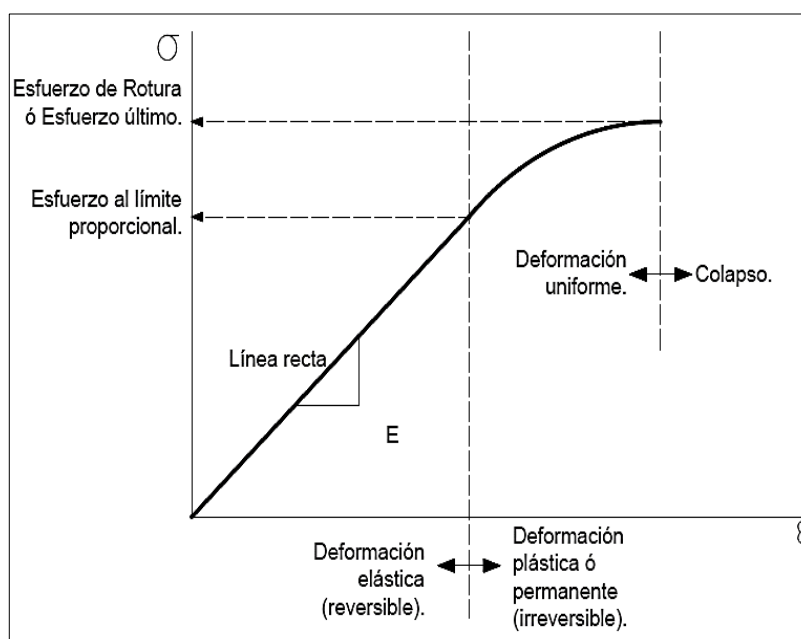
e: Espesor de la probeta de madera en (cm).



### C.5.1 Módulo de elasticidad (MOE)

“La rigidez de un cuerpo se define como la propiedad que tiene para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas. La medida de rigidez de la madera se conoce como módulo de elasticidad o coeficiente de elasticidad, calculado por la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud” (Manual CORMA, 2004).

Para Zaniewski y Mamlouk (2009), “la relación típica esfuerzo - deformación de la madera es lineal hasta un cierto límite seguido de una pequeña curva no lineal, después de la cual se produce la fractura, como se muestra en la Figura N°1. El módulo de elasticidad de la madera es la pendiente de la parte lineal de la curva esfuerzo-deformación representativa. Los módulos de elasticidad para los ejes; longitudinal, radial y tangente suelen ser distinta” (p.435).



**Figura 1 — Gráfica esfuerzo vs Deformación unitaria**  
Extraído de Timoshenko, resistencia de materiales, 5° edición

#### **Esfuerzo al límite proporcional**

“También conocido como tensión en el límite de proporcionalidad, que es la carga máxima a que se puede someter sin que se produzcan deformaciones permanentes” (Manual CORMA, 2004).

### **Módulo de elasticidad**

Para Zaniwski y Mamlouk (2009), “el módulo de elasticidad de la madera es la pendiente de la parte lineal de la curva esfuerzo-deformación representativa.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Donde:

E: Módulo de elasticidad.

$\sigma$ : Esfuerzo normal.

$\varepsilon$ : Deformación normal” (p.435).

### **Esfuerzo de rotura u esfuerzo último**

“Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo “El Esfuerzo de Rotura”, esfuerzo último o tensión de rotura de la pieza de madera” (Manual CORMA, 2004).

### **Comportamiento elástico**

Para Zaniwski y Mamlouk (2009), “sí un material exhibe un verdadero comportamiento elástico, debe tener una respuesta (deformación) instantánea a la carga, y el material debe volver a su forma original cuando la carga se elimina” (p.6).

### **Comportamiento plástico**

Para Zaniwski y Mamlouk (2009), “la deformación se incrementa aplicando muy poco esfuerzo adicional. En este caso, el material exhibe un comportamiento elástico lineal, seguido de una respuesta plástica. El nivel de esfuerzo para el que el comportamiento cambia de elástico a plástico se denomina límite de elasticidad. Cuando la carga se elimina del elemento, parte de la deformación se recuperará y otra parte será permanente, el comportamiento plástico indica una deformación permanente del elemento, de modo que éste no vuelve a su forma original al eliminar la carga” (p.6).



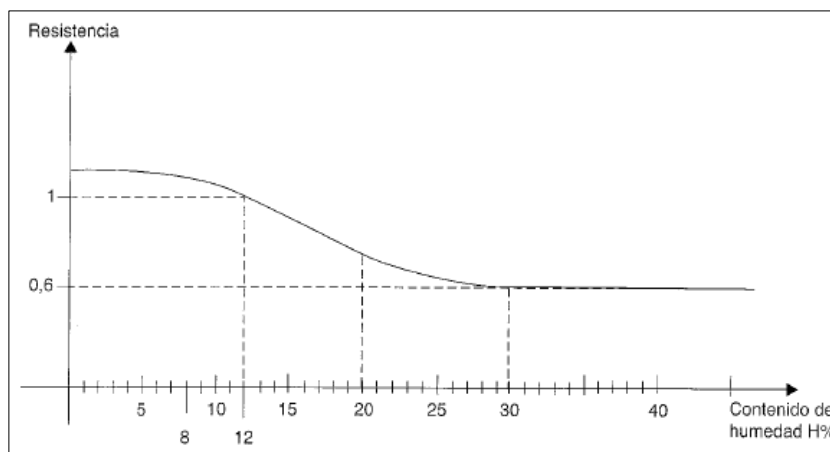
### 3.2.2.3 Factores que afectan el comportamiento de la madera

#### A. Defectos de crecimiento

Para Guindos (2019), “son características que han sido adquiridos o desarrollados por el árbol durante su crecimiento y por afectar el comportamiento o aspecto de la madera se le llama defectos de crecimiento, los principales son: nudos, inclinaciones del grano, fallas de compresión, perforaciones y medula excéntricas” (p.28).

#### B. Influencia del contenido de humedad

Para Vignote y Martinez (2006), “la humedad de la madera influye determinantemente en la concepción de procesos tales como el aserrado, durabilidad, en su resistencia, peso, y sobre todo en sus dimensiones, es decir que la madera varia sus dimensiones con el contenido de humedad, hinchándose cuando gana humedad y mermando cuando pierde. la influencia de la humedad varia con el esfuerzo y además no es exactamente lineal, se puede aproximar que cuando la madera aumenta un 1% su porcentaje de humedad, la resistencia merma entre 1.5 y el 2%.



**Figura 2 — Influencia del contenido de humedad**  
Extraído de Vignote y Martinez (2006)

### 3.2.2.4 Madera de construcción estructural

Se denomina así a aquella madera que constituye el armazón estructural de la edificación: muros, paredes, pisos, techos, pie-derechos, columnas, vigas, cerchas, entre otros. La característica común a todos estos elementos es su función básicamente resistente. Las condiciones que deben satisfacer este material son las siguientes: i) Debe ser material clasificado como de calidad



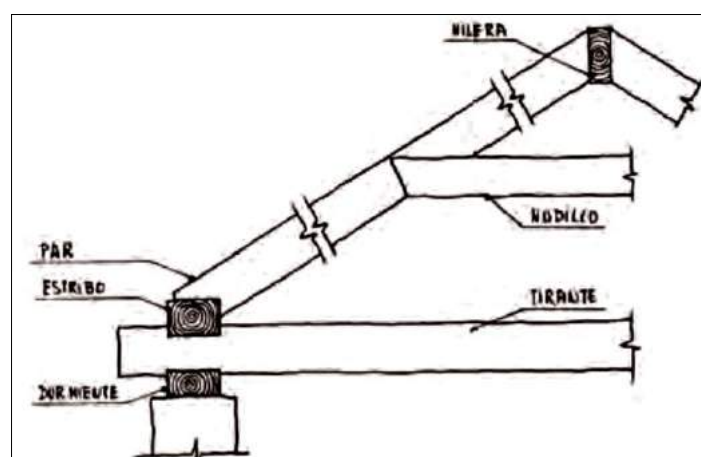
estructural para lo cual debe cumplir con la norma de clasificación visual por defectos. ii) Debe ser madera proveniente de las especies forestales consideraras adecuadas para construir y deben estar agrupadas. iii) Deben ser piezas de madera dimensionadas de acuerdo a las escuadrías o secciones preferenciales” (NTP 21.104,2017, p.2).

### A. Clasificación visual por defectos para madera estructural

“La clasificación por defectos es limitar la presencia, de nudos, mancha, granos, rajadura, perforaciones, torcedura” (NTP 21.104,2017, p.2).

#### 3.2.2.5 Tijeral par y nudillo

Para Arriaga et al., (2013), “este tipo de armadura es típico de cubiertas a dos aguas con luces moderadas. La forma más típica está constituida por elementos estructurales como: pares, nudillo, estribos y tirantes, figura N°3” (p.31).



**Figura 3 — Cubierta de par y nudillo**  
Extraído de Esteban,Arriaga,Arguellas,Iñiguez

### A. Comportamiento estructural de los elementos del Tijeral par y nudillo

#### A.1 Pares

Para Herrero et al., (2013), “los pares son piezas o elementos sometidas fundamentalmente a flexión y compresión por cargas gravitatorias o del viento apoyadas sobre articulaciones no deslizantes. Las cargas gravitatorias producen un comportamiento simétrico en ambo faldones, mientras que el viento genera un comportamiento asimétrico debido a las componentes horizontales de los empujes del viento cuando un faldón recibe presión y el

faldón opuesto se somete a succión. dependiendo de la simetría puede dar lugar a esfuerzos de tracción en el nudillo, Figura N°4 y Figura N°5” (p.32).

## A.2 Nudillo

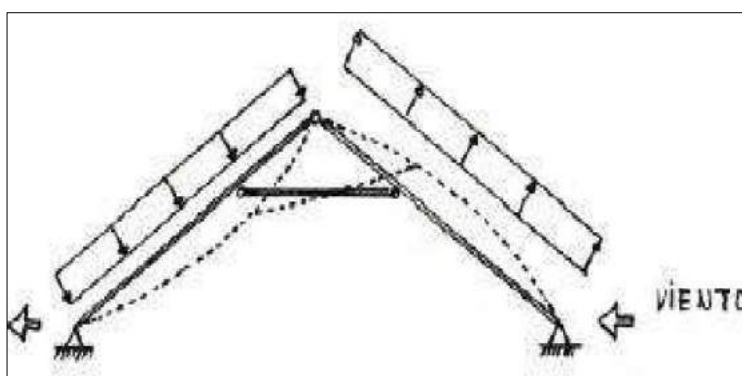
Para Herrero et al., (2013), “el nudillo es una pieza horizontal que se intercala a una altura intermedia entre ambos pares y está dispuesto para trabajar fundamentalmente a compresión bajo la acción de las cargas gravitatorias y simétricas que actúan sobre ambos faldones de cubierta. La posición del nudillo puede variar según los casos, aunque es frecuente que se sitúe ocupando aproximadamente el tercio central del vano de la cubierta, aportando puntos de apoyo a los pares ligeramente elevados, Figura N°5 (p.32).

## A.3 Estribo

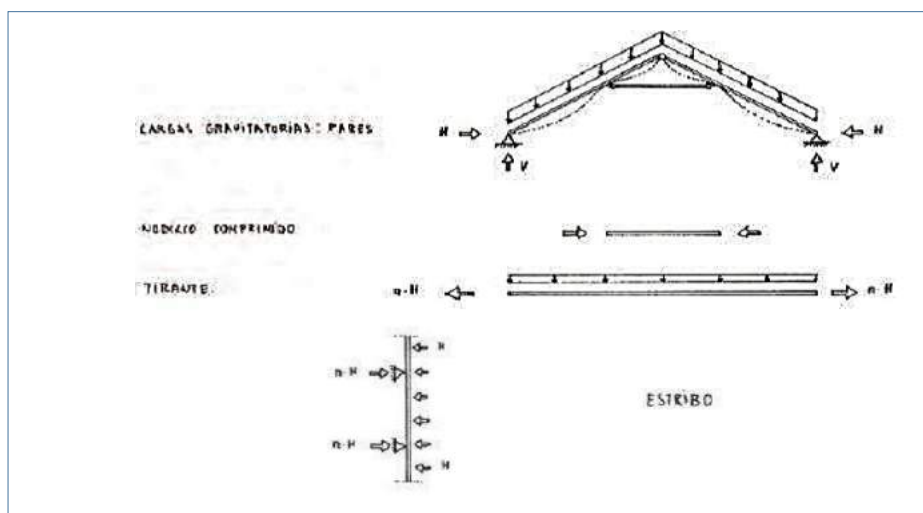
Para Herrero et al., (2013), “el estribo se comporta a flexión en un plano horizontal con una luz equivalente a la separación entre tirantes. Lo normal es que el efecto de las cargas verticales quede anulado por encontrarse apoyado a lo largo de toda su longitud, Figura N°5” (p.32).

## A.4 Tirantes

Para Arriaga et al., (2013), “los tirantes son piezas horizontales que se disponen en dirección perpendicular a los estribos y que tienen por misión equilibrar los empujes horizontales de los faldones opuestos. El comportamiento del tirante solo es el de una pieza sometida a tracción axial a su propio peso, Figura N°5” (p.32).



**Figura 4 — Comportamiento asimétrico por cargas del viento**  
Extraído de Herrero et al., (2013)



**Figura 5 — Comportamiento estructural de los elementos del tejero par y nudillo**  
 Extraído de Herrero et al., (2013)

### 3.2.2.6 Agrupamiento de la madera para su uso como material estructural

Para Norma Técnica Peruana E.010 (2016), “el agrupamiento para el uso estructural de la madera está basado en los valores de la densidad básica y de la resistencia mecánica. Los valores de la densidad básica, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles para los grupos A, B y C son las siguientes” (p.169).

**Tabla 3 — Densidad Básica**

	Densidad básica g/cm <sup>3</sup>
<b>A</b>	≥0.71
<b>B</b>	0.56 a 0.70
<b>C</b>	0.40 a 0.55

Extraído de NTP E.010(2016)

**Tabla 4 — Modulo de elasticidad**

Grupo	Módulo de elasticidad (E) Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	
	E mínimo	E Promedio
<b>A</b>	9316(95000)	12748 (130 000)
<b>B</b>	7355(75000)	9806 (100 000)
<b>C</b>	5394(55000)	8826 (90 000)

Extraído de NTP E.010(2016)

**Tabla 5 — Esfuerzos Admisibles**

Grupo	Esfuerzos admisibles Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Flexión f <sub>m</sub>	Tracción Paralela f <sub>t</sub>	Compresión Paralela f <sub>c</sub> //	Compresión Perpendicular f <sub>c</sub> ⊥	Corte Paralelo f <sub>v</sub>
<b>A</b>	20,6 (210)	14,2 (145)	14,2 (145)	3,9 (40)	1,5 (15)
<b>B</b>	14,7 (150)	10,3 (105)	10,8 (110)	2,7 (28)	1,2 (12)
<b>C</b>	9,8 (100)	7,3 (75)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo

Extraído de E.010(2016)



### 3.2.2.7 Diseño estructural

#### A. Método de análisis

“Se considera adecuado analizar estructuras o elementos estructurales de madera suponiendo lineal, ya que niveles de carga que producen esfuerzos por debajo de los admisibles, el comportamiento es esencialmente lineal” (Norma E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016, p.163).

#### B. Método de diseño

“A diferencia del diseño en hormigón armado y en acero donde se usan métodos de resistencia última, las estructuras de madera se diseñan por *métodos de esfuerzos admisibles*, reduciendo la resistencia en vez de incrementar las cargas” (Norma E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016, p.163).

#### C. Esfuerzos admisibles

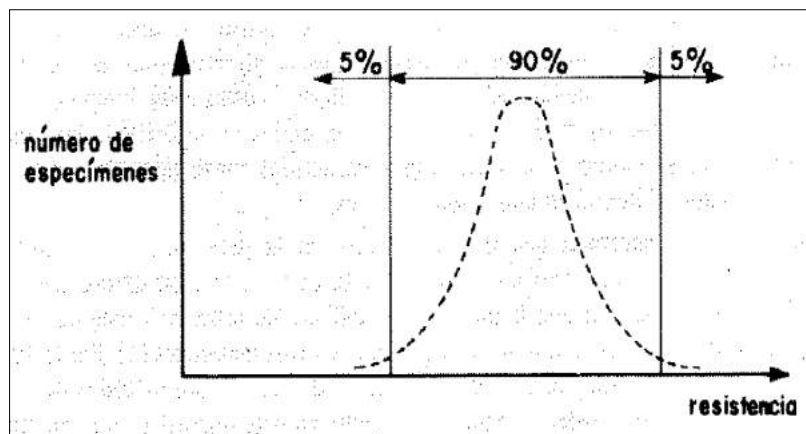
“Los esfuerzos admisibles están basados en resultados de ensayos con probetas pequeñas libres de defectos de 104 especies del Grupo Andino, incluyendo 20 del Perú. A diferencia del diseño en concreto armado y en acero, donde se usan métodos de resistencia última, las estructuras de madera en la práctica mundialmente establecida se diseñan por métodos de esfuerzos admisibles, reduciendo la resistencia en vez de incrementar las cargas. Considerándose como esfuerzo último lo siguiente:

- a) Compresión paralela a las fibras: Resistencia máxima.
- b) Compresión perpendicular a las fibras: Esfuerzo al límite de proporcionalidad.
- c) Tracción paralela a las fibras: Esfuerzo de rotura.
- d) Corte paralelo a las fibras: Esfuerzo de rotura.
- e) Flexión: Esfuerzo de rotura (módulo de rotura o *mor*)” (p.272).

El esfuerzo resistente en condiciones último ha sido definido como aquel correspondiente al límite de exclusión del 5% (es decir se espera que de toda la población existente de dicha especie solamente el 5% tenga una resistencia menor que este valor). Ordenando los resultados de los ensayos en forma creciente, el valor que define el límite de exclusión del 5% es el ensayo



número 0.05N, donde N es el número de probetas ensayadas (usualmente 20). Los esfuerzos admisibles o de diseño se obtuvieron modificando las resistencias últimas mínimas de la siguiente forma” (Norma E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones,2008, p.173).



**Figura 6 — Variabilidad de la resistencia de espécimen libres de defectos**  
Extraído de NTP E.010(2016)

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

Donde:

F.C = Factor de reducción por calidad

F. T = Factor de reducción por tamaño

F. S = Factor de servicio y seguridad

F.D.C = Factor de duración de carga

**Tabla 6 — Factores de reducción considerados**

	Flexión	Compresión Paralela	Corte Paralelo	Compresión Perpendicular
<b>F.C</b>	0.8	-	-	-
<b>F.T</b>	0.9	-	-	-
<b>F.S</b>	2.0	1.60	4.00	1.60
<b>F.D.C</b>	1.15	1.25	-	-

Extraído de NTP E.010(2016)

### **C.1 Factor de reducción por calidad, (F.C)**

Coefficiente de reducción por calidad (defectos). Es la relación entre el esfuerzo resistido por elementos a escala natural, vigas, por ejemplo, y el correspondiente esfuerzo para probetas pequeñas libres de defectos.

### **C.2 Factor de reducción por tamaño, (F.T)**

Representa la reducción en los esfuerzos resistidos por una pieza en función de su altura.

$$F.T = \left(\frac{5}{h}\right)^{\frac{1}{9}}$$

### **C.3 Factor de servicio y seguridad (F.S)**

“Este factor considera las incertidumbres respecto a: conocimiento de las propiedades del material y su variabilidad, la presencia de defectos no detectados al momento de la calificación visual, calidad de la mano de obra para una construcción adecuada, deterioro del material con el uso, el aumento de las cargas por posibles cambios en el destino o uso de las edificaciones” (Norma E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones,2016, p.163).

### **C.4 Factor de duración de carga (F.D.C)**

“Los esfuerzos de rotura de la carga disminuyen con la duración de la aplicación de la carga”.

### **C.5 Requisitos de resistencia**

“Los elementos estructurales deben diseñarse para que los esfuerzos aplicados, producidos por las cargas de servicio y modificados por los coeficientes aplicables en cada caso, sean iguales o menores que los esfuerzos admisibles del material” (Norma E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones,2016, p.163).

### **C.6 Requisitos de rigidez**

El diseño de elementos estructurales debe cumplir las siguientes consideraciones de rigidez.

- a) Las deformaciones deben evaluarse para las cargas de servicio.
- b) Se consideran necesariamente los incrementos de deformación con el tiempo (deformaciones diferidas) por acción de cargas aplicadas en forma continua.
- c) Las deformaciones de los elementos y sistemas estructurales deben ser menores o iguales que las admisibles.

**Tabla 7 — Deflexiones máximas admisibles**

Carga actuante	Con cielo raso de yeso	Sin cielo raso de yeso
Carga permanente + sobrecarga	1/300	1/250
Sobrecarga	1/350	1/350

Extraído de NTP E.010(2016)

### C.7 Cargas

Las estructuras deben diseñarse para soportar todas las cargas provenientes de:

- Peso propio y cargas muertas.
- Sobrecarga de servicio o cargas vivas.
- Sobrecargas de sismos, vientos, nieve.

### C.8 Carga muerta

Para Zapata (2004), “es una carga de gravedad fija en posición y magnitud, y se define como el peso de todos aquellos elementos que se encuentran permanentemente en la estructura o adheridos a ella, como tuberías, conductos de aire, aparatos de iluminación, acabados de superficie, cubiertas de techos, cielos rasos suspendidos” (p.4).

### C.9 Peso propio

Para Zapata (2004), “comprende todos los pesos de los materiales puestos en la estructura, su dirección es vertical y actuará mientras ella exista” (p.42).

### C.10 Carga viva

Para Zapata (2004), “es aquella carga de gravedad que actúa sobre la estructura cuando ésta se encuentra ya en servicio y que puede variar en posición y valor durante la vida útil de la estructura, pueden ser, las personas, muebles, equipo móvil, vehículos, y mercadería en depósito” (p.4).

### C.11 Carga viva del techo

“Las cargas mínimas serán para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc., cualquiera sea su pendiente, el valor de la carga viva es: 0.30 kPa (30 kgf/m<sup>2</sup>), excepto cuando en el techo puede haber acumulación de nieve” (Norma E. 020 Cargas, 2008).

### C.12 Carga de viento

Para Zapata (2004), “una situación de flujo típico se ilustra (ver anexo), donde el viento está soplando sobre una cara del edificio con techo a dos aguas. Los flujos son lentos o desacelerados a medida que se acercan al edificio, produciéndose una presión positiva en la cara de barlovento, creada la obstrucción, por causa del edificio, este flujo se vuelca alrededor de las esquinas y del techo. El flujo separado, origina una presión negativa o succión en los muros extremos. Una gran zona de baja presión de flujo retardado es creada a sotavento del edificio, la cual produce una succión en el muro de sotavento del techo” (p.9).

### C.13 Velocidad de diseño

“La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación (ver anexo), pero no menos de 75 km/h. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente expresión” (Norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2008).

$$V_h = V\left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

Donde:

$V_h$ : velocidad de diseño en la altura  $h$  en Km/h.

$V$ : velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h.

$h$ : altura sobre el terreno en metros.

### C.14 Carga exterior de viento

Para la Norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2008), “la carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa. Se calculará mediante la expresión”:

$$P_h = 0.005C(V_h)^2$$

Donde:

$P_h$ : Presión o succión del viento a una altura  $h$  en  $\text{kgf}/\text{m}^2$

$C$ : Factor de forma adimensional indicado en la Tabla N°8.

$V_h$ : Velocidad de diseño a la altura  $h$ , en km/h.



**Tabla 8 — Factores de forma (C)\***

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.7; -0.3	-0.6
* El signo positivo indica presión y el negativo succión.		

Extraído de Norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones

### **C.15 Cargas por nieve**

Para Zapata (2004), “aunque en Perú la mayoría de las estructuras se construyen en zonas donde la nieve no es significativa, es recomendable que los techos de las estructuras que se encuentren a una altitud de más de 3000 m. sean diseñados para una sobrecarga de nieve de un peso específico no menor de 150 kg/m<sup>3</sup>, y un espesor no menor de 30 cm” (p.7).

### **C.16 Combinación de cargas**

Para Norma E.020 Cargas (2015), “se consideran las que produzcan los efectos más desfavorables en el elemento estructural:

Combinación 1: D+L

Combinación 2: 0.75(D+L+W)

Combinación 3: D+W

Donde:

D: Carga muerta

L: Carga viva

W: Carga de viento” (p.379).

## **D. Diseño de elementos sometidos a flexo-compresión**

“Estos elementos deben diseñarse para satisfacer la siguiente expresión:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m / M}{Z f_m} < 1$$

Donde:

N = carga axial aplicada.

N<sub>adm</sub> = carga axial admisible.

k<sub>m</sub> = factor de magnificación de momentos debido a la presencia de la carga axial.

$|M|$  = momento flector máximo en el elemento (valor absoluto).

$f_m$  = esfuerzo admisible en flexión.

$Z$  = Módulo de la sección transversal con respecto al eje alrededor del cual se produce la flexión”

### D.1 Factor de magnificación de momentos debido a la presencia de la carga axial ( $k_m$ )

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$$

Donde:

$N$  = carga axial aplicada

$N_{cr}$  = carga crítica de Euler para pandeo en la dirección en que se aplican los momentos de flexión.

### D.2 Carga crítica de Euler ( $N_{cr}$ )

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{l_{ef}^2}$$

Donde:

$E$  = Modulo de elasticidad

$I$  = Inercia

$l_{ef}$  = Longitud efectiva

### D.3 Longitud efectiva ( $l_{ef}$ )

Es una longitud teórica equivalente con articulaciones en sus extremos. La longitud efectiva de los distintos elementos de una armadura se determinará según la siguiente tabla.

**Tabla 9 — Longitud efectiva**

Elemento	d	$L_{ef}$
Cuerda (en el plano de la armadura)	h	$0.4(L_1+L_2)$ o $0.4(L_2+L_3)$
Sector de cuerda entre correas	b	$L_c$
Montante o diagonal	b	$0.8ld$

Extraído de NTP E.010(2016)



### E. Diseño de elementos sometidos a flexión

$$\sigma_m = \frac{M}{I} C = \frac{M}{Z} < f_m$$

Donde:

M: Máximo momento flector aplicado, cm<sup>4</sup>.

I: Momento de inercia de la sección transversal con relación al eje alrededor del cual se produce la flexión.

C: Distancia del eje neutro a la fibra extrema en flexión.

Z: Módulo de la sección correspondiente.

Para secciones rectangulares

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$c = \frac{h}{2}$$

$$I = \frac{bh^2}{6}$$

$$\sigma_m = \frac{6M}{bh^2} < f_m$$

Donde b, h son las dimensiones de la sección transversal.

### 3.2.2.8 Criterios Estadísticos

#### A. Media aritmética

Para Córdova (2003), “la media aritmética, se denomina simplemente media, es la suma de los valores observados de la variable, dividido por el número de observaciones. Para valores de una variable X observados en una muestra, la media aritmética se denota por  $\bar{x}$ . La media de n valores X1, X1,..... Xn, de la variable cuantitativa X, observados en una muestra es el número”, (p.56).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_1}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$ : Promedio

$\sum_{i=1}^n x_1$  = Sumatoria de datos

n=Cantidad de muestras” (p.65)



## B. Varianza

Para Córdova (2003), “la varianza, es una medida que cuantifica el grado de dispersión o de variación de los valores de una variable cuantitativa con respecto a su media aritmética. Si los valores tienden a concentrarse alrededor de su media, la varianza será pequeña. Si los valores tienden a distribuirse lejos de la media, la varianza será grande. La varianza se define como la media aritmética de los cuadrados de la diferencia de los datos con respecto su medida aritmética. La varianza calculada a partir de una muestra se denotada por  $s^2$  y referida a una población se denota por  $\sigma^2$ ” (p.65).

## C. Varianza población

Para Córdova (2003),”la varianza de una población finita de N datos  $X_1, X_2 \dots X_n$ , y cuya medida es  $\mu$ , se define por:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

Donde:

$\sigma^2$  : Varianza.

$X_i$  : Variable o dato estadístico.

$\bar{X}$ : Promedio.

N : Número de datos” (p.65)

## D. Desviación estándar

Para Córdova (2003), “la desviación estándar es la raíz cuadrada positiva de la varianza. La desviación estándar calculada a partir de una muestra se denotará por  $s = \sqrt{s^2}$ , y referida a la población por  $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Donde:

$\sigma^2$  : Desviación estándar.

$X_i$  : Variable o dato estadístico

$\bar{X}$ : Promedio.

N : Numero de datos” (p.65).



### E. Coeficiente de variación

Para Córdoba (2003), “el coeficiente de variación C.V. es una medida de dispersión relativa (libre de unidades de medidas), que se define como la desviación estándar dividido por la media aritmética. El coeficiente de variación se utiliza para comparar la variabilidad de dos o más series de datos que tengan medidas iguales o diferentes o que tengan unidades de medias iguales o diferentes” (p.70).

$$C.V = \frac{S}{\bar{X}} \text{ en } \%$$

### F. Criterio de Chauvenet

Según Sales de Lopez (2005), “el criterio de Chauvenet es un método para calcular si un dato experimental, de un conjunto de datos experimentales, es probablemente un valor atípico.

Para aplicar el Criterio de Chauvenet, primero se calcula la media y la desviación estándar (típica) de la información observada. Basándose en cuánto difiere el valor dudoso de la media, se utiliza la función de distribución normal, para determinar la probabilidad de que un dato sea un valor del dato dudoso.

$$\frac{ABS(X_i - \mu)}{S} \leq 2.0$$

$X_i$  = Variable o Dato estadístico

S = Desviación estándar

$\mu$  = Promedio aritmético

ABS = Valor absoluto”

### G. La prueba t

Para Hernandez, Fernandez y Baptista (2014), “la prueba t se basa en una distribución muestral o poblacional de diferencia de medias conocida como la distribución t de Student que se identifica por los grados de libertad, los cuales constituyen el número de maneras en que los datos pueden variar libremente. Son determinantes, ya que nos indican qué valor debemos esperar de t, dependiendo del tamaño de los grupos que se comparan” (p.310).



### 3.3 Marco conceptual

- a) **Propiedades físicas:** Son aquellas propiedades que impresionan nuestros sentidos sin alterar su composición interna o molecular.
- b) **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.
- c) **Madera estructural:** Se denomina así a aquella madera que constituye el armazón estructural de la edificación, forma la parte resistente de componentes como: muros, paredes, pisos, techos, pie-derechos, columnas, vigas y cerchas.
- d) **Anisotrópico:** Es anisotrópico, en el sentido de que tiene propiedades y características diferentes en cada dirección, longitudinal, radial y tangencial.
- e) **Madera Conífera:** Tiene una estructura anatómica homogénea.
- f) **Madera Latifoliada:** Tiene una estructura anatómica heterogénea.
- g) **Madera con contenido de humedad natural:** Madera que no ha sufrido ningún proceso de secado.
- h) **Madera anhidra:** Es aquella madera en la que se ha eliminado todo su contenido de humedad.
- i) **Higroscopicidad:** Es la capacidad que tienen ciertos materiales de absorber la humedad de la atmósfera que le rodea y de retenerla en forma de agua líquida o vapor de agua.
- j) **Agua libre:** Se encuentra llenando las cavidades celulares.
- k) **Agua higroscópica:** Es el agua que se encuentra contenida en las paredes celulares.
- l) **Agua de constitución:** Se encuentra formando parte integrante de la estructura.
- m) **Madera Aserrada:** Son trozos de madera maciza conseguidas por el aserrado del árbol, generalmente cuadradas, es decir con caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas. La madera aserrada ofrece muchas variedades de usos como vigas, columnas, listones, armaduras, tablas y otros.
- n) **Tijerales:** Conjunto de vigas que colocadas sobre los muros y apoyadas en sus extremos sostiene la cobertura de una estructura. El tijeral es el esqueleto que da forma de una, dos o más caídas a la cobertura de una vivienda.
- o) **Diseño Estructural:** Es un conjunto de procedimientos que se enmarca determinar la estabilidad, resistencia y la rigidez de las estructuras con el objetivo de producir una estructura capaz de resistir todas las cargas aplicadas sobre sí sin fallas durante su vida de uso.



- p) **Esfuerzo de rotura u esfuerzo último:** Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo “El Esfuerzo de Rotura”, esfuerzo último o tensión de rotura de la pieza de madera.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

##### 4.1.1 Tipo de investigación

**Por su finalidad es una investigación aplicada.** Para Borja (2012) “es aplicada por que busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática” (p.10).

**Por su enfoque es una investigación cuantitativa.** Para Sampieri (2014), “es cuantitativa dado que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías, así mismo tiene un conjunto de procesos que es secuencial y probatorio” (p.4).

##### 4.1.2 Nivel de investigación

**Es descriptivo.** Para Sampieri (2014) la investigación es de nivel Descriptivo por que busca especificar las propiedades y características de una población que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren. (p.92).

#### 4.2 Diseño de investigación

**Diseño no experimental.** Para Sampieri (2014) “son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente para analizarlos” (p.152).

**Transeccional o transversal.** Para Sampieri (2014), “investigaciones que recopilan datos en un solo momento único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (p.155).

#### 4.3 Población y muestra

##### 4.3.1 Población

##### 4.3.1.1 Descripción y cuantificación de la población

Los materiales de ensayo del estudio se recolectaron de dos Sectores: el primer sector de donde se recolectaron fue Taraccasa con una extensión de 75 ha conformado por las plantaciones de árboles de eucalipto y ciprés, ubicada a 7.2 km de la ciudad de Abancay a una altitud de 2785 m.s.n.m. y la segunda por las



plantaciones de árboles de pino del sector de Socllaccasa con una extensión de 36 ha, ubicada a 39 km de la ciudad de Abancay a una altitud de 3800 m.s.n.m.

## 4.3.2 Muestra

### 4.3.2.1 Descripción de la muestra

La muestra estuvo constituida por los árboles de Eucalipto y Ciprés del Sector de Taraccasa y Pino del Sector de Socllaccasa de la Provincia de Abancay – Apurímac con las siguientes características:

- Que tenga  $D > 30$  cm a la altura del pecho.
- Que tenga fuste recto y que tenga una altura mayor de 6 m.
- Que pertenezcan a la especie a seleccionar.
- Que no sea producto de retoño.

### 4.3.2.2 Cuantificación de la muestra

La muestra en estudio está conformada por 10 de árboles de eucalipto, 10 árboles de ciprés del sector de Taraccasa y 10 árboles de pino del sector de Socllaccasa, según la NTP 251.008; de las cuales se realizaron 450 probetas como indica la Tabla N°10.

**Tabla 10 — Cantidad de muestra por tipo de ensayo**

Ensayo	Norma	Cantidad de probetas de madera		
		Eucalipto	Pino	Ciprés
<b>Propiedades Físicas</b>				
Contenido de humedad	NTP 251.010	Previos a los ensayos mecánicos		
Densidad básica	NTP 251.011	25	25	25
<b>Propiedades Mecánicas</b>				
Cizallamiento paralelo al grano	NTP 251.013	25	25	25
Compresión axial o paralela al grano	NTP 251.014	25	25	25
Compresión perpendicular al grano	NTP 251.016	25	25	25
Flexión estática	NTP 251.017	25	25	25
Tracción paralela al grano	Manual de prácticas EDIBON	25	25	25
<b>Total</b>		<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>

#### **4.3.2.3 Método de muestreo**

El método de muestreo que se utilizó en la investigación fue no probabilístico, también llamadas muestras dirigidas o por conveniencia debido a que se seleccionaron las muestras de árboles por conveniencia, se seleccionó los 10 árboles dentro de un bloque dada la conveniencia de accesibilidad y el buen estado de los árboles.

#### **4.3.2.4 Criterio de evaluación de la muestra**

Se realizaron 150 probetas a partir de 10 árboles por cada especie según la NTP 251.008, para determinar las propiedades físicas y mecánicas, las cuales estuvieron a un contenido de humedad del 12%, de las cuales cada 25 probetas por especie fueron evaluados para los siguientes ensayos: densidad básica (NTP 251.011), cizallamiento paralelo al grano (NTP 251.013), compresión paralela al grano (NTP 251.014), compresión perpendicular al grano (NTP 251.016), flexión estática (NTP 251.017) y tracción paralela al grano (Manual de prácticas EDIBON)

#### **4.4 Procedimiento.**

El procedimiento tiene 5 etapas que son:

PRIMERA ETAPA: trabajo de campo.

SEGUNDA ETAPA: trabajo de laboratorio.

TERCERA ETAPA: trabajo de gabinete.

CUARTA ETAPA: cálculos.

QUINTA ETAPA: diseño y construcción de un tijeral par y nudillo.

SEXTA ETAPA: interpretación de los resultados, Figura N°7.

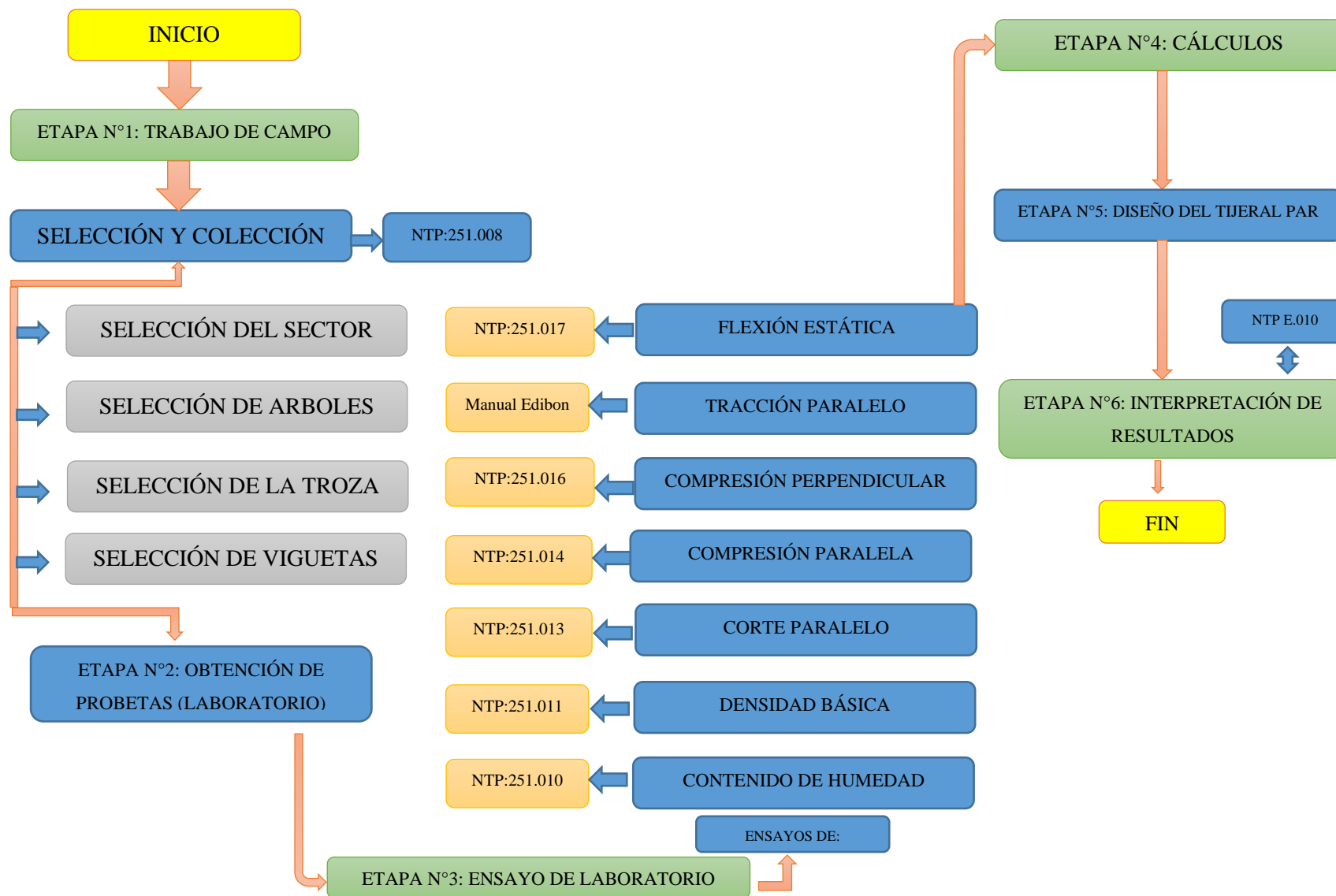


Figura 7 — Procedimiento de la Investigación

#### 4.4.1 Recolección de muestra

##### 4.4.1.1 Reconocimiento preliminar

Con la finalidad de tener una visión completa de la masa forestal se realizó un estudio preliminar mediante fotografías aéreas (Google earth), visitas “in situ” para un reconocimiento general de ambos sectores del cual se seleccionaron las muestras. En base a este reconocimiento aéreo y visual se dividieron los dos sectores en bloques para seleccionar las muestras.

##### 4.4.1.2 Selección y colección de muestras

Para la selección y colección de muestras se tomó como referencia la (NTP 251.008).

#### A. Equipos

- Motosierra.
- Wincha.
- Soga.

#### B. Procedimiento

El procedimiento fue como se describe a continuación:

#### C. División del sector de Taraccasa y Socclaccasa en bloques

El sector de Taraccasa con población de madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y madera ciprés (*Cupressus lusitánica*) con una extensión de 75 ha, se ha dividido en 10 bloques, de la misma forma el sector de Socclaccasa con población de madera pino (*Pinus radiata*) con una extensión de 36 ha, se ha dividido en 10 bloques los cuales se seleccionaron 01 árbol de cada bloque haciendo un total de 10 árboles por cada especie a estudiar.

#### D. Selección del árbol o apeo

Teniendo 10 bloques en cada sector, se seleccionaron al azar 01 árbol por bloque para tener una total de 10 árboles de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), 10 árboles de ciprés (*Cupressus lusitánica*) y 10 árboles de pino (*Pinus radiata*). El árbol representativo de cada bloque se seleccionó bajo las siguientes condiciones o características:



- Que tenga  $D > 30$  cm a la altura del pecho.
- Que tenga fuste recto y que tenga una altura mayor de 6 m.
- Que pertenezcan a la especie a seleccionar.
- Que no sea producto de retoño.

#### **E. Apeo y selección de troza del árbol**

Se apeó el árbol de unos 45 cm del suelo para cortarlas en trozas de 1.60 m de largo teniendo un promedio de 6 trozas por árbol el cual se escogió al azar.

#### **F. Selección de la vigueta dentro de la troza**

Se dividió la troza en viguetas cortándolo la parte de la medula central de dicha troza del cual se han elaborado la cantidad de probetas requeridas con los tamaños especificados para cada ensayo.

### **4.4.2 Ensayos de las propiedades físicas**

#### **4.4.2.1 Contenido de humedad**

Para determinar el contenido de humedad se ha tomado como referencia (NTP 251.010).

#### **A. Equipo y/o materiales**

- Horno, con capacidad de temperatura de  $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .
- Higrómetro.
- Balanza de precisión.
- Recipientes.
- Cronómetro.

#### **B. Muestra y/o espécimen**

Las muestras son 375 probetas (125 eucalipto + 125 pino + 125 ciprés).

#### **C. Procedimiento**

- Las probetas fueron secadas en un horno a una temperatura gradual de ( $40\text{ °C}$ ,  $60\text{ °C}$ ,  $80\text{ °C}$ ,  $103\text{ °C}$ ), hasta alcanzar un contenido de humedad seco promedio de (12-13) %.
- Se retira del horno para enfriar y registrar su contenido de humedad con un higrómetro antes y después de los ensayos.



#### D. Toma de datos

Se han registrado contenido de humedad en porcentaje de todos los ensayos mecánicos.

#### 4.4.2.2 Ensayo de densidad básica

Para determinar la densidad básica se ha tomado como referencia la (NTP 251.011)

##### A. Equipo y/o materiales

- Balanza analítica de precisión de  $\pm 2$ gr.
- Horno, con capacidad de temperatura de  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Vernier de 15cm.

##### B. Muestra y/o especimen

La muestra estuvo conformada por 25 probetas de madera de eucalipto, 25 probetas de madera pino y 25 probetas de madera ciprés, de 3cm por 3cm de sección transversal y 10cm de longitud para este ensayo.

##### C. Procedimiento

- Se han registrado sus dimensiones largo, ancho y espesor de todas las probetas en su contenido de humedad inicial verde superior a 30%.
- Una vez registrado sus dimensiones las probetas fueron secadas en un horno a una temperatura gradual de ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), hasta alcanzar un peso constante.
- Una vez alcanzado el peso constante se retiro las probetas del horno para dejar enfriar, para luego proceder a pesar las 75 probetas una a una.

#### D. Toma de datos

**Tabla 11 — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto**

N° probetas	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso seco (g)
D - 1E	10.00	3.05	3.05	79.20
D - 2E	10.10	2.95	3.00	80.10
D - 3E	10.00	3.00	2.90	76.80
D - 4E	10.00	3.00	3.00	86.20
D - 5E	10.00	3.00	3.05	81.70
D - 6E	10.10	3.00	3.05	83.50
D - 7E	10.00	3.00	3.00	82.40
D - 8E	10.05	3.00	3.05	82.90
D - 9E	10.05	3.00	3.05	82.90
D - 10E	10.05	3.00	3.10	86.50

D - 11E	10.10	3.00	3.00	78.10
D - 12E	10.00	2.90	3.05	85.20
D - 13E	10.15	3.00	3.00	81.10
D - 14E	10.00	2.95	3.00	78.70
D - 15E	10.05	3.00	3.05	87.30
D - 16E	10.05	3.00	3.10	84.10
D - 17E	10.05	3.00	3.10	80.60
D - 18E	10.10	3.00	3.00	87.90
D - 19E	10.00	3.00	3.05	85.60
D - 20E	10.05	3.00	3.05	83.40
D - 21E	10.10	3.00	3.15	82.70
D - 22E	10.00	3.00	3.10	92.10
D - 23E	10.00	3.05	3.05	90.10
D - 24E	10.10	3.00	3.05	78.80
D - 25E	10.00	3.00	3.10	78.40

**Tabla 12 — Toma de datos de la probeta de la madera pino**

N° probetas	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso seco (g)
D - 1P	10.10	3.00	3.00	59.10
D - 2P	10.00	3.00	3.00	53.10
D - 3P	10.00	3.00	3.05	60.10
D - 4P	10.10	3.00	3.00	60.70
D - 5P	10.00	2.90	3.10	48.70
D - 6P	10.10	3.00	3.10	52.00
D - 7P	10.00	2.95	3.00	57.30
D - 8P	10.05	3.00	2.90	50.70
D - 9P	10.05	3.00	2.95	48.30
D - 10P	10.05	3.00	3.05	59.40
D - 11P	10.10	3.00	3.05	51.00
D - 12P	10.00	3.00	3.00	54.00
D - 13P	10.05	3.00	3.05	50.60
D - 14P	10.10	3.00	3.05	51.50
D - 15P	10.00	3.05	3.10	53.70
D - 16P	10.00	3.00	3.15	51.80
D - 17P	10.00	3.00	3.10	53.40
D - 18P	10.15	3.00	3.05	51.30
D - 19P	10.00	3.00	3.05	49.80
D - 20P	10.05	3.00	3.05	60.30
D - 21P	10.05	3.00	3.05	54.80
D - 22P	10.05	2.95	3.10	50.90
D - 23P	10.10	3.00	3.10	51.30
D - 24P	10.00	3.00	3.00	53.40
D - 25P	10.05	3.00	3.05	50.70

Tabla 13 — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés

N° probetas	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso seco (g)
D - 1C	10.05	3.00	3.05	40.9
D - 2C	10.05	2.95	3.10	43.9
D - 3C	10.10	3.00	3.10	40.7
D - 4C	10.00	3.00	3.00	46.1
D - 5C	10.05	3.00	3.05	46.9
D - 6C	10.00	3.00	3.10	46.3
D - 7C	10.05	3.00	3.15	44.4
D - 8C	10.10	3.00	3.10	46.6
D - 9C	10.00	3.00	3.05	42.4
D - 10C	10.05	3.00	3.05	44.7
D - 11C	10.10	3.00	3.00	37.3
D - 12C	10.00	3.00	3.00	50.2
D - 13C	10.00	3.00	3.00	42.3
D - 14C	10.10	2.90	3.05	39.9
D - 15C	10.00	2.95	3.00	45.4
D - 16C	10.10	3.00	3.10	42.8
D - 17C	10.00	3.00	3.10	39.6
D - 18C	10.05	3.00	3.00	40.4
D - 19C	10.05	3.05	2.90	40.1
D - 20C	10.05	3.00	2.95	38.6
D - 21C	10.10	3.00	3.05	41.1
D - 22C	10.00	3.00	3.05	40.5
D - 23C	10.00	3.00	3.00	43.8
D - 24C	10.00	3.00	3.05	46.8
D - 25C	10.15	3.00	3.05	43.0

#### 4.4.3 Ensayos de las propiedades mecánicas

##### 4.4.3.1 Ensayo de resistencia a corte paralelo al grano

Para determinar el ensayo de corte paralelo al grano se ha tomado como referencia la (NTP 251.013).

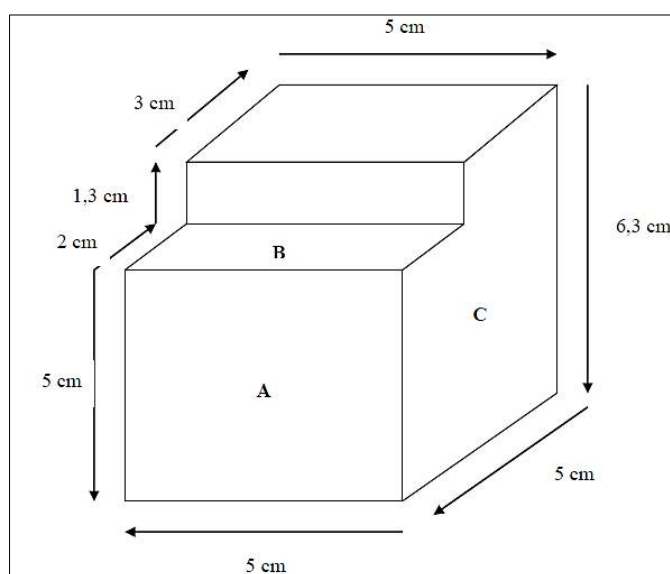
##### A. Equipo y/o materiales

- Máquina de compresión Humboldt.
- Cizalla (placa base y una cruceta soldada).
- Placa de carga.
- Vernier de 15cm.

- Higrómetro.
- Balanza analítica de precisión de  $\pm 2$ gr.

## B. Muestra y/o espécimen

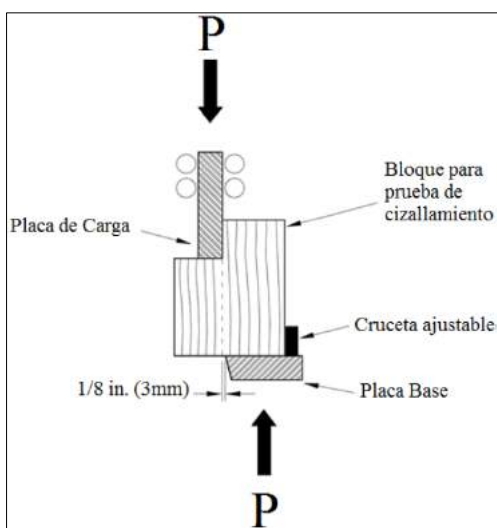
Las muestras fueron 25 probetas de madera de eucalipto, 25 probetas de madera pino y 25 probetas de madera ciprés, de 5 cm x 5 cm x 6,3 cm, recortadas en una de sus caras como se muestra en la figura N°8.



**Figura 8 — Probeta de Corte**  
Extraído de NTP 251.013

## C. Procedimiento

- Las probetas fueron secadas en un horno a una temperatura gradual de (40 °C, 60 °C, 80 °C, 103 °C), hasta alcanzar el porcentaje de contenido de humedad requerido de (12-13) %.
- Al alcanzar el porcentaje de contenido de humedad requerido se retiraron las 75 probetas del horno, y se enfriaron.
- Una vez enfriados se procedieron a determinar sus dimensiones ancho, espesor, largo y pesados las 75 probetas una a una.
- Seguidamente se ensayaron las 25 probetas de eucalipto, 25 de pino y 25 de ciprés en la máquina de compresión, se acoplo una cizalla y una placa en la base con un espacio de 3mm del medio de la probeta.



**Figura 9 — Ensayo de corte paralelo al grano**  
Extraído de NTP 251.013



**Figura 10 — Ensayo de corte paralelo al grano**

#### D. Toma de datos

Se han registrado la altura, espesor, el peso seco y la carga máxima soportada por las probetas hasta el momento de su falla o ruptura de las especies en estudio, como se muestra en las tabla N°14, N°15 y N°16.

**Tabla 14 — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto**

N° probetas	Altura (cm)	Espesor (cm)	Peso seco (g)	Carga (kg)	Contenido humedad (%)
CZ - 1E	5.00	5.00	134.35	1920	12.8
CZ - 2E	5.10	5.10	127.47	2610	12.5
CZ - 3E	5.00	5.00	130.63	2200	12.2
CZ - 4E	4.95	4.95	130.73	2280	12.4
CZ - 5E	5.00	5.00	128.91	1950	12.9
CZ - 6E	5.00	5.00	138.72	2480	11.9
CZ - 7E	5.00	5.00	130.30	2090	12.7
CZ - 8E	5.10	5.10	130.55	2450	12.8
CZ - 9E	5.20	5.20	132.46	2350	12.4
CZ - 10E	5.00	5.00	127.58	2400	12.3
CZ - 11E	5.10	5.00	136.49	2470	12.4
CZ - 12E	5.00	5.10	128.66	1900	12.1
CZ - 13E	4.95	5.00	131.63	2100	12.7
CZ - 14E	5.00	4.95	134.44	2200	12.6
CZ - 15E	5.00	5.00	125.27	1890	13.0
CZ - 16E	5.00	5.00	132.16	2320	12.5
CZ - 17E	5.10	5.00	130.43	2240	12.6
CZ - 18E	5.00	5.10	129.15	2170	12.9
CZ - 19E	4.95	5.00	125.15	2200	12.0
CZ - 20E	5.00	4.95	122.28	2230	11.9
CZ - 21E	5.00	5.00	125.02	3210	12.3
CZ - 22E	5.00	4.95	121.28	1980	12.4
CZ - 23E	5.10	5.00	140.77	2600	12.9
CZ - 24E	5.20	5.00	134.82	2290	12.9
CZ - 25E	5.00	5.00	125.16	1860	12.5

**Tabla 15 — Toma de datos de la probeta de la madera pino**

N° probetas	Altura (cm)	Espesor (cm)	Peso seco (g)	Carga (kg)	Contenido humedad (%)
CZ - 1P	5.00	5.00	81.39	680	12.5
CZ - 2P	5.10	5.10	79.44	1240	12.2
CZ - 3P	5.00	5.00	84.96	1560	12.7
CZ - 4P	4.95	4.95	88.08	2120	12.1
CZ - 5P	5.00	5.00	80.86	1410	11.7
CZ - 6P	5.00	5.00	78.61	590	11.9
CZ - 7P	5.00	5.00	82.03	1520	12.7
CZ - 8P	5.10	5.10	89.13	1480	12.3
CZ - 9P	5.20	5.20	81.17	1590	12.7
CZ - 10P	5.00	5.00	83.10	1400	12.7
CZ - 11P	5.10	5.00	82.84	1290	12.8

CZ - 12P	5.00	5.10	73.80	1280	12.5
CZ - 13P	4.95	5.00	78.98	1880	12.5
CZ - 14P	5.00	4.95	88.91	1870	12.1
CZ - 15P	5.00	5.00	87.43	1750	12.6
CZ - 16P	5.00	5.00	79.64	690	12.3
CZ - 17P	5.10	5.00	83.99	1830	12.4
CZ - 18P	5.00	5.10	82.47	1820	12.1
CZ - 19P	4.95	5.00	84.34	1550	12.4
CZ - 20P	5.00	4.95	79.64	1270	12.5
CZ - 21P	5.00	5.00	77.17	1370	12.7
CZ - 22P	5.00	4.95	87.53	1100	12.0
CZ - 23P	5.10	5.00	80.90	700	12.6
CZ - 24P	5.20	5.00	88.12	1850	12.5
CZ - 25P	5.00	5.00	79.88	820	11.7

**Tabla 16 — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés**

N° probetas	Altura (cm)	Espesor (cm)	Peso seco (g)	Carga (kg)	Contenido humedad (%)
CZ - 1C	5.00	5.00	72.29	810.00	12.5
CZ - 2C	5.10	5.10	70.54	340.00	12.5
CZ - 3C	5.00	5.00	76.17	420.00	12.2
CZ - 4C	4.95	4.95	68.62	580.00	12.3
CZ - 5C	5.00	5.00	78.95	530.00	12.2
CZ - 6C	5.00	5.00	70.51	490.00	12.6
CZ - 7C	5.00	5.00	78.38	370.00	12.8
CZ - 8C	5.10	5.10	71.82	602.00	12.2
CZ - 9C	5.20	5.20	76.14	480.00	11.9
CZ - 10C	5.00	5.00	73.25	490.00	12.7
CZ - 11C	5.10	5.00	69.83	540.00	12.1
CZ - 12C	5.00	5.10	74.85	550.00	12.6
CZ - 13C	4.95	5.00	72.66	510.00	12.7
CZ - 14C	5.00	4.95	75.17	480.00	12.7
CZ - 15C	5.00	5.00	71.40	430.00	13.0
CZ - 16C	5.00	5.00	71.83	440.00	12.9
CZ - 17C	5.10	5.00	72.71	400.00	12.4
CZ - 18C	5.00	5.10	70.08	420.00	12.5
CZ - 19C	4.95	5.00	71.27	330.00	12.3
CZ - 20C	5.00	4.95	73.30	510.00	12.9
CZ - 21C	5.00	5.00	67.11	540.00	12.6
CZ - 22C	5.00	4.95	72.89	610.00	12.2
CZ - 23C	5.10	5.00	75.59	400.00	12.7
CZ - 24C	5.20	5.00	74.11	400.00	12.2
CZ - 25C	5.00	5.00	72.35	480.00	11.7



#### 4.4.3.2 Ensayo de compresión axial o paralela al grano

Para determinar el ensayo de compresión axial o paralela al grano se ha tomado como referencia la (NTP 251.014).

##### A. Equipo y/o materiales:

- Máquina de compresión automática controls.
- Transductor de carga.
- Vernier de 15cm.
- Higrómetro.
- Balanza analítica de precisión de  $\pm 2$ gr.

##### B. Muestras

Las muestras fueron 25 probetas de madera de eucalipto, 25 probetas de madera pino y 25 probetas de madera ciprés, de 5 cm x 5 cm de sección transversal y 20 cm de longitud.

##### C. Procedimiento

- Las probetas fueron secadas en un horno a una temperatura gradual de (40 °C, 60 °C, 80 °C, 103 °C), hasta alcanzar el porcentaje de contenido de humedad seco promedio de (12-13) %.
- Al alcanzar el porcentaje de contenido de humedad requerido se retiraron las 75 probetas del horno, y se enfriaron.
- Una vez enfriados se procedieron a determinar sus dimensiones ancho, espesor, largo y pesados las 75 probetas una a una.
- Seguidamente se ensayaron las 25 probetas de eucalipto, 25 de pino y 25 de ciprés en la máquina de compresión.

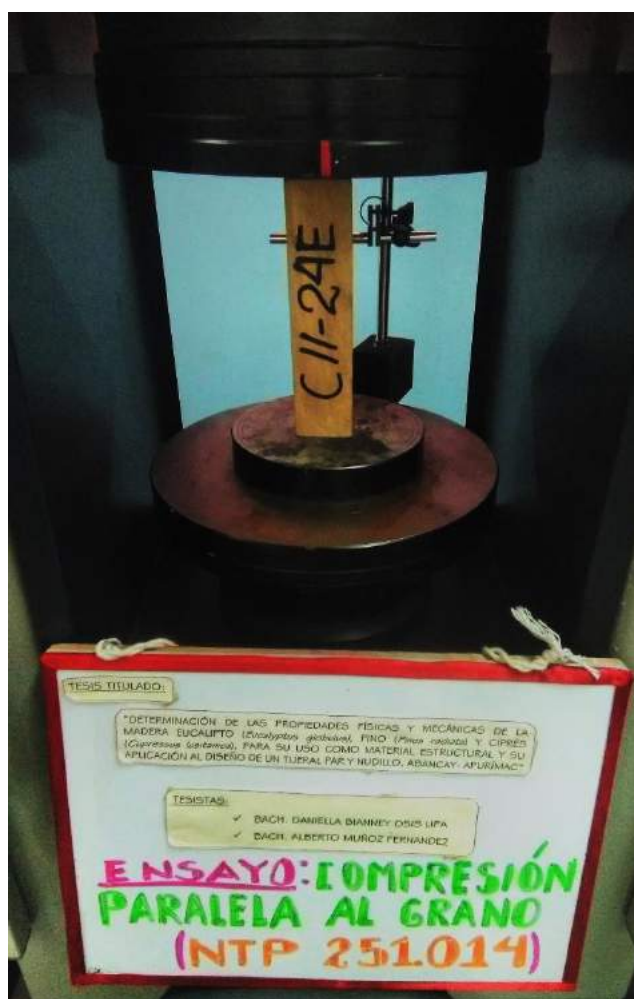


Figura 11 — Probeta en ensayo

#### 4.4.3.3 Toma de datos

Se registraron el ancho, espesor, largo, peso seco, contenido de humedad, carga máxima soportada hasta el momento de falla, deformación máxima experimentada hasta el momento de falla, de tres especies en estudio, como se muestra en la Tabla N°17, N°18 y N°19.

Tabla 17 — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto

N° probetas	Dimensiones			Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	Carga máxima (kg)	Deformación máxima (mm)
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
C// - 1E	5.10	5.00	20.10	446.8	12.3	12075	2.5
C// - 2E	5.05	5.00	20.10	373.9	12.1	9354	2.0
C// - 3E	5.10	5.05	20.00	374.9	12.7	9434	2.1
C// - 4E	4.95	5.10	20.10	309.8	12.8	10180	2.0
C// - 5E	5.00	5.05	20.10	396.5	12.0	10410	2.1
C// - 6E	5.05	5.10	20.10	372.7	12.3	10370	2.2
C// - 7E	5.00	5.10	20.05	338.4	12.3	9624	2.1
C// - 8E	5.05	5.00	20.10	376.8	12.7	10560	2.2
C// - 9E	5.10	5.05	20.20	465.0	12.9	11484	1.8
C// - 10E	5.10	5.15	20.10	370.1	12.3	12032	2.2

C// - 11E	5.05	5.10	20.10	380.2	12.1	10840	2.3
C// - 12E	5.10	4.95	20.10	444.8	12.0	9800	3.5
C// - 13E	5.10	4.90	20.10	377.3	12.6	12106	2.5
C// - 14E	5.05	5.00	20.20	495.5	12.5	11240	2.1
C// - 15E	5.10	4.95	20.10	421.9	12.1	11321	1.9
C// - 16E	5.00	5.00	20.15	480.3	12.5	9742	2.0
C// - 17E	5.05	5.10	20.10	426.3	12.6	10669	2.5
C// - 18E	5.00	5.10	20.10	479.6	12.0	8142	3.4
C// - 19E	5.00	5.00	20.00	367.8	11.9	9314	2.3
C// - 20E	5.05	5.05	20.10	433.8	11.6	10781	2.1
C// - 21E	5.00	5.05	20.00	456.6	12.7	12065	2.5
C// - 22E	5.00	5.15	20.10	360.1	12.4	11678	2.5
C// - 23E	5.05	4.90	20.10	389.9	12.5	10781	2.1
C// - 24E	4.90	5.15	20.05	461.8	12.9	11331	2.0
C// - 25E	5.00	4.95	20.10	428.1	12.1	11431	2.0

**Tabla 18 — Toma de datos de la probeta de la madera pino**

N° probetas	Dimensiones			Peso (g)	Contenido humedad (%)	Carga máxima (kg)	Deformación máxima (mm)
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
C// - 1P	5.15	5.00	20.05	321.0	12.0	8837	5.9
C// - 2P	5.00	5.05	20.1	286.9	12.1	9230	1.9
C// - 3P	5.05	5.10	20.2	322.2	12.0	7254	5.0
C// - 4P	5.10	5.10	20.1	304.1	12.6	7101	5.0
C// - 5P	5.05	5.05	20.1	304.1	12.7	8137	2.7
C// - 6P	5.10	5.10	20.1	307.7	12.1	6691	4.8
C// - 7P	5.10	4.90	20.1	305.7	12.0	9540	1.8
C// - 8P	4.95	5.05	20.1	234.1	11.9	9438	3.8
C// - 9P	5.05	5.00	20.1	302.3	11.7	8875	1.7
C// - 10P	5.10	5.00	20	303.4	12.0	7316	6.2
C// - 11P	5.00	5.05	20.1	287.6	12.5	6122	2.8
C// - 12P	5.00	5.00	20.1	276.6	12.1	5278	2.7
C// - 13P	5.10	5.00	20	283.7	12.3	5335	2.7
C// - 14P	4.95	5.05	20.1	284.6	12.6	6028	2.9
C// - 15P	5.00	5.00	20	293.9	12.7	6104	2.0
C// - 16P	5.00	5.05	20.1	309.4	12.6	6851	2.3
C// - 17P	4.95	5.10	20.1	303.4	12.5	8417	2.7
C// - 18P	5.10	4.95	20.05	302.4	12.8	6878	2.4
C// - 19P	5.10	5.00	20.1	289.1	12.5	9150	1.9
C// - 20P	5.10	5.05	20	306.8	12.4	5278	2.7
C// - 21P	5.00	5.00	20.1	297.4	12.2	9286	1.9
C// - 22P	5.05	5.05	20	322.8	12.5	5422	7.5
C// - 23P	5.05	5.10	20.1	329.0	12.1	7123	2.4
C// - 24P	5.15	5.00	20.1	289.5	12.3	6258	5.4
C// - 25P	5.00	5.00	20.1	282.8	12.0	8728	2.7

Tabla 19 — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés

N° probetas	Dimensiones			Peso (g)	Contenido humedad (%)	Carga máxima (kg)	Deformación máxima (mm)
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
C// - 1C	5.05	5.00	20.1	291.6	12.4	6267	4.3
C// - 2C	5.00	5.00	20.05	294.9	12.2	5197	5.9
C// - 3C	5.00	5.00	20.1	316.8	12.1	4575	4.0
C// - 4C	4.90	4.95	20.1	279.3	12.5	4208	4.5
C// - 5C	4.95	5.10	20.2	297.5	12.8	5625	4.4
C// - 6C	5.00	5.10	20.1	263.4	12.0	5297	5.9
C// - 7C	5.05	5.10	20	263.4	12.8	7316	6.2
C// - 8C	5.00	4.95	20.1	234.1	12.2	6002	4.2
C// - 9C	5.05	5.05	20.1	245.8	12.3	5788	3.7
C// - 10C	5.00	5.05	20.15	337	12.6	5309	4.8
C// - 11C	5.05	5.15	20.1	279.3	12.1	5340	5.0
C// - 12C	5.10	5.00	20	287.2	12.2	6022	2.8
C// - 13C	5.10	5.15	20.1	283.7	12.5	5492	7.0
C// - 14C	5.05	4.95	20.1	272.2	12.6	5554	5.4
C// - 15C	5.10	5.10	20.1	296.7	12.7	5982	3.8
C// - 16C	4.90	5.10	19.95	296.7	12.2	4749	2.4
C// - 17C	4.90	5.00	20.1	302	12.2	4749	2.4
C// - 18C	5.10	5.05	20.1	250	12.0	5625	4.0
C// - 19C	5.10	5.15	20.1	228.7	11.8	6104	2.0
C// - 20C	5.10	5.10	20	305	12.2	4881	3.4
C// - 21C	5.05	5.00	20.1	282	12.6	5808	9.1
C// - 22C	5.00	5.00	20	229.1	12.0	5961	2.3
C// - 23C	5.05	5.05	20.1	281.4	12.7	5054	3.2
C// - 24C	5.10	5.10	20.1	291.2	12.3	4973	3.4
C// - 25C	4.95	5.05	20.05	231.1	12.2	4891	7.5

#### 4.4.3.4 Ensayo de compresión perpendicular al grano

Para determinar el ensayo de compresión perpendicular al grano se ha tomado como referencia la (NTP 251.016).

##### A. Equipo y/o materiales

- Máquina de compresión automática Controls.
- Transductor de carga.
- Vernier de 15cm.
- Higrómetro.
- Balanza analítica de precisión de  $\pm 2$ gr.

## B. Muestra

Las muestras fueron 25 probetas de madera de eucalipto, 25 probetas de madera pino y 25 probetas de madera ciprés, de 5 cm x 5 cm de sección transversal y de 15 cm de longitud.

## C. Procedimiento

- Las probetas fueron secadas en un horno a una temperatura gradual de (40 °C, 60 °C, 80 °C, 103 °C). hasta alcanzar el porcentaje de contenido de humedad seco promedio de (12-13) %.
- Al alcanzar el porcentaje de contenido de humedad requerido se retiraron las 75 probetas del horno, y se enfriaron.
- Una vez enfriados se procedieron a determinar sus dimensiones ancho, espesor, largo y pesados las 75 probetas una a una.
- Seguidamente se ensayaron las 25 probetas de eucalipto, 25 de pino y 25 de ciprés en la máquina de compresión.



Figura 12 — Probeta en ensayo

## D. Toma de datos

Se registraron el ancho, espesor, largo, peso seco, contenido de humedad, carga máxima soportada hasta el momento de falla, deformación máxima experimentada hasta el momento de falla, de tres especies en estudio, como se muestra en la Tabla N°20, N°21 y N°22.

Tabla 20 — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto

N° probetas	Dimensiones			Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	Carga máxima (kg)	Deformación (mm)
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
C1 - 1E	5.10	5.00	15.10	318.80	12.3	4300	6.4
C1 - 2E	5.05	5.00	15.00	311.10	12.1	4029	5.5
C1 - 3E	5.10	5.00	15.10	331.90	12.6	4901	5.9
C1 - 4E	5.05	5.05	15.00	307.10	12.4	4636	6.4
C1 - 5E	5.10	5.00	4.95	312.70	12.8	4565	6.5
C1 - 6E	5.05	5.00	15.05	304.50	12.7	4168	5.9
C1 - 7E	5.00	5.05	15.00	287.20	12.5	4901	5.9
C1 - 8E	5.05	5.00	15.00	282.90	12.1	4321	5.6
C1 - 9E	5.00	5.05	15.00	317.00	12.0	4076	4.8
C1 - 10E	5.05	5.10	15.10	324.60	12.9	5044	6.2
C1 - 11E	5.05	5.05	15.00	299.80	11.9	4758	6.4
C1 - 12E	5.05	5.05	15.10	302.90	12.0	3890	4.5
C1 - 13E	5.00	5.05	15.05	331.30	12.3	3935	6.3
C1 - 14E	5.05	5.05	15.15	392.70	12.2	4453	5
C1 - 15E	5.10	5.00	15.0	331.00	12.7	5085	5.9
C1 - 16E	5.05	5.00	15.15	296.80	12.4	4319	5
C1 - 17E	5.10	5.00	15.00	339.20	12.6	4616	5.8
C1 - 18E	5.05	5.10	15.05	318.50	12.9	4565	6.0
C1 - 19E	5.10	5.00	15.10	337.00	12.6	5024	6.0
C1 - 20E	5.05	5.10	15.00	302.70	12.3	3240	6.2
C1 - 21E	5.10	5.10	15.05	328.00	12.8	4901	6.4
C1 - 22E	5.05	5.10	15.00	309.20	12.7	4779	5.9
C1 - 23E	5.10	5.05	15.10	280.30	12.3	4709	5.0
C1 - 24E	5.05	5.10	15.10	320.80	12.7	3950	5.4
C1 - 25E	5.05	5.05	15.00	309.00	12.8	4677	6.5

Tabla 21 — Toma de datos de la probeta de la madera pino

N° probetas	Dimensiones			Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	Carga máxima (kg)	Deformación (mm)
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
C1 - 1P	5.10	5.00	15.10	213.10	12.8	2548	7.0
C1 - 2P	5.05	5.00	15.10	231.10	12.0	2150	4.2
C1 - 3P	5.10	5.05	15.10	215.50	12.1	2560	6.9
C1 - 4P	5.05	5.00	15.10	236.10	12.5	2620	6.2
C1 - 5P	5.10	5.00	15.00	240.10	12.7	2211	7.0
C1 - 6P	5.05	5.00	15.10	226.10	12.8	1750	4.2
C1 - 7P	5.05	5.10	15.05	230.10	12.9	2340	6.9
C1 - 8P	5.05	5.00	15.20	233.60	12.2	1924	5.7
C1 - 9P	5.05	5.00	15.05	237.30	12.1	2690	5.3
C1 - 10P	5.05	5.05	15.00	217.60	12.6	1995	5.5
C1 - 11P	5.05	5.05	15.00	191.00	12.6	2089	7.0
C1 - 12E	5.00	5.05	15.00	231.10	12.5	1870	4.2
C1 - 13P	5.05	5.05	15.10	217.90	12.4	1977	6.0
C1 - 14P	5.00	5.10	15.00	213.90	12.2	1865	5.7

C <sub>⊥</sub> - 15P	5.00	5.05	15.10	221.70	12.3	2036	5.5
C <sub>⊥</sub> - 16P	5.00	5.00	15.00	207.80	12.3	3801	5.5
C <sub>⊥</sub> - 17P	5.10	5.05	15.00	209.40	12.4	2680	6.0
C <sub>⊥</sub> - 18P	5.00	5.20	15.00	182.50	12.9	1844	5.5
C <sub>⊥</sub> - 19P	5.10	5.05	15.10	219.30	12.9	2853	6.0
C <sub>⊥</sub> - 20P	5.00	5.20	15.10	204.70	12.5	2527	5.5
C <sub>⊥</sub> - 21P	5.05	5.05	15.00	217.30	12.6	2456	5.5
C <sub>⊥</sub> - 22P	5.00	5.10	15.10	205.60	12.7	2018	6.5
C <sub>⊥</sub> - 23P	5.05	5.00	15.10	213.90	12.2	2425	3.6
C <sub>⊥</sub> - 24P	5.00	5.05	15.00	218.40	12.0	2313	6.9
C <sub>⊥</sub> - 25P	5.05	5.00	15.00	273.30	12.6	1844	5.5

**Tabla 22 — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés**

N° probetas	Dimensiones			Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	Carga maxima (kg)	Deformación (mm)
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
C <sub>⊥</sub> - 1C	5.00	5.00	15.00	165.80	12.0	1671	5.0
C <sub>⊥</sub> - 2C	5.05	5.00	15.10	162.50	11.9	1990	5.0
C <sub>⊥</sub> - 3C	5.00	5.05	15.00	159.70	12.7	2038	4.8
C <sub>⊥</sub> - 4C	5.05	5.05	15.00	172.90	12.1	1671	5.0
C <sub>⊥</sub> - 5C	5.00	5.05	15.10	169.10	12.1	1880	4.0
C <sub>⊥</sub> - 6C	5.00	5.05	15.00	173.80	12.0	1487	3.4
C <sub>⊥</sub> - 7C	5.00	5.00	15.00	163.40	12.8	1671	5.0
C <sub>⊥</sub> - 8C	5.00	5.00	15.10	164.40	12.9	1691	5.1
C <sub>⊥</sub> - 9C	5.00	5.10	15.10	164.40	12.1	1661	4.9
C <sub>⊥</sub> - 10C	5.00	5.05	15.10	161.70	12.5	1376	4.0
C <sub>⊥</sub> - 11C	5.00	5.05	15.00	171.00	12.1	1641	4.8
C <sub>⊥</sub> - 12C	5.05	5.00	15.05	183.00	12.7	1789	5.4
C <sub>⊥</sub> - 13C	5.00	5.00	15.10	166.60	12.8	978	4.3
C <sub>⊥</sub> - 14C	5.05	5.00	15.00	162.00	12.8	1651	5.4
C <sub>⊥</sub> - 15C	5.05	5.00	15.00	161.00	12.2	1793	4.9
C <sub>⊥</sub> - 16C	5.05	5.00	15.05	161.10	12.1	2048	5.3
C <sub>⊥</sub> - 17C	5.05	5.00	15.00	163.10	12.5	1406	3.4
C <sub>⊥</sub> - 18C	5.05	5.05	15.00	162.70	12.7	1355	2.7
C <sub>⊥</sub> - 19C	5.05	5.05	15.05	147.40	12.6	1818	3.4
C <sub>⊥</sub> - 20C	5.00	5.05	15.05	170.10	12.7	1967	5.4
C <sub>⊥</sub> - 21C	5.05	5.05	15.00	178.40	12.9	1539	3.1
C <sub>⊥</sub> - 22C	5.00	5.05	15.05	169.40	12.5	1967	5.4
C <sub>⊥</sub> - 23C	5.05	5.00	15.00	188.90	12.3	1956	5.0
C <sub>⊥</sub> - 24C	5.00	5.00	15.00	180.20	12.2	1488	2.2
C <sub>⊥</sub> - 25C	5.05	5.00	15.00	180.30	12.9	1671	4.8

#### 4.4.3.5 Ensayo de tracción paralela al grano

Para determinar el ensayo de tracción paralela al grano se ha tomado como referencia el Manual de prácticas EDIBON.



### A. Equipo y/o materiales

- Equipo de materiales universal EEU/20KN.
- Accesorios para ensayos de tracción (mordazas).
- Deformímetro de 25,5 mm.
- Higrómetro.
- Vernier de 15cm.
- Balanza analítica de precisión de  $\pm 2$ gr.

### B. Muestra

Las muestras fueron 25 probetas de madera de eucalipto, 25 probetas de madera pino y 25 probetas de madera ciprés, de 0.5 cm x 0.5 cm sección transversal y una longitud de 11 cm.

### C. Procedimiento

- Las probetas fueron secadas en un horno a una temperatura gradual de (40 °C, 60 °C, 80 °C, 103 °C), hasta alcanzar el porcentaje de contenido de humedad seco promedio de (12-13) %.
- Al alcanzar el porcentaje de contenido de humedad requerido se retiraron las 75 probetas del horno, y se enfriaron.
- Una vez enfriados se procedieron a determinar sus dimensiones ancho, espesor, largo y pesados las 75 probetas una a una.
- Seguidamente se ensayaron las 25 probetas de eucalipto, 25 de pino y 25 de ciprés en la máquina de ensayo universal.



**Figura 13 — Probeta en ensayo**



#### D. Toma de muestra

Se registraron el ancho, espesor, largo, peso seco, contenido de humedad, carga máxima soportada hasta el momento de falla, deformación máxima experimentada hasta el momento de falla, de tres especies en estudio, como se muestra en la Tabla N°23, N°24 y N°25.

**Tabla 23 — Toma de datos de la probeta de madera eucalipto**

N° probetas	Distancia entre abrazaderas (cm)	Dimensiones			Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	P (kg)	D (mm)
		Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
T - 1E	3.50	0.50	0.55	11.05	3.36	12.2	356.90	8.50
T - 2E	3.50	0.50	0.50	11.00	2.94	12.5	356.90	9.00
T - 3E	3.50	0.50	0.45	11.00	2.85	12.8	305.91	7.50
T - 4E	3.50	0.45	0.50	11.00	2.72	12.9	305.91	9.00
T - 5E	3.50	0.55	0.50	11.05	3.37	12.2	356.90	8.90
T - 6E	3.50	0.50	0.55	11.05	3.38	12.0	458.87	9.00
T - 7E	3.50	0.45	0.50	11.95	2.57	12.6	305.91	8.75
T - 8E	3.50	0.45	0.50	11.00	2.71	11.9	305.91	10.75
T - 9E	3.50	0.50	0.55	11.00	3.12	12.7	407.88	11.75
T - 10E	3.50	0.50	0.50	11.10	3.56	12.5	458.87	10.50
T - 11E	3.50	0.50	0.50	11.00	3.33	12.8	326.30	11.25
T - 12E	3.50	0.45	0.50	11.00	2.85	12.5	305.91	7.75
T - 13E	3.50	0.50	0.55	11.15	3.74	12.5	387.49	7.60
T - 14E	3.50	0.45	0.50	10.95	2.20	12.2	203.94	8.25
T - 15E	3.50	0.45	0.50	11.00	2.72	12.0	305.91	8.00
T - 16E	3.50	0.50	0.50	11.10	3.54	12.8	458.87	8.25
T - 17E	3.50	0.50	0.45	11.95	2.59	12.7	356.90	11.00
T - 18E	3.50	0.45	0.50	11.10	3.51	12.1	305.91	7.10
T - 19E	3.50	0.50	0.50	11.05	3.41	12.6	407.88	9.50
T - 20E	3.50	0.50	0.55	11.15	3.83	12.1	418.08	9.25
T - 21E	3.50	0.50	0.50	11.05	3.44	12.8	407.88	11.00
T - 22E	3.50	0.50	0.55	11.15	3.70	12.7	479.26	12.50
T - 23E	3.50	0.50	0.50	11.15	3.76	12.6	458.87	10.75
T - 24E	3.50	0.55	0.50	11.10	3.63	12.6	458.87	11.60
T - 25E	3.50	0.50	0.55	11.20	3.97	12.5	438.47	10.30

**Tabla 24 — Toma de datos de la probeta de madera pino**

N° probetas	Distancia entre abrazaderas (cm)	Dimensiones			Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	P (kg)	D (mm)
		Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
T - 1P	3.50	0.50	0.45	10.95	1.80	12.1	305.91	14.00
T - 2P	3.50	0.50	0.50	11.00	2.10	12.7	316.11	13.75
T - 3P	3.50	0.45	0.50	11.00	2.20	12.2	275.32	16.00
T - 4P	3.50	0.50	0.45	11.05	2.30	12.6	244.73	9.50
T - 5P	3.50	0.50	0.50	11.05	2.28	12.0	305.91	12.00
T - 6P	3.50	0.55	0.55	11.05	2.40	12.2	438.47	16.80
T - 7P	3.50	0.55	0.50	11.15	2.60	12.0	407.88	15.75
T - 8P	3.50	0.50	0.45	11.00	2.00	12.7	254.93	9.75
T - 9P	3.50	0.45	0.50	11.00	2.10	12.6	265.12	16.00
T - 10P	3.50	0.50	0.50	10.95	2.10	12.3	305.91	16.15
T - 11P	3.50	0.50	0.45	11.00	1.80	12.3	285.52	16.00
T - 12P	3.50	0.45	0.50	11.00	1.80	12.4	254.93	15.50
T - 13P	3.50	0.50	0.50	11.00	2.20	12.7	356.90	16.50
T - 14P	3.50	0.50	0.45	11.00	1.90	12.8	254.93	13.25
T - 15P	3.50	0.50	0.50	11.00	2.10	12.3	285.52	16.00
T - 16P	3.50	0.50	0.50	11.00	2.20	12.4	305.91	14.50
T - 17P	3.50	0.55	0.55	11.15	2.80	12.3	448.67	17.00
T - 18P	3.50	0.50	0.50	11.00	2.20	12.4	203.94	9.75
T - 19P	3.50	0.55	0.40	11.00	2.00	12.6	203.94	10.75
T - 20P	3.50	0.45	0.50	11.00	2.00	12.8	234.53	15.80
T - 21P	3.50	0.50	0.50	11.00	1.90	12.8	305.91	15.50
T - 22P	3.50	0.50	0.45	11.00	2.10	12.7	254.93	13.90
T - 23P	3.50	0.50	0.50	11.00	2.20	12.9	295.71	16.25
T - 24P	3.50	0.50	0.50	11.00	1.90	12.1	316.11	12.25
T - 25P	3.50	0.45	0.50	11.00	2.25	12.5	254.93	9.90

**Tabla 25 — Toma de datos de la probeta de madera ciprés**

N° probetas	Distancia entre abrazaderas (cm)	Dimensiones			Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	P (kg)	D (mm)
		Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)				
T - 1C	3.50	0.50	0.50	11.15	2.32	12.3	203.94	4.25
T - 2C	3.50	0.45	0.50	11.05	2.06	12.0	152.96	4.75
T - 3C	3.50	0.50	0.55	11.15	2.39	12.6	203.94	5.50
T - 4C	3.50	0.50	0.45	11.05	2.03	12.5	152.96	1.00
T - 5C	3.50	0.50	0.50	11.10	2.15	12.0	203.94	4.25
T - 6C	3.50	0.45	0.50	11.00	1.93	12.9	203.94	6.25



T - 7C	3.50	0.50	0.55	11.15	2.34	12.3	203.94	5.50
T - 8C	3.50	0.45	0.50	11.00	1.94	12.3	203.94	2.00
T - 9C	3.50	0.50	0.50	11.05	2.05	12.7	305.91	8.25
T - 10C	3.50	0.55	0.55	11.10	2.12	12.8	305.91	5.00
T - 11C	3.50	0.50	0.50	11.10	2.17	12.7	203.94	13.00
T - 12C	3.50	0.50	0.50	11.05	2.03	11.9	203.94	5.75
T - 13C	3.50	0.50	0.45	11.00	1.85	12.3	203.94	6.75
T - 14C	3.50	0.50	0.50	11.10	2.10	12.7	203.94	4.75
T - 15C	3.50	0.50	0.50	11.05	2.04	12.3	203.94	7.25
T - 16C	3.50	0.50	0.50	11.00	1.99	12.8	254.93	7.00
T - 17C	3.50	0.50	0.55	11.10	2.10	12.3	254.93	13.00
T - 18C	3.50	0.50	0.50	11.00	1.97	12.4	254.93	7.50
T - 19C	3.50	0.55	0.45	11.20	2.46	12.2	203.94	5.00
T - 20C	3.50	0.50	0.50	11.05	2.06	12.3	203.94	6.50
T - 21C	3.50	0.45	0.50	11.00	1.70	12.1	203.94	4.00
T - 22C	3.50	0.50	0.50	11.05	2.05	12.3	203.94	6.75
T - 23C	3.50	0.50	0.50	11.05	2.06	12.6	203.94	6.25
T - 24C	3.50	0.50	0.45	11.05	2.05	12.6	152.96	6.25
T - 25C	3.50	0.50	0.55	11.15	2.33	12.7	203.94	6.00

#### 4.4.3.6 Ensayo de flexión estática en probetas

Para determinar el ensayo de flexión estática se ha tomado como referencia la (NTP 251.017).

##### A. Equipo y/o materiales

- Equipo de materiales universal EEU/20KN.
- Accesorios para ensayos de flexión (placa de base con dos rodillos, cabezal).
- Deformímetro de 25,5 mm.
- Higrómetro.
- Vernier de 15cm.
- Balanza analítica de precisión de  $\pm 2$ gr.

##### B. Muestra

Las muestras fueron 25 probetas de madera de eucalipto, 25 probetas de madera pino y 25 probetas de madera ciprés, de 2.5 cm x 2.5 cm de sección transversal y 41 cm de longitud (35 cm de luz).

### C. Procedimiento

- Las probetas fueron secadas en un horno a una temperatura gradual de (40 °C, 60 °C, 80 °C, 103 °C), hasta alcanzar el porcentaje de contenido de humedad seco promedio de (12-13) %.
- Al alcanzar el porcentaje de contenido de humedad requerido se retiraron las 75 probetas del horno, y se enfriaron.
- Una vez enfriados se procedieron a determinar sus dimensiones ancho, espesor, largo y pesados las 75 probetas una a una.
- Seguidamente se ensayaron las 25 probetas de eucalipto, 25 de pino y 25 de ciprés en la máquina de ensayo universal.



Figura 14 — Probeta en ensayo

### D. Toma de datos

Se registraron el ancho, espesor, largo, peso seco, contenido de humedad, carga máxima soportada hasta el momento de falla, deformación máxima experimentada hasta el momento de falla de tres especies en estudio, como se muestra en la Tabla N°26, N°27 y N°28.

Tabla 26 — Toma de datos de la probeta de la madera eucalipto

N° probetas	Luz (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	Carga máxima (kg)	D (mm)
F - 1E	17.50	2.50	2.50	41.00	252.85	12.3	815.76	10.75
F - 2E	17.50	2.50	2.50	41.05	250.10	12.4	764.78	9.00
F - 3E	17.50	2.50	2.50	40.95	240.41	12.3	795.37	7.75
F - 4E	17.50	2.45	2.45	41.05	182.42	12.8	662.81	8.00
F - 5E	17.50	2.50	2.50	41.15	242.40	12.7	815.76	13.00
F - 6E	17.50	2.50	2.50	41.10	205.61	12.7	713.79	9.00
F - 7E	17.50	2.50	2.50	41.15	223.22	12.2	764.78	7.00

F - 8E	17.50	2.50	2.45	41.00	174.81	12.4	815.76	11.25
F - 9E	17.50	2.50	2.50	41.00	263.00	12.9	815.76	12.00
F - 10E	17.50	2.50	2.50	41.20	260.20	12.7	866.75	10.75
F - 11E	17.50	2.50	2.50	41.05	250.70	12.3	866.75	5.50
F - 12E	17.50	2.45	2.50	40.90	193.22	12.4	744.38	6.75
F - 13E	17.50	2.45	2.50	41.00	231.73	12.2	917.73	8.00
F - 14E	17.50	2.50	2.60	41.20	179.10	12.7	673.00	9.00
F - 15E	17.50	2.50	2.55	41.00	211.72	12.8	713.79	8.25
F - 16E	17.50	2.50	2.50	40.90	241.71	12.1	917.73	9.75
F - 17E	17.50	2.45	2.75	40.90	242.12	12.0	1,019.70	11.00
F - 18E	17.50	2.40	2.70	40.95	233.90	12.5	978.91	12.00
F - 19E	17.50	2.50	2.50	41.00	218.00	12.7	713.79	7.25
F - 20E	17.50	2.50	2.45	41.20	231.59	12.9	815.76	11.00
F - 21E	17.50	2.50	2.55	40.95	249.82	12.0	968.72	7.00
F - 22E	17.50	2.50	2.50	40.90	209.13	12.6	764.78	10.25
F - 23E	17.50	2.50	2.50	41.05	177.34	12.3	713.79	7.50
F - 24E	17.50	2.50	2.50	41.00	178.05	12.4	713.79	7.25
F - 25E	17.50	2.50	2.50	41.00	221.88	12.2	815.76	9.75

**Tabla 27 — Toma de datos de la probeta de la madera pino**

N° probetas	Luz (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	Carga máxima (kg)	D (mm)
F - 1P	17.50	2.50	2.50	41.00	166.74	12.0	611.82	9.25
F - 2P	17.50	2.50	2.50	40.95	152.00	12.0	586.33	8.00
F - 3P	17.50	2.50	2.55	40.90	138.80	12.5	509.85	7.25
F - 4P	17.50	2.50	2.50	41.00	163.30	12.7	591.43	14.00
F - 5P	17.50	2.50	2.50	41.15	202.80	12.5	611.82	9.25
F - 6P	17.50	2.50	2.50	41.00	157.70	12.3	652.61	9.25
F - 7P	17.50	2.50	2.50	41.00	141.10	12.8	591.43	10.00
F - 8P	17.50	2.50	2.50	41.00	143.90	12.7	611.82	15.70
F - 9P	17.50	2.50	2.50	41.00	146.10	12.6	611.82	8.50
F - 10P	17.50	2.50	2.55	41.15	217.90	12.5	637.31	10.00
F - 11P	17.50	2.50	2.50	41.00	153.30	12.4	591.43	13.75
F - 12P	17.50	2.50	2.55	41.20	221.70	12.3	622.02	8.00
F - 13P	17.50	2.50	2.75	41.30	274.60	12.3	764.78	10.50
F - 14P	17.50	2.50	2.50	40.95	147.70	12.5	611.82	17.50
F - 15P	17.50	2.50	2.50	41.00	154.20	12.4	591.43	9.75
F - 16P	17.50	2.50	2.50	41.00	156.40	12.0	535.34	14.00
F - 17P	17.50	2.50	2.50	41.00	152.20	11.9	591.43	12.00
F - 18P	17.50	2.50	2.50	41.00	151.60	12.6	560.84	10.25
F - 19P	17.50	2.50	2.50	41.00	144.50	12.4	530.24	8.25



F - 20P	17.50	2.50	2.50	40.90	133.40	12.1	560.84	11.00
F - 21P	17.50	2.40	2.40	40.90	129.20	12.8	458.87	10.75
F - 22P	17.50	2.50	2.50	40.90	135.80	12.7	509.85	9.25
F - 23P	17.50	2.50	2.50	41.00	150.90	12.5	509.85	12.50
F - 24P	17.50	2.50	2.50	41.15	246.20	12.4	591.43	8.75
F - 25P	17.50	2.50	2.50	41.10	244.40	12.3	713.79	8.00

**Tabla 28 — Toma de datos de la probeta de la madera ciprés**

N° probetas	Luz (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Peso seco (g)	Contenido humedad (%)	Carga maxima (kg)	D (mm)
F - 1C	17.50	2.50	2.45	40.90	119.00	12.0	489.46	7.75
F - 2C	17.50	2.55	2.45	41.05	125.60	12.4	479.26	3.75
F - 3C	17.50	2.50	2.50	41.00	116.60	12.3	540.44	8.75
F - 4C	17.50	2.50	2.50	41.05	126.10	12.7	571.03	12.00
F - 5C	17.50	2.50	2.50	41.10	132.10	12.1	530.24	7.25
F - 6C	17.50	2.50	2.45	41.20	126.10	12.3	509.85	9.25
F - 7C	17.50	2.50	2.50	41.25	134.20	12.5	489.46	6.75
F - 8C	17.50	2.50	2.50	41.00	126.31	12.7	530.24	7.50
F - 9C	17.50	2.50	2.50	41.05	128.00	12.3	458.87	6.00
F - 10C	17.50	2.50	2.55	41.30	141.60	12.8	571.03	7.25
F - 11C	17.50	2.50	2.50	41.10	129.10	12.3	356.90	5.00
F - 12C	17.50	2.50	2.50	40.90	105.80	12.2	418.08	7.50
F - 13C	17.50	2.50	2.50	41.00	114.10	12.7	458.87	7.25
F - 14C	17.50	2.55	2.40	41.00	113.60	12.8	356.90	6.00
F - 15C	17.50	2.50	2.50	41.00	113.30	12.9	509.85	6.50
F - 16C	17.50	2.50	2.50	41.00	108.60	12.3	407.88	4.75
F - 17C	17.50	2.50	2.50	41.00	113.60	12.0	418.08	7.25
F - 18C	17.50	2.50	2.50	40.95	109.60	12.7	458.87	6.50
F - 19C	17.50	2.50	2.50	41.00	123.90	12.9	571.03	8.00
F - 20C	17.50	2.50	2.50	41.30	132.50	12.2	479.26	10.00
F - 21C	17.50	2.50	2.50	40.95	109.00	12.0	387.49	3.75
F - 22C	17.50	2.50	2.50	40.90	106.60	12.7	458.87	4.75
F - 23C	17.50	2.50	2.40	40.90	125.80	12.5	356.90	3.90
F - 24C	17.50	2.50	2.50	41.00	124.12	12.6	535.34	8.00
F - 25C	17.50	2.40	2.45	40.95	121.50	12.0	356.90	4.90

## 4.5 Técnicas e instrumentos

### 4.5.1 Técnicas

#### 4.5.1.1 Técnica de observación

Los datos observados se plasmaron en los formatos utilizados para recolectar la información de los ensayos de contenido de humedad, densidad básica, corte paralelo al grano, compresión axial o paralelo al grano, compresión perpendicular al grano, flexión estática en probetas y tracción paralelo al grano.

### 4.5.2 Instrumentos

#### 4.5.2.1 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio utilizados en la investigación fueron:

##### A. Máquina de ensayo universal

En ingeniería se denomina máquina universal a una máquina semejante a una prensa con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción, compresión y a flexión para medir sus propiedades.



Figura 15 — Máquina de ensayo universal

##### B. Máquina de Compresión

Es un equipo que permite realizar el ensayo de compresión y determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.



Figura 16 — Máquina de Compresión

### C. Balanza electrónica

Las balanzas nos indicaron el peso que un cuerpo posee de acuerdo a su cantidad máxima de peso, y sensibilidad adecuada, dependiendo al ensayo a realizar.



**Figura 17 — Balanza electrónica**

### D. Vernier

El Vernier nos ha permitido apreciar una medición con mayor exactitud al complementar las divisiones de la regla o escala principal del instrumento de medida.



**Figura 18 — Vernier**

### E. Higrómetro

El higrómetro nos ha permitido medir el grado de humedad sirviéndose de sensores que perciben e indican su magnitud.



**Figura 19 — Higrómetro**



## F. Horno

El horno nos permitió evaporar la humedad, de forma que, para el cálculo de pesos, contemos con un peso efectivo del material a evaluar, libre de humedad (anhidro). El horno cuenta con un circulante de aire, termostáticamente controlado para una temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .



Figura 20 — Horno

## G. Marcadores

Los marcadores no nos han permitido codificar las probetas



Figura 21 — Marcadores

### 4.5.3 Análisis estadístico

#### 4.5.3.1 Densidad básica

##### A. Densidad básica de la madera eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*)

Para determinar la densidad básica se utilizó la siguiente fórmula:

$$D.B = \frac{P_{anh}}{V}$$

Donde:

D.B = Es la densidad básica.

$P_{anh}$  = Peso anhidro de la muestra (gr).

$v$  = Volumen de la muestra ( $\text{cm}^3$ ).

En el caso de la probeta D -1 E, se obtuvo como densidad básica el valor de:

$$D.B. = \frac{79.20}{(10.00)(3.05)(3.05)}$$

$$D.B = 0.8514 \text{ g/cm}^3$$

Con el mismo procedimiento se obtuvo la densidad básica de las 25 probetas como se muestra en la Tabla N° 29 y su representación Gráfico de barras en la Figura N° 22.

**Tabla 29 — Densidad básica de la madera eucalipto**

N° probetas	Peso seco (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )
D - 1E	79.20	93.03	0.8514
D - 2E	80.10	89.39	0.8961
D - 3E	76.80	87.00	0.8828
D - 4E	86.20	90.00	0.9578
D - 5E	81.70	91.50	0.8929
D - 6E	83.50	92.42	0.9035
D - 7E	82.40	90.00	0.9156
D - 8E	82.90	91.96	0.9015
D - 9E	82.90	91.96	0.9015
D - 10E	86.50	93.47	0.9255
D - 11E	78.10	90.90	0.8592
D - 12E	85.20	88.45	0.9633
D - 13E	81.10	91.35	0.8878
D - 14E	78.70	88.50	0.8893
D - 15E	87.30	91.96	0.9494
D - 16E	84.10	93.47	0.8998
D - 17E	80.60	93.47	0.8624
D - 18E	87.90	90.90	0.9670
D - 19E	85.60	91.50	0.9355
D - 20E	83.40	91.96	0.9069
D - 21E	82.70	95.45	0.8665
D - 22E	92.10	93.00	0.9903
D - 23E	90.10	93.03	0.9686
D - 24E	78.80	92.42	0.8527
D - 25E	78.40	93.00	0.8430

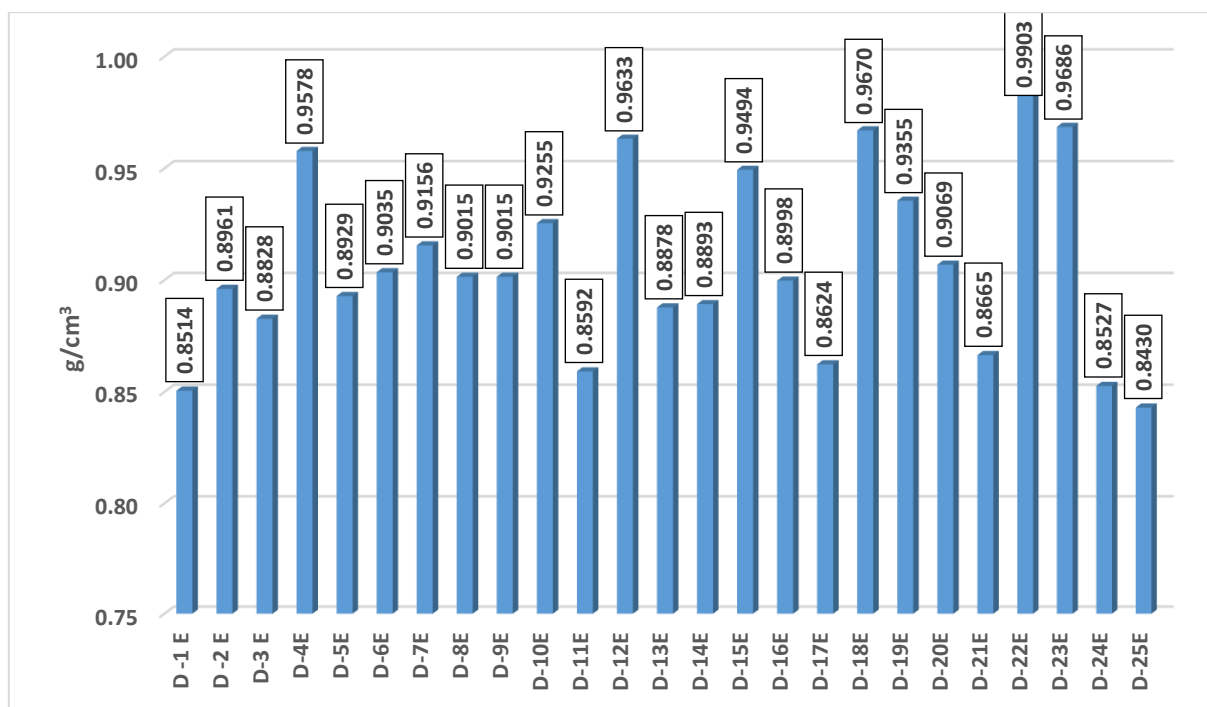


Figura 22 — Gráfico de barras de densidad básica de la madera eucalipto

### Promedio

$$\bar{x} = \frac{22.6700}{25}$$

$$\bar{x} = 0.9068 \text{ g/cm}^3$$

### Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{0.0409}{25}} = 0.0404$$

### Coefficiente de variación

$$C.V = \frac{0.0404}{0.9068} = 0.0446.$$

En la Tabla N° 30, se muestra los valores calculados del promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet en el análisis de los datos de la densidad básica para las 25 probetas.

**Tabla 30 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto**

N° probetas	Densidad básica (g/cm³)	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )/S ≤ 2	
D - 1E	0.8514	-0.0554	0.0031	1.3706	ok
D - 2E	0.8961	-0.0107	0.0001	0.2641	ok
D - 3E	0.8828	-0.0240	0.0006	0.5946	ok
D - 4E	0.9578	0.0510	0.0026	1.2608	ok
D - 5E	0.8929	-0.0139	0.0002	0.3439	ok
D - 6E	0.9035	-0.0033	0.0000	0.0808	ok
D - 7E	0.9156	0.0088	0.0001	0.2165	ok
D - 8E	0.9015	-0.0053	0.0000	0.1310	ok
D - 9E	0.9015	-0.0053	0.0000	0.1310	ok
D - 10E	0.9255	0.0187	0.0003	0.4620	ok
D - 11E	0.8592	-0.0476	0.0023	1.1776	ok
D - 12E	0.9633	0.0565	0.0032	1.3963	ok
D - 13E	0.8878	-0.0190	0.0004	0.4701	ok
D - 14E	0.8893	-0.0175	0.0003	0.4337	ok
D - 15E	0.9494	0.0426	0.0018	1.0524	ok
D - 16E	0.8998	-0.0070	0.0000	0.1731	ok
D - 17E	0.8624	-0.0444	0.0020	1.0993	ok
D - 18E	0.9670	0.0602	0.0036	1.4888	ok
D - 19E	0.9355	0.0287	0.0008	0.7103	ok
D - 20E	0.9069	0.0001	0.0000	0.0035	ok
D - 21E	0.8665	-0.0403	0.0016	0.9975	ok
D - 22E	0.9903	0.0835	0.0070	2.0657	Descartar
D - 23E	0.9686	0.0618	0.0038	1.5274	ok
D - 24E	0.8527	-0.0541	0.0029	1.3387	ok
D - 25E	0.8430	-0.0638	0.0041	1.5777	ok
Σ	22.6700	Σ(x <sub>i</sub> - μ) <sup>2</sup>	0.0409		
$\bar{x}$	0.9068	S	0.0404		
		C.v	0.0446		

**Criterio de Chauvenet:** a la probeta D - 22E

$$\frac{ABS(0.9903 - 0.9068)}{0.0404} = 2.0657 \geq 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 31 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet madera eucalipto con dato depurado**

N° probetas	Densidad básica (g/cm³)	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )/S ≤ 2	
D - 1E	0.8514	-0.0519	0.0027	1.3880	ok
D - 2E	0.8961	-0.0072	0.0001	0.1923	ok
D - 3E	0.8828	-0.0206	0.0004	0.5495	ok
D - 4E	0.9578	0.0545	0.0030	1.4554	ok
D - 5E	0.8929	-0.0104	0.0001	0.2786	ok



D - 6E	0.9035	0.0002	0.0000	0.0057	ok
D - 7E	0.9156	0.0122	0.0001	0.3270	ok
D - 8E	0.9015	-0.0018	0.0000	0.0486	ok
D - 9E	0.9015	-0.0018	0.0000	0.0486	ok
D - 10E	0.9255	0.0222	0.0005	0.5922	ok
D - 11E	0.8592	-0.0441	0.0019	1.1795	ok
D - 12E	0.9633	0.0599	0.0036	1.6018	ok
D - 13E	0.8878	-0.0155	0.0002	0.4149	ok
D - 14E	0.8893	-0.0141	0.0002	0.3756	ok
D - 15E	0.9494	0.0460	0.0021	1.2302	ok
D - 16E	0.8998	-0.0035	0.0000	0.0940	ok
D - 17E	0.8624	-0.0410	0.0017	1.0948	ok
D - 18E	0.9670	0.0637	0.0041	1.7018	ok
D - 19E	0.9355	0.0322	0.0010	0.8605	ok
D - 20E	0.9069	0.0036	0.0000	0.0967	ok
D - 21E	0.8665	-0.0369	0.0014	0.9849	ok
D - 22E					
D - 23E	0.9686	0.0652	0.0043	1.7435	ok
D - 24E	0.8527	-0.0506	0.0026	1.3535	ok
D - 25E	0.8430	-0.0603	0.0036	1.6118	ok
Σ	21.6797	Σ(x <sub>i</sub> - x̄) <sup>2</sup>	0.0337		
x̄	<b>0.9033</b>	<b>S</b>	<b>0.0374</b>		
		<b>C.v</b>	<b>0.0415</b>		

$$\text{PER } 5 \%db_E = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=0.0374$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=0.9033$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER } 5 \%db_E = 0.9033 - (1.714) \frac{(0.0375)}{\sqrt{23}}$$

$$\text{PER } 5 \%db_E = \mathbf{0.8899 \text{ g/cm}^3}$$

### B. Densidad básica de la madera pino (Pinus radiata)

En el caso de la probeta D - 1P, se obtuvo como densidad básica el valor de:

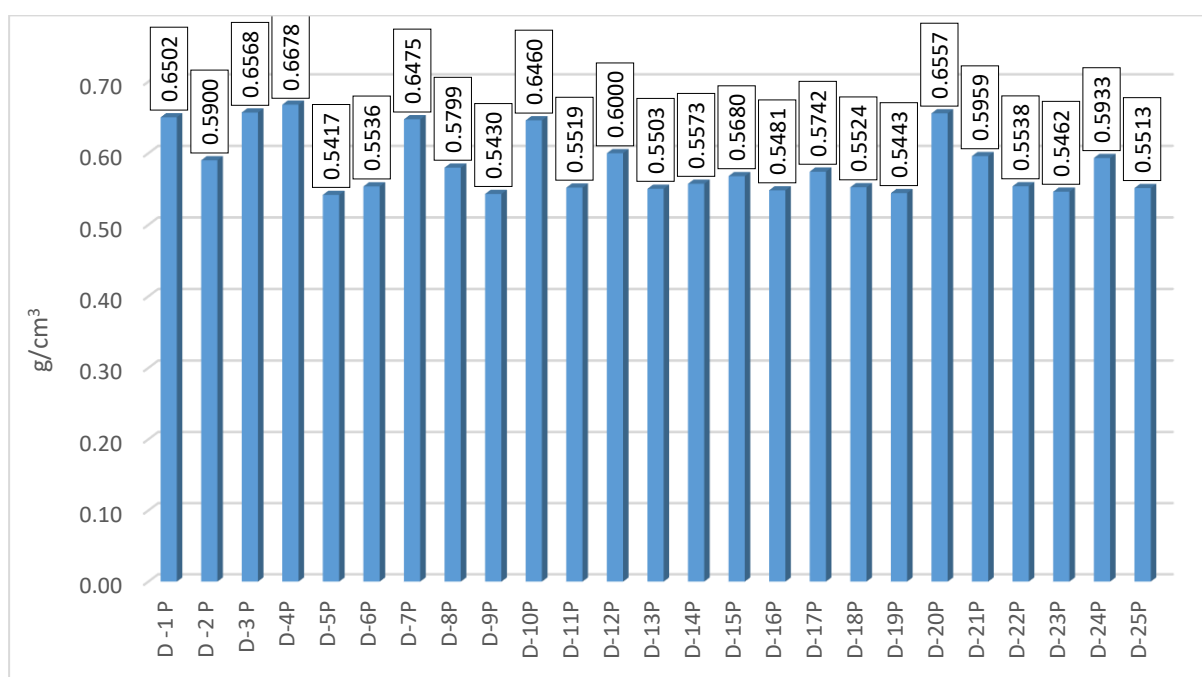
$$D. B = \frac{59.10}{(10.10)(3.00)(3.00)}$$

$$D.B = 0.6502 \text{ g/cm}^3$$

Con el mismo procedimiento se obtuvo la densidad básica de las 25 probetas como se muestra en la Tabla N°32.

**Tabla 32 — Densidad básica de la madera pino**

N° probetas	Peso seco (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )
D - 1P	59.10	90.90	0.6502
D - 2P	53.10	90.00	0.5900
D - 3P	60.10	91.50	0.6568
D - 4P	60.70	90.90	0.6678
D - 5P	48.70	89.90	0.5417
D - 6P	52.00	93.93	0.5536
D - 7P	57.30	88.50	0.6475
D - 8P	50.70	87.44	0.5799
D - 9P	48.30	88.94	0.5430
D - 10P	59.40	91.96	0.6460
D - 11P	51.00	92.42	0.5519
D - 12P	54.00	90.00	0.6000
D - 13P	50.60	91.96	0.5503
D - 14P	51.50	92.42	0.5573
D - 15P	53.70	94.55	0.5680
D - 16P	51.80	94.50	0.5481
D - 17P	53.40	93.00	0.5742
D - 18P	51.30	92.87	0.5524
D - 19P	49.80	91.50	0.5443
D - 20P	60.30	91.96	0.6557
D - 21P	54.80	91.96	0.5959
D - 22P	50.90	91.91	0.5538
D - 23P	51.30	93.93	0.5462
D - 24P	53.40	90.00	0.5933
D - 25P	50.70	91.96	0.5513



**Figura 23 — Gráfico de barras de densidad básica de la madera pino**

**El Promedio**

$$\bar{x} = \frac{14.6190}{25}$$

$$\bar{x} = 0.5848 \text{ g/cm}^3$$

**Desviación estándar (S)**

$$S = \sqrt{\frac{0.0451}{25}} = 0.0425$$

**Coefficiente de variación**

$$C. V = \frac{0.0425}{0.5848} = 0.0727$$

En la Tabla N° 33, se muestra los valores calculados del promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet en el análisis de los datos de la densidad básica para las 25 probetas.

**Tabla 33 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera pino**

N° probetas	Densidad básica g/cm <sup>3</sup>	(xi- $\bar{x}$ )	(xi- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(xi- $\bar{x}$ )/S ≤ 2	
D - 1P	0.6502	0.0654	0.0043	1.5392	ok
D - 2P	0.5900	0.0052	0.0000	0.1233	ok
D - 3P	0.6568	0.0721	0.0052	1.6961	ok
D - 4P	0.6678	0.0830	0.0069	1.9535	ok
D - 5P	0.5417	-0.0430	0.0019	1.0131	ok
D - 6P	0.5536	-0.0312	0.0010	0.7332	ok
D - 7P	0.6475	0.0627	0.0039	1.4755	ok
D - 8P	0.5799	-0.0049	0.0000	0.1153	ok
D - 9P	0.5430	-0.0417	0.0017	0.9817	ok
D - 10P	0.6460	0.0612	0.0037	1.4401	ok
D - 11P	0.5519	-0.0329	0.0011	0.7743	ok
D - 12P	0.6000	0.0152	0.0002	0.3586	ok
D - 13P	0.5503	-0.0345	0.0012	0.8121	ok
D - 14P	0.5573	-0.0275	0.0008	0.6470	ok
D - 15P	0.5680	-0.0168	0.0003	0.3955	ok
D - 16P	0.5481	-0.0366	0.0013	0.8616	ok
D - 17P	0.5742	-0.0106	0.0001	0.2487	ok
D - 18P	0.5524	-0.0324	0.0010	0.7623	ok
D - 19P	0.5443	-0.0405	0.0016	0.9531	ok
D - 20P	0.6557	0.0710	0.0050	1.6704	ok
D - 21P	0.5959	0.0112	0.0001	0.2628	ok
D - 22P	0.5538	-0.0309	0.0010	0.7282	ok



D - 23P	0.5462	-0.0386	0.0015	0.9086	ok
D - 24P	0.5933	0.0086	0.0001	0.2018	ok
D - 25P	0.5513	-0.0334	0.0011	0.7865	ok
$\Sigma$	14.6190	$\Sigma(x_i - \mu)^2$	<b>0.0451</b>		
$\bar{x}$	<b>0.5848</b>	S	<b>0.0425</b>		
		C.v	<b>0.0727</b>		

**Criterio de Chauvenet:** a la probeta D-25P

$$\frac{ABS(0.5513 - 0.5848)}{0.0425} = 0.7865 < 2 \rightarrow \text{cumple}$$

$$PER\ 5\ \%db_p = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=0.0425$$

$$N=25$$

$$\bar{x}=0.5848$$

$$t_{0.95}=1.711$$

$$PER\ 5\ \%db_p = 0.5848 - 1.711 \frac{0.0425}{\sqrt{24}}$$

$$PER\ 5\ \%db_p = 0.5700\ g/cm^3$$

### C. Densidad básica de la madera ciprés (Cupressus lusitánica)

En el caso de la probeta D - 1C, se obtuvo como densidad básica el valor de:

$$D. B. = \frac{(40.9)}{(3.00)(3.05)(10.05)}$$

$$D.B = 0.4448\ g/cm^3$$

Con el mismo procedimiento se obtuvo la densidad básica de las 25 probetas como se muestra en la Tabla N° 34.

**Tabla 34 — Densidad básica de la madera ciprés**

N° probetas	Peso seco (gr)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )
D - 1C	40.9	91.96	0.4448
D - 2C	43.9	91.91	0.4777
D - 3C	40.7	93.93	0.4333





D - 4C	46.1	90.00	0.5122
D - 5C	46.9	91.96	0.5100
D - 6C	46.3	93.00	0.4978
D - 7C	44.4	94.97	0.4675
D - 8C	46.6	93.93	0.4961
D - 9C	42.4	91.50	0.4634
D - 10C	44.7	91.96	0.4861
D - 11C	37.3	90.90	0.4103
D - 12C	50.2	90.00	0.5578
D - 13C	42.3	90.00	0.4700
D - 14C	39.9	89.33	0.4466
D - 15C	45.4	88.50	0.5130
D - 16C	42.8	93.93	0.4557
D - 17C	39.6	93.00	0.4258
D - 18C	40.4	90.45	0.4467
D - 19C	40.1	88.89	0.4511
D - 20C	38.6	88.94	0.4340
D - 21C	41.1	92.42	0.4447
D - 22C	40.5	91.50	0.4426
D - 23C	43.8	90.00	0.4867
D - 24C	46.8	91.50	0.5115
D - 25C	43.0	92.87	0.4630

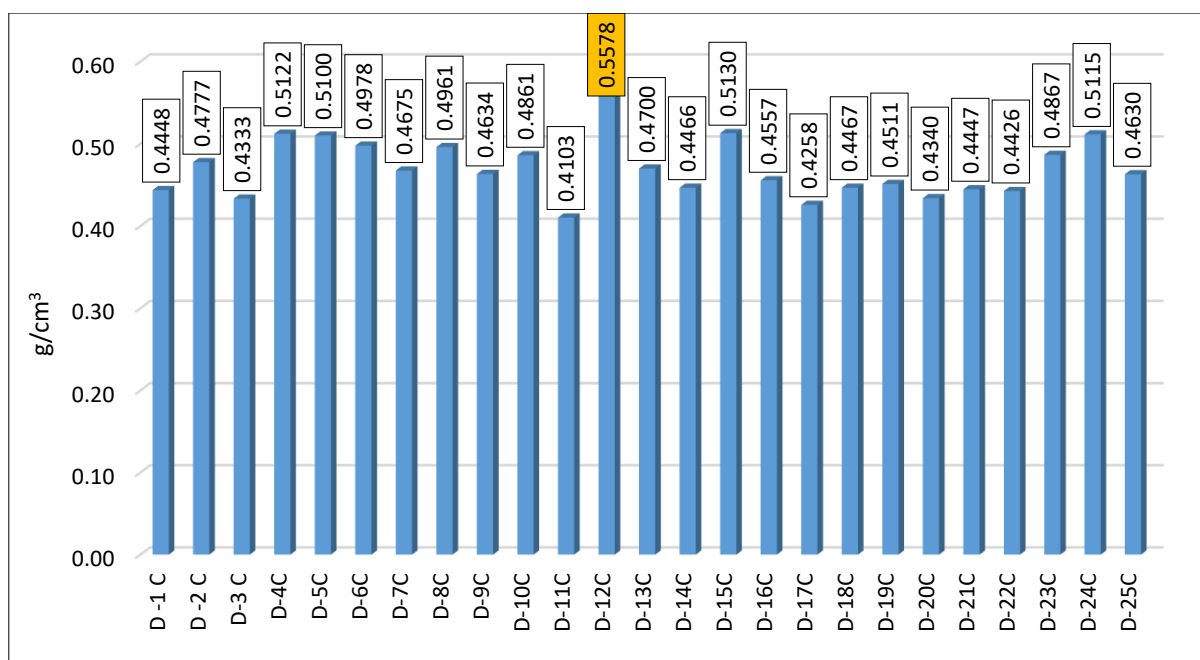


Figura 24 — Gráfico de barras de densidad básica de la madera ciprés

Promedio

$$\bar{x} = \frac{11.7484}{25}$$

$$\bar{x} = 0.4699 \text{ g/cm}^3$$

**Desviación estándar (S)**

$$S = \sqrt{\frac{0.0286}{25}} = 0.0338$$

**Coefficiente de variación**

$$C.V = \frac{0.0338}{0.4699} = 0.0720$$

En la Tabla N°35, se muestra los valores calculados del promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet en el análisis de los datos de la densidad básica para las 25 probetas.

**Tabla 35 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés**

N° probetas	Densidad básica g/cm <sup>3</sup>	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )/S ≤ 2	
D - 1C	0.4448	-0.0252	0.0006	0.7434	ok
D - 2C	0.4777	0.0077	0.0001	0.2281	ok
D - 3C	0.4333	-0.0366	0.0013	1.0823	ok
D - 4C	0.5122	0.0423	0.0018	1.2493	ok
D - 5C	0.5100	0.0401	0.0016	1.1842	ok
D - 6C	0.4978	0.0279	0.0008	0.8247	ok
D - 7C	0.4675	-0.0024	0.0000	0.0718	ok
D - 8C	0.4961	0.0262	0.0007	0.7734	ok
D - 9C	0.4634	-0.0065	0.0000	0.1934	ok
D - 10C	0.4861	0.0162	0.0003	0.4774	ok
D - 11C	0.4103	-0.0596	0.0036	1.7606	ok
D - 12C	0.5578	0.0878	0.0077	2.5952	Descartar
D - 13C	0.4700	0.0001	0.0000	0.0019	ok
D - 14C	0.4466	-0.0233	0.0005	0.6883	ok
D - 15C	0.5130	0.0431	0.0019	1.2721	ok
D - 16C	0.4557	-0.0143	0.0002	0.4218	ok
D - 17C	0.4258	-0.0441	0.0019	1.3037	ok
D - 18C	0.4467	-0.0233	0.0005	0.6878	ok
D - 19C	0.4511	-0.0188	0.0004	0.5562	ok
D - 20C	0.4340	-0.0359	0.0013	1.0620	ok
D - 21C	0.4447	-0.0252	0.0006	0.7446	ok
D - 22C	0.4426	-0.0273	0.0007	0.8069	ok
D - 23C	0.4867	0.0167	0.0003	0.4943	ok
D - 24C	0.5115	0.0415	0.0017	1.2272	ok
D - 25C	0.4630	-0.0069	0.0000	0.2049	ok
$\Sigma$	<b>11.7484</b>	$\Sigma(x_i - \mu)^2$	<b>0.0286</b>		
$\bar{x}$	<b>0.4699</b>	S	<b>0.0338</b>		
		C.v	<b>0.0720</b>		



**Criterio de Chauvenet:** a la probeta D-12C

$$\frac{\text{ABS}(0.5578 - 0.4699)}{0.0338} = 2.5952 > 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 36 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés con dato depurados**

N° Probeta	Densidad básica g/cm <sup>3</sup>	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )/S ≤ 2	
D - 1C	0.4448	-0.0030	0.0000	0.0857	ok
D - 2C	0.4777	0.0299	0.0009	0.8628	ok
D - 3C	0.4333	-0.0144	0.0002	0.4165	ok
D - 4C	0.5122	0.0645	0.0042	1.8598	ok
D - 5C	0.5100	0.0623	0.0039	1.7962	ok
D - 6C	0.4978	0.0501	0.0025	1.4452	ok
D - 7C	0.4675	0.0198	0.0004	0.5700	ok
D - 8C	0.4961	0.0484	0.0023	1.3952	ok
D - 9C	0.4634	0.0156	0.0002	0.4513	ok
D - 10C	0.4861	0.0384	0.0015	1.1062	ok
D - 11C	0.4103	-0.0374	0.0014	1.0788	ok
D - 12C					
D - 13C	0.4700	0.0223	0.0005	0.6420	ok
D - 14C	0.4466	-0.0011	0.0000	0.0319	ok
D - 15C	0.5130	0.0653	0.0043	1.8821	ok
D - 16C	0.4557	0.0079	0.0001	0.2283	ok
D - 17C	0.4258	-0.0219	0.0005	0.6327	ok
D - 18C	0.4467	-0.0011	0.0000	0.0314	ok
D - 19C	0.4511	0.0034	0.0000	0.0971	ok
D - 20C	0.4340	-0.0138	0.0002	0.3967	ok
D - 21C	0.4447	-0.0030	0.0000	0.0868	ok
D - 22C	0.4426	-0.0051	0.0000	0.1477	ok
D - 23C	0.4867	0.0389	0.0015	1.1227	ok
D - 24C	0.5115	0.0637	0.0041	1.8383	ok
D - 25C	0.4630	0.0153	0.0002	0.4401	ok
<b>Σ</b>	<b>10.7458</b>	<b>Σ(x<sub>i</sub> - <math>\bar{x}</math>)<sup>2</sup></b>	<b>0.0288</b>		
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>0.4477</b>	<b>S</b>	<b>0.0347</b>		
		<b>C.v</b>	<b>0.0774</b>		

$$\text{PER } 5\%db_c = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N - 1}}$$

S= 0.0347

N=24

$\bar{x}$ = 0.4477

t<sub>0.95</sub>=1.714



$$\text{PER } 5\%db_c = 0.4477 - 1.714 \frac{0.0347}{\sqrt{23}}$$

$$\text{PER } 5\%db_c = 0.4353 \text{ g/cm}^3$$

#### 4.5.3.2 Corte o Cizallamiento paralelo al grano

##### A. Corte paralelo al grano de la madera eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*)

Para determinar la resistencia al corte se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Resistencia al corte} = \frac{P}{A}$$

Donde:

P: Es la carga máxima soportada por la probeta en (kg).

A: La superficie del plano en que se produce el corte en (cm<sup>2</sup>).

En el caso de la probeta CZ-1E, se obtuvo como resistencia al corte el valor de:

$$\text{Resistencia al corte} = \frac{1920}{(5.00)(5.00)}$$

$$\text{Resistencia al corte} = 76.8000 \text{ kg/cm}^2$$

Con el mismo procedimiento se obtuvo la resistencia al corte de las 25 probetas como se muestra en la tabla N°37.

**Tabla 37 — Resistencia al corte de la madera de eucalipto**

N° probetas	Contenido humedad (%)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )
CZ - 1E	12.8	25.00	1920	76.8000
CZ - 2E	12.5	26.01	2610	100.3460
CZ - 3E	12.2	25.00	2200	88.0000
CZ - 4E	12.4	24.50	2280	93.0517
CZ - 5E	12.9	25.00	1950	78.0000
CZ - 6E	11.9	25.00	2480	99.2000
CZ - 7E	12.7	25.00	2090	83.6000
CZ - 8E	12.8	26.01	2450	94.1945
CZ - 9E	12.4	27.04	2350	86.9083
CZ - 10E	12.3	25.00	2400	96.0000
CZ - 11E	12.4	25.50	2470	96.8627
CZ - 12E	12.1	25.50	1900	74.5098
CZ - 13E	12.7	24.75	2100	84.8485

CZ - 14E	12.6	24.75	2200	88.8889
CZ - 15E	13.0	25.00	1890	75.6000
CZ - 16E	12.5	25.00	2320	92.8000
CZ - 17E	12.6	25.50	2240	87.8431
CZ - 18E	12.9	25.50	2170	85.0980
CZ - 19E	12.0	24.75	2200	88.8889
CZ - 20E	11.9	24.75	2230	90.1010
CZ - 21E	12.3	25.00	3210	128.4000
CZ - 22E	12.4	24.75	1980	80.0000
CZ - 23E	12.9	25.50	2600	101.9608
CZ - 24E	12.9	26.00	2290	88.0769
CZ - 25E	12.5	25.00	1860	74.4000
$\bar{x}$	<b>12.5</b>			

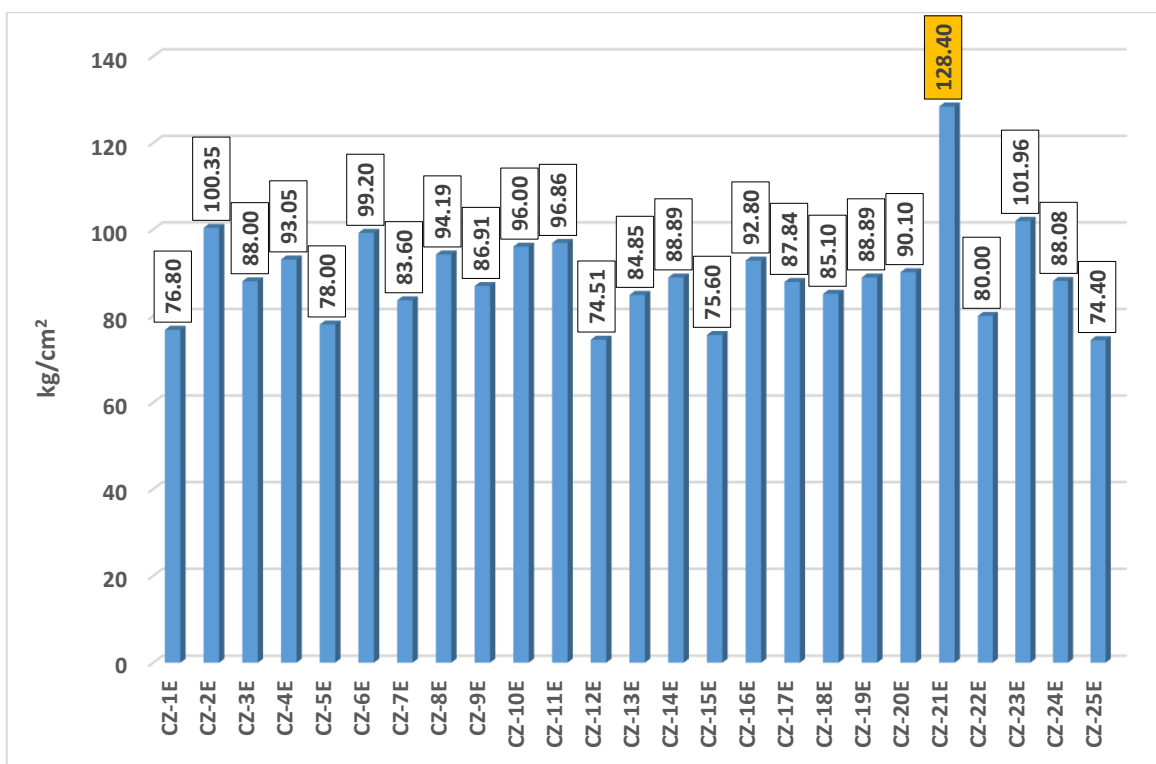


Figura 25 — Gráfico de barras de resistencia al corte de la madera eucalipto

El Promedio

$$\bar{x} = \frac{2234.3793}{25}$$

$$\bar{x} = 89.3752 \text{ g/cm}^2$$

Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{3142.2066}{25}} = 11.2111$$

**Coefficiente de variación**

$$C.V = \frac{11.2111}{89.3752} = 0.1254$$

En la Tabla N°38, se muestra los valores calculados de promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet para las 25 probetas.

**Tabla 38 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto**

N° probetas	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )/S ≤ 2	
CZ - 1E	76.8000	-12.5752	158.1349	1.1217	ok
CZ - 2E	100.3460	10.9708	120.3595	0.9786	ok
CZ - 3E	88.0000	-1.3752	1.8911	0.1227	ok
CZ - 4E	93.0517	3.6766	13.5171	0.3279	ok
CZ - 5E	78.0000	-11.3752	129.3945	1.0146	ok
CZ - 6E	99.2000	9.8248	96.5273	0.8764	ok
CZ - 7E	83.6000	-5.7752	33.3526	0.5151	ok
CZ - 8E	94.1945	4.8194	23.2263	0.4299	ok
CZ - 9E	86.9083	-2.4669	6.0855	0.2200	ok
CZ - 10E	96.0000	6.6248	43.8884	0.5909	ok
CZ - 11E	96.8627	7.4876	56.0638	0.6679	ok
CZ - 12E	74.5098	-14.8654	220.9791	1.3260	ok
CZ - 13E	84.8485	-4.5267	20.4909	0.4038	ok
CZ - 14E	88.8889	-0.4863	0.2365	0.0434	ok
CZ - 15E	75.6000	-13.7752	189.7553	1.2287	ok
CZ - 16E	92.8000	3.4248	11.7295	0.3055	ok
CZ - 17E	87.8431	-1.5320	2.3471	0.1367	ok
CZ - 18E	85.0980	-4.2771	18.2939	0.3815	ok
CZ - 19E	88.8889	-0.4863	0.2365	0.0434	ok
CZ - 20E	90.1010	0.7258	0.5268	0.0647	ok
CZ - 21E	128.4000	39.0248	1522.9373	3.4809	Descartar
CZ - 22E	80.0000	-9.3752	87.8938	0.8362	ok
CZ - 23E	101.9608	12.5856	158.3977	1.1226	ok
CZ - 24E	88.0769	-1.2982	1.6854	0.1158	ok
CZ - 25E	74.4000	-14.9752	224.2558	1.3357	ok
$\Sigma$	<b>2234.3793</b>	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>3142.2066</b>		
$\bar{x}$	<b>89.3752</b>	S	<b>11.2111</b>		
		C.v	<b>0.1254</b>		

**Criterio de Chauvenet:** a la probeta CZ - 21E

$$\frac{ABS(128.4000 - 89.3752)}{11.2111} = 3.4809 > 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 39 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet madera eucalipto con dato depurado**

N° probetas	Resistencia corte (kg/cm <sup>2</sup> )	(xi- $\bar{x}$ )	(xi- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(xi- $\bar{x}$ )/S) ≤ 2	
CZ - 1E	76.8000	-10.9491	119.8836	1.3599	ok
CZ - 2E	100.3460	12.5969	158.6815	1.5646	ok
CZ - 3E	88.0000	0.2509	0.0629	0.0312	ok
CZ - 4E	93.0517	5.3026	28.1175	0.6586	ok
CZ - 5E	78.0000	-9.7491	95.0457	1.2109	ok
CZ - 6E	99.2000	11.4509	131.1223	1.4222	ok
CZ - 7E	83.6000	-4.1491	17.2153	0.5153	ok
CZ - 8E	94.1945	6.4454	41.5432	0.8005	ok
CZ - 9E	86.9083	-0.8409	0.7070	0.1044	ok
CZ - 10E	96.0000	8.2509	68.0767	1.0248	ok
CZ - 11E	96.8627	9.1136	83.0579	1.1319	ok
CZ - 12E	74.5098	-13.2393	175.2799	1.6443	ok
CZ - 13E	84.8485	-2.9007	8.4138	0.3603	ok
CZ - 14E	88.8889	1.1398	1.2990	0.1416	ok
CZ - 15E	75.6000	-12.1491	147.6015	1.5089	ok
CZ - 16E	92.8000	5.0509	25.5112	0.6273	ok
CZ - 17E	87.8431	0.0940	0.0088	0.0117	ok
CZ - 18E	85.0980	-2.6511	7.0283	0.3293	ok
CZ - 19E	88.8889	1.1398	1.2990	0.1416	ok
CZ - 20E	90.1010	2.3519	5.5313	0.2921	ok
CZ - 21E					
CZ - 22E	80.0000	-7.7491	60.0491	0.9625	ok
CZ - 23E	101.9608	14.2116	201.9709	1.7651	ok
CZ - 24E	88.0769	0.3278	0.1074	0.0407	ok
CZ - 25E	74.4000	-13.3491	178.1995	1.6580	ok
$\Sigma$	<b>2105.9793</b>	$\Sigma(x_i - \mu)^2$	<b>1555.8136</b>		
$\bar{x}$	<b>87.7491</b>	S	<b>8.0514</b>		
		C.v	<b>0.0918</b>		

$$PER\ 5\%Cz_E = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

S= 8.0514

N=24

$\bar{x}$  =87.7491

$t_{0.95}$  =1.714

$$PER\ 5\%Cz_E = 87.7491 - (1.714) \frac{(8.0514)}{\sqrt{23}}$$

**PER 5% $Cz_E$  = 84.8716 kg/cm<sup>2</sup>**



Esfuerzo admisible al corte paralelo al grano de la madera eucalipto es:

$$f_v = \frac{84.8716}{4} \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 21.2179 \text{ kg/cm}^2$$

### B. Corte paralelo al grano de la madera pino (*Pinus radiata*)

En el caso de la probeta CZ - 2P se obtuvo como resistencia al corte el valor de:

$$\text{Resistencia al corte} = \frac{1240}{(5.10)(5.10)}$$

$$\text{Resistencia al corte} = 47.6740 \text{ kg/cm}^2$$

Con el mismo procedimiento se obtuvo la resistencia al corte de las 25 probetas como se muestra en la Tabla N°40.

**Tabla 40 — Resistencia al corte de la madera pino**

N° probetas	Contenido humedad (%)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )
CZ - 1P	12.2	25.00	680	27.2000
CZ - 2P	12.2	26.01	1240	47.6740
CZ - 3P	12.7	25.00	1560	62.4000
CZ - 4P	12.1	24.50	2120	86.5218
CZ - 5P	11.7	25.00	1410	56.4000
CZ - 6P	11.9	25.00	590	23.6000
CZ - 7P	12.7	25.00	1520	60.8000
CZ - 8P	12.3	26.01	1480	56.9012
CZ - 9P	12.7	27.04	1590	58.8018
CZ - 10P	12.1	25.00	1400	56.0000
CZ - 11P	12.8	25.50	1290	50.5882
CZ - 12P	12.5	25.50	1280	50.1961
CZ - 13P	12.5	24.75	1880	75.9596
CZ - 14P	12.1	24.75	1870	75.5556
CZ - 15P	12.6	25.00	1750	70.0000
CZ - 16P	12.3	25.00	690	27.6000
CZ - 17P	12.4	25.50	1830	71.7647
CZ - 18P	12.1	25.50	1820	71.3725
CZ - 19P	12.4	24.75	1550	62.6263
CZ - 20P	12.5	24.75	1270	51.3131
CZ - 21P	12.7	25.00	1370	54.8000
CZ - 22P	12.0	24.75	1100	44.4444





CZ - 23P	12.6	25.50	700	27.4510
CZ - 24P	12.5	26.00	1850	71.1538
CZ - 25P	12.0	25.00	820	32.8000
$\bar{x}$	<b>12.3</b>			

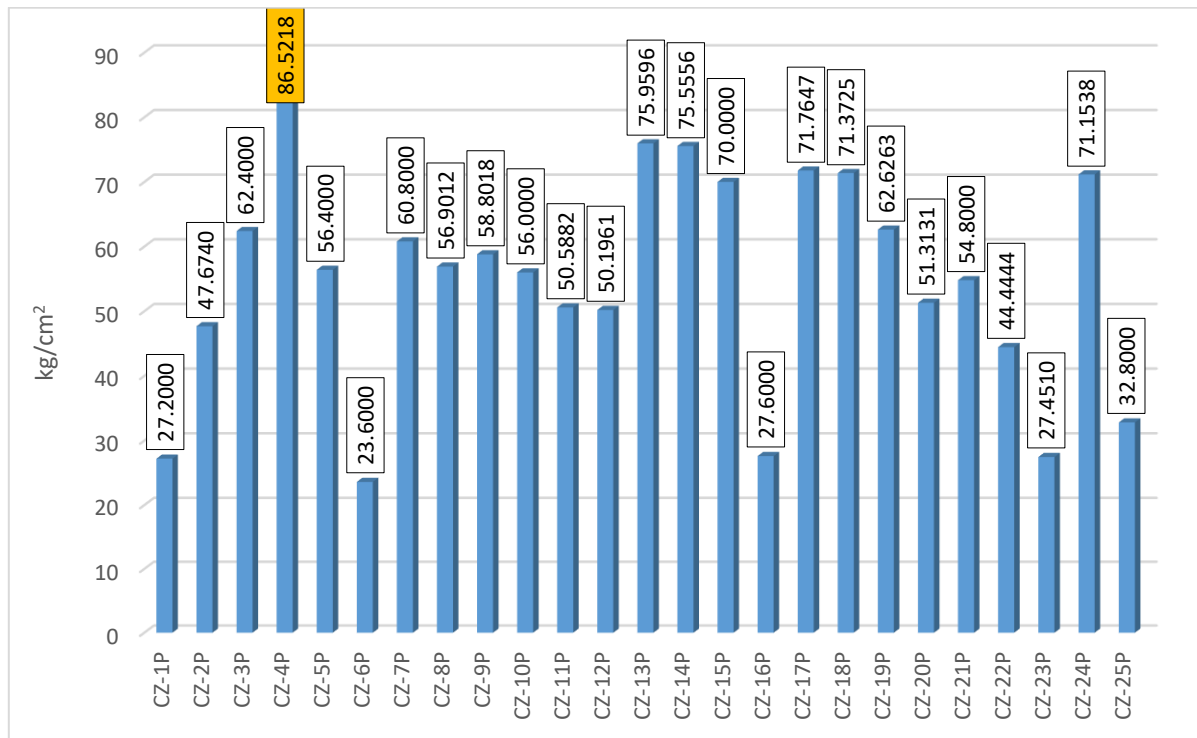


Figura 26 — Gráfico de barras de resistencia al corte de la madera pino

### El Promedio

El Promedio de la resistencia al corte se determinó como se muestra:

$$\bar{x} = \frac{1373.9241}{25}$$

$$\bar{x} = 54.9570 \text{ g/cm}^2$$

### Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{7040.6757}{25}} = 16.7817$$

### Coefficiente de variación

$$C.V = \frac{16.7817}{54.9570} = 0.3054$$

En la Tabla N° 41, se muestra los valores calculados de la media aritmética, desviación estándar y el criterio de Chauvenet para las 25 probetas.

**Tabla 41 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera pino**

N° probetas	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )/S) ≤ 2	
CZ - 1P	27.2000	-27.7570	770.4491	1.6540	ok
CZ - 2P	47.6740	-7.2830	53.0420	0.4340	ok
CZ - 3P	62.4000	7.4430	55.3988	0.4435	ok
CZ - 4P	86.5218	31.5648	996.3378	1.8809	ok
CZ - 5P	56.4000	1.4430	2.0824	0.0860	ok
CZ - 6P	23.6000	-31.3570	983.2592	1.8685	ok
CZ - 7P	60.8000	5.8430	34.1411	0.3482	ok
CZ - 8P	56.9012	1.9442	3.7800	0.1159	ok
CZ - 9P	58.8018	3.8448	14.7826	0.2291	ok
CZ - 10P	56.0000	1.0430	1.0879	0.0622	ok
CZ - 11P	50.5882	-4.3687	19.0858	0.2603	ok
CZ - 12P	50.1961	-4.7609	22.6660	0.2837	ok
CZ - 13P	75.9596	21.0026	441.1105	1.2515	ok
CZ - 14P	75.5556	20.5986	424.3020	1.2274	ok
CZ - 15P	70.0000	15.0430	226.2929	0.8964	ok
CZ - 16P	27.6000	-27.3570	748.4035	1.6302	ok
CZ - 17P	71.7647	16.8077	282.5002	1.0015	ok
CZ - 18P	71.3725	16.4156	269.4714	0.9782	ok
CZ - 19P	62.6263	7.6693	58.8181	0.4570	ok
CZ - 20P	51.3131	-3.6438	13.2775	0.2171	ok
CZ - 21P	54.8000	-0.1570	0.0246	0.0094	ok
CZ - 22P	44.4444	-10.5125	110.5131	0.6264	ok
CZ - 23P	27.4510	-27.5060	756.5791	1.6390	ok
CZ - 24P	71.1538	16.1969	262.3390	0.9651	ok
CZ - 25P	32.8000	-22.1570	490.9311	1.3203	ok
<b>Σ</b>	<b>1373.9241</b>	<b>Σ(x<sub>i</sub> - <math>\bar{x}</math>)<sup>2</sup></b>	<b>7040.6757</b>		
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>54.9570</b>	<b>S</b>	<b>16.7817</b>		
		<b>C.v</b>	<b>0.3054</b>		

**Criterio de Chauvenet:** a la probeta CZ-1P de corte

$$\frac{ABS(27.2000 - 54.9570)}{16.7817} = 1.6540 < 2 \rightarrow \text{cumple}$$

$$PER\ 5\%Cz_p = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N - 1}}$$



$$S = 16.7817$$

$$N = 25$$

$$\bar{x} = 54.9570$$

$$t_{0.95} = 1.711$$

$$PER\ 5\%Cz_P = 54.9570 - (1.711) \frac{(16.7817)}{\sqrt{24}}$$

$$PER\ 5\%Cz_P = 49.0959\ kg/cm^2$$

Esfuerzo admisible al corte paralelo al grano de la madera pino es:

$$f_v = \frac{49.0959}{4}\ kg/cm^2$$

$$f_v = 12.2740\ kg/cm^2$$

### C. Corte paralelo al grano para probetas de ciprés (Cupressus lusitánica)

En el caso de la probeta CZ-3C se obtuvo como resistencia de corte el valor de:

$$\text{Resistencia al corte} = \frac{420}{(5.00)(5.00)}$$

$$\text{Resistencia al corte} = 16.8000\ kg/cm^2$$

De la misma manera se obtuvo la resistencia al corte de las 25 probetas como se indica en la Tabla N°42.

**Tabla 42 — Resistencia al corte de la madera ciprés**

N° Probetas	Contenido humedad (%)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )
CZ - 1C	12.5	25.00	810	32.4000
CZ - 2C	12.5	26.01	340	13.0719
CZ - 3C	12.2	25.00	420	16.8000
CZ - 4C	12.3	24.50	580	23.6711
CZ - 5C	12.2	25.00	530	21.2000
CZ - 6C	12.6	25.00	490	19.6000
CZ - 7C	12.8	25.00	370	14.8000
CZ - 8C	12.2	26.01	602	23.1449
CZ - 9C	11.9	27.04	480	17.7515
CZ - 10C	12.7	25.00	490	19.6000
CZ - 11C	12.1	25.50	540	21.1765



CZ - 12C	12.6	25.50	550	21.5686
CZ - 13C	12.4	24.75	510	20.6061
CZ - 14C	12.7	24.75	480	19.3939
CZ - 15C	13.0	25.00	430	17.2000
CZ - 16C	12.9	25.00	440	17.6000
CZ - 17C	12.4	25.50	400	15.6863
CZ - 18C	12.5	25.50	420	16.4706
CZ - 19C	12.3	24.75	330	13.3333
CZ - 20C	12.9	24.75	510	20.6061
CZ - 21C	12.6	25.00	540	21.6000
CZ - 22C	12.2	24.75	610	24.6465
CZ - 23C	12.7	25.50	400	15.6863
CZ - 24C	12.2	26.00	400	15.3846
CZ - 25C	11.7	25.00	480	19.2000
$\bar{x}$	<b>12.4</b>			

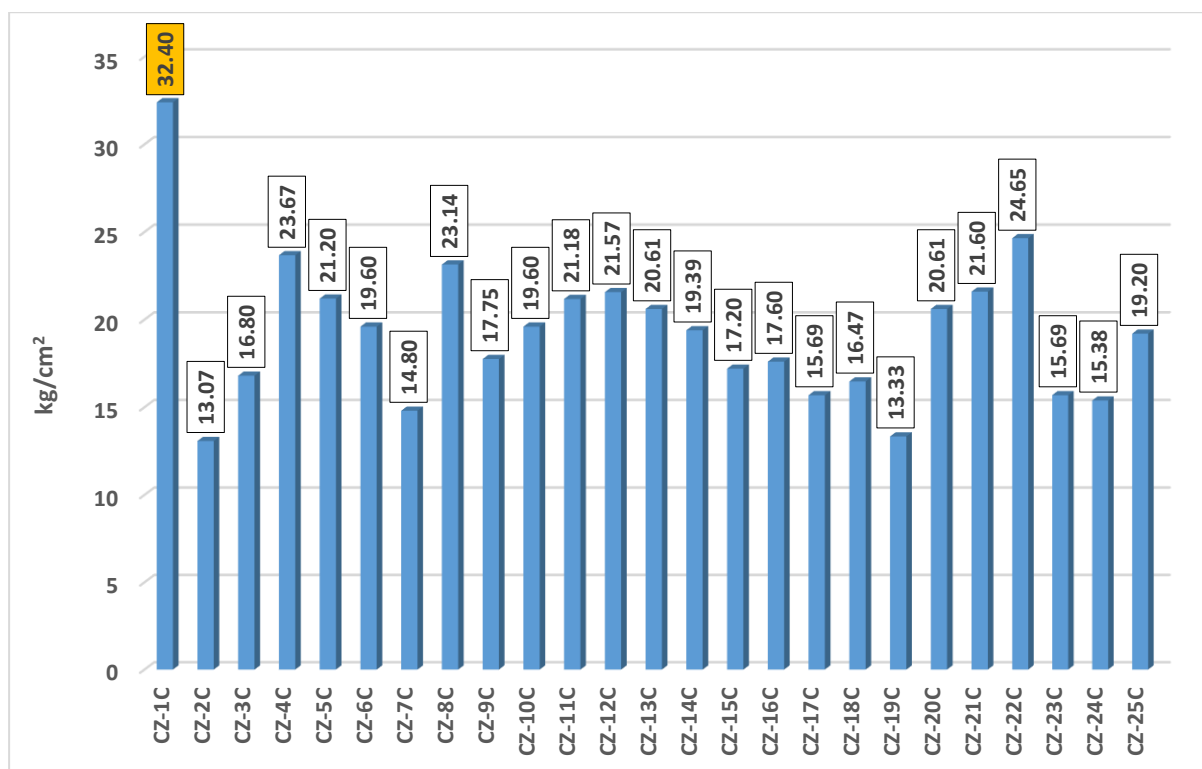


Figura 27 — Gráfico de barras de resistencia al corte de la madera pino

**Promedio**

$$\bar{x} = \frac{482.1981}{25}$$

$$\bar{x} = 19.2879 \text{ g/cm}^2$$

**Desviación estándar (S)**

$$S = \sqrt{\frac{415.3011}{25}} = 4.0758$$

**Coefficiente de variación**

$$C.v = \frac{4.0758}{19.2879} = 0.2113$$

En la Tabla N°43, se muestra los valores calculados de Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet para las 25 probetas.

**Tabla 43 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés**

N° probetas	Resistencia a Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )	(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	Criterio de Chauvenet	
				ABS(x <sub>i</sub> - $\bar{x}$ )/S ≤ 2	
CZ - 1C	32.4000	13.1121	171.9266	3.2171	Descartar
CZ - 2C	13.0719	-6.2160	38.6390	1.5251	ok
CZ - 3C	16.8000	-2.4879	6.1898	0.6104	ok
CZ - 4C	23.6711	4.3831	19.2118	1.0754	ok
CZ - 5C	21.2000	1.9121	3.6560	0.4691	ok
CZ - 6C	19.6000	0.3121	0.0974	0.0766	ok
CZ - 7C	14.8000	-4.4879	20.1415	1.1011	ok
CZ - 8C	23.1449	3.8570	14.8766	0.9463	ok
CZ - 9C	17.7515	-1.5364	2.3607	0.3770	ok
CZ - 10C	19.6000	0.3121	0.0974	0.0766	ok
CZ - 11C	21.1765	1.8885	3.5666	0.4634	ok
CZ - 12C	21.5686	2.2807	5.2016	0.5596	ok
CZ - 13C	20.6061	1.3181	1.7375	0.3234	ok
CZ - 14C	19.3939	0.1060	0.0112	0.0260	ok
CZ - 15C	17.2000	-2.0879	4.3594	0.5123	ok
CZ - 16C	17.6000	-1.6879	2.8491	0.4141	ok
CZ - 17C	15.6863	-3.6016	12.9719	0.8837	ok
CZ - 18C	16.4706	-2.8173	7.9374	0.6912	ok
CZ - 19C	13.3333	-5.9546	35.4571	1.4610	ok
CZ - 20C	20.6061	1.3181	1.7375	0.3234	ok
CZ - 21C	21.6000	2.3121	5.3457	0.5673	ok
CZ - 22C	24.6465	5.3585	28.7140	1.3147	ok
CZ - 23C	15.6863	-3.6016	12.9719	0.8837	ok
CZ - 24C	15.3846	-3.9033	15.2358	0.9577	ok
CZ - 25C	19.2000	-0.0879	0.0077	0.0216	ok
$\Sigma$	<b>482.1981</b>	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>415.3011</b>		
$\bar{x}$	<b>19.2879</b>	<b>S</b>	<b>4.0758</b>		
		<b>C.v</b>	<b>0.2113</b>		



**Criterio de Chauvenet:** a la probeta CZ-1C

$$\frac{ABS(32.4000 - 19.2879)}{4.0758} = 3.2171 \geq 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 44 — Promedio, desviación estándar y el criterio de Chauvenet madera eucalipto con dato depurados**

N° probetas	Resistencia al corte (kg/cm <sup>2</sup> )	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	Criterio de Chauvenet	
				$ABS(x_i - \bar{x})/S \leq 2$	
CZ - 1C					
CZ - 2C	13.0719	-5.6697	32.1454	1.7692	ok
CZ - 3C	16.8000	-1.9416	3.7698	0.6059	ok
CZ - 4C	23.6711	4.9295	24.2996	1.5382	ok
CZ - 5C	21.2000	2.4584	6.0438	0.7671	ok
CZ - 6C	19.6000	0.8584	0.7369	0.2679	ok
CZ - 7C	14.8000	-3.9416	15.5361	1.2299	ok
CZ - 8C	23.1449	4.4034	19.3896	1.3740	ok
CZ - 9C	17.7515	-0.9901	0.9803	0.3090	ok
CZ - 10C	19.6000	0.8584	0.7369	0.2679	ok
CZ - 11C	21.1765	2.4349	5.9287	0.7598	ok
CZ - 12C	21.5686	2.8270	7.9922	0.8822	ok
CZ - 13C	20.6061	1.8645	3.4763	0.5818	ok
CZ - 14C	19.3939	0.6524	0.4256	0.2036	ok
CZ - 15C	17.2000	-1.5416	2.3765	0.4810	ok
CZ - 16C	17.6000	-1.1416	1.3032	0.3562	ok
CZ - 17C	15.6863	-3.0553	9.3349	0.9534	ok
CZ - 18C	16.4706	-2.2710	5.1574	0.7086	ok
CZ - 19C	13.3333	-5.4083	29.2492	1.6876	ok
CZ - 20C	20.6061	1.8645	3.4763	0.5818	ok
CZ - 21C	21.6000	2.8584	8.1705	0.8919	ok
CZ - 22C	24.6465	5.9049	34.8676	1.8426	ok
CZ - 23C	15.6863	-3.0553	9.3349	0.9534	ok
CZ - 24C	15.3846	-3.3570	11.2693	1.0475	ok
CZ - 25C	19.2000	0.4584	0.2101	0.1430	ok
<b>Σ</b>	<b>449.7981</b>	$(x_i - \bar{x})^2$	<b>236.2110</b>		
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>18.7416</b>	<b>S</b>	<b>3.2047</b>		
		<b>C.v</b>	<b>0.1710</b>		

$$PER\ 5\%CZ_c = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S = 3.2047$$

$$N = 24$$

$$\bar{x} = 18.7416$$

$$t_{0.95} = 1.714$$



$$\text{PER } 5\%CZ_c = 18.7416 - (1.714) \frac{(3.2047)}{\sqrt{23}}$$

$$\text{PER } 5\%CZ_c = 17.5963 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo admisible al corte o al corte paralelo al grano de la madera ciprés es:

$$f_v = \frac{17.5963}{4} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_v = 4.3991 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

#### 4.5.3.3 Compresión paralela al grano

##### A. Compresión paralela al grano de la madera eucalipto (Eucalyptus glóbulos)

###### A.1 Resistencia máxima

Para calcular la resistencia máxima se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Resistencia máxima} = \frac{P}{A} \text{kg/cm}^2$$

Donde:

P: Carga máxima soportada por la probeta, en kg.

A: La superficie de la sección transversal de la probeta, en  $\text{cm}^2$

En el caso de la probeta C// - 1E:

$$\text{Resistencia máxima} = \frac{12075}{(5.10)(5.00)}$$

$$\text{Resistencia máxima} = 473.5294 \text{ kg/cm}^2$$

###### A.2 Esfuerzo al límite proporcional

Para calcular el esfuerzo al límite proporcional se utilizó siguiente formula:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional} = \frac{P'}{A} \text{kg/cm}^2$$

Donde:

P': Carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, en kg.

A: La superficie de la sección transversal de la probeta, en cm<sup>2</sup>.

La carga al límite proporcional se ha determinado sobre el diagrama carga - deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto de carga donde la tangente se separa de la curva.

En el caso de la probeta C// - 1E:

$$\text{Esfuerzo al límite proporcional} = \frac{9721}{(5.10)(5.00)}$$

$$\text{Esfuerzo al límite proporcional} = 381.2157 \text{ kg/cm}^2$$

### A.3 Módulo de elasticidad

Para calcular el módulo de elasticidad se utilizó siguiente fórmula:

$$\text{MOE} = \frac{(P')(L)}{(A)(D)}$$

Donde:

MOE: Es el módulo de elasticidad en kg/cm<sup>2</sup>.

P': Es la carga al límite proporcional en kg.

L: Distancia entre las abrazaderas en cm.

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

D: Deformación experimentada en el límite proporcional en cm.

La deformación experimentada en el límite proporcional es aquel que le corresponde a la carga al límite proporcional, se ha determinado sobre una gráfica carga – deformación.

En el caso de la probeta C// - 1E:

$$\text{Módulo de elasticidad} = \frac{(9721)(20.10)}{(5.10)(5.00)(0.11)}$$

$$\text{Módulo de elasticidad} = 69658.5027 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se ha determinado la resistencia máxima, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el módulo de elasticidad de las 25 probetas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y esos valores se muestran en la siguiente Tabla N°45.



**Tabla 45 — Resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad madera eucalipto**

N° de probetas	Dimensiones			Peso (gr)	Contenido humedad (%)	Carga máxima (kg)	Deformación máxima (mm)	Carga al límite proporcional (kg)	Deformación hasta el límite proporcional (mm)	Resistencia máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de las fibras al límite proporcional (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)									
C// - 1E	5.10	5.00	20.10	446.8	12.3	12075	2.5	9721	1.1	473.5294	381.2157	69658.5027
C// - 2E	5.05	5.00	20.10	374.9	12.1	9354	2.0	6919	0.9	370.4554	274.0198	61197.7558
C// - 3E	5.10	5.05	20.00	374.9	12.7	9434	2.1	8344	1.2	366.2978	323.9759	53995.9878
C// - 4E	4.95	5.10	20.10	309.8	12.8	10180	2.0	5900	0.5	403.2482	233.7096	93951.2775
C// - 5E	5.00	5.05	20.10	396.5	12.0	10410	2.1	7985	0.8	412.2772	316.2376	79454.7030
C// - 6E	5.05	5.10	20.10	372.7	12.3	10370	2.2	8709	1.0	402.6403	338.1479	67967.7344
C// - 7E	5.00	5.10	20.05	338.4	12.3	9624	2.1	7790	1.1	377.4118	305.4902	55682.5312
C// - 8E	5.05	5.00	20.10	376.8	12.7	10560	2.2	8899	1.0	418.2178	352.4356	70839.5644
C// - 9E	5.10	5.05	20.20	465	12.9	11484	1.8	9273	0.9	445.8940	360.0466	80810.4575
C// - 10E	5.10	5.15	20.10	370.1	12.3	12032	2.2	9821	1.0	458.1001	373.9197	75157.8527
C// - 11E	5.05	5.10	20.10	380.2	12.1	10840	2.3	9179	1.1	420.8891	356.3968	65123.4182
C// - 12E	5.10	4.95	20.10	444.8	12.0	9800	3.5	6299	0.8	388.1957	249.5148	62690.5823
C// - 13E	5.10	4.90	20.10	377.3	12.6	12106	2.5	8906	0.8	484.4338	356.3826	89541.1164
C// - 14E	5.05	5.00	20.20	495.5	12.5	11240	2.1	5115	0.4	445.1485	202.5743	102300.0000
C// - 15E	5.10	4.95	20.10	421.9	12.1	11321	1.9	6725	0.6	448.4452	266.3894	89240.4437
C// - 16E	5.00	5.00	20.15	480.3	12.5	9742	2.0	6206	0.4	389.6800	248.2400	125050.9000
C// - 17E	5.05	5.10	20.10	426.3	12.6	10669	2.5	7306	0.6	414.2497	283.6731	95030.4795
C// - 18E	5.00	5.10	20.10	479.6	12.0	8142	3.4	5839	0.7	319.2941	228.9804	65750.0840
C// - 19E	5.00	5.00	20.00	367.8	11.9	9314	2.3	5982	0.5	372.5600	239.2800	95712.0000
C// - 20E	5.05	5.05	20.10	433.8	11.6	10781	2.1	8753	0.7	422.7429	343.2213	98553.5312
C// - 21E	5.00	5.05	20.00	456.6	12.7	12065	2.5	9966	1.1	477.8218	394.6931	71762.3762
C// - 22E	5.00	5.15	20.10	360.1	12.4	11678	2.5	9375	0.9	453.5146	364.0777	81310.6796
C// - 23E	5.05	4.90	20.10	389.8	12.5	10781	2.1	7734	0.6	435.6840	312.5480	104703.5765
C// - 24E	4.90	5.15	20.05	461.8	12.9	11331	2.0	7785	0.6	449.0192	308.5001	103090.4498
C// - 25E	5.00	4.95	20.10	428.1	12.1	11431	2.0	7885	0.6	461.8586	318.5859	106726.2626
<b>Σ</b>										<b>10511.6092</b>	<b>7732.2559</b>	<b>2065302.2669</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>					<b>12.4</b>					<b>420.4644</b>	<b>309.2902</b>	<b>82612.0907</b>

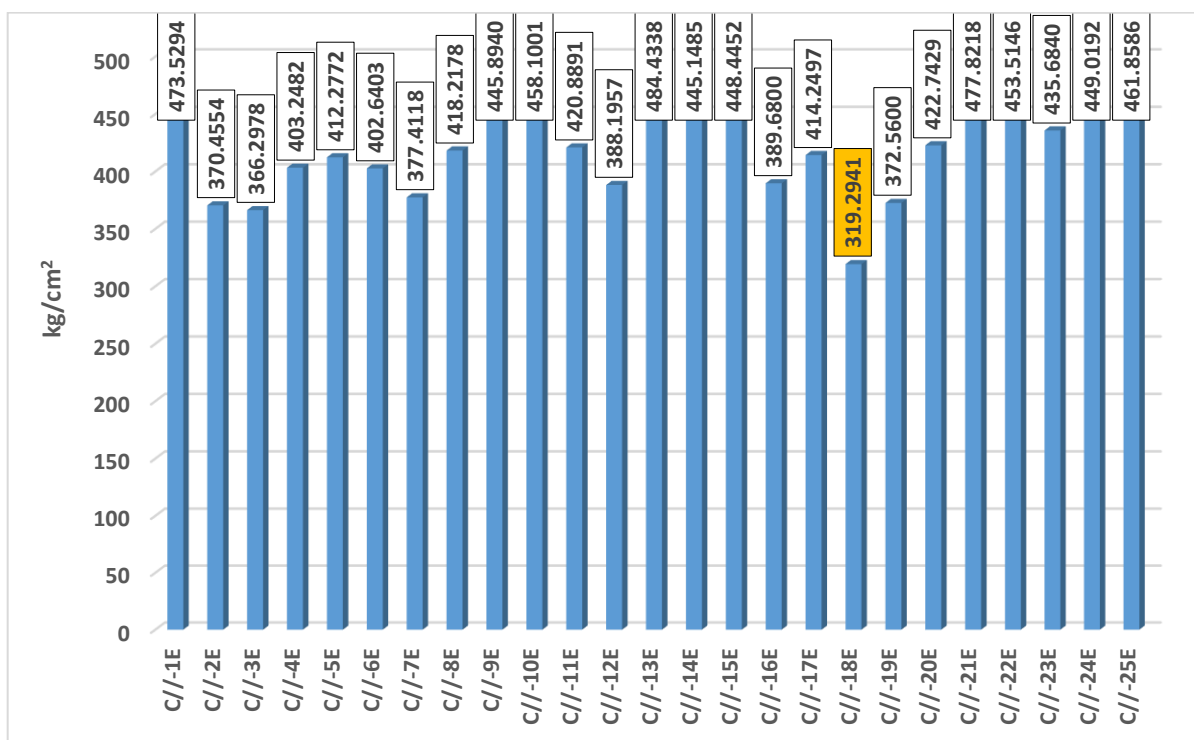


Figura 28 — Gráfico de barras de resistencia máxima de compresión paralelo al grano

**Desviación estándar (S)**

$$S = \sqrt{\frac{40043.8184}{25}} = 40.0219$$

**Coefficiente de variación**

$$C.v = \frac{40.0219}{420.4644} = 0.0952$$

En la Tabla N°46, se muestra los valores calculados de desviación estándar, resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional y el criterio de Chauvenet.

**Tabla 46 — Desviación estándar, coeficiente de variación y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto**

N° probetas	RM (kg/cm <sup>2</sup> )	E.L.P (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS(x_i - \bar{x})/S \leq 2$	
C// - 1E	2815.8990	5173.2705	167795442.1728	1.3259	ok
C// - 2E	2500.8922	1244.0035	458573739.2968	1.2495	ok
C// - 3E	2934.0163	215.6695	818881341.9521	1.3534	ok
C// - 4E	296.3975	5712.4256	128577157.3549	0.4302	ok
C// - 5E	67.0292	48.2662	9969097.1343	0.2046	ok
C// - 6E	317.6986	832.7667	214457170.1854	0.4454	ok
C// - 7E	1853.5266	14.4403	725201173.9658	1.0757	ok
C// - 8E	5.0470	1861.5262	138592375.9829	0.0561	ok



C// - 9E	646.6663	2576.2078	3245882.0478	0.6354	ok
C// - 10E	1416.4509	4176.9632	55565664.4885	0.9404	ok
C// - 11E	0.1804	2219.0300	305853664.1838	0.0106	ok
C// - 12E	1041.2680	3573.1080	396866496.2976	0.8063	ok
C// - 13E	4092.0850	2217.6864	48011398.1069	1.5984	ok
C// - 14E	609.3072	11388.3000	387613773.4863	0.6168	ok
C// - 15E	782.9291	1840.4830	43935063.1558	0.6991	ok
C// - 16E	947.6772	3727.1312	1801052536.7015	0.7692	ok
C// - 17E	38.6226	656.2390	154216381.4043	0.1553	ok
C// - 18E	10235.4193	6449.6709	284327268.0625	2.5279	Descartar
C// - 19E	2294.8284	4901.4331	171607624.2546	1.1970	ok
C// - 20E	5.1916	1151.3139	254129524.8578	0.0569	ok
C// - 21E	3289.8731	7293.6440	117716303.4294	1.4332	ok
C// - 22E	1092.3155	3001.6630	1693670.7626	0.8258	ok
C// - 23E	231.6365	10.6130	488033744.9611	0.3803	ok
C// - 24E	815.3796	0.6243	419363191.2042	0.7135	ok
C// - 25E	1713.4814	86.4086	581493288.7688	1.0343	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>40043.8184</b>	<b>70372.8879</b>	<b>8176772974.2186</b>		
S	<b>40.0219</b>	<b>53.0558</b>	<b>18085.1021</b>		
C.v	<b>0.0952</b>	<b>0.1715</b>	<b>0.2189</b>		

**Criterio de Chauvenet:** la probeta C// - 18E

$$\frac{ABS(319.2941 - 420.4644)}{40.0219} = 2.5279 > 2.0 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 47 — Promedio, resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional y módulo de elasticidad de la madera eucalipto con dato depurado**

N° probetas	RM (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
C// - 1E	473.5294	381.2157	69658.5027
C// - 2E	370.4554	274.0198	61197.7558
C// - 3E	366.2978	323.9759	53995.9878
C// - 4E	403.2482	233.7096	93951.2775
C// - 5E	412.2772	316.2376	79454.7030
C// - 6E	402.6403	338.1479	67967.7344
C// - 7E	377.4118	305.4902	55682.5312
C// - 8E	418.2178	352.4356	70839.5644
C// - 9E	445.8940	360.0466	80810.4575
C// - 10E	458.1001	373.9197	75157.8527
C// - 11E	420.8891	356.3968	65123.4182
C// - 12E	388.1957	249.5148	62690.5823
C// - 13E	484.4338	356.3826	89541.1164
C// - 14E	445.1485	202.5743	102300.0000
C// - 15E	448.4452	266.3894	89240.4437
C// - 16E	389.6800	248.2400	125050.9000

C// - 17E	414.2497	283.6731	95030.4795
C// - 18E			
C// - 19E	372.5600	239.2800	95712.0000
C// - 20E	422.7429	343.2213	98553.5312
C// - 21E	477.8218	394.6931	71762.3762
C// - 22E	453.5146	364.0777	81310.6796
C// - 23E	435.6840	312.5480	104703.5765
C// - 24E	449.0192	308.5001	103090.4498
C// - 25E	461.8586	318.5859	106726.2626
<b>Σ</b>	<b>10192.3151</b>	<b>7503.2755</b>	<b>1999552.1829</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>424.6798</b>	<b>312.6365</b>	<b>83314.6743</b>

**Tabla 48 — Resultado de media aritmética, desviación estándar y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto con dato depurados**

N° probetas	RM (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS(x_i - \bar{x})/S \leq 2$	
C// - 1E	2386.2852	4703.1077	186491023.1507	1.3961	ok
C// - 2E	2940.2800	1491.2477	489158084.4756	1.5497	ok
C// - 3E	3408.4565	128.5831	859585375.3708	1.6686	ok
C// - 4E	459.3146	6229.4450	113137327.4833	0.6125	ok
C// - 5E	153.8236	12.9682	14899378.5718	0.3545	ok
C// - 6E	485.7409	650.8343	235528563.2900	0.6299	ok
C// - 7E	2234.2666	51.0694	763535331.9391	1.3509	ok
C// - 8E	41.7571	1583.9735	155628367.7993	0.1847	ok
C// - 9E	450.0426	2247.7189	6271101.6384	0.6063	ok
C// - 10E	1116.9191	3755.6289	66533739.1389	0.9552	ok
C// - 11E	14.3690	1914.9671	330921797.1718	0.1083	ok
C// - 12E	1331.0904	3984.3520	425353170.5878	1.0427	ok
C// - 13E	3570.5381	1913.7190	38768581.9568	1.7078	ok
C// - 14E	418.9685	12113.6926	360442592.3989	0.5850	ok
C// - 15E	564.7963	2138.7938	35114742.5603	0.6792	ok
C// - 16E	1224.9856	4146.9065	1741912536.7009	1.0003	ok
C// - 17E	108.7877	838.8789	137260092.2050	0.2981	ok
C// - 18E					
C// - 19E	2716.4729	5381.1730	153693684.8147	1.4896	ok
C// - 20E	3.7517	935.4284	232222758.9673	0.0554	ok
C// - 21E	2824.0709	6733.2840	133455590.2398	1.5188	ok
C// - 22E	831.4439	2646.1961	4015994.6620	0.8241	ok
C// - 23E	121.0920	0.0078	457485136.9923	0.3145	ok
C// - 24E	592.4076	17.1096	391081296.0077	0.6956	ok
C// - 25E	1382.2626	35.3951	548102468.5303	1.0626	ok
<b><math>\Sigma(x_i - \bar{x})^2</math></b>	<b>29381.9233</b>	<b>63654.4807</b>	<b>7880598736.6535</b>		
<b>S</b>	<b>34.9892</b>	<b>51.5002</b>	<b>18120.6589</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.0824</b>	<b>0.1647</b>	<b>0.2175</b>		



$$\text{PER 5\% esf. rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=34.9892$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=424.6798$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% esf. rotura} &= 424.6798 - (1.714) \frac{(34.9892)}{\sqrt{23}} \\ &= 412.1749 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{PER 5\% ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=51.5002$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=312.6365$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% ELP} = 312.6365 - (1.714) \frac{(51.5002)}{\sqrt{23}} = 294.2307 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=18120.6589$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=83314.6743$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% MOE} &= 83314.6743 - (1.714) \frac{(18120.6589)}{\sqrt{23}} \\ &= 76838.4649 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Esfuerzo admisible de compresión axial o paralela al grano de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

$$C // E = \frac{412.1749}{(1.60)(1.25)}$$

$$C // E = 206.0875 \text{ kg/cm}^2$$



## B. Compresión paralela al grano de la madera pino (*Pinus radiata*)

### B.1 Resistencia máxima

En el caso de la probeta C// - 9P se obtuvo como resistencia máxima el valor de:

$$\text{Resistencia máxima} = \frac{8875}{(5.05)(5.00)}$$

$$\text{Resistencia máxima} = 351.4851 \text{ kg/cm}^2$$

### B.2 Esfuerzo al límite proporcional

Para hallar el esfuerzo al límite proporcional de compresión axial o paralela al grano de la probeta C// - 9P, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo al límite proporcional} = \frac{5696}{(5.05)(5.00)}$$

$$\text{Esfuerzo al límite proporcional} = 225.5842 \text{ kg/cm}^2$$

### B.3 Módulo de elasticidad

Para hallar el módulo de elasticidad de compresión axial o paralela al grano de la probeta C// - 9P se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{MOE} = \frac{(5696)(20.10)}{(5.05)(5.00)(0.07)} \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{MOE} = 64774.8798 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se obtuvo la resistencia máxima, el esfuerzo al límite proporcional y el módulo de elasticidad de las 25 probetas de pino (*Pinus radiata*) y esos valores se muestra en la siguiente Tabla N°49.

**Tabla 49 — Resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad de la madera pino**

N° probetas	Dimensiones			Peso (gr)	Contenido de humedad (%)	Carga máxima (kg)	Deformación Máxima (mm)	Carga al límite proporcional (Kg)	Deformación hasta el límite proporcional (mm)	Resistencia máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de las Fibras al Límite Proporcional (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)									
C// - 1P	5.15	5.00	20.05	321	12.0	8837	5.9	6676	0.60	343.1845	259.2621	86636.7638
C// - 2P	5.00	5.05	20.1	286.9	12.1	9230	1.9	7895	0.80	365.5446	312.6733	78559.1584
C// - 3P	5.05	5.10	20.2	322.2	12.0	7254	5.0	4390	0.90	281.6540	170.4523	38257.0806
C// - 4P	5.10	5.10	20.1	304.1	12.6	7101	5.0	5277	1.20	273.0104	202.8835	33982.9873
C// - 5P	5.05	5.05	20.1	304.1	12.7	8137	2.7	6955	1.30	319.0668	272.7184	42166.4543
C// - 6P	5.10	5.10	20.1	307.7	12.1	6691	4.8	4867	1.00	257.2472	187.1203	37611.1880
C// - 7P	5.10	4.90	20.1	305.7	12.0	9540	1.8	7386	0.70	381.7527	295.5582	84867.4327
C// - 8P	4.95	5.05	20.1	234.1	11.9	9438	3.8	6350	0.70	377.5578	254.0254	72941.5799
C// - 9P	5.05	5.00	20.1	302.3	11.7	8875	1.7	5696	0.70	351.4851	225.5842	64774.8798
C// - 10P	5.10	5.00	20	303.4	12.0	7316	6.2	6246	1.00	286.9020	244.9412	48988.2353
C// - 11P	5.00	5.05	20.1	287.6	12.5	6122	2.8	4359	1.00	242.4554	172.6337	34699.3663
C// - 12P	5.00	5.00	20.1	276.6	12.1	5278	2.7	4219	0.70	211.1200	168.7600	48458.2286
C// - 13P	5.10	5.00	20	283.7	12.3	5335	2.7	4276	0.70	209.2157	167.6863	47910.3641
C// - 14P	4.95	5.05	20.1	284.6	12.6	6028	2.9	4969	0.90	241.1441	198.7799	44394.1728
C// - 15P	5.00	5.00	20	293.9	12.7	6104	2.0	5095	0.80	244.1600	203.8000	50950.0000
C// - 16P	5.00	5.05	20.1	309.4	12.6	6851	2.3	5975	0.80	271.3267	236.6337	59454.2079
C// - 17P	4.95	5.10	20.1	303.4	12.5	8417	2.7	6216	1.10	333.4126	246.2270	44992.3837
C// - 18P	5.10	4.95	20.05	302.4	12.8	6878	2.4	6012	0.90	272.4500	238.1462	53053.6740
C// - 19P	5.10	5.00	20.1	289.2	12.5	9150	1.9	3944	0.50	358.8235	154.6667	62176.0000
C// - 20P	5.10	5.05	20	306.8	12.4	5278	2.7	4219	0.70	204.9311	163.8129	46803.6720
C// - 21P	5.00	5.00	20.1	297.4	12.2	9286	1.9	8043	1.00	371.4400	321.7200	64665.7200
C// - 22P	5.05	5.05	20	322.8	12.5	5422	7.5	4791	1.00	212.6066	187.8639	37572.7870
C// - 23P	5.05	5.10	20.1	329	12.1	7123	2.4	6257	0.90	276.5677	242.9431	54257.2963
C// - 24P	5.15	5.00	20.1	289.5	12.4	6258	5.4	5412	0.60	243.0291	210.1748	70408.5437
C// - 25P	5.00	5.00	20.1	282.9	12.0	8728	2.7	7546	1.30	349.1200	301.8400	46669.1077
<b>Σ</b>										<b>7279.2075</b>	<b>5640.9069</b>	<b>1355251.2841</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>					<b>12.3</b>					<b>291.1683</b>	<b>225.6363</b>	<b>54210.0514</b>

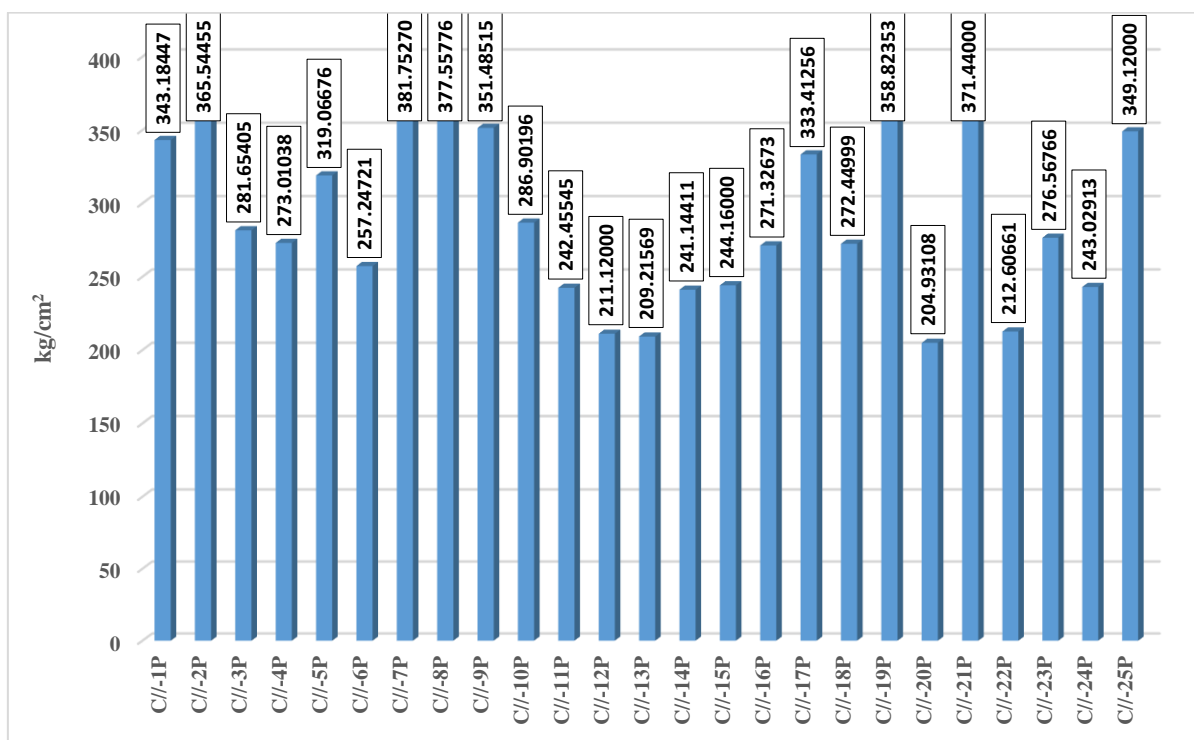


Figura 29 — Gráfico de barras de resistencia máxima de compresión paralelo al grano de pino

Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{831679743}{25}} = 57.6777$$

Coefficiente de variación

$$C.V = \frac{57.6777}{291.1683} = 0.1981$$

En la Tabla N° 50, se muestra los valores calculados de desviación estándar, resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional y el criterio de Chauvenet.

Tabla 50 — Desviación estándar de resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera pino con dato depurado

N° probetas	RM (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS(x_i - \bar{x})/S \leq 2$	
C// - 1P	2705.6815	1130.6986	1051491676.4551	0.9018	ok
C// - 2P	5531.8272	7575.4381	592879014.2434	1.2895	ok
C// - 3P	90.5210	3045.2667	254497275.8633	0.1650	ok
C// - 4P	329.7101	517.6885	409134120.1228	0.3148	ok
C// - 5P	778.3239	2216.7229	145048230.9716	0.4837	ok
C// - 6P	1150.6402	1483.4773	275522264.8090	0.5881	ok
C// - 7P	8205.5336	4889.0789	939875029.6328	1.5705	ok





C// - 8P	7463.1380	805.9426	350870160.2727	1.4978	ok
C// - 9P	3638.1222	0.0027	111615599.3355	1.0458	ok
C// - 10P	18.2017	372.6792	27267363.0631	0.0740	ok
C// - 11P	2372.9422	2809.2768	380666830.2200	0.8446	ok
C// - 12P	6407.7304	3234.9106	33083465.4321	1.3879	ok
C// - 13P	6716.2310	3358.2025	39686059.0434	1.4209	ok
C// - 14P	2502.4192	721.2660	96351472.9442	0.8673	ok
C// - 15P	2209.7803	476.8229	10627934.8931	0.8150	ok
C// - 16P	393.6878	120.9426	27501177.9967	0.3440	ok
C// - 17P	1784.5772	423.9770	84965396.5963	0.7324	ok
C// - 18P	350.3751	156.4974	1337208.6189	0.3245	ok
C// - 19P	4577.2300	5036.6852	63456337.6784	1.1730	ok
C// - 20P	7436.8580	3822.1356	54854455.8127	1.4952	ok
C// - 21P	6443.5457	9232.0823	109321006.6350	1.3917	ok
C// - 22P	6171.9397	1426.7496	276798566.1130	1.3621	ok
C// - 23P	213.1788	299.5268	2232.0857	0.2531	ok
C// - 24P	2317.3801	239.0585	262391153.6277	0.8346	ok
C// - 25P	3358.3995	5807.0078	56865831.4530	1.0048	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>83167.9743</b>	<b>59202.1372</b>	<b>5656109863.9196</b>		
<b>S</b>	<b>57.6777</b>	<b>48.6630</b>	<b>15041.4226</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.1981</b>	<b>0.2157</b>	<b>0.2775</b>		

$$\text{PER 5\% esf. rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=57.6777$$

$$N=25$$

$$\bar{x}=291.1683$$

$$t_{0.95}=1.711$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% esf. rotura} &= 291.1683 - (1.711) \frac{(57.6777)}{\sqrt{24}} \\ &= 271.0240 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{PER 5\% ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=48.6630$$

$$N=25$$

$$\bar{x}=225.6363$$

$$t_{0.95}=1.711$$

$$\text{PER 5\% ELP} = 225.6363 - (1.711) \frac{(48.6630)}{\sqrt{24}} = 208.6404 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$



$$S=15041.4226$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=54210.0514, t_{0.95}=1.711$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% MOE} &= 54210.0514 - (1.711) \frac{(15041.4226)}{\sqrt{24}} \\ &= 48956.7381 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Esfuerzo admisible de compresión axial o paralela al grano de la madera pino (*Pinus radiata*)

$$C // P = \frac{271.0240}{(1.60)(1.25)}$$

$$C // P = 135.512 \text{ kg/cm}^2$$

### C. Compresión paralela al grano de la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*)

#### C.1 Resistencia máxima

En el caso de la probeta de código C// - 10C

$$\text{Resistencia Maxima} = \frac{5309}{(5.00)(5.05)}$$

$$\text{Resistencia Maxima} = 210.2574 \text{ kg/cm}^2$$

#### C.2 Límite proporcional

En el caso de la probeta de código C// - 10C

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional} = \frac{4341}{(5.00)(5.05)}$$

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional} = 171.9208 \text{ kg/cm}^2$$

#### C.3 Módulo de elasticidad

En el caso de la probeta de código C// - 10C

$$\text{MOE} = \frac{(4341)(20.15)}{(5.00)(5.05)(0.1)}$$

$$\text{MOE} = 34642.0396 \text{ kg/cm}^2$$



**Tabla 51 — Resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad de la madera ciprés**

N° probetas	Dimensiones			Peso seco (gr)	Contenido de humedad (%)	Carga máxima (kg)	Deformación máxima (mm)	Carga al límite proporcional (kg)	Deformación hasta el límite proporcional (mm)	Resistencia máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de las Fibras al Límite Proporcional (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)									
C// - 1C	5.05	5.00	20.10	291.60	12.4	6267.00	4.30	5105	1.00	248.1980	202.1782	40637.8218
C// - 2C	5.00	5.00	20.05	294.90	12.2	5197.00	5.90	4188	1.00	207.8800	167.5200	33587.7600
C// - 3C	5.00	5.00	20.10	316.80	12.1	4575.00	4.00	3607	1.00	183.0000	144.2800	29000.2800
C// - 4C	4.90	4.95	20.10	279.30	12.5	4208.00	4.50	2741	0.50	173.4900	113.0076	45429.0662
C// - 5C	4.95	5.10	20.20	297.50	12.8	5625.00	4.40	4117	0.80	222.8164	163.0818	41178.1541
C// - 6C	5.00	5.10	20.10	263.40	12.0	5297.00	5.90	4288	1.00	207.7255	168.1569	33799.5294
C// - 7C	5.05	5.10	20.00	263.40	12.8	7316.00	6.20	6246	1.00	284.0613	242.5160	48503.2033
C// - 8C	5.00	4.95	20.10	234.10	12.2	6002.00	4.20	5238	0.80	242.5051	211.6364	53173.6364
C// - 9C	5.05	5.05	20.10	245.80	12.3	5788.00	3.70	3974	0.60	226.9581	155.8279	52202.3331
C// - 10C	5.00	5.05	20.15	337.00	12.6	5309.00	4.80	4341	1.00	210.2574	171.9208	34642.0396
C// - 11C	5.05	5.15	20.10	279.30	12.1	5340.00	5.00	4443	1.00	205.3254	170.8353	34337.9025
C// - 12C	5.10	5.00	20.00	287.20	12.2	6022.00	2.80	4259	1.00	236.1569	167.0196	33403.9216
C// - 13C	5.10	5.15	20.10	283.70	12.5	5492.00	7.00	4443	1.10	209.0996	169.1605	30910.2331
C// - 14C	5.05	4.95	20.10	272.20	12.6	5554.00	5.40	4626	1.10	222.1822	185.0585	33815.2361
C// - 15C	5.10	5.10	20.10	296.70	12.7	5982.00	3.80	4412	1.00	229.9885	169.6271	34095.0404
C// - 16C	4.90	5.10	19.95	296.70	12.2	4749.00	2.40	3821	0.70	190.0360	152.9012	43576.8307
C// - 17C	4.90	5.00	20.10	302.00	12.2	4749.00	2.40	3821	0.70	193.8367	155.9592	44782.5656
C// - 18C	5.10	5.05	20.10	250.00	12.0	5625.00	4.00	4789	0.80	218.4042	185.9445	46718.5498
C// - 19C	5.10	5.15	20.10	228.70	11.8	6104.00	2.00	4647	0.70	232.4005	176.9275	50803.4592
C// - 20C	5.10	5.10	20.00	305.00	12.2	4881.00	3.40	3668	0.80	187.6586	141.0227	35255.6709
C// - 21C	5.05	5.00	20.10	282.00	12.6	5808.00	9.10	4840	0.90	230.0198	191.6832	42809.2409
C// - 22C	5.00	5.00	20.00	229.10	12.0	5961.00	2.30	4545	0.70	238.4400	181.8000	51942.8571
C// - 23C	5.05	5.05	20.10	281.40	12.7	5054.00	3.20	3933	1.00	198.1766	154.2202	30998.2551
C// - 24C	5.10	5.10	20.10	291.20	12.3	4973.00	3.40	3709	1.00	191.1957	142.5990	28662.3991
C// - 25C	4.95	5.05	20.05	231.10	12.2	4891.00	7.50	3291	0.50	195.6596	131.6532	52792.9193
<b>Σ</b>										<b>5385.4722</b>	<b>4216.5370</b>	<b>1007058.9052</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>					<b>12.3</b>					<b>215.4189</b>	<b>168.6615</b>	<b>40282.3562</b>

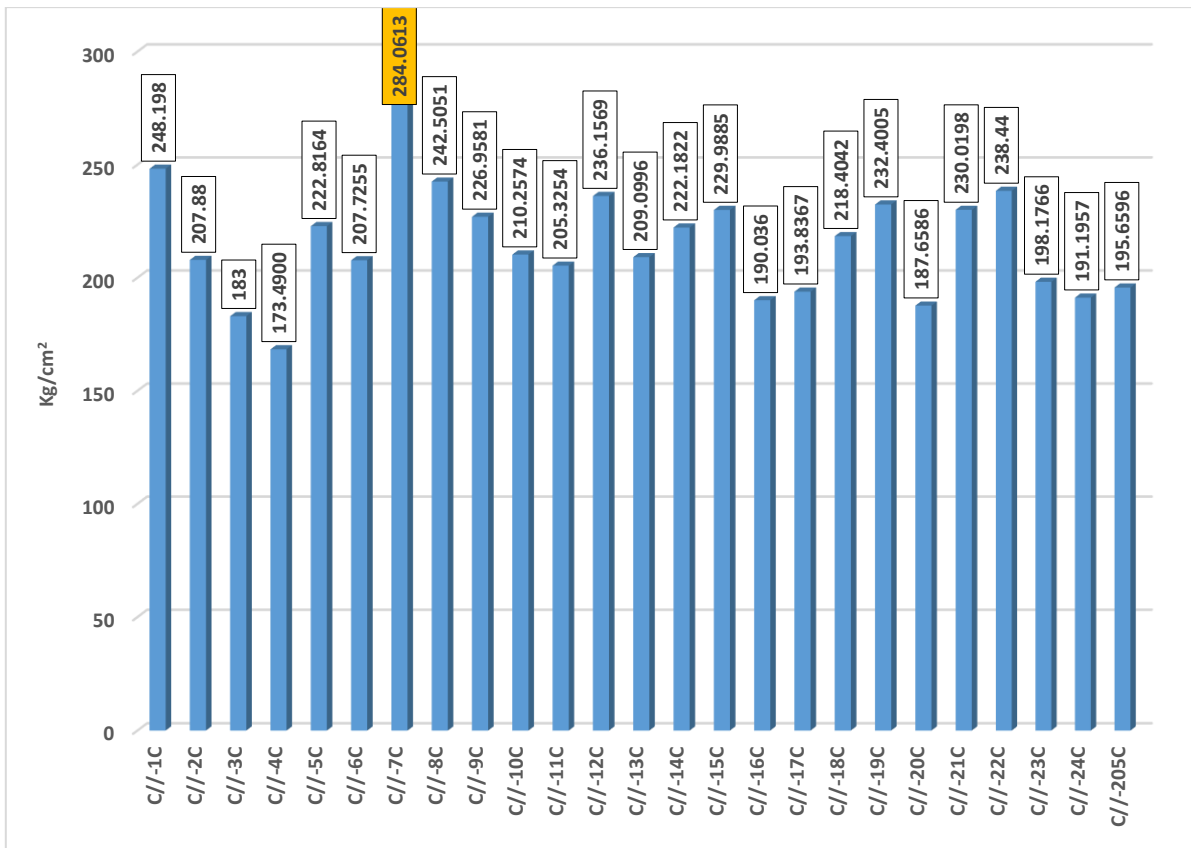


Figura 30 — Gráfico de barras de resistencia máxima de compresión paralelo al grano de pino

**Desviación estándar (S)**

$$S = \sqrt{\frac{14685.0165}{25}} = 24.2363$$

**Coefficiente de variación**

$$C. v = \frac{24.2363}{215.4189} = 0.1125$$

En la Tabla N°52, se muestra los valores calculados de desviación estándar, resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional y el criterio de Chauvenet.

Tabla 52 — Desviación estándar, de resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés

N° probetas	RM (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS(x_i - \bar{x}/S) \leq 2$	
C// - 1C	1074.4716	175.3153	1633970655.8950	1.3525	ok
C// - 2C	56.8348	2294.3033	1113713151.4242	0.3111	ok
C// - 3C	1050.9842	5060.7411	828568229.3480	1.3376	ok
C// - 4C	1758.0313	10488.0659	2044273900.8892	1.7300	ok
C// - 5C	54.7232	2739.1707	1677945675.3803	0.3052	ok
C// - 6C	59.1883	2233.6988	1127892479.8018	0.3174	ok
C// - 7C	4711.7875	734.2545	2331710119.8879	2.8322	Descartar
C// - 8C	733.6603	14.3075	2804572798.4008	1.1176	ok
C// - 9C	133.1544	3551.0904	2702639249.9641	0.4761	ok
C// - 10C	26.6407	1892.0842	1185192214.0532	0.2130	ok
C// - 11C	101.8787	1987.6929	1164343889.9015	0.4165	ok
C// - 12C	430.0637	2342.4901	1101476710.3098	0.8557	ok
C// - 13C	39.9339	2139.8402	942171620.4590	0.2607	ok
C// - 14C	45.7427	921.7527	1128947714.7302	0.2791	ok
C// - 15C	212.2727	2096.8907	1147828751.8324	0.6011	ok
C// - 16C	644.2902	3908.4660	1880212037.2974	1.0473	ok
C// - 17C	465.7893	3535.4562	1986230566.0127	0.8905	ok
C// - 18C	8.9121	868.7408	2162541184.4402	0.1232	ok
C// - 19C	288.3763	1481.5891	2559149827.6373	0.7007	ok
C// - 20C	770.6339	5534.7949	1227819260.9058	1.1454	ok
C// - 21C	213.1867	563.3843	1814233675.8064	0.6024	ok
C// - 22C	529.9717	1130.2295	2675727868.6093	0.9499	ok
C// - 23C	297.2947	3745.2823	947583003.7131	0.7114	ok
C// - 24C	586.7630	5302.7358	809230681.9987	0.9995	ok
C// - 25C	390.4307	7016.6960	2764393548.9277	0.8153	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>14685.0165</b>	<b>71759.07329</b>	<b>41762368817.6257</b>		
<b>S</b>	<b>24.2363</b>	<b>53.5758</b>	<b>40871.6864</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.1125</b>	<b>0.3177</b>	<b>1.0146</b>		

Criterio de Chauvenet: a la probeta C// - 7C

$$\frac{ABS(284.0613 - 215.4189)}{24.2363} \cdot 2.8322 \geq 2.0 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 53 — Promedio, de resistencia máxima, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y módulo de elasticidad de la madera ciprés con dato depurado**

N° Probetas	RM (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
C// - 1C	248.1980	202.1782	40637.8218
C// - 2C	207.8800	167.5200	33587.7600
C// - 3C	183.0000	144.2800	29000.2800
C// - 4C	173.4900	113.0076	45429.0662
C// - 5C	222.8164	163.0818	41178.1541
C// - 6C	207.7255	168.1569	33799.5294
C// - 7C			
C// - 8C	242.5051	211.6364	53173.6364
C// - 9C	226.9581	155.8279	52202.3331
C// - 10C	210.2574	171.9208	34642.0396
C// - 11C	205.3254	170.8353	34337.9025
C// - 12C	236.1569	167.0196	33403.9216
C// - 13C	209.0996	169.1605	30910.2331
C// - 14C	222.1822	185.0585	33815.2361
C// - 15C	229.9885	169.6271	34095.0404
C// - 16C	190.0360	152.9012	43576.8307
C// - 17C	193.8367	155.9592	44782.5656
C// - 18C	218.4042	185.9445	46718.5498
C// - 19C	232.4005	176.9275	50803.4592
C// - 20C	187.6586	141.0227	35255.6709
C// - 21C	230.0198	191.6832	42809.2409
C// - 22C	238.4400	181.8000	51942.8571
C// - 23C	198.1766	154.2202	30998.2551
C// - 24C	191.1957	142.5990	28662.3991
C// - 25C	195.6596	131.6532	52792.9193
<b>Σ</b>	<b>5101.4108</b>	<b>3974.0210</b>	<b>958555.7020</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>212.5588</b>	<b>165.5842</b>	<b>39939.8209</b>

**Tabla 54 — Resultado de desviación estándar de resistencia máxima, esfuerzo al límite proporcional, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet con dato depurado**

N° probetas	RM (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	ABS( $x_i - \bar{x}/S$ ) ≤ 2	
C// - 1C	1270.1552	107.7561	1634201888.5105	1.7658	ok
C// - 2C	21.8910	2028.4920	1113904056.2404	0.2318	ok
C// - 3C	873.7217	4661.9923	828732892.8376	1.4645	ok
C// - 4C	1526.3697	9910.4327	2044532540.4053	1.9357	ok
C// - 5C	105.2187	2447.9721	1678179998.8074	0.5082	ok
C// - 6C	23.3607	1971.5306	1128084595.9824	0.2395	ok
C// - 7C					

C// - 8C	896.7789	0.8509	2804875738.4468	1.4837	ok
C// - 9C	207.3415	3218.3977	2702936633.9563	0.7134	ok
C// - 10C	5.2962	1651.4463	1185389149.5649	0.1140	ok
C// - 11C	52.3220	1740.8461	1164539085.6867	0.3584	ok
C// - 12C	556.8693	2073.8165	1101666563.5324	1.1692	ok
C// - 13C	11.9662	1883.4128	942347209.2721	0.1714	ok
C// - 14C	92.6105	756.2653	1129139920.7561	0.4768	ok
C// - 15C	303.7938	1843.1323	1148022558.3962	0.8636	ok
C// - 16C	507.2751	3559.0320	1880460081.6469	1.1159	ok
C// - 17C	350.5151	3203.5147	1986485507.4129	0.9276	ok
C// - 18C	34.1688	708.3213	2162807200.0671	0.2896	ok
C// - 19C	393.6950	1269.5905	2559439209.7841	0.9831	ok
C// - 20C	620.0195	5117.4136	1228019706.5143	1.2337	ok
C// - 21C	304.8872	435.7913	1814477329.3847	0.8651	ok
C// - 22C	669.8374	946.1028	2676023768.3458	1.2823	ok
C// - 23C	206.8458	3403.3933	947759096.0299	0.7126	ok
C// - 24C	456.3816	4894.3713	809393412.7402	1.0584	ok
C// - 25C	285.5836	6545.7191	2764694311.1940	0.8373	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>9776.9046</b>	<b>64379.5934</b>	<b>39436112455.5151</b>		
S	<b>20.1834</b>	<b>51.7927</b>	<b>40536.0500</b>		
C.v	<b>0.0950</b>	<b>0.3128</b>	<b>1.0149</b>		

$$\text{PER 5\% esf. rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S = 20.1834$$

$$N = 24$$

$$\bar{x} = 212.5588$$

$$t_{0.95} = 1.714$$

$$\text{PER 5\% esf. rotura} = 212.5588 - (1.714) \frac{(20.1834)}{\sqrt{23}} = 205.3454 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S = 51.7927$$

$$N = 24$$

$$\bar{x} = 165.5842$$

$$t_{0.95} = 1.714$$

$$\text{PER 5\% ELP} = 165.5842 - (1.714) \frac{(51.7927)}{\sqrt{23}} = 147.0738 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=40536.0500$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=39939.8209$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\begin{aligned}\text{PER 5\% MOE} &= 39939.8209 - (1.714) \frac{(40536.0500)}{\sqrt{23}} \\ &= 25452.4918 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Esfuerzo admisible de compresión axial o paralela al grano de la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*)

$$C // c = \frac{205.3454}{(1.60)(1.25)}$$

$$C // c = 102.6727 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.5.3.4 Compresión perpendicular al grano

##### A. Compresión perpendicular al grano de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

###### A.1 Esfuerzo de rotura

Para determinar el esfuerzo de rotura se utilizó la fórmula:

$$\text{Esfuerzo de rotura} = \frac{P}{A}$$

Donde:

P: Carga soportada por la probeta hasta la falla en kg.

A: Es la superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión medida en  $\text{cm}^2$

En el caso de la probeta N°8 se obtuvo como esfuerzo de rotura:



$$\text{Esfuerzo de rotura} = \frac{4321}{(5.05)(5.00)}$$

$$\text{Esfuerzo de rotura} = 171.1287 \text{ kg/cm}^2$$

## A.2 Esfuerzo al límite proporcional

Para determinar el esfuerzo al límite proporcional se utilizó la fórmula:

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

Donde:

ELP: Esfuerzo al límite proporcional, en  $\text{kg/cm}^2$

P': Carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, en kg.

S: Es la superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión medida, en  $\text{cm}^2$

La carga al límite proporcional se ha determinado sobre una gráfica carga - deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto de carga donde la tangente se separa de la curva.

En el caso de la probeta N°8, el esfuerzo al límite proporcional (ELP)

$$\text{ELP} = \frac{2476}{(5.05)(5.00)}$$

$$\text{ELP} = 98.0594 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se obtuvo para las 25 probetas de eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*) como indica la tabla siguiente Tabla N°55.

**Tabla 55 — Esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera eucalipto**

N° probetas	Contenido humedad (%)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	Carga al límite proporcional (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de las fibras al límite proporcional (kg/cm <sup>2</sup> )
C1 - 1E	12.3	25.5	4300	1427	168.6275	55.9608
C1 - 2E	12.1	25.3	4029	1491	159.5644	59.0495
C1 - 3E	12.6	25.5	4901	2058	192.1961	80.7059
C1 - 4E	12.4	25.5	4636	1997	181.7861	78.3060
C1 - 5E	12.8	25.5	4565	1956	179.0196	76.7059
C1 - 6E	12.7	25.3	4168	1834	165.0693	72.6337
C1 - 7E	12.5	25.3	4901	2537	194.0990	100.4752
C1 - 8E	12.1	25.3	4321	2476	171.1287	98.0594
C1 - 9E	12.0	25.3	4076	1641	161.4257	64.9901
C1 - 10E	12.9	25.8	5044	1498	195.8455	58.1635
C1 - 11E	11.9	25.5	4758	2598	186.5699	101.8724
C1 - 12E	12.0	25.5	3890	1111	152.5341	43.5644
C1 - 13E	12.3	25.3	3935	1540	155.8416	60.9901
C1 - 14E	12.2	25.5	4453	2425	174.6103	95.0887
C1 - 15E	12.7	25.5	5085	2334	199.4118	91.5294
C1 - 16E	12.4	25.3	4319	2179	171.0495	86.2970
C1 - 17E	12.6	25.5	4616	1131	181.0196	44.3529
C1 - 18E	12.9	25.8	4565	2150	177.2471	83.4789
C1 - 19E	12.6	25.5	5024	2364	197.0196	92.7059
C1 - 20E	12.3	25.8	3240	1345	125.8008	52.2229
C1 - 21E	12.8	26.0	4901	1895	188.4275	72.8566
C1 - 22E	12.7	25.8	4779	1814	185.5562	70.4329
C1 - 23E	12.3	25.8	4709	1509	182.8383	58.5906
C1 - 24E	12.7	25.8	3950	1090	153.3683	42.3219
C1 - 25E	12.8	25.5	4677	1997	183.3938	78.3060
<b>Σ</b>					<b>4383.45</b>	<b>1819.66</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>12.5</b>				<b>175.338</b>	<b>72.786</b>

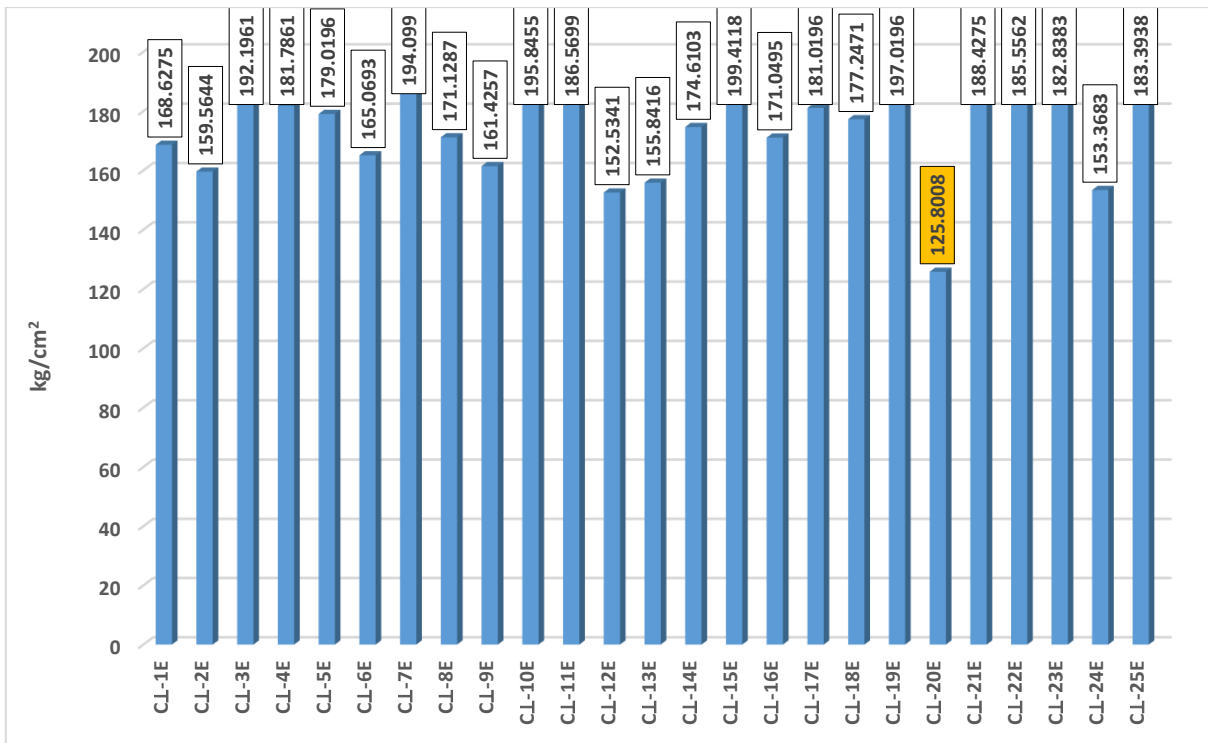


Figura 31 — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de compresión perpendicular al grano

### A.3 Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{7186.6824}{25}} = 16.9549$$

### A.4 Coeficiente de variación

$$C.v = \frac{16.9549}{175.3380} = 0.0967$$

En la tabla N°56, se muestra los valores calculados de desviación estándar, esfuerzo de rotura, esfuerzo al límite proporcional y el criterio de Chauvenet.

Tabla 56 — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto

N° probetas	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	ELP (kg/cm²)	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
C.L - 1E	45.0316	283.1022	0.3958	ok
C.L - 2E	248.8082	188.7029	0.9303	ok
C.L - 3E	284.1944	62.7178	0.9943	ok
C.L - 4E	41.5778	30.4663	0.3803	ok

C <sub>⊥</sub> - 5E	13.5542	15.3622	0.2171	ok
C <sub>⊥</sub> - 6E	105.4463	0.0233	0.6056	ok
C <sub>⊥</sub> - 7E	351.9751	766.6709	1.1065	ok
C <sub>⊥</sub> - 8E	17.7182	638.7236	0.2483	ok
C <sub>⊥</sub> - 9E	193.5512	60.7827	0.8205	ok
C <sub>⊥</sub> - 10E	420.5558	213.8310	1.2095	ok
C <sub>⊥</sub> - 11E	126.1563	845.9920	0.6625	ok
C <sub>⊥</sub> - 12E	520.0199	853.9292	1.3450	ok
C <sub>⊥</sub> - 13E	380.1107	139.1533	1.1499	ok
C <sub>⊥</sub> - 14E	0.5295	497.3923	0.0429	ok
C <sub>⊥</sub> - 15E	579.5456	351.2996	1.4199	ok
C <sub>⊥</sub> - 16E	18.3913	182.5365	0.2529	ok
C <sub>⊥</sub> - 17E	32.2805	808.4629	0.3351	ok
C <sub>⊥</sub> - 18E	3.6448	114.3298	0.1126	ok
C <sub>⊥</sub> - 19E	470.0916	396.7848	1.2788	ok
C <sub>⊥</sub> - 20E	2453.9337	422.8598	2.9217	Descartar
C <sub>⊥</sub> - 21E	171.3355	0.0049	0.7720	ok
C <sub>⊥</sub> - 22E	104.4114	5.5390	0.6027	ok
C <sub>⊥</sub> - 23E	56.2541	201.5224	0.4424	ok
C <sub>⊥</sub> - 24E	482.6692	928.0885	1.2958	ok
C <sub>⊥</sub> - 25E	64.8955	30.4663	0.4751	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>7186.6824</b>	<b>8038.7441</b>		
<b>S</b>	<b>16.9549</b>	<b>17.9318</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.0967</b>	<b>0.2464</b>		

**A.5 Criterio de Chauvenet:** a la probeta C<sub>⊥</sub> - 20E

$$\frac{\text{ABS}(125.8008 - 175.3380)}{16.9549} = 2.9217 \geq 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 57 — Promedio de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional, con dato depurados de la madera eucalipto**

N° probetas	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )
C <sub>⊥</sub> - 1E	168.6275	55.9608
C <sub>⊥</sub> - 2E	159.5644	59.0495
C <sub>⊥</sub> - 3E	192.1961	80.7059
C <sub>⊥</sub> - 4E	181.7861	78.3060
C <sub>⊥</sub> - 5E	179.0196	76.7059
C <sub>⊥</sub> - 6E	165.0693	72.6337
C <sub>⊥</sub> - 7E	194.0990	100.4752
C <sub>⊥</sub> - 8E	171.1287	98.0594
C <sub>⊥</sub> - 9E	161.4257	64.9901

C <sub>⊥</sub> - 10E	195.8455	58.1635
C <sub>⊥</sub> - 11E	186.5699	101.8724
C <sub>⊥</sub> - 12E	152.5341	43.5644
C <sub>⊥</sub> - 13E	155.8416	60.9901
C <sub>⊥</sub> - 14E	174.6103	95.0887
C <sub>⊥</sub> - 15E	199.4118	91.5294
C <sub>⊥</sub> - 16E	171.0495	86.2970
C <sub>⊥</sub> - 17E	181.0196	44.3529
C <sub>⊥</sub> - 18E	177.2471	83.4789
C <sub>⊥</sub> - 19E	197.0196	92.7059
C <sub>⊥</sub> - 20E		
C <sub>⊥</sub> - 21E	188.4275	72.8566
C <sub>⊥</sub> - 22E	185.5562	70.4329
C <sub>⊥</sub> - 23E	182.8383	58.5906
C <sub>⊥</sub> - 24E	153.3683	42.3219
C <sub>⊥</sub> - 25E	183.3938	78.3060
Σ	4257.6495	1767.4377
$\bar{x}$	<b>177.4021</b>	<b>73.6432</b>

**Tabla 58 — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto**

N° probetas	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2.0$	
C <sub>⊥</sub> - 1E	76.9938	312.6692	0.6317	ok
C <sub>⊥</sub> - 2E	318.1837	212.9771	1.2842	ok
C <sub>⊥</sub> - 3E	218.8630	49.8809	1.0651	ok
C <sub>⊥</sub> - 4E	19.2198	21.7418	0.3156	ok
C <sub>⊥</sub> - 5E	2.6165	9.3798	0.1165	ok
C <sub>⊥</sub> - 6E	152.0968	1.0192	0.8879	ok
C <sub>⊥</sub> - 7E	278.7881	719.9567	1.2021	ok
C <sub>⊥</sub> - 8E	39.3549	596.1492	0.4516	ok
C <sub>⊥</sub> - 9E	255.2427	74.8768	1.1502	ok
C <sub>⊥</sub> - 10E	340.1592	239.6234	1.3278	ok
C <sub>⊥</sub> - 11E	84.0501	796.8836	0.6600	ok
C <sub>⊥</sub> - 12E	618.4172	904.7392	1.7903	ok
C <sub>⊥</sub> - 13E	464.8541	160.1019	1.5522	ok
C <sub>⊥</sub> - 14E	7.7937	459.9085	0.2010	ok
C <sub>⊥</sub> - 15E	484.4271	319.9152	1.5845	ok
C <sub>⊥</sub> - 16E	40.3550	160.1184	0.4573	ok
C <sub>⊥</sub> - 17E	13.0866	857.9215	0.2604	ok
C <sub>⊥</sub> - 18E	0.0240	96.7409	0.0112	ok
C <sub>⊥</sub> - 19E	384.8482	363.3844	1.4123	ok
C <sub>⊥</sub> - 20E				

C <sub>⊥</sub> - 21E	121.5609	0.6188	0.7938	ok
C <sub>⊥</sub> - 22E	66.4900	10.3061	0.5870	ok
C <sub>⊥</sub> - 23E	29.5525	226.5830	0.3914	ok
C <sub>⊥</sub> - 24E	577.6227	981.0276	1.7303	ok
C <sub>⊥</sub> - 25E	35.9008	21.7418	0.4314	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>4630.5014</b>	<b>7598.2652</b>		
<b>S</b>	<b>13.8902</b>	<b>17.7931</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.0783</b>	<b>0.2416</b>		

$$\text{PER 5\% } \textit{esf. rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=13.8902$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=177.4021$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% } \textit{esf. rotura} = 177.4021 - (1.714) \frac{(13.8902)}{\sqrt{23}} = 172.4378 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% } \textit{ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=17.7931$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=73.6432$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% } \textit{ELP} = 73.6432 - (1.714) \frac{(17.7931)}{\sqrt{23}} = 67.2841 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo Admisible de compresión perpendicular de la madera eucalipto  
(*Eucalyptus globulus*)

$$C_{\perp E} = \frac{67.2841}{1.60}$$

$$C_{\perp E} = 42.0526 \text{ kg/cm}^2$$

## B. Compresión perpendicular al grano de la madera pino (*Pinus radiata*)

### B.1 Esfuerzo de rotura

En el caso de la probeta C<sub>⊥</sub> - 1P, se obtuvo como esfuerzo de rotura

$$\text{Esfuerzo de rotura} = \frac{2548}{(5.10)(5.00)}$$

$$\text{Esfuerzo de rotura} = 99.9216 \text{ kg/cm}^2$$

### B.2 Esfuerzo al límite proporcional

Para determinar el esfuerzo al límite proporcional de la probeta C<sub>⊥</sub> - 1P:

$$\text{Esfuerzo al límite proporcional} = \frac{1111}{(5.10)(5.00)}$$

$$\text{Esfuerzo al límite proporcional} = 43.5686 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se obtuvo para las 25 probetas de la madera pino como se indica en la Tabla N°59.

**Tabla 59 — Esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera pino**

N° probetas	Contenido humedad (%)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Carga al límite proporcional (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de las Fibras al límite proporcional (kg/cm <sup>2</sup> )
C <sub>⊥</sub> - 1P	12.8	25.5	2548	1111	99.9216	43.5686
C <sub>⊥</sub> - 2P	12.0	25.3	2150	926	85.1485	36.6733
C <sub>⊥</sub> - 3P	12.1	25.8	2560	1386	99.3982	53.8148
C <sub>⊥</sub> - 4P	12.5	25.3	2620	1722	103.7624	68.1980
C <sub>⊥</sub> - 5P	12.7	25.5	2211	1019	86.7059	39.9608
C <sub>⊥</sub> - 6P	12.8	25.3	1750	711	69.3069	28.1584
C <sub>⊥</sub> - 7P	12.9	25.8	2340	2466	90.8561	95.7484
C <sub>⊥</sub> - 8P	12.2	25.3	1924	548	76.1980	21.7030
C <sub>⊥</sub> - 9P	12.1	25.3	2690	1294	106.5347	51.2475
C <sub>⊥</sub> - 10P	12.6	25.5	1995	763	78.2276	29.9186
C <sub>⊥</sub> - 11P	12.6	25.5	2089	937	81.9135	36.7415
C <sub>⊥</sub> - 12E	12.5	25.3	1870	652	74.0594	25.8218
C <sub>⊥</sub> - 13P	12.4	25.5	1977	846	77.5218	33.1732
C <sub>⊥</sub> - 14P	12.2	25.5	1865	723	73.1373	28.3529
C <sub>⊥</sub> - 15P	12.3	25.3	2036	844	80.6337	33.4257
C <sub>⊥</sub> - 16P	12.3	25.0	3801	1396	152.0400	55.8400

C.L - 17P	12.4	25.8	2680	1559	104.0575	60.5319
C.L - 18P	12.9	26.0	1844	754	70.9231	29.0000
C.L - 19P	12.9	25.8	2853	907	110.7746	35.2165
C.L - 20P	12.5	26.0	2527	1182	97.1923	45.4615
C.L - 21P	12.6	25.5	2456	1009	96.3043	39.5647
C.L - 22P	12.7	25.5	2018	2721	79.1373	106.7059
C.L - 23P	12.2	25.3	2425	1131	96.0396	44.7921
C.L - 24P	12.0	25.3	2313	1121	91.6040	44.3960
C.L - 25P	12.6	25.3	1844	754	73.0297	29.8614
$\Sigma$					<b>2254.43</b>	<b>1117.88</b>
$\bar{x}$	<b>12.5</b>				<b>90.18</b>	<b>44.72</b>

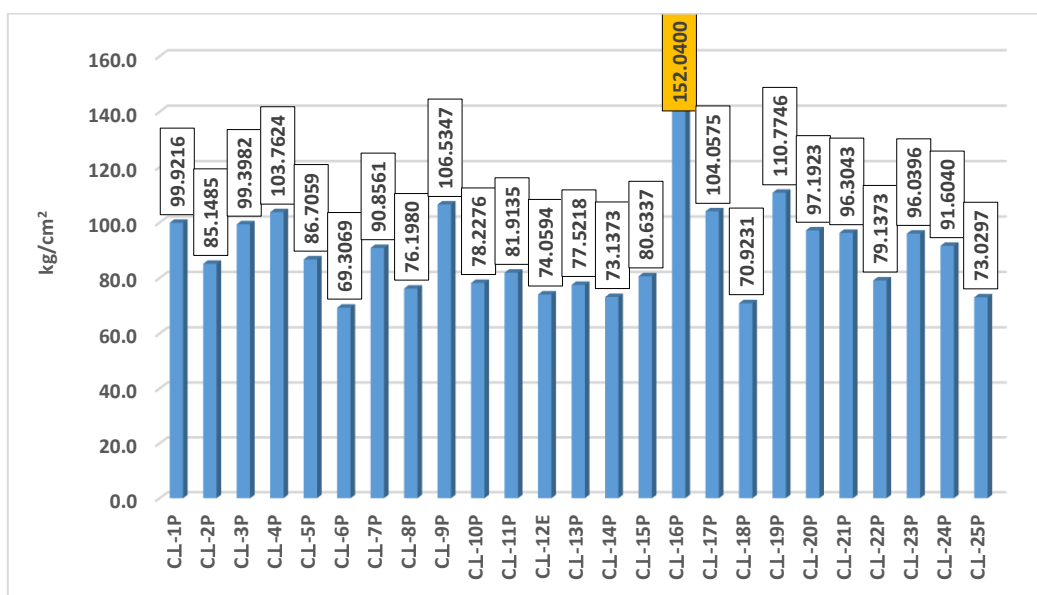


Figura 32 — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de compresión perpendicular al grano

### B.3 Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{7667.0637}{25}} = 17.5124$$

### B.4 Coeficiente de variación

$$C. v = \frac{17.5124}{90.1771} = 0.1942$$

En la Tabla N°60, se muestra los valores calculados de desviación estándar, esfuerzo de rotura, esfuerzo al límite proporcional y el criterio de Chauvenet.



**Tabla 60 — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera pino**

N° probetas	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
C⊥ - 1P	94.9544	1.3143	0.5564	ok
C⊥ - 2P	25.2868	64.6706	0.2871	ok
C⊥ - 3P	85.0280	82.8050	0.5265	ok
C⊥ - 4P	184.5594	551.4490	0.7758	ok
C⊥ - 5P	12.0494	22.6032	0.1982	ok
C⊥ - 6P	435.5645	274.1227	1.1917	ok
C⊥ - 7P	0.4611	2604.4009	0.0388	ok
C⊥ - 8P	195.4150	529.5566	0.7982	ok
C⊥ - 9P	267.5691	42.6730	0.9341	ok
C⊥ - 10P	142.7903	218.9344	0.6823	ok
C⊥ - 11P	68.2867	63.5778	0.4719	ok
C⊥ - 12E	259.7805	356.9562	0.9204	ok
C⊥ - 13P	160.1567	133.2143	0.7226	ok
C⊥ - 14P	290.3568	267.7192	0.9730	ok
C⊥ - 15P	91.0774	127.4489	0.5450	ok
C⊥ - 16P	3827.0168	123.7641	3.5325	Descartar
C⊥ - 17P	192.6642	250.1733	0.7926	ok
C⊥ - 18P	370.7179	246.9633	1.0995	ok
C⊥ - 19P	424.2568	90.2235	1.1762	ok
C⊥ - 20P	49.2130	0.5572	0.4006	ok
C⊥ - 21P	37.5422	26.5258	0.3499	ok
C⊥ - 22P	121.8785	3842.8611	0.6304	ok
C⊥ - 23P	34.3688	0.0059	0.3348	ok
C⊥ - 24P	2.0359	0.1018	0.0815	ok
C⊥ - 25P	294.0337	220.6319	0.9792	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>7667.0637</b>	<b>10143.2541</b>		
S	<b>17.5124</b>	<b>20.1427</b>		
C.v	<b>0.1942</b>	<b>0.4505</b>		

**Criterio de Chauvenet:** a la probeta C⊥-16P

$$\frac{ABS(152.0400 - 90.1771)}{17.5124} = 3.5325 \geq 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 61 — Promedio de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional, madera pino con dato depurados**

Nº probetas	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )
C <sub>⊥</sub> - 1P	99.9216	43.5686
C <sub>⊥</sub> - 2P	85.1485	36.6733
C <sub>⊥</sub> - 3P	99.3982	53.8148
C <sub>⊥</sub> - 4P	103.7624	68.1980
C <sub>⊥</sub> - 5P	86.7059	39.9608
C <sub>⊥</sub> - 6P	69.3069	28.1584
C <sub>⊥</sub> - 7P	90.8561	95.7484
C <sub>⊥</sub> - 8P	76.1980	21.7030
C <sub>⊥</sub> - 9P	106.5347	51.2475
C <sub>⊥</sub> - 10P	78.2276	29.9186
C <sub>⊥</sub> - 11P	81.9135	36.7415
C <sub>⊥</sub> - 12E	74.0594	25.8218
C <sub>⊥</sub> - 13P	77.5218	33.1732
C <sub>⊥</sub> - 14P	73.1373	28.3529
C <sub>⊥</sub> - 15P	80.6337	33.4257
C <sub>⊥</sub> - 16P		
C <sub>⊥</sub> - 17P	104.0575	60.5319
C <sub>⊥</sub> - 18P	70.9231	29.0000
C <sub>⊥</sub> - 19P	110.7746	35.2165
C <sub>⊥</sub> - 20P	97.1923	45.4615
C <sub>⊥</sub> - 21P	96.3043	39.5647
C <sub>⊥</sub> - 22P	79.1373	106.7059
C <sub>⊥</sub> - 23P	96.0396	44.7921
C <sub>⊥</sub> - 24P	91.6040	44.3960
C <sub>⊥</sub> - 25P	73.0297	29.8614
Σ	<b>2102.3878</b>	<b>1062.0367</b>
$\bar{x}$	<b>87.5995</b>	<b>44.2515</b>

**Tabla 62 — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet madera pino con dato depurado**

Nº probetas	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
C <sub>⊥</sub> - 1P	151.8336	0.4664	0.9950	ok
C <sub>⊥</sub> - 2P	6.0073	57.4300	0.1979	ok
C <sub>⊥</sub> - 3P	139.2089	91.4560	0.9528	ok
C <sub>⊥</sub> - 4P	261.2388	573.4344	1.3052	ok
C <sub>⊥</sub> - 5P	0.7985	18.4105	0.0722	ok

C <sub>⊥</sub> - 6P	334.6178	258.9883	1.4771	ok
C <sub>⊥</sub> - 7P	10.6058	2651.9276	0.2630	ok
C <sub>⊥</sub> - 8P	129.9936	508.4375	0.9207	ok
C <sub>⊥</sub> - 9P	358.5403	48.9440	1.5290	ok
C <sub>⊥</sub> - 10P	87.8319	205.4318	0.7568	ok
C <sub>⊥</sub> - 11P	32.3301	56.4006	0.4591	ok
C <sub>⊥</sub> - 12E	183.3340	339.6556	1.0934	ok
C <sub>⊥</sub> - 13P	101.5597	122.7290	0.8138	ok
C <sub>⊥</sub> - 14P	209.1563	252.7651	1.1678	ok
C <sub>⊥</sub> - 15P	48.5228	117.1976	0.5625	ok
C <sub>⊥</sub> - 17P	270.8648	265.0516	1.3290	ok
C <sub>⊥</sub> - 18P	278.1028	232.6091	1.3466	ok
C <sub>⊥</sub> - 19P	537.0859	81.6324	1.8714	ok
C <sub>⊥</sub> - 20P	92.0221	1.4641	0.7746	ok
C <sub>⊥</sub> - 21P	75.7734	21.9659	0.7029	ok
C <sub>⊥</sub> - 22P	71.6095	3900.5463	0.6833	ok
C <sub>⊥</sub> - 23P	71.2355	0.2922	0.6815	ok
C <sub>⊥</sub> - 24P	16.0358	0.0209	0.3234	ok
C <sub>⊥</sub> - 25P	212.2788	207.0762	1.1765	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>3680.5879</b>	<b>10014.3331</b>		
S	<b>12.3838</b>	<b>20.4270</b>		
C.v	<b>0.1414</b>	<b>0.4616</b>		

$$\text{PER 5\% esf. rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=12.3838$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=87.5995$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% esf. rotura} = 87.5995 - (1.714) \frac{(12.3838)}{\sqrt{23}} = 83.1736 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=20.4270$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=44.2515$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% ELP} = 44.2515 - (1.714) \frac{(20.4270)}{\sqrt{23}} = 36.9510 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo Admisible de compresión perpendicular de la madera pino

$$C_{\perp p} = \frac{36.9510}{1.60} \text{ kg/cm}^2$$

$$C_{\perp p} = 23.0944 \text{ kg/cm}^2$$

### C. Compresión perpendicular al grano de la de madera ciprés (Cupresus lusitanica)

#### C.1 Esfuerzo de rotura

En el caso de la probeta C $\perp$  - 20C se obtuvo como esfuerzo de rotura:

$$\text{Esfuerzo de rotura} = \frac{1967}{(5.00)(5.05)}$$

$$\text{Esfuerzo de rotura} = 77.9010 \text{ kg/cm}^2$$

#### C.2 Esfuerzo al límite proporcional

Para determinar el esfuerzo al límite proporcional de la probeta C $\perp$  - 10C

$$\text{Esfuerzo al límite proporcional} = \frac{642}{(5.00)(5.05)}$$

$$\text{Esfuerzo al límite proporcional} = 25.4257 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se obtuvo para las 25 probetas de ciprés como indica la tabla siguiente Tabla N°63.

**Tabla 63 — Promedio, esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera ciprés**

N° probetas	Contenido humedad (%)	Area (cm)	Carga maxima (kg)	Carga al límite proporcional (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo de las fibras al límite proporcional (kg/cm <sup>2</sup> )
C $\perp$ - 1C	12.0	25.0	1671	622	66.8400	24.8800
C $\perp$ - 2C	11.9	25.3	1990	968	78.8119	38.3366
C $\perp$ - 3C	12.7	25.3	2038	815	80.7129	32.2772
C $\perp$ - 4C	12.1	25.5	1671	520	65.5230	20.3902
C $\perp$ - 5C	12.1	25.3	1880	795	74.4554	31.4851
C $\perp$ - 6C	12.0	25.3	1487	519	58.8911	20.5545
C $\perp$ - 7C	12.8	25.0	1671	652	66.8400	26.0800
C $\perp$ - 8C	12.9	25.0	1691	622	67.6400	24.8800

C <sub>⊥</sub> - 9C	12.1	25.5	1661	652	65.1373	25.5686
C <sub>⊥</sub> - 10C	12.5	25.3	1376	744	54.4950	29.4653
C <sub>⊥</sub> - 11C	12.1	25.3	1641	560	64.9901	31.4851
C <sub>⊥</sub> - 12C	12.7	25.3	1789	469	70.8515	18.5743
C <sub>⊥</sub> - 13C	12.8	25.0	978	326	39.1200	13.0400
C <sub>⊥</sub> - 14C	12.8	25.3	1651	622	65.3861	24.6337
C <sub>⊥</sub> - 15C	12.2	25.3	1793	652	71.0099	25.8218
C <sub>⊥</sub> - 16C	12.1	25.3	2048	652	81.1089	25.8218
C <sub>⊥</sub> - 17C	12.5	25.3	1406	438	55.6832	17.3465
C <sub>⊥</sub> - 18C	12.7	25.5	1355	622	53.1320	24.3898
C <sub>⊥</sub> - 19C	12.6	25.5	1818	687	71.2871	26.9385
C <sub>⊥</sub> - 20C	12.7	25.3	1967	642	77.9010	25.4257
C <sub>⊥</sub> - 21C	12.9	25.5	1539	550	60.3470	21.5665
C <sub>⊥</sub> - 22C	12.5	25.3	1967	642	77.9010	25.4257
C <sub>⊥</sub> - 23C	12.3	25.3	1956	785	77.4653	31.0891
C <sub>⊥</sub> - 24C	12.2	25.0	1488	591	59.5200	23.6400
C <sub>⊥</sub> - 25C	12.9	25.3	1671	560	66.1782	22.1782
Σ					<b>1671.23</b>	<b>631.29</b>
$\bar{x}$	<b>12.4</b>				<b>66.8491</b>	<b>25.2518</b>

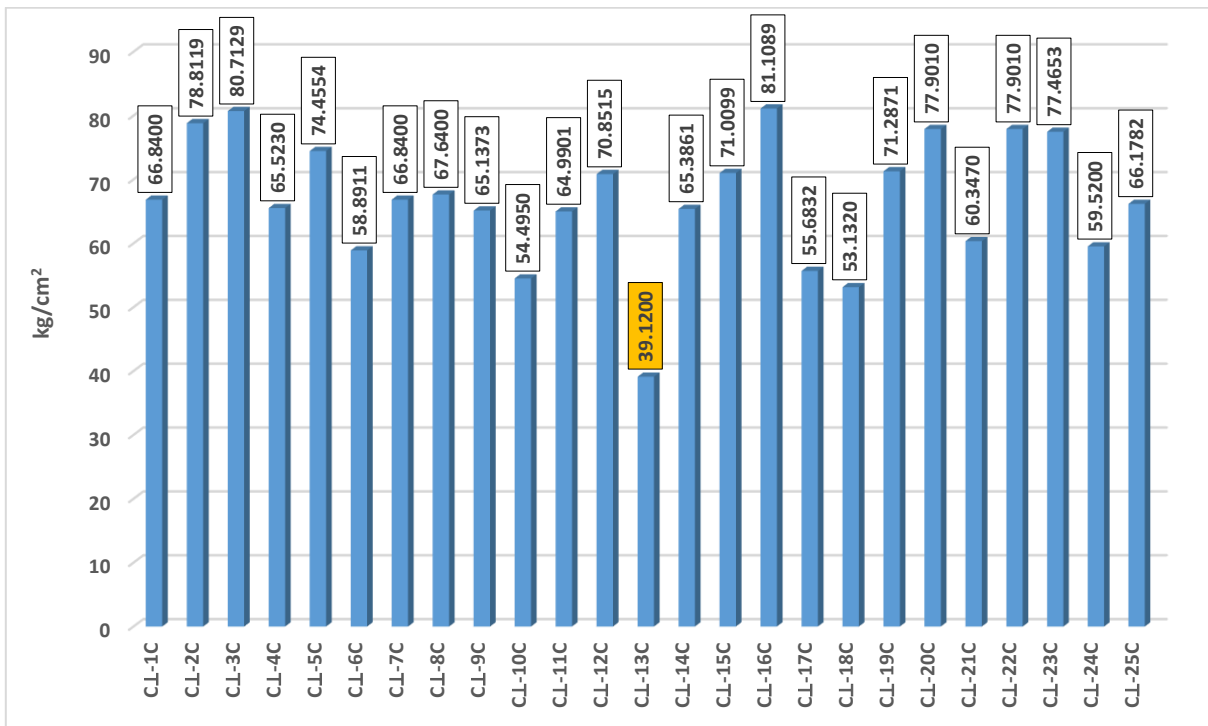


Figura 33 — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de compresión perpendicular al grano

### C.3 Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{2411.5764}{25}} = 9.8216$$

**C.4 Coeficiente de variación**

$$C.v = \frac{9.8216}{66.8491} = 0.1469$$

En la Tabla N°64, se muestra los valores calculados de desviación estándar, esfuerzo de rotura, esfuerzo al límite proporcional y el criterio de Chauvenet.

**Tabla 64 — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera pino**

N° probetas	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
C1 - 1C	0.0001	0.1382	0.0009	ok
C1 - 2C	143.1076	171.2135	1.2180	ok
C1 - 3C	192.2036	49.3570	1.4116	ok
C1 - 4C	1.7586	23.6353	0.1350	ok
C1 - 5C	57.8562	38.8549	0.7745	ok
C1 - 6C	63.3303	22.0648	0.8103	ok
C1 - 7C	0.0001	0.6860	0.0009	ok
C1 - 8C	0.6255	0.1382	0.0805	ok
C1 - 9C	2.9305	0.1004	0.1743	ok
C1 - 10C	152.6231	17.7542	1.2579	ok
C1 - 11C	3.4560	38.8549	0.1893	ok
C1 - 12C	16.0189	44.5892	0.4075	ok
C1 - 13C	768.9042	149.1275	2.8233	Descartar
C1 - 14C	2.1403	0.3821	0.1490	ok
C1 - 15C	17.3121	0.3249	0.4236	ok
C1 - 16C	203.3416	0.3249	1.4519	ok
C1 - 17C	124.6785	62.4928	1.1369	ok
C1 - 18C	188.1582	0.7431	1.3966	ok
C1 - 19C	19.6959	2.8452	0.4519	ok
C1 - 20C	122.1438	0.0303	1.1253	ok
C1 - 21C	42.2773	13.5812	0.6620	ok
C1 - 22C	122.1438	0.0303	1.1253	ok
C1 - 23C	112.7042	34.0745	1.0809	ok
C1 - 24C	53.7160	2.5978	0.7462	ok
C1 - 25C	0.4501	9.4468	0.0683	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>2411.5764</b>	<b>683.3878</b>		
<b>S</b>	<b>9.8216</b>	<b>5.2283</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.1469</b>	<b>0.2070</b>		

**C.5 Criterio de Chauvenet:** a la probeta C1-13C

$$\frac{ABS(39.1200 - 66.8491)}{9.8216} = 2.8233 > 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 65 — Promedio de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera pino con dato depurados**

Nº probetas	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )
C1 - 1C	66.8400	24.8800
C1 - 2C	78.8119	38.3366
C1 - 3C	80.7129	32.2772
C1 - 4C	65.5230	20.3902
C1 - 5C	74.4554	31.4851
C1 - 6C	58.8911	20.5545
C1 - 7C	66.8400	26.0800
C1 - 8C	67.6400	24.8800
C1 - 9C	65.1373	25.5686
C1 - 10C	54.4950	29.4653
C1 - 11C	64.9901	31.4851
C1 - 12C	70.8515	18.5743
C1 - 13C		
C1 - 14C	65.3861	24.6337
C1 - 15C	71.0099	25.8218
C1 - 16C	81.1089	25.8218
C1 - 17C	55.6832	17.3465
C1 - 18C	53.1320	24.3898
C1 - 19C	71.2871	26.9385
C1 - 20C	77.9010	25.4257
C1 - 21C	60.3470	21.5665
C1 - 22C	77.9010	25.4257
C1 - 23C	77.4653	31.0891
C1 - 24C	59.5200	23.6400
C1 - 25C	66.1782	22.1782
<b>Σ</b>	<b>1632.1080</b>	<b>618.2544</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>68.0045</b>	<b>25.7606</b>

Tabla 66 — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera pino con dato depurados

N° probetas	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS(x_i - \bar{x})/S \leq 2$	
C <sub>⊥</sub> - 1C	1.3561	0.7755	0.1422	ok
C <sub>⊥</sub> - 2C	116.7995	158.1566	1.3193	ok
C <sub>⊥</sub> - 3C	161.5027	42.4664	1.5513	ok
C <sub>⊥</sub> - 4C	6.1579	28.8416	0.3029	ok
C <sub>⊥</sub> - 5C	41.6147	32.7705	0.7875	ok
C <sub>⊥</sub> - 6C	83.0543	27.1039	1.1125	ok
C <sub>⊥</sub> - 7C	1.3561	0.1020	0.1422	ok
C <sub>⊥</sub> - 8C	0.1329	0.7755	0.0445	ok
C <sub>⊥</sub> - 9C	8.2211	0.0369	0.3500	ok
C <sub>⊥</sub> - 10C	182.5053	13.7251	1.6491	ok
C <sub>⊥</sub> - 11C	9.0866	32.7705	0.3680	ok
C <sub>⊥</sub> - 12C	8.1053	51.6435	0.3475	ok
C <sub>⊥</sub> - 13C				
C <sub>⊥</sub> - 14C	6.8558	1.2700	0.3196	ok
C <sub>⊥</sub> - 15C	9.0324	0.0037	0.3669	ok
C <sub>⊥</sub> - 16C	171.7256	0.0037	1.5996	ok
C <sub>⊥</sub> - 17C	151.8152	70.7965	1.5041	ok
C <sub>⊥</sub> - 18C	221.1899	1.8792	1.8155	ok
C <sub>⊥</sub> - 19C	10.7756	1.3875	0.4007	ok
C <sub>⊥</sub> - 20C	97.9405	0.1121	1.2081	ok
C <sub>⊥</sub> - 21C	58.6369	17.5904	0.9347	ok
C <sub>⊥</sub> - 22C	97.9405	0.1121	1.2081	ok
C <sub>⊥</sub> - 23C	89.5076	28.3930	1.1549	ok
C <sub>⊥</sub> - 24C	71.9868	4.4969	1.0357	ok
C <sub>⊥</sub> - 25C	3.3353	12.8335	0.2229	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>1610.6345</b>	<b>528.0467</b>		
<b>S</b>	<b>8.1921</b>	<b>4.6906</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.1205</b>	<b>0.1821</b>		

$$\text{PER 5\% } \textit{esf. rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

S=8.1921

N=24

$\bar{x}$ =68.0045

$t_{0.95}$ =1.714



$$\text{PER 5\% esf. rotura} = 68.0045 - (1.714) \frac{(8.1921)}{\sqrt{23}} = 65.0767 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\%ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=4.6906$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=25.7606$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\%ELP} = 25.7606 - (1.714) \frac{(4.6906)}{\sqrt{23}} = 24.0842 \text{ kg/cm}^2$$

**Esfuerzo Admisible de compresión perpendicular de la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*)**

$$C \perp_c = \frac{24.0842}{1.60} \text{ kg/cm}^2$$

$$C \perp_c = 15.0526 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.5.3.5 Tracción paralela a las fibras

**A. Tracción paralela a las fibras de la madera eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*)**

##### A.1 Módulo de ruptura

Para determinar el módulo de ruptura se utilizó la siguiente formula:

$$\text{MOR} = \frac{P}{(a)(e)} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P: Carga máxima (kg)

a: Ancho de la probeta de madera en (cm).

e: Espesor de la probeta de madera en (cm).

En el caso de la probeta T - 2E

$$\text{MOR} = \frac{356.90}{(0.5)(0.5)}$$

$$\text{MOR} = 1427.5800 \text{ kg/cm}^2$$

## A.2 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$MOE = \frac{(P')(L)}{(a)(b)(\Delta)} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P': Carga al límite proporcional (Kg)

L: Distancia entre abrazaderas en (cm).

a: Ancho de la probeta de madera en (cm).

e: Espesor de la probeta de madera en (cm).

Δ: Deformación de la probeta (cm)

La carga al límite proporcional se ha determinado sobre una gráfica carga - deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto de carga donde la tangente se separa de la curva.

En el caso de la probeta T - 2E

$$MOE = \frac{(203.94)(3.50)}{(0.5)(0.5)(0.9)}$$

$$MOE = 3172.4000 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se obtuvo para las 25 probetas de eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*) como indica la tabla siguiente Tabla N°67.

**Tabla 67 — Promedio, módulo de rotura y módulo de elasticidad de la madera eucalipto**

N° Probeta	Contenido humedad (%)	Area (cm)	P (kg)	D (mm)	P' (kg)	Δ (cm)	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
T - 1E	12.2	0.28	356.90	8.50	203.94	0.85	1297.8000	3053.6471
T - 2E	12.5	0.25	356.90	9.00	203.94	0.90	1427.5800	3172.4000
T - 3E	12.8	0.23	305.91	7.50	203.94	0.75	1359.6000	4229.8667
T - 4E	12.9	0.23	305.91	9.00	152.96	0.90	1359.6000	2643.6667
T - 5E	12.2	0.28	356.90	8.90	203.94	0.89	1297.8000	2916.4045
T - 6E	12.0	0.28	458.87	9.00	305.91	0.90	1668.6000	4326.0000
T - 7E	12.6	0.23	305.91	8.75	152.96	0.88	1359.6000	2719.2000
T - 8E	11.9	0.23	305.91	10.75	203.94	1.08	1359.6000	2951.0698

T - 9E	12.7	0.28	407.88	11.75	203.94	1.18	1483.2000	2209.0213
T - 10E	12.5	0.25	458.87	10.50	305.91	1.05	1835.4600	4078.8000
T - 11E	12.8	0.25	326.30	11.25	203.94	1.13	1305.2160	2537.9200
T - 12E	12.5	0.23	305.91	7.75	203.94	0.78	1359.6000	4093.4194
T - 13E	12.5	0.28	387.49	7.60	254.93	0.76	1409.0400	4269.0789
T - 14E	12.2	0.23	203.94	8.25	101.97	0.83	906.4000	1922.6667
T - 15E	12.0	0.23	305.91	8.00	203.94	0.80	1359.6000	3965.5000
T - 16E	12.8	0.25	458.87	8.25	356.90	0.83	1835.4600	6056.4000
T - 17E	12.7	0.23	356.90	11.00	203.94	1.10	1586.2000	2884.0000
T - 18E	12.1	0.23	305.91	7.10	152.96	0.71	1359.6000	3351.1268
T - 19E	12.6	0.25	407.88	9.50	305.91	0.95	1631.5200	4508.1474
T - 20E	12.1	0.28	418.08	9.25	356.90	0.93	1520.2800	4910.5946
T - 21E	12.8	0.25	407.88	11.00	305.91	1.10	1631.5200	3893.4000
T - 22E	12.7	0.28	479.26	12.50	356.90	1.25	1742.7600	3633.8400
T - 23E	12.6	0.25	458.87	10.75	305.91	1.08	1835.4600	3983.9442
T - 24E	12.6	0.28	458.87	11.60	356.90	1.16	1668.6000	3915.7759
T - 25E	12.5	0.28	438.47	10.30	356.90	1.03	1594.4400	4410.0000
$\Sigma$							<b>37194.5360</b>	<b>90635.8897</b>
$\bar{x}$	<b>12.5</b>						<b>1487.7814</b>	<b>3625.4356</b>

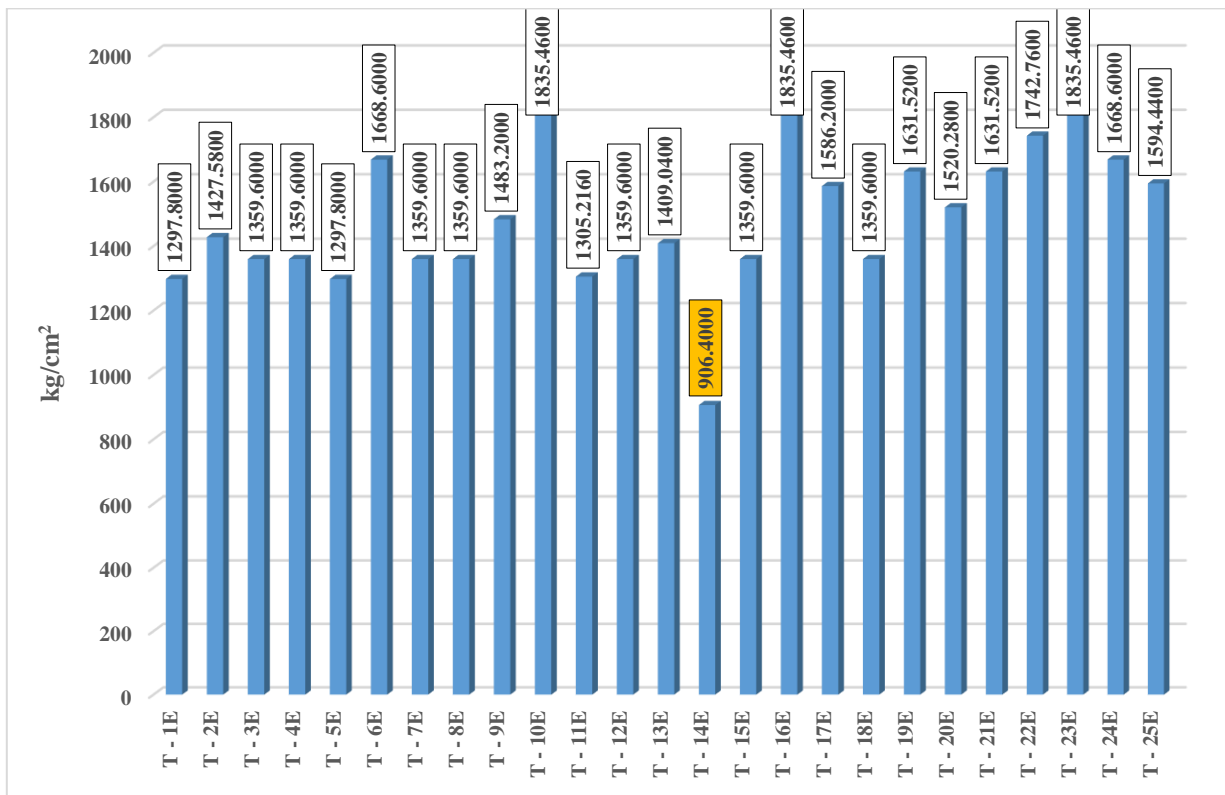


Figura 34 — Gráfico de barras de esfuerzo de ruptura de tracción

### A.3 Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{1124865.0796}{25}} = 212.1193$$

### A.4 Coeficiente de variación

$$C.V = \frac{212.1193}{1487.7814} = 0.1426$$

En la Tabla N°68, se muestra los valores calculados de desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo al límite proporcional y el criterio de Chauvenet esfuerzo de rotura.

**Tabla 68 — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto**

N° probetas	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	(x <sub>i</sub> - x̄) <sup>2</sup>	(x <sub>i</sub> - x̄) <sup>2</sup>	ABS((x <sub>i</sub> - x̄)/S) ≤ 2	
T - 1E	36092.9475	326942.1208	0.8956	ok
T - 2E	3624.2134	205241.2429	0.2838	ok
T - 3E	16430.4816	365336.9303	0.6043	ok
T - 4E	16430.4816	963870.2126	0.6043	ok
T - 5E	36092.9475	502725.0901	0.8956	ok
T - 6E	32695.3516	490790.4970	0.8524	ok
T - 7E	16430.4816	821262.9389	0.6043	ok
T - 8E	16430.4816	454769.2584	0.6043	ok
T - 9E	20.9896	2006229.4983	0.0216	ok
T - 10E	120880.3811	205539.2911	1.6391	ok
T - 11E	33330.1399	1182690.1516	0.8607	ok
T - 12E	16430.4816	219008.8071	0.6043	ok
T - 13E	6200.2144	414276.7755	0.3712	ok
T - 14E	338004.3788	2899421.9955	2.7408	Descartar
T - 15E	16430.4816	115643.8051	0.6043	ok
T - 16E	120880.3811	5909587.9780	1.6391	ok
T - 17E	9686.2130	549726.7294	0.4640	ok
T - 18E	16430.4816	75245.3322	0.6043	ok
T - 19E	20660.7736	779180.0893	0.6776	ok
T - 20E	1056.1564	1651633.6752	0.1532	ok
T - 21E	20660.7736	71804.9267	0.6776	ok
T - 22E	65014.0661	70.6342	1.2021	ok
T - 23E	120880.3811	128528.4157	1.6391	ok

T - 24E	32695.3516	84297.4754	0.8524	ok
T - 25E	11376.0484	615541.3184	0.5028	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>1124865.0796</b>	<b>21039365.1898</b>		
S	<b>212.1193</b>	<b>917.3738</b>		
C.v	<b>0.1426</b>	<b>0.2530</b>		

**A.5 Criterio de Chauvenet:** a la probeta T - 14E

$$\frac{ABS(906.4000 - 1487.7814)}{212.1193} = 2.7408 > 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 69 — Promedio de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional de la madera eucalipto con dato depurados**

N° Probeta	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
T - 1E	1297.8000	3053.6471
T - 2E	1427.5800	3172.4000
T - 3E	1359.6000	4229.8667
T - 4E	1359.6000	2643.6667
T - 5E	1297.8000	2916.4045
T - 6E	1668.6000	4326.0000
T - 7E	1359.6000	2719.2000
T - 8E	1359.6000	2951.0698
T - 9E	1483.2000	2209.0213
T - 10E	1835.4600	4078.8000
T - 11E	1305.2160	2537.9200
T - 12E	1359.6000	4093.4194
T - 13E	1409.0400	4269.0789
T - 14E		
T - 15E	1359.6000	3965.5000
T - 16E	1835.4600	6056.4000
T - 17E	1586.2000	2884.0000
T - 18E	1359.6000	3351.1268
T - 19E	1631.5200	4508.1474
T - 20E	1520.2800	4910.5946
T - 21E	1631.5200	3893.4000
T - 22E	1742.7600	3633.8400
T - 23E	1835.4600	3983.9442
T - 24E	1668.6000	3915.7759
T - 25E	1594.4400	4410.0000
<b>Σ</b>	<b>36288.1360</b>	<b>88713.2230</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>1512.0057</b>	<b>3696.3843</b>

**Tabla 70 — Desviación estándar de esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto**

N° Probeta	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2.0$	
T - 1E	45884.0676	413111.1507	1.1937	ok
T - 2E	7127.6932	274559.5381	0.4705	ok
T - 3E	23227.4872	284603.4442	0.8493	ok
T - 4E	23227.4872	1108214.3984	0.8493	ok
T - 5E	45884.0676	608368.4845	1.1937	ok
T - 6E	24521.7852	396415.9399	0.8727	ok
T - 7E	23227.4872	954889.1402	0.8493	ok
T - 8E	23227.4872	555493.7403	0.8493	ok
T - 9E	829.7664	2212248.7392	0.1605	ok
T - 10E	104622.7058	146241.7738	1.8026	ok
T - 11E	42761.9662	1342039.5155	1.1524	ok
T - 12E	23227.4872	157636.8412	0.8493	ok
T - 13E	10601.9285	327979.1685	0.5738	ok
T - 14E				
T - 15E	23227.4872	72423.2644	0.8493	ok
T - 16E	104622.7058	5569674.1427	1.8026	ok
T - 17E	5504.7991	659968.2376	0.4135	ok
T - 18E	23227.4872	119202.7629	0.8493	ok
T - 19E	14283.6759	658959.2925	0.6660	ok
T - 20E	68.4646	1474306.6593	0.0461	ok
T - 21E	14283.6759	38815.1893	0.6660	ok
T - 22E	53247.5624	3911.7884	1.2860	ok
T - 23E	104622.7058	82690.6927	1.8026	ok
T - 24E	24521.7852	48132.6611	0.8727	ok
T - 25E	6795.4193	509247.3789	0.4594	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>772777.1851</b>	<b>18019133.9444</b>		
S	<b>179.4409</b>	<b>866.4856</b>		
C.v	<b>0.1187</b>	<b>0.2344</b>		

$$PER\ 5\% MOR = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

S=179.4409

N=24

$\bar{x}$ =1512.0057

$t_{0.95}$ =1.714

$$\begin{aligned}\text{PER 5\% MOR} &= 1512.0057 - (1.714) \frac{(179.4409)}{\sqrt{23}} \\ &= 1447.8747 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{PER 5\% MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=866.4856$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=3696.3843$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\begin{aligned}\text{PER 5\% MOE} &= 3696.3843 - (1.714) \frac{(866.4856)}{\sqrt{23}} \\ &= 3386.7078 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

## B. Tracción paralela a las fibras de la madera pino (*Pinus radiata*)

### B.1 Módulo de ruptura

Para determinar el módulo de ruptura de la probeta T - 2P

$$\text{MOR} = \frac{316.11}{(0.5)(0.5)}$$

$$\text{MOR} = 1264.43 \text{ kg/cm}^2$$

### B.2 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad de la probeta T - 2P

$$\text{MOE} = 152.96 \frac{(203.94)(3.50)}{(0.5)(0.5)(1.38)}$$

$$\text{MOE} = 1557.36 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se obtuvo para las 25 probetas de pino (*Pinus radiata*) como indica la Tabla N°71.

Tabla 71 — Promedio de módulo de rotura y módulo de elasticidad de la madera pino

N° Probeta	Contenido humedad (%)	Area (cm)	P (kg)	D (mm)	P' (kg)	Δ (cm)	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
T - 1P	12.3	0.23	305.91	14.00	152.96	1.40	1359.60	1699.50
T - 2P	12.0	0.25	316.11	13.75	152.96	1.38	1264.43	1557.36
T - 3P	12.6	0.23	275.32	16.00	152.96	1.60	1223.64	1487.06
T - 4P	12.5	0.23	244.73	9.50	152.96	0.95	1087.68	2504.53
T - 5P	12.0	0.25	305.91	12.00	152.96	1.20	1223.64	1784.48
T - 6P	12.9	0.30	438.47	16.80	152.96	1.68	1449.49	1053.41
T - 7P	12.3	0.28	407.88	15.75	152.96	1.58	1483.20	1236.00
T - 8P	12.3	0.23	254.93	9.75	101.97	0.98	1133.00	1626.87
T - 9P	12.7	0.23	265.12	16.00	152.96	1.60	1178.32	1487.06
T - 10P	12.8	0.25	305.91	16.15	152.96	1.62	1223.64	1325.93
T - 11P	12.7	0.23	285.52	16.00	152.96	1.60	1268.96	1487.06
T - 12P	11.9	0.23	254.93	15.50	152.96	1.55	1133.00	1535.03
T - 13P	12.3	0.25	356.90	16.50	203.94	1.65	1427.58	1730.40
T - 14P	12.7	0.23	254.93	13.25	101.97	1.33	1133.00	1197.13
T - 15P	12.3	0.25	285.52	16.00	152.96	1.60	1142.06	1338.36
T - 16P	12.8	0.25	305.91	14.50	152.96	1.45	1223.64	1476.81
T - 17P	12.3	0.30	448.67	17.00	254.93	1.70	1483.20	1735.03
T - 18P	12.4	0.25	203.94	9.75	101.97	0.98	815.76	1464.18
T - 19P	12.2	0.22	203.94	10.75	101.97	1.08	927.00	1509.07
T - 20P	12.3	0.23	234.53	15.80	101.97	1.58	1042.36	1003.92
T - 21P	12.1	0.25	305.91	15.50	152.96	1.55	1223.64	1381.53
T - 22P	12.3	0.23	254.93	13.90	152.96	1.39	1133.00	1711.73
T - 23P	12.6	0.25	295.71	16.25	152.96	1.63	1182.85	1317.77
T - 24P	12.6	0.25	316.11	12.25	152.96	1.23	1264.43	1748.06
T - 25P	12.7	0.23	254.93	9.90	152.96	0.99	1133.00	2403.33
<b>Σ</b>							<b>30160.12</b>	<b>38801.60</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>12.4</b>						<b>1206.4049</b>	<b>1552.0640</b>



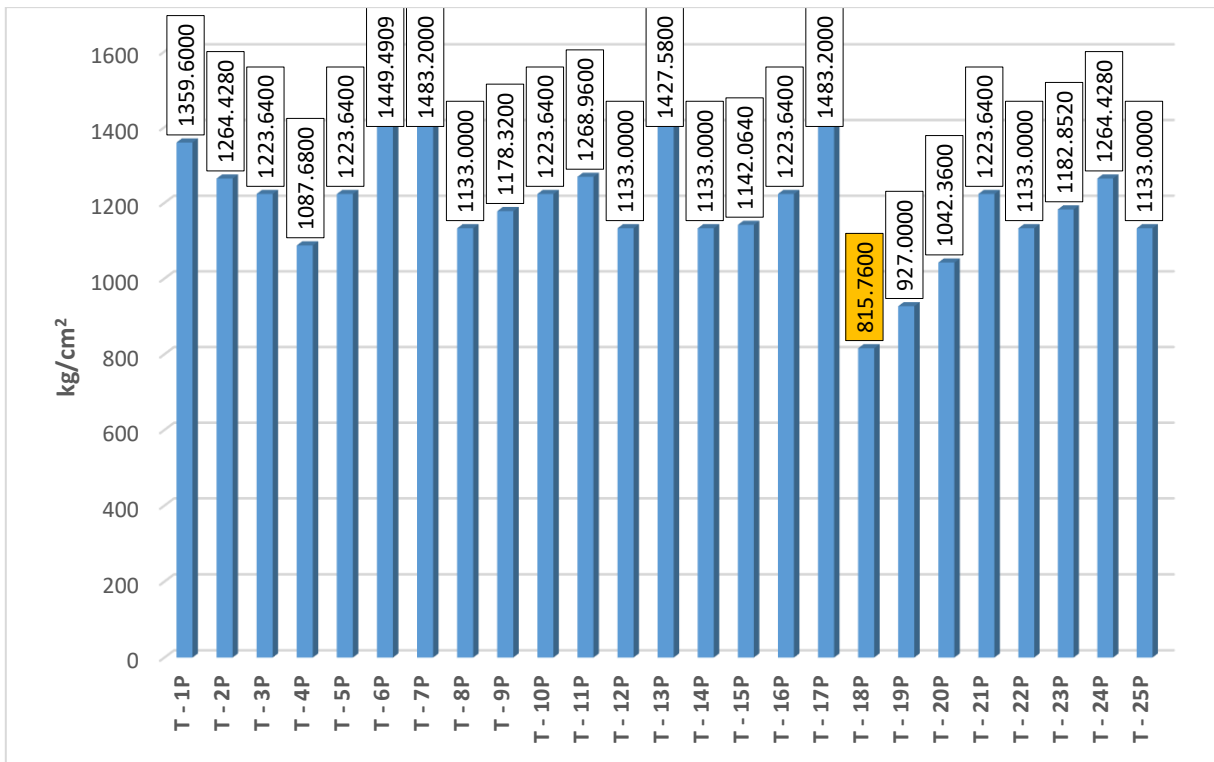


Figura 35 — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de tracción

**B.3 Desviación estándar (S)**

$$S = \sqrt{\frac{600942.2862}{25}} = 155.0409$$

**B.4 Coeficiente de variación**

$$C.V = \frac{155.0409}{1206.4049} = 0.1285$$

En la Tabla N°72, se muestra los valores calculados de desviación estándar y el criterio de Chauvenet esfuerzo de rotura.

Tabla 72 — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera pino

N° probetas	MOR (kg/cm²)	MOE (kg/cm²)	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
T - 1P	23468.7337	21737.3702	0.9881	ok
T - 2P	3366.6782	28.0475	0.3742	ok
T - 3P	297.0481	4225.1967	0.1112	ok
T - 4P	14095.6058	907184.4378	0.7658	ok
T - 5P	297.0481	54014.8668	0.1112	ok
T - 6P	59090.7999	248656.7316	1.5679	ok

T - 7P	76615.5183	99896.4605	1.7853	ok
T - 8P	5388.2817	5596.2042	0.4735	ok
T - 9P	788.7625	4225.1967	0.1811	ok
T - 10P	297.0481	51138.5382	0.1112	ok
T - 11P	3913.1385	4225.1967	0.4035	ok
T - 12P	5388.2817	290.0807	0.4735	ok
T - 13P	48918.4176	31803.7242	1.4266	ok
T - 14P	5388.2817	125976.6804	0.4735	ok
T - 15P	4139.7535	45671.0081	0.4150	ok
T - 16P	297.0481	5663.6336	0.1112	ok
T - 17P	76615.5183	33475.3586	1.7853	ok
T - 18P	152603.4507	7722.7886	2.5196	Descargar
T - 19P	78067.1073	1848.5052	1.8021	ok
T - 20P	26910.7346	300457.4186	1.0581	ok
T - 21P	297.0481	29082.1797	0.1112	ok
T - 22P	5388.2817	25492.1476	0.4735	ok
T - 23P	554.7399	54895.4869	0.1519	ok
T - 24P	3366.6782	38413.3069	0.3742	ok
T - 25P	5388.2817	724659.4554	0.4735	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>600942.2862</b>	<b>2826380.0213</b>		
<b>S</b>	<b>155.0409</b>	<b>336.2368</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.1285</b>	<b>0.2166</b>		

**B.5 Criterio de Chauvenet:** a la probeta T – 18P

$$\frac{ABS(815.7600 - 1206.4049)}{155.0409} = 2.5196 \geq 2 \rightarrow \text{no cumple}$$

Como la probeta T – 18P, no cumple con el criterio de Chauvenet se procede a descártala y se vuelven a realizar los cálculos y estos resultados se muestran en la Tabla N°73 y N°74.

**Tabla 73 — Promedio de módulo de rotura y módulo de elasticidad madera eucalipto con dato depurados**

N° Probeta	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
T - 1P	1359.6000	1699.5000
T - 2P	1264.4280	1557.3600
T - 3P	1223.6400	1487.0625
T - 4P	1087.6800	2504.5263
T - 5P	1223.6400	1784.4750

T - 6P	1449.4909	1053.4091
T - 7P	1483.2000	1236.0000
T - 8P	1133.0000	1626.8718
T - 9P	1178.3200	1487.0625
T - 10P	1223.6400	1325.9257
T - 11P	1268.9600	1487.0625
T - 12P	1133.0000	1535.0323
T - 13P	1427.5800	1730.4000
T - 14P	1133.0000	1197.1321
T - 15P	1142.0640	1338.3563
T - 16P	1223.6400	1476.8069
T - 17P	1483.2000	1735.0267
T - 18P		
T - 19P	927.0000	1509.0698
T - 20P	1042.3600	1003.9241
T - 21P	1223.6400	1381.5290
T - 22P	1133.0000	1711.7266
T - 23P	1182.8520	1317.7662
T - 24P	1264.4280	1748.0571
T - 25P	1133.0000	2403.3333
$\Sigma$	<b>29344.3629</b>	<b>37337.4157</b>
$\bar{x}$	<b>1222.6818</b>	<b>1555.7257</b>

**Tabla 74 — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera pino**

N° Probeta	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2.0$	
T - 1P	18746.5968	20671.0623	1.0089	ok
T - 2P	1742.7462	2.6711	0.3076	ok
T - 3P	0.9182	4714.6288	0.0071	ok
T - 4P	18225.4827	900222.6943	0.9948	ok
T - 5P	0.9182	52326.2629	0.0071	ok
T - 6P	51442.3775	252321.9304	1.6713	ok
T - 7P	67869.7388	102224.4943	1.9197	ok
T - 8P	8042.8231	5061.7732	0.6609	ok
T - 9P	1967.9682	4714.6288	0.3269	ok
T - 10P	0.9182	52808.0208	0.0071	ok
T - 11P	2141.6729	4714.6288	0.3410	ok
T - 12P	8042.8231	428.2167	0.6609	ok
T - 13P	41983.2773	30511.1269	1.5099	ok
T - 14P	8042.8231	128589.3551	0.6609	ok
T - 15P	6499.2277	47249.4581	0.5941	ok
T - 16P	0.9182	6228.1704	0.0071	ok
T - 17P	67869.7388	32148.8784	1.9197	ok

T - 18P				
T - 19P	87427.7197	2176.7718	2.1789	ok
T - 20P	32515.9472	304485.0104	1.3288	ok
T - 21P	0.9182	30344.4633	0.0071	ok
T - 22P	8042.8231	24336.3007	0.6609	ok
T - 23P	1586.4120	56624.7241	0.2935	ok
T - 24P	1742.7462	36991.4013	0.3076	ok
T - 25P	8042.8231	718438.7767	0.6609	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>441980.3585</b>	<b>2818335.4498</b>		
S	<b>135.7050</b>	<b>342.6815</b>		
C.v	<b>0.1110</b>	<b>0.2203</b>		

$$\text{PER 5\% MOR} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=135.7050$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=1222.6818$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% MOR} = 1222.6818 - (1.714) \frac{(135.7050)}{\sqrt{23}} = 1174.1817 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=342.6815$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=1555.7257$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% MOE} = 1555.7257 - (1.714) \frac{(342.6815)}{\sqrt{23}} = 1433.2535 \text{ kg/cm}^2$$

### C. Tracción paralela a las fibras de la madera ciprés (Cupressus lusitánica)

#### C.1 Módulo de ruptura

En el caso de la probeta T - 1C

$$\text{MOR} = \frac{203.94}{(0.5)(0.5)}$$

$$\text{MOR} = 815.7600 \text{ kg/cm}^2$$

### C.2 Módulo de elasticidad

En el caso de la probeta T - 1C

$$MOE = \frac{(101.97)(3.50)}{(0.5)(0.5)(0.43)}$$

$$MOE = 3359.0118 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se obtuvo para las 25 probetas de ciprés como indica la tabla siguiente Tabla N°75.

**Tabla 75 — Promedio de módulo de ruptura y módulo de elasticidad de la madera ciprés**

N° Probeta	Contenido humedad (%)	Area (cm)	P (kg)	D (mm)	P' (kg)	Δ (cm)	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
T - 1C	12.3	0.25	203.94	4.25	101.97	0.43	815.7600	3359.0118
T - 2C	12.0	0.23	152.96	4.75	50.99	0.48	679.8000	1669.6842
T - 3C	12.6	0.28	203.94	5.50	101.97	0.55	741.6000	2359.6364
T - 4C	12.5	0.23	152.96	1.00	50.99	0.10	679.8000	7931.0000
T - 5C	12.0	0.25	203.94	4.25	50.99	0.43	815.7600	1679.5059
T - 6C	12.9	0.23	203.94	6.25	50.99	0.63	906.4000	1268.9600
T - 7C	12.3	0.28	203.94	5.50	101.97	0.55	741.6000	2359.6364
T - 8C	12.3	0.23	203.94	2.00	101.97	0.20	906.4000	7931.0000
T - 9C	12.7	0.25	305.91	8.25	152.96	0.83	1223.6400	2595.6000
T - 10C	12.8	0.30	305.91	5.00	152.96	0.50	1011.2727	3539.4545
T - 11C	12.7	0.25	203.94	13.00	101.97	1.30	815.7600	1098.1385
T - 12C	11.9	0.25	203.94	5.75	101.97	0.58	815.7600	2482.7478
T - 13C	12.3	0.23	203.94	6.75	101.97	0.68	906.4000	2349.9259
T - 14C	12.7	0.25	203.94	4.75	101.97	0.48	815.7600	3005.4316
T - 15C	12.3	0.25	203.94	7.25	101.97	0.73	815.7600	1969.0759
T - 16C	12.8	0.25	254.93	7.00	101.97	0.70	1019.7000	2039.4000
T - 17C	12.3	0.28	254.93	13.00	152.96	1.30	927.0000	1497.4615
T - 18C	12.4	0.25	254.93	7.50	101.97	0.75	1019.7000	1903.4400
T - 19C	12.2	0.25	203.94	5.00	101.97	0.50	824.0000	2884.0000
T - 20C	12.3	0.25	203.94	6.50	101.97	0.65	815.7600	2196.2769
T - 21C	12.1	0.23	203.94	4.00	50.99	0.40	906.4000	1982.7500
T - 22C	12.3	0.25	203.94	6.75	101.97	0.68	815.7600	2114.9333
T - 23C	12.6	0.25	203.94	6.25	101.97	0.63	815.7600	2284.1280
T - 24C	12.6	0.23	152.96	6.25	50.99	0.63	679.8000	1268.9600
T - 25C	12.7	0.28	203.94	6.00	101.97	0.60	741.6000	2163.0000
<b>Σ</b>							<b>21256.9527</b>	<b>65933.1586</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>12.6</b>						<b>850.2781</b>	<b>2637.3263</b>

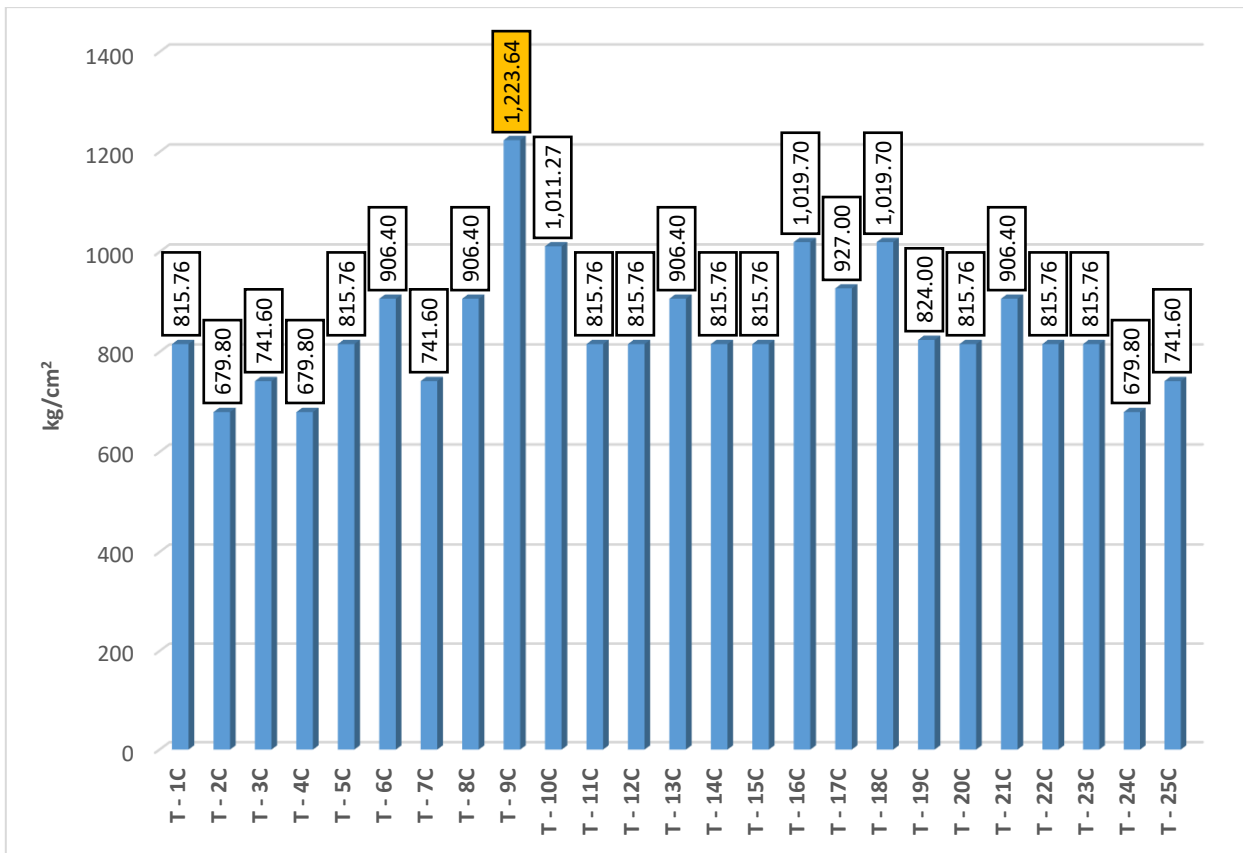


Figura 36 — Gráfico de barras de esfuerzo de ruptura de tracción

### C.3 Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{375246.0269}{25}} = 122.5147$$

### C.4 Coeficiente de variación

En la Tabla N°76, se muestra los valores calculados de desviación estándar y el criterio de Chauvenet esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional.

$$C.V = \frac{122.5147}{850.2781} = 0.1441$$

**Tabla 76 — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés**

N° probetas	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2.0$	
T - 1C	1191.4999	520829.8476	0.2817	ok
T - 2C	29062.7857	936331.2969	1.3915	ok
T - 3C	11810.9314	77111.7247	0.8871	ok
T - 4C	29062.7857	28022980.7848	1.3915	ok
T - 5C	1191.4999	917420.0352	0.2817	ok
T - 6C	3149.6666	1872426.4492	0.4581	ok
T - 7C	11810.9314	77111.7247	0.8871	ok
T - 8C	3149.6666	28022980.7848	0.4581	ok
T - 9C	139399.1016	1741.0877	3.0475	Descartar
T - 10C	25919.2671	813835.2933	1.3141	ok
T - 11C	1191.4999	2369099.3350	0.2817	ok
T - 12C	1191.4999	23894.5179	0.2817	ok
T - 13C	3149.6666	82598.9998	0.4581	ok
T - 14C	1191.4999	135501.4646	0.2817	ok
T - 15C	1191.4999	446558.7055	0.2817	ok
T - 16C	28703.7771	357515.9119	1.3829	ok
T - 17C	5886.2485	1299291.7731	0.6262	ok
T - 18C	28703.7771	538589.1647	1.3829	ok
T - 19C	690.5390	60847.8930	0.2145	ok
T - 20C	1191.4999	194524.5910	0.2817	ok
T - 21C	3149.6666	428470.1891	0.4581	ok
T - 22C	1191.4999	272894.4567	0.2817	ok
T - 23C	1191.4999	124749.0696	0.2817	ok
T - 24C	29062.7857	1872426.4492	1.3915	ok
T - 25C	11810.9314	224985.4798	0.8871	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>375246.0269</b>	<b>69694717.0300</b>		
<b>S</b>	<b>122.5147</b>	<b>1669.6672</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.1441</b>	<b>0.6331</b>		

**C.5 Criterio de Chauvenet:** a la probeta T – 9C

$$\frac{ABS(1223.6400 - 850.2781)}{122.5147} = 3.0475 \geq 2.0 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 77 — Promedio de módulo de rotura y módulo de elasticidad de la madera ciprés con dato depurados**

N° Probeta	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
T - 1C	815.7600	3359.0118
T - 2C	679.8000	1669.6842
T - 3C	741.6000	2359.6364
T - 4C	679.8000	7931.0000
T - 5C	815.7600	1679.5059
T - 6C	906.4000	1268.9600
T - 7C	741.6000	2359.6364
T - 8C	906.4000	7931.0000
T - 9C		
T - 10C	1011.2727	3539.4545
T - 11C	815.7600	1098.1385
T - 12C	815.7600	2482.7478
T - 13C	906.4000	2349.9259
T - 14C	815.7600	3005.4316
T - 15C	815.7600	1969.0759
T - 16C	1019.7000	2039.4000
T - 17C	927.0000	1497.4615
T - 18C	1019.7000	1903.4400
T - 19C	824.0000	2884.0000
T - 20C	815.7600	2196.2769
T - 21C	906.4000	1982.7500
T - 22C	815.7600	2114.9333
T - 23C	815.7600	2284.1280
T - 24C	679.8000	1268.9600
T - 25C	741.6000	2163.0000
<b>Σ</b>	<b>20033.3127</b>	<b>63337.5586</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>834.7214</b>	<b>2639.0649</b>

**Tabla 78 — Desviación estándar de módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés**

N° Probeta	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
T - 1C	359.5333	518323.4292	0.1937	ok
T - 2C	24000.6289	939699.0003	1.5824	ok
T - 3C	8671.5884	78080.3297	0.9512	ok
T - 4C	24000.6289	28004576.6705	1.5824	ok
T - 5C	359.5333	920753.5867	0.1937	ok
T - 6C	5137.8269	1877187.5489	0.7321	ok
T - 7C	8671.5884	78080.3297	0.9512	ok



T - 8C	5137.8269	28004576.6705	0.7321	ok
T - 9C				
T - 10C	31170.3840	810701.4401	1.8033	ok
T - 11C	359.5333	2374454.4146	0.1937	ok
T - 12C	359.5333	24435.0404	0.1937	ok
T - 13C	5137.8269	83601.3699	0.7321	ok
T - 14C	359.5333	134224.5135	0.1937	ok
T - 15C	359.5333	448885.3656	0.1937	ok
T - 16C	34217.0959	359598.0413	1.8894	ok
T - 17C	8515.3467	1303258.3283	0.9426	ok
T - 18C	34217.0959	541144.0536	1.8894	ok
T - 19C	114.9476	59993.1832	0.1095	ok
T - 20C	359.5333	196061.2287	0.1937	ok
T - 21C	5137.8269	430749.3015	0.7321	ok
T - 22C	359.5333	274713.9420	0.1937	ok
T - 23C	359.5333	125980.2320	0.1937	ok
T - 24C	24000.6289	1877187.5489	1.5824	ok
T - 25C	8671.5884	226637.8279	0.9512	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>230038.6295</b>	<b>69692903.3970</b>		
S	<b>97.9027</b>	<b>1704.0748</b>		
C.v	<b>0.1173</b>	<b>0.6457</b>		

$$\text{PER 5\% M\acute{o}dulo de rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=97.9027$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=834.7214$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% M\acute{o}dulo de rotura} &= 834.7214 - (1.714) \frac{(97.9027)}{\sqrt{23}} \\ &= 799.7316 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{PER 5\% MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=1704.0748$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=2639.0649$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% MOE} &= 2639.0649 - (1.714) \frac{(1704.0748)}{\sqrt{23}} \\ &= 2030.0393 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

#### 4.5.3.6 Flexión estática

##### A. Flexión estática de la madera eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*)

###### A.1 Esfuerzo de la fibra al límite proporcional

El esfuerzo de la fibra al límite proporcional se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{ELP} = \frac{(3)(P')(L)}{(2)(a)(e^2)} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P': Carga al límite proporcional en (kg).

L: Distancia entre los soportes, luz de la probeta de madera en (cm).

a: Ancho de la probeta de madera en (cm).

e: Espesor de la probeta de madera en (cm).

La carga al límite proporcional se ha determinado sobre una gráfica carga - deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto de carga donde la tangente se separa de la curva.

En el caso de la probeta F - 10E

$$\text{ELP} = \frac{(3)(560.84)(17.50)}{(2)(2.50)(2.50)^2}$$

$$\text{ELP} = 942.2028 \text{ kg/cm}^2$$

###### A.2 Módulo de ruptura

El módulo de ruptura se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{MOR} = \frac{(3)(P)(L)}{(2)(a)(e^2)} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P: Carga máxima (kg).

L: Distancia entre los soportes, luz de la probeta de madera en (cm).

a: Ancho de la probeta de madera en (cm).

e: Espesor de la probeta de madera en (cm).

En el caso de la probeta F-10E

$$\text{MOR} = \frac{(3)(866.75)(17.50)}{(2)(2.50)(2.50)^2}$$

$$\text{MOR} = 1456.1316 \text{ kg/cm}^2$$

### A.3 Cálculo del módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad se calculó con a siguiente fórmula:

$$\text{MOE} = \frac{(P')(L^3)}{(4)(a)(e^3)(Y)} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P': Carga al límite proporcional (kg)

L: Distancia entre los soportes, luz de la probeta de madera en (cm).

a: Ancho de la probeta de madera en (cm).

e: Espesor de la probeta de madera en (cm).

Y: Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional (cm)

La carga al límite proporcional se ha determinado sobre el diagrama carga - deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto de carga donde la tangente se separa de la curva.

En el caso de la probeta F-10E

$$\text{MOE} = \frac{(560.84)(17.50)^3}{(4)(2.50)(2.50)^3(0.16)}$$

$$\text{MOE} = 120,229.0031 \text{ kg/cm}^2$$

De la misma manera se obtuvo para las 25 probetas de eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*) como indica la tabla siguiente tabla N°79.

**Tabla 79 — Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto**

N° Probeta	Contenido humedad (%)	P (kg)	D (mm)	P' (kg)	Y (cm)	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
F - 1E	12.3	815.76	10.75	560.84	0.17	942.2028	1,370.4768	113,156.7088
F - 2E	12.4	764.78	9.00	560.84	0.33	942.2028	1,284.8220	59,189.6631
F - 3E	12.3	795.37	7.75	509.85	0.25	856.5480	1,336.2149	69,951.4200
F - 4E	12.8	662.81	8.00	458.87	0.22	819.0605	1,183.0874	77,562.5483
F - 5E	12.7	815.76	13.00	611.82	0.40	1,027.8576	1,370.4768	52,463.5650
F - 6E	12.7	713.79	9.00	509.85	0.30	856.5480	1,199.1672	58,292.8500
F - 7E	12.2	764.78	7.00	509.85	0.21	856.5480	1,284.8220	83,275.5000
F - 8E	12.4	815.76	11.25	560.84	0.28	981.0525	1,426.9854	74,322.1574
F - 9E	12.9	815.76	12.00	611.82	0.34	1,027.8576	1,370.4768	61,721.8412
F - 10E	12.7	866.75	10.75	560.84	0.16	942.2028	1,456.1316	120,229.0031
F - 11E	12.3	866.75	5.50	611.82	0.22	1,027.8576	1,456.1316	95,388.3000
F - 12E	12.4	744.38	6.75	509.85	0.17	874.0286	1,276.0817	104,969.1176
F - 13E	12.2	917.73	8.00	662.81	0.25	1,136.2371	1,573.2514	92,792.7000
F - 14E	12.7	673.00	9.00	560.84	0.54	871.1195	1,045.3433	31,669.0803
F - 15E	12.8	713.79	8.25	509.85	0.25	823.2872	1,152.6021	65,916.7854
F - 16E	12.1	917.73	9.75	662.81	0.34	1,113.5124	1,541.7864	66,865.3279
F - 17E	12.0	1,019.70	11.00	764.78	0.30	1,083.5065	1,444.6753	67,035.1240
F - 18E	12.5	978.91	12.00	764.78	0.48	1,147.4248	1,468.7007	45,190.1794
F - 19E	12.7	713.79	7.25	509.85	0.26	856.5480	1,199.1672	67,260.9808
F - 20E	12.9	815.76	11.00	560.84	0.30	981.0525	1,426.9854	68,128.6443
F - 21E	12.0	968.72	7.00	764.78	0.40	1,234.9308	1,564.2537	61,796.9863
F - 22E	12.6	764.78	10.25	560.84	0.40	942.2028	1,284.8220	48,091.6013
F - 23E	12.3	713.79	7.50	509.85	0.30	856.5480	1,199.1672	58,292.8500
F - 24E	12.4	713.79	7.25	509.85	0.25	856.5480	1,199.1672	69,951.4200
F - 25E	12.2	815.76	9.75	560.84	0.29	942.2028	1,370.4768	66,333.2431
<b>Σ</b>						<b>23,999.0871</b>	<b>33,485.2731</b>	<b>1,779,847.5974</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>12.6</b>					<b>959.9635</b>	<b>1339.4109</b>	<b>71193.9039</b>

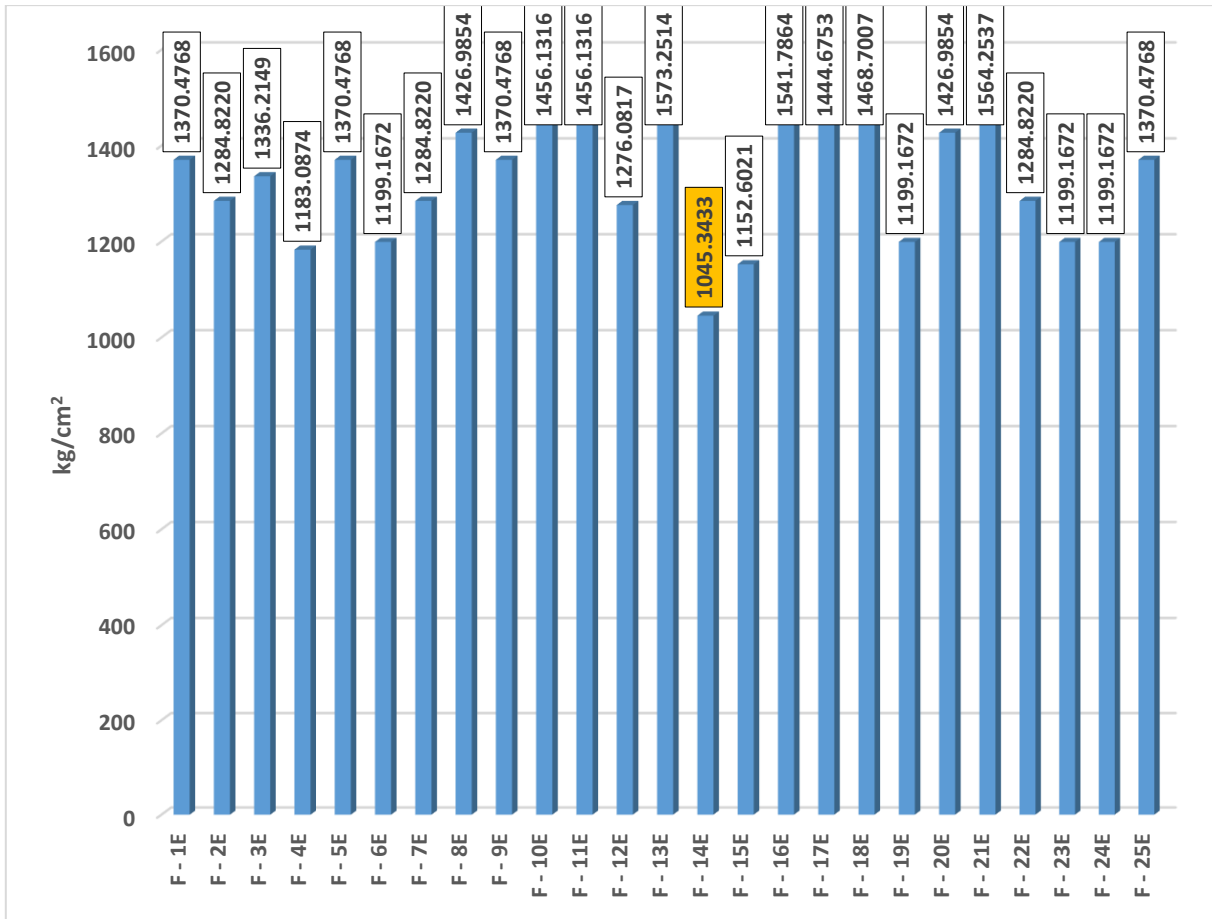


Figura 37 — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de flexión

#### A.4 Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{457878.5188}{25}} = 135.3334$$

#### A.5 Coeficiente de variación

$$C.V = \frac{135.3334}{1339.4109} = 0.1010$$

En la Tabla N°80, se muestra los valores calculados de desviación estándar y el criterio de Chauvenet esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional.

**Tabla 80 — Desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto**

N° probetas	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
F - 1E	315.4419	965.0887	1760876997.3215	0.2296	ok
F - 2E	315.4419	2979.9505	144101797.6608	0.4034	ok
F - 3E	10694.7622	10.2147	1543766.2337	0.0236	ok
F - 4E	19853.6478	24437.0425	40559632.0819	1.1551	ok
F - 5E	4609.6110	965.0887	350825595.1878	0.2296	ok
F - 6E	10694.7622	19668.3018	166437191.6473	1.0363	ok
F - 7E	10694.7622	2979.9505	145964964.4017	0.4034	ok
F - 8E	444.7457	7669.2931	9785970.1957	0.6471	ok
F - 9E	4609.6110	965.0887	89719972.1772	0.2296	ok
F - 10E	315.4419	13623.7165	2404440956.3226	0.8625	ok
F - 11E	4609.6110	13623.7165	585368802.8001	0.8625	ok
F - 12E	7384.8091	4010.5886	1140765063.8779	0.4679	ok
F - 13E	31072.4030	54681.3822	466507993.1090	1.7279	ok
F - 14E	7893.2618	86475.7413	1562211681.0053	2.1729	Descartar
F - 15E	18680.4072	34897.5452	27847979.6365	1.3804	ok
F - 16E	23577.2697	40955.8338	18736569.8033	1.4954	ok
F - 17E	15262.8753	11080.5943	17295450.5047	0.7778	ok
F - 18E	35141.7334	16715.8473	676193685.4004	0.9553	ok
F - 19E	10694.7622	19668.3018	15467884.3271	1.0363	ok
F - 20E	444.7457	7669.2931	9395816.3044	0.6471	ok
F - 21E	75607.0228	50554.2963	88302060.0982	1.6614	ok
F - 22E	315.4419	2979.9505	533716387.5828	0.4034	ok
F - 23E	10694.7622	19668.3018	166437191.6473	1.0363	ok
F - 24E	10694.7622	19668.3018	1543766.2337	1.0363	ok
F - 25E	315.4419	965.0887	23626023.3477	0.2296	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>314937.5376</b>	<b>457878.5188</b>	<b>10447673198.9088</b>		
S	<b>112.2386</b>	<b>135.3334</b>	<b>20442.7720</b>		
C.v	<b>0.1169</b>	<b>0.1010</b>	<b>0.2871</b>		

#### A.6 Criterio de Chauvenet: a la probeta F - 14E

$$\frac{ABS(1045.3433 - 1339.4109)}{135.3334} = 2.1729 \geq 2.0 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 81 — Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto con dato depurados**

N° probeta	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
F - 1E	942.2028	1370.4768	113156.7088
F - 2E	942.2028	1284.8220	59189.6631
F - 3E	856.5480	1336.2149	69951.4200
F - 4E	819.0605	1183.0874	77562.5483
F - 5E	1027.8576	1370.4768	52463.5650
F - 6E	856.5480	1199.1672	58292.8500
F - 7E	856.5480	1284.8220	83275.5000
F - 8E	981.0525	1426.9854	74322.1574
F - 9E	1027.8576	1370.4768	61721.8412
F - 10E	942.2028	1456.1316	120229.0031
F - 11E	1027.8576	1456.1316	95388.3000
F - 12E	874.0286	1276.0817	104969.1176
F - 13E	1136.2371	1573.2514	92792.7000
F - 14E			
F - 15E	823.2872	1152.6021	65916.7854
F - 16E	1113.5124	1541.7864	66865.3279
F - 17E	1083.5065	1444.6753	67035.1240
F - 18E	1147.4248	1468.7007	45190.1794
F - 19E	856.5480	1199.1672	67260.9808
F - 20E	981.0525	1426.9854	68128.6443
F - 21E	1234.9308	1564.2537	61796.9863
F - 22E	942.2028	1284.8220	48091.6013
F - 23E	856.5480	1199.1672	58292.8500
F - 24E	856.5480	1199.1672	69951.4200
F - 25E	942.2028	1370.4768	66333.2431
<b>Σ</b>	<b>23127.9676</b>	<b>32439.9297</b>	<b>1748178.5171</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>963.6653</b>	<b>1351.6637</b>	<b>72840.7715</b>

**Tabla 82 — Desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera eucalipto con dato depurados**

N° probeta	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS(x_i - \bar{x})/S \leq 2$	
F - 1E	460.6397	353.9313	1625374798.4871	0.1520	ok
F - 2E	460.6397	4467.8180	186352762.4611	0.5399	ok
F - 3E	11474.1199	238.6672	8348352.3620	0.1248	ok
F - 4E	20910.5504	28417.9805	22295176.1110	1.3617	ok
F - 5E	4120.6490	353.9313	415230546.6581	0.1520	ok
F - 6E	11474.1199	23255.1943	211642021.3369	1.2319	ok
F - 7E	11474.1199	4467.8180	108883557.8884	0.5399	ok
F - 8E	302.3133	5673.3561	2194504.1475	0.6084	ok
F - 9E	4120.6490	353.9313	123630612.5841	0.1520	ok
F - 10E	460.6397	10913.5341	2245644492.0925	0.8439	ok
F - 11E	4120.6490	10913.5341	508391039.3400	0.8439	ok
F - 12E	8034.7464	5712.6424	1032230623.1268	0.6105	ok
F - 13E	29781.0347	49101.1044	398079448.9946	1.7900	ok
F - 14E					
F - 15E	19706.0168	39625.5454	47941584.1735	1.6080	ok
F - 16E	22454.1479	36146.6264	35705926.2861	1.5358	ok
F - 17E	14361.9073	8651.1552	33705543.8235	0.7513	ok
F - 18E	33767.5356	13697.6511	764555243.6291	0.9454	ok
F - 19E	11474.1199	23255.1943	31134065.1234	1.2319	ok
F - 20E	302.3133	5673.3561	22204143.0516	0.6084	ok
F - 21E	73584.9594	45194.5124	121965192.3201	1.7173	ok
F - 22E	460.6397	4467.8180	612521430.3887	0.5399	ok
F - 23E	11474.1199	23255.1943	211642021.3369	1.2319	ok
F - 24E	11474.1199	23255.1943	8348352.3620	1.2319	ok
F - 25E	460.6397	353.9313	42347926.4433	0.1520	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>306715.3898</b>	<b>367799.6216</b>	<b>8820369364.5283</b>		
S	<b>113.0478</b>	<b>123.7941</b>	<b>19170.6909</b>		
C.v	<b>0.1173</b>	<b>0.0916</b>	<b>0.2632</b>		

$$\text{PER 5\% Módulo de rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=123.7941$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=1351.6637$$

$$t_{0.95}=1.714$$



$$\begin{aligned} \text{PER 5\% } \mathbf{Módulo de rotura} &= 1351.6637 - (1.714) \frac{(123.7941)}{\sqrt{23}} \\ &= 1307.4205 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{PER 5\% } \mathbf{ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=113.0478$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=963.6653$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% } \mathbf{ELP} = 963.6653 - (1.714) \frac{(113.0478)}{\sqrt{23}} = 923.2627 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% } \mathbf{MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=19170.6909$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=72840.7715$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% } \mathbf{MOE} &= 72840.7715 - (1.714) \frac{(19170.6909)}{\sqrt{23}} \\ &= 65989.2872 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Esfuerzo admisible de flexión estática de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

$$f_m = \frac{(1307.4205)(0.8)(0.9)}{(2)(1.15)}$$

$$f_m = 409.2795 \text{ kg/cm}^2$$

## **B. Flexión estática de la madera pino (Pinus radiata)**

### **B.1 Esfuerzo de la fibra al límite proporcional**

En el caso de la probeta F - 1P

$$ELP = \frac{(3)(407.88)(17.50)}{(2)(2.50)(2.50)^2}$$

$$ELP = 685.24 \text{ kg/cm}^2$$

### **B.2 Módulo de ruptura**

En el caso de la probeta F - 1P

$$MOR = \frac{(3)(611.82)(17.50)}{(2)(2.50)(2.50)^2}$$

$$MOR = 1027.86 \text{ kg/cm}^2$$

### **B.3 Módulo de elasticidad**

En el caso de la probeta F - 1P

$$MOE = \frac{(407.88)(17.50)^3}{(4)(2.50)(2.50)^3(0.31)}$$

$$MOE = 45129.95 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 83 — Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera pino**

N° Probeta	Contenido humedad (%)	P (kg)	D (mm)	P' (kg)	Y (cm)	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
F - 1P	12.0	611.82	9.25	407.88	0.31	685.24	1027.86	45129.95
F - 2P	12.0	586.33	8.00	407.88	0.25	685.24	985.03	55961.14
F - 3P	12.5	509.85	7.25	305.91	0.16	493.97	823.29	61796.99
F - 4P	12.7	591.43	14.00	407.88	0.23	685.24	993.60	60827.32
F - 5P	12.5	611.82	9.25	458.87	0.40	770.89	1027.86	39347.67
F - 6P	12.3	652.61	9.25	407.88	0.32	685.24	1096.38	44413.60
F - 7P	12.8	591.43	10.00	407.88	0.30	685.24	993.60	46634.28
F - 8P	12.7	611.82	15.70	458.87	0.47	770.89	1027.86	33487.38
F - 9P	12.6	611.82	8.50	509.85	0.50	856.55	1027.86	34975.71
F - 10P	12.5	637.31	10.00	509.85	0.50	823.29	1029.11	32958.39
F - 11P	12.4	591.43	13.75	458.87	0.45	770.89	993.60	34975.71
F - 12P	12.3	622.02	8.00	509.85	0.26	823.29	1004.41	63381.52
F - 13P	12.3	764.78	10.50	611.82	0.37	849.47	1061.84	42612.60
F - 14P	12.5	611.82	17.50	458.87	0.38	770.89	1027.86	41418.60
F - 15P	12.4	591.43	9.75	407.88	0.42	685.24	993.60	33711.53
F - 16P	12.0	535.34	14.00	407.88	0.32	685.24	899.38	43719.64
F - 17P	11.9	591.43	12.00	407.88	0.28	685.24	993.60	50873.76
F - 18P	12.6	560.84	10.25	407.88	0.33	685.24	942.20	43047.03
F - 19P	12.4	530.24	8.25	407.88	0.36	685.24	890.81	38861.90
F - 20P	12.1	560.84	11.00	407.88	0.30	685.24	942.20	46634.28
F - 21P	12.8	458.87	10.75	305.91	0.31	580.88	871.33	39851.18
F - 22P	12.7	509.85	9.25	356.90	0.18	599.58	856.55	68008.33
F - 23P	12.5	509.85	12.50	356.90	0.36	599.58	856.55	34004.16
F - 24P	12.4	591.43	8.75	407.88	0.28	685.24	993.60	50873.76
F - 25P	12.3	713.79	8.00	560.84	0.22	942.20	1024.80	87439.28
<b>Σ</b>						<b>17875.25</b>	<b>24384.74</b>	<b>1174945.70</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>12.4</b>					<b>715.0100</b>	<b>975.3894</b>	<b>46997.8280</b>

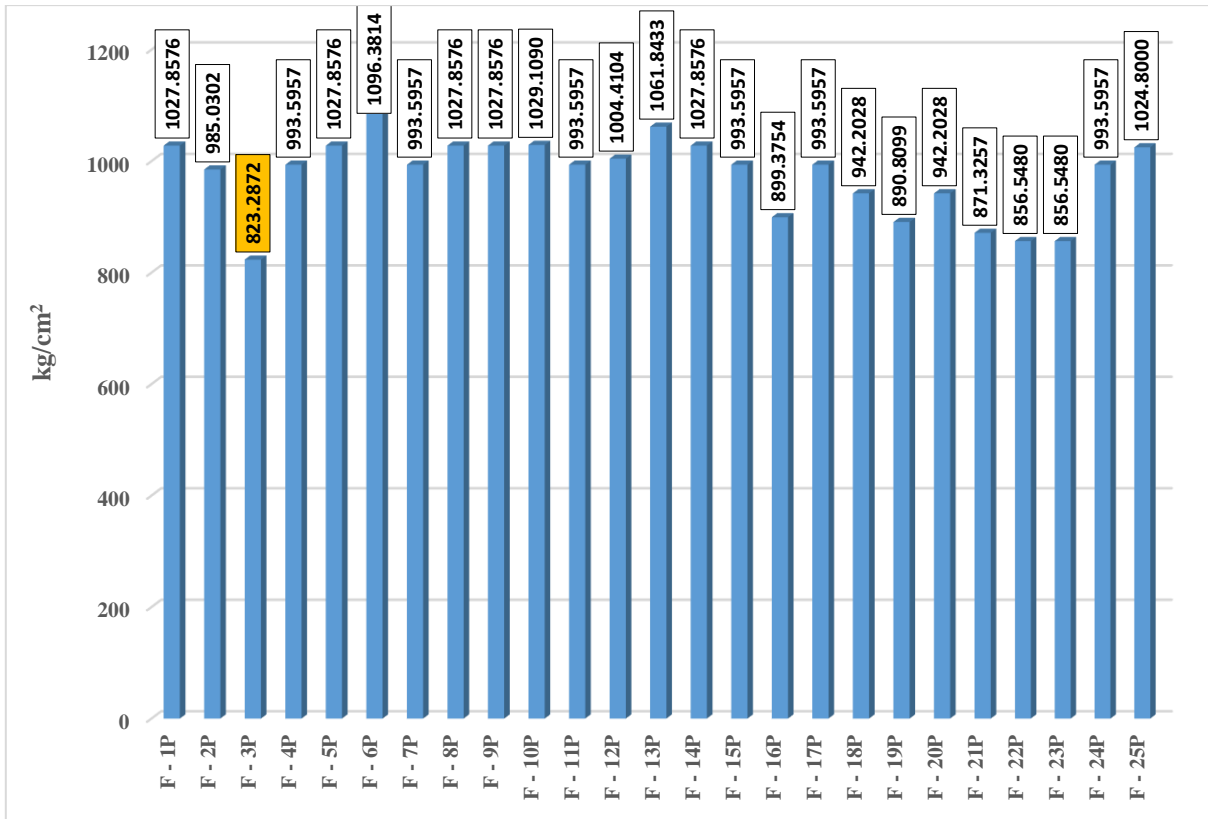


Figura 38 — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de flexión

#### B.4 Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{457878.5188}{25}} = 135.3334$$

#### B.5 Coeficiente de variación

$$C.V = \frac{135.3334}{959.9635} = 0.1410$$

En la Tabla N°84, se muestra los valores calculados de desviación estándar y el criterio de Chauvenet esfuerzo de rotura, esfuerzo de las fibras al límite proporcional.

**Tabla 84 — Resultado de desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet**

N° Probeta	E.L.P (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS(x_i - \bar{x})/S \leq 2$	
F - 1P	886.3510	2752.9070	3488974.3532	0.7527	ok
F - 2P	886.3510	92.9441	80340889.7993	0.1383	ok
F - 3P	48857.6778	23135.0947	219015085.9070	2.1820	Descartar
F - 4P	886.3510	331.4669	191254896.3037	0.2612	ok
F - 5P	3122.9267	2752.9070	58524860.4786	0.7527	ok
F - 6P	886.3510	14639.0621	6678234.5012	1.7357	ok
F - 7P	886.3510	331.4669	132167.1687	0.2612	ok
F - 8P	3122.9267	2752.9070	182532154.1776	0.7527	ok
F - 9P	20032.9919	2752.9070	144531321.8814	0.7527	ok
F - 10P	11723.9411	2885.7899	197105744.3418	0.7707	ok
F - 11P	3122.9267	331.4669	144531321.8814	0.2612	ok
F - 12P	11723.9411	842.2145	268425507.5404	0.4163	ok
F - 13P	18079.2343	7474.2695	19230244.8402	1.2403	ok
F - 14P	3122.9267	2752.9070	31127741.3429	0.7527	ok
F - 15P	886.3510	331.4669	176525776.1201	0.2612	ok
F - 16P	886.3510	5778.1355	10746533.1385	1.0905	ok
F - 17P	886.3510	331.4669	15022848.6509	0.2612	ok
F - 18P	886.3510	1101.3536	15608823.2932	0.4761	ok
F - 19P	886.3510	7153.6966	66193324.8783	1.2134	ok
F - 20P	886.3510	1101.3536	132167.1687	0.4761	ok
F - 21P	17989.8533	10829.2671	51074600.8337	1.4929	ok
F - 22P	13323.2648	14123.2898	441440983.0066	1.7049	ok
F - 23P	13323.2648	14123.2898	168835343.8559	1.7049	ok
F - 24P	886.3510	331.4669	15022848.6509	0.2612	ok
F - 25P	51616.5467	2441.4026	1635510633.1817	0.7088	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>229798.6348</b>	<b>121474.4995</b>	<b>4143033027.2958</b>		
<b>S</b>	<b>97.8516</b>	<b>71.1438</b>	<b>13138.7357</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.1341</b>	<b>0.0715</b>	<b>0.2739</b>		

### B.6 Criterio de Chauvenet

Ya teniendo el promedio y la desviación estándar se aplica el criterio de Chauvenet para depurar los datos como indica a continuación.

$$\frac{ABS(x_i - \bar{x})}{S} \leq 2$$

Criterio de Chauvenet a la probeta F - 3E

$$\frac{ABS(823.2872 - 975.3894)}{69.7064} = 2.1820 \geq 2.0 \rightarrow \text{no cumple}$$

**Tabla 85 — Resultado del Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet**

N° Probeta	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
F - 1P	685.2384	1027.8576	45129.9484
F - 2P	685.2384	985.0302	55961.1360
F - 3P			
F - 4P	685.2384	993.5957	60827.3217
F - 5P	770.8932	1027.8576	39347.6738
F - 6P	685.2384	1096.3814	44413.6000
F - 7P	685.2384	993.5957	46634.2800
F - 8P	770.8932	1027.8576	33487.3819
F - 9P	856.5480	1027.8576	34975.7100
F - 10P	823.2872	1029.1090	32958.3927
F - 11P	770.8932	993.5957	34975.7100
F - 12P	823.2872	1004.4104	63381.5244
F - 13P	849.4691	1061.8433	42612.5977
F - 14P	770.8932	1027.8576	41418.6039
F - 15P	685.2384	993.5957	33711.5277
F - 16P	685.2384	899.3754	43719.6375
F - 17P	685.2384	993.5957	50873.7600
F - 18P	685.2384	942.2028	43047.0277
F - 19P	685.2384	890.8099	38861.9000
F - 20P	685.2384	942.2028	46634.2800
F - 21P	580.8838	871.3257	39851.1784
F - 22P	599.5836	856.5480	68008.3250
F - 23P	599.5836	856.5480	34004.1625
F - 24P	685.2384	993.5957	50873.7600
F - 25P	942.2028	1024.8000	87439.2750
<b>Σ</b>	<b>17381.2789</b>	<b>23561.4490</b>	<b>1113148.7144</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>724.2200</b>	<b>981.7270</b>	<b>46381.1964</b>

**Tabla 86 — Resultado de desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet**

N° Probeta	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
F - 1P	1519.5615	2128.0284	1565621.6722	0.7242	ok
F - 2P	1519.5615	10.9109	91775242.1086	0.0519	ok
F - 3P					
F - 4P	1519.5615	140.8646	208690536.3623	0.1863	ok
F - 5P	2178.3920	2128.0284	49470441.3314	0.7242	ok
F - 6P	1519.5615	13145.6310	3871435.7229	1.8000	ok
F - 7P	1519.5615	140.8646	64051.2919	0.1863	ok
F - 8P	2178.3920	2128.0284	166250452.8257	0.7242	ok
F - 9P	17510.7120	2128.0284	130085120.7719	0.7242	ok
F - 10P	9814.3189	2245.0496	180171660.0626	0.7439	ok
F - 11P	2178.3920	140.8646	130085120.7719	0.1863	ok
F - 12P	9814.3189	514.5339	289011151.7489	0.3561	ok
F - 13P	15687.3465	6418.6157	14202336.2464	1.2578	ok
F - 14P	2178.3920	2128.0284	24627324.1778	0.7242	ok
F - 15P	1519.5615	140.8646	160520505.5276	0.1863	ok
F - 16P	1519.5615	6781.7929	7083895.9535	1.2929	ok
F - 17P	1519.5615	140.8646	20183127.4041	0.1863	ok
F - 18P	1519.5615	1562.1657	11116681.1910	0.6205	ok
F - 19P	1519.5615	8265.9231	56539818.8464	1.4273	ok
F - 20P	1519.5615	1562.1657	64051.2919	0.6205	ok
F - 21P	20545.2559	12188.4599	42641135.4438	1.7332	ok
F - 22P	15534.2205	15669.7925	467732690.0563	1.9652	ok
F - 23P	15534.2205	15669.7925	153190968.9770	1.9652	ok
F - 24P	1519.5615	140.8646	20183127.4041	0.1863	ok
F - 25P	47516.5215	1855.2797	1685765815.6192	0.6762	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>178905.2204</b>	<b>97375.4425</b>	<b>3914892312.8093</b>		
<b>S</b>	<b>86.3388</b>	<b>63.6970</b>	<b>12771.8641</b>		
<b>C.v</b>	<b>0.1192</b>	<b>0.0649</b>	<b>0.2754</b>		

$$\text{PER 5\% Módulo de rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

S=63.6970

N=24

$\bar{x}$ =981.7270

$t_{0.95}$ =1.714

$$\text{PER 5\% } \mathbf{Módulo de rotura} = 981.7270 - (1.714) \frac{(63.6970)}{\sqrt{23}} = 958.9621 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% } \mathbf{ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$\text{PER 5\% } \mathbf{ELP} = 724.2200 - (1.714) \frac{(86.3388)}{\sqrt{23}} = 693.3631 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% } \mathbf{MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=12771.8641$$

$$N=24$$

$$\bar{x}=46381.1964$$

$$t_{0.95}=1.714$$

$$\text{PER 5\% } \mathbf{MOE} = 46381.1964 - (1.714) \frac{(12771.8641)}{\sqrt{23}} = 41816.6126 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo admisible de flexión estática de la madera pino (*Pinus radiata*)

$$f_m = \frac{(958.9621)(0.8)(0.9)}{(2)(1.15)}$$

$$f_m = 300.1968 \text{ kg/cm}^2$$

### C. Flexión estática de la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*)

#### C.1 Esfuerzo de la fibra al límite proporcional

En el caso de la probeta F - 8C

$$\text{ELP} = \frac{(3)(407.88)(17.50)}{(2)(2.50)(2.50)^2}$$

$$\text{ELP} = 685.24 \text{ kg/cm}^2$$



### **C.2 Módulo de ruptura**

En el caso de la probeta F - 8C

$$\text{MOR} = \frac{(3)(530.24)(17.50)}{(2)(2.50)(2.50)^2}$$

$$\text{MOR} = 890.81 \text{ kg/cm}^2$$

### **C.3 Módulo de elasticidad**

En el caso de la probeta F - 8C

$$\text{MOE} = \frac{(407.88)(17.50)^3}{(4)(2.50)(2.50)^3(0.40)}$$

$$\text{MOE} = 34975.71 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 87 — Promedio de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés**

Nº Probeta	Contenido humedad (%)	P (kg)	D (mm)	P' (kg)	Y (cm)	ELP (kg/cm²)	MOR (kg/cm²)	MOE (kg/cm²)
F - 1C	12.0	489.46	7.75	356.90	0.38	624.31	856.19	34227.31
F - 2C	12.4	479.26	3.75	356.90	0.18	612.06	821.92	72864.86
F - 3C	12.3	540.44	8.75	407.88	0.43	685.24	907.94	32918.32
F - 4C	12.7	571.03	12.00	458.87	0.53	770.89	959.33	29979.18
F - 5C	12.1	530.24	7.25	407.88	0.40	685.24	890.81	34975.71
F - 6C	12.3	509.85	9.25	356.90	0.45	624.31	891.87	28903.06
F - 7C	12.5	489.46	6.75	407.88	0.34	685.24	822.29	41762.04
F - 8C	12.7	530.24	7.50	407.88	0.40	685.24	890.81	34975.71
F - 9C	12.3	458.87	6.00	356.90	0.35	599.58	770.89	34975.71
F - 10C	12.8	571.03	7.25	458.87	0.40	740.96	922.08	37078.19
F - 11C	12.3	356.90	5.00	203.94	0.14	342.62	599.58	51815.87
F - 12C	12.2	418.08	7.50	254.93	0.28	428.27	702.37	31796.10
F - 13C	12.7	458.87	7.25	305.91	0.27	513.93	770.89	38861.90
F - 14C	12.8	356.90	6.00	203.94	0.20	364.48	637.83	38757.22
F - 15C	12.9	509.85	6.50	305.91	0.18	513.93	856.55	58292.85
F - 16C	12.3	407.88	4.75	254.93	0.13	428.27	685.24	69951.42
F - 17C	12.0	418.08	7.25	254.93	0.19	428.27	702.37	46020.67
F - 18C	12.7	458.87	6.50	254.93	0.13	428.27	770.89	67260.98
F - 19C	12.9	571.03	8.00	356.90	0.18	599.58	959.33	68008.33
F - 20C	12.2	479.26	10.00	305.91	0.30	513.93	805.16	34975.71
F - 21C	12.0	387.49	3.75	254.93	0.13	428.27	650.98	69951.42
F - 22C	12.7	458.87	4.75	254.93	0.13	428.27	770.89	69951.42
F - 23C	12.5	356.90	3.90	203.94	0.10	371.77	650.59	79064.74
F - 24C	12.6	535.34	8.00	356.90	0.35	599.58	899.38	34975.71
F - 25C	12.0	356.90	4.90	203.94	0.20	371.61	650.32	38709.46
<b>Σ</b>						<b>13474.14</b>	<b>19846.50</b>	<b>1181053.88</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>12.3</b>					<b>538.9654</b>	<b>793.8600</b>	<b>47242.1553</b>

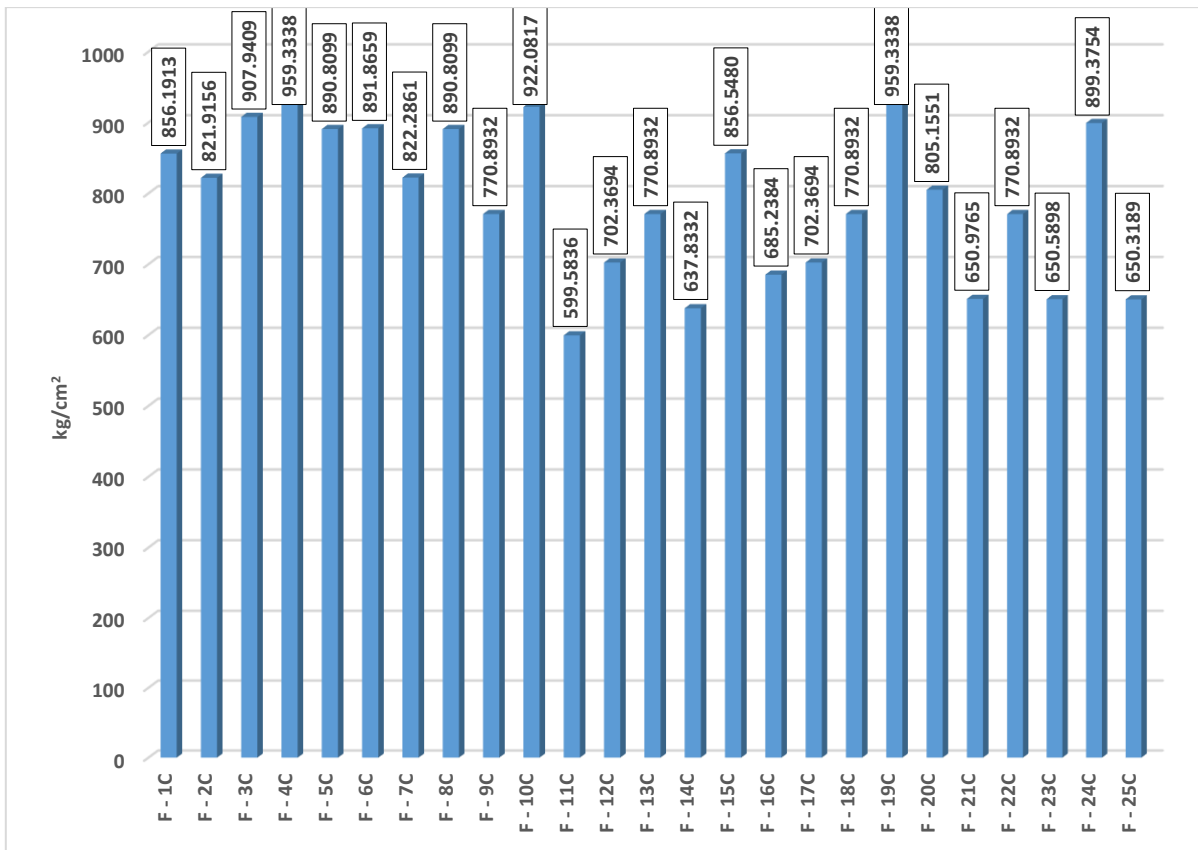


Figura 39 — Gráfico de barras de esfuerzo de rotura de compresión perpendicular al grano

#### C.4 Desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{287576.7121}{25}} = 107.2524$$

#### C.5 Coeficiente de variación

$$C.V = \frac{107.2524}{793.8600} = 0.1351$$

En la Tabla N° 88, se muestra los valores calculados de desviación estándar y el criterio de Chauvenet, esfuerzo de rotura y esfuerzo de las fibras al límite proporcional.

**Tabla 88 — Desviación estándar de esfuerzo de las fibras al límite proporcional, módulo de rotura, módulo de elasticidad y el criterio de Chauvenet de la madera ciprés**

N° Probeta	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Criterio de Chauvenet	
	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2$	$ABS((x_i - \bar{x})/S) \leq 2$	
F - 1C	7283.0371	3885.1893	169386215.3428	0.5812	ok
F - 2C	5343.5245	787.1199	656523007.7133	0.2616	ok
F - 3C	21395.7874	13014.4548	205172392.6296	1.0637	ok
F - 4C	53790.4995	27381.5763	298010316.3476	1.5428	ok
F - 5C	21395.7874	9399.2934	150465680.3968	0.9039	ok
F - 6C	7283.0371	9605.1608	336322371.6583	0.9138	ok
F - 7C	21395.7874	808.0439	30031644.1152	0.2650	ok
F - 8C	21395.7874	9399.2934	150465680.3968	0.9039	ok
F - 9C	3674.5649	527.4724	150465680.3968	0.2141	ok
F - 10C	40801.1991	16440.8029	103306154.3736	1.1955	ok
F - 11C	38551.8344	37743.3067	20918835.6287	1.8114	ok
F - 12C	12252.5884	8370.5311	238580624.4552	0.8530	ok
F - 13C	626.8319	527.4724	70228678.9607	0.2141	ok
F - 14C	30446.5185	24344.3581	71994050.9511	1.4548	ok
F - 15C	626.8319	3929.7895	122117853.2635	0.5845	ok
F - 16C	12252.5884	11798.6448	515710703.0316	1.0128	ok
F - 17C	12252.5884	8370.5311	1492023.7764	0.8530	ok
F - 18C	12252.5884	527.4724	400753373.0061	0.2141	ok
F - 19C	3674.5649	27381.5763	431233803.8418	1.5428	ok
F - 20C	626.8319	127.5805	150465680.3968	0.1053	ok
F - 21C	12252.5884	20415.6908	515710703.0316	1.3322	ok
F - 22C	12252.5884	527.4724	515710703.0316	0.2141	ok
F - 23C	27955.7683	20526.3281	1012676766.6241	1.3358	ok
F - 24C	3674.5649	11133.5067	150465680.3968	0.9838	ok
F - 25C	28007.5700	20604.0443	72806940.3974	1.3383	ok
$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	<b>411465.8588</b>	<b>287576.7121</b>	<b>6541015564.1641</b>		
S	<b>128.2912</b>	<b>107.2524</b>	<b>16175.3090</b>		
C.v	<b>0.2380</b>	<b>0.1351</b>	<b>0.3424</b>		

### C.6 Criterio de Chauvenet

Ya teniendo el promedio y la desviación estándar se aplicó el criterio de Chauvenet para depurar los datos como indica a continuación.

$$\frac{ABS(x_i - \bar{x})}{S} \leq 2$$

Se le aplico el criterio de Chauvenet a la probeta F - 25C

$$\frac{ABS(650.3189 - 793.8600)}{107.2524} = 1.3383 < 2.0 \rightarrow \text{cumple}$$

$$\text{PER 5\% M\u00f3dulo de rotura} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=107.2524$$

$$N=25$$

$$\bar{x}=793.8600$$

$$t_{0.95}=1.711$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% M\u00f3dulo de rotura} &= 793.8600 - (1.711) \frac{(107.2524)}{\sqrt{24}} \\ &= 756.4014 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{PER 5\% ELP} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=128.2912$$

$$N=25$$

$$\bar{x}=538.9654$$

$$t_{0.95}=1.711$$

$$\text{PER 5\% ELP} = 538.9654 - (1.711) \frac{(128.2912)}{\sqrt{24}} = 494.1589 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PER 5\% MOE} = \bar{x} \pm t_c \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

$$S=16175.3090$$

$$N=25$$

$$\bar{x}=47242.1553$$

$$t_{0.95}=1.711$$

$$\begin{aligned} \text{PER 5\% MOE} &= 47242.1553 - (1.711) \frac{(16175.3090)}{\sqrt{24}} \\ &= 41592.8249 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Esfuerzo admisible de flexi\u00f3n est\u00e1tica de la madera cipr\u00e9s (*Cupressus lusit\u00e1nica*)

$$f_m = \frac{(756.4014)(0.8)(0.9)}{(2)(1.15)}$$

$$f_m = 236.7865 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.5.4 Aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo

##### 4.5.4.1 Datos de diseño

La madera utilizada para el diseño es madera eucalipto, pino y ciprés, sus esfuerzos admisibles según los resultados obtenidos en el capítulo IV se muestran en la siguiente Tabla N°89.

**Tabla 89 — Esfuerzos admisibles y densidad básica**

Esfuerzos admisibles y densidad básica obtenidos del ensayo				
Especie	Densidad Básica(g/cm <sup>3</sup> )	Flexión f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Compresión Paralela f <sub>c</sub> // (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
Eucalipto	0.89	409.3	206.1	65989.3
Pino	0.57	300.2	135.2	41816.6
Ciprés	0.44	236.8	102.7	41592.8
Esfuerzos admisibles y densidad básica (NTP E.010)				
	Densidad Básica(g/cm <sup>3</sup> )	Flexión f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Compresión Paralela f <sub>c</sub> // (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> ) E <sub>min</sub>
A	≥0.71	210	145	95000
B	0.56 a 0.70	150	110	75000
C	0.40 a 0.55	100	80	55000

Al realizar una comparación entre los esfuerzos admisible y densidad básica obtenidos del ensayo con los esfuerzos admisibles y densidad básica según la NTP E10, la madera eucalipto (*Eucaliptus glóbulos*) se clasifica dentro del grupo estructural C, y para el diseño se tomarán los valores del grupo estructural C.

##### 4.5.4.2 Geometría del tijeral par y nudillo

El tijeral par y nudillo tiene una luz de 6 m de longitud con una altura de 2 m, espaciado a 1.5 m. Los pares por donde se transmiten esfuerzos axiales están apoyados sobre el estribo y el estribo sobre el tirante y este último está separado 4.5 m de tirante a tirante. Los elementos estructurales deben diseñarse para que los esfuerzos aplicados, producidos por las cargas de servicio, sean menores o iguales que los esfuerzos admisibles del material.

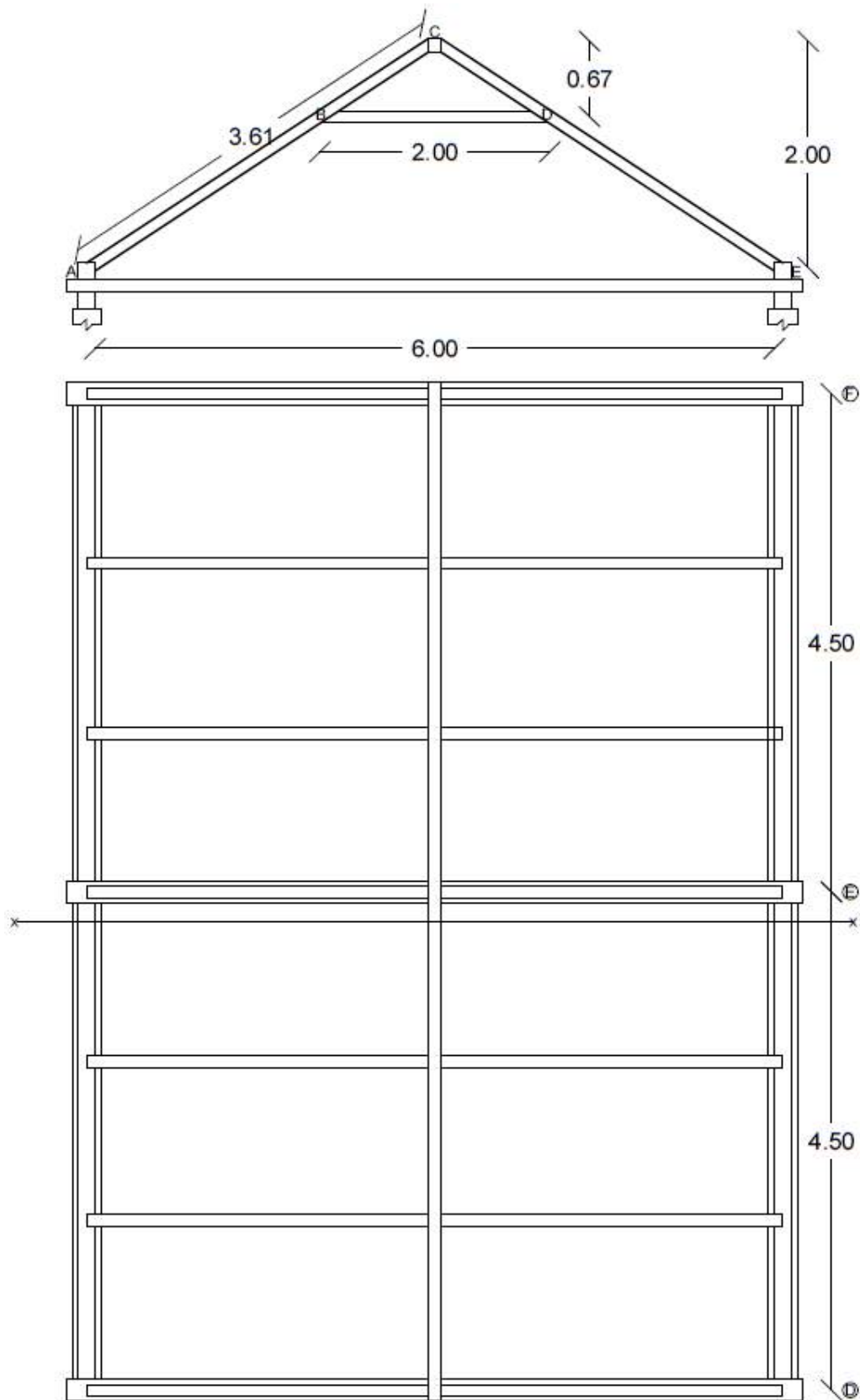


Figura 40 — Geometría del tijeral par y nudillo

#### 4.5.4.3 Cargas

##### A. Carga muerta

###### A.1 Peso propio del tijeral

El peso propio del tijeral se halla con la tabla de propiedades de escuadría (ver anexo 07). Para este diseño se considera 8.91 kg/m, para una sección de 4"x4".

###### A.2 Peso de la cubierta

El peso de la cubierta según las especificaciones técnicas de la teja andina es de 8.40 kg/m<sup>2</sup>.

###### A.3 Peso de las correas u otros

Se toma una carga de 5 kg/m<sup>2</sup> para el peso de correas.

##### B. Carga viva

Según la Norma E.020 en el artículo 7 del RNE<sup>1</sup> indica que, para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, etcétera, la sobrecarga será de 30 kg/m<sup>2</sup>.

##### C. Carga del viento

Según la NORMA E.020 del RNE, Artículo 12 – ítem 12.4; la carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual se actúa. Se calculará mediante la expresión:

$$Ph = 0.005 * C(V_h)^2$$

Donde:

Ph : Presión o succión del viento a una altura h (kg/m<sup>2</sup>)

C : Factor de forma

Vh : Velocidad de diseño a una altura h (km/h).

---

<sup>1</sup> Reglamento Nacional de Edificaciones



Para determinar el factor adimensional se tiene que utilizar la tabla 5.4 - factores de forma (c), de la norma E.020 (ver anexo 08), para este caso según el ángulo de inclinación de 45° se utilizara las superficies inclinadas entre 15° y 60°, que corresponde a:

**Tabla 90 — Factores de forma**

	Presión	Succión
Barlovento	0.7	-0.3
Sotavento		-0.6

Extraído de Norma E.020 del RNE

Según la NORMA E.020 del RNE, Artículo 12 – ítem 12.3; la velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación (Ver Anexo) pero no menos de 75 Km/h. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente expresión.

$$V_h = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

Donde:

$V_h$ : es la velocidad de diseño en la altura h en km/h.

V: es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura en km/h.

h: es la altura sobre el terreno en metros.

Entonces para vientos  $h \leq 10$  m;  $V_{Apurímac} = 65$  km/h.

### C.1 Consideraciones para determinar la Velocidad del viento ( $V_h$ )

$h_i = 7.0$  m (altura de la edificación)

$h_f = 9.0$  m (altura de la edificación más la altura del tijeral)

### C.2 Calculo de la altura h y $V_h$

$$h = \left(\frac{h_i + h_f}{2}\right) = 8m$$

$$V_h = 65 * \left(\frac{8}{10}\right)^{0.22}$$

$$V_h = 69.8 \text{ km/h. y } V_{\text{apurímac}} = 65 \text{ km/h.}$$

Pero según Norma E.020 del RNE no deberá ser menor a 75km/h por lo tanto se escoge el mayor.

$$V_h = 75 \text{ Km/h.}$$

**C.3 Para la carga distribuida exterior del viento es:**

$$P_h = 0.005 * C(V_h)^2$$

**Barlovento**

$$\text{Presión} = 0.005(0.7) (75)^2 = 19.7 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Succión} = 0.005(-0.3) (75)^2 = -8.4 \text{ kg/m}^2$$

**Sotavento**

$$\text{Succión} = 0.005(-0.6) (75)^2 = -16.8 \text{ kg/m}^2$$

**4.5.4.4 Cargas Uniformemente Repartidas**

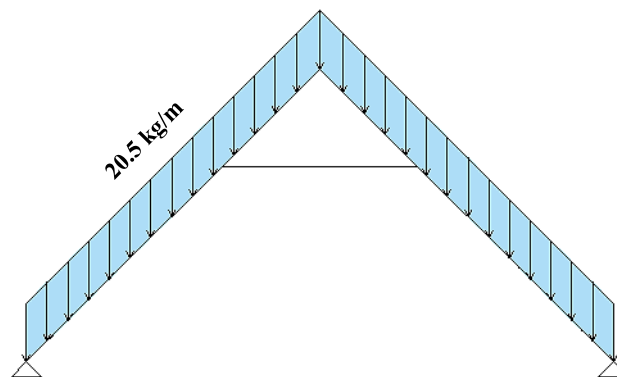
Todas las cargas halladas anteriormente tendrán que distribuirse en forma uniforme a los pares del tijeral par y nudillo, como se muestra la figura.

**D. Carga muerta**

$$WD = (\text{Peso propio del tijeral} + \text{Peso de la cubierta} + \text{Peso de correas}). S$$

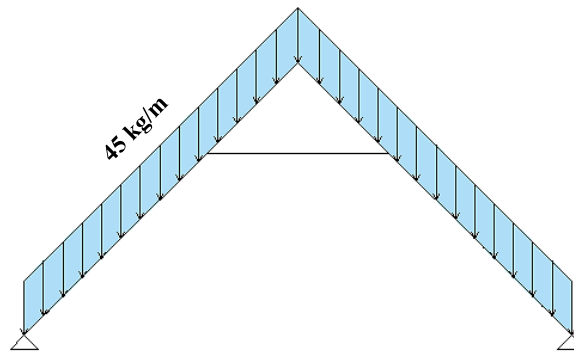
$$WD = (\text{Se considera en Sap2000} + 8.40 + 5). (1.5)$$

$$WD = 20.5 \text{ kg/m}$$



### E. Carga viva

$$WL = (\text{Sobrecarga}) \cdot S$$
$$WL = (30 \text{ kg/m}^2) \cdot (1.5\text{m})$$
$$WL = 45 \text{ kg/m.}$$



### F. Carga de viento

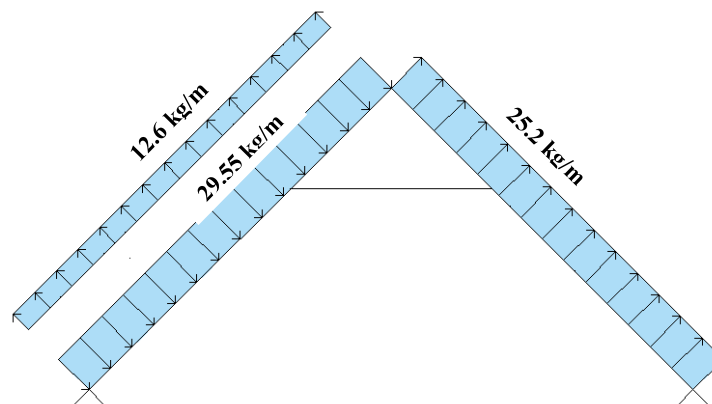
#### Barlovento

$$\text{Presión} = (19.7) \cdot (1.5) = 29.55 \text{ kg/m.}$$

$$\text{Succión} = (-8,4) \cdot (1.5) = -12.6 \text{ kg/m.}$$

#### Sotavento

$$\text{Succión} = (-16.8) \cdot (1.5) = -25.2 \text{ kg/m.}$$



#### 4.5.4.5 Fuerzas axiales de los elementos del tijeral Par y Nudillo

Las fuerzas internas del tijeral par y nudillo se determinaron a través del software SAP2000 v.16, al ingresar todos los datos como, el tipo de material, la sección,

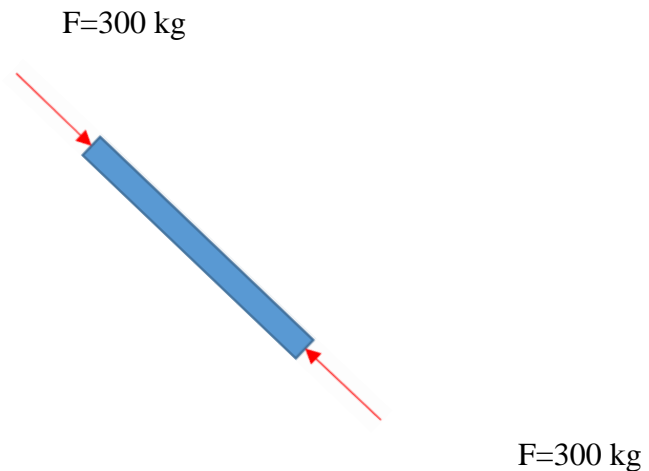
carga muerta, carga viva, carga del viento y una vez procesado nos indica las fuerzas axiales o internas máximas, momento flector máximo, reacciones verticales, reacciones horizontales de cada elemento del tijeral par y nudillo, de los cuales se han seleccionado los esfuerzos máximos (ver anexo).

### A. Diseño de los pares

Los pares son elementos que están sometidos a flexo-compresión, por lo tanto, debe satisfacer la siguiente ecuación.

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m / M}{Z f_m} < 1$$

Se escogió el máximo valor de las fuerzas axiales en compresión para determinar la sección que soporte dicha fuerza.



#### A.1 Longitud efectiva

La longitud efectiva de este elemento puede ser tomada como:

$L_{ef} = 0.4 \times (L1 + L2)$ , donde  $L1=1.805m$  y  $L2=1.805m$

$$L_{ef} = 1.44m = 144.4 \text{ cm}$$

#### A.2 Momento flector máximo

El momento obtenido de SAP 2000 es:

$$M=4411 \text{ kg-cm}$$

### A.3 Sección de la escuadría

Suponiendo una sección de (2 1/2" x 7") = 5cm x 16.5 cm

$$A=82.5 \text{ cm}^2 \quad I_x=1872 \text{ cm}^4 \quad Z_x=227 \text{ cm}^3$$

$$f_m=100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_c // =80 \text{ kg/cm}^2 \quad E_{mim}=55000 \text{ kg/cm}^2$$

### A.4 Cálculo de la esbeltez

$$\lambda_x = L_{ef}/d = 144.4 / 5 = 28.9$$

### A.5 Determinando tipo de columna

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{f_c}} = 0.7025 \sqrt{\frac{55000}{80}} = 18.42$$

$$C_k < \lambda < 50$$

Debido que  $18.42 < 28.9 < 50$  es una columna larga

### A.6 Determinando Carga admisible ( $N_{adm}$ ), Carga crítica de Euler ( $N_{cr}$ ), Coeficiente de magnificación ( $k_m$ ).

$$N_{adm} = 0.329 \frac{EA}{(\lambda)^2} \quad N_{adm} = 0.329 \frac{(55000)(82.5)}{(28.9)^2} = 1790 \text{ kg}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(l_{ef})^2} \quad N_{cr} = \frac{\pi^2(55000)(1872)}{(144.4)^2} = 48677 \text{ kg}$$

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}} \quad k_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{(300)}{(48677)}} = 1.01$$

Verificando:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m M}{Z f_m} < 1$$

$$\frac{300}{1790} + \frac{1.01(4411)}{(227)(100)} < 1$$

$$0.36 < 1 \text{ (Cumple)}$$

**USAR: 2 1/2" x 7" (5cm x 16.5cm)**

El espaciamiento máximo entre correas para garantizar la esbeltez es:

$$L_c = b \times \lambda_x$$

$$L_c = 5 \times 28.9$$

$$L_c = 144.5 \text{ cm.}$$

## B. Diseño del nudillo

El nudillo está sometida exclusivamente a esfuerzo de compresión, se escogió el máximo valor de la fuerza axial en compresión para determinar la sección que soporte dicha fuerza.


$$F=186 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad \text{[Member]} \quad \leftarrow \quad F=186 \text{ kg}$$

### B.1 Longitud efectiva

La longitud efectiva de este elemento puede ser tomada como:

$$L_{ef} = (L_1), \text{ donde } L_1=2 \text{ m.}$$

$$L_{ef} = 200 \text{ cm.}$$

### B.2 Sección de la escuadría

Suponiendo una sección de  $(2 \frac{1}{2}'' \times 4'') = 5 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$ .

$$A=45 \text{ cm}^2 \quad ; \quad f_{//c}=80 \text{ kg/cm}^2 \quad ; \quad E_{mim}=55000 \text{ kg/cm}^2$$

### B.3 Cálculo de la esbeltez

$$\lambda_x = L_{ef}/d = 200/5 = 40 \quad C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{f_c}} = 0.7025 \sqrt{\frac{55000}{80}} = 18.42$$

### B.4 Determinando el tipo de columna

$$C_k < \lambda < 50$$

Debido que  $18.42 < 40 < 50$  es una columna larga

### B.5 Carga admisible

$$N_{adm} = 0.329 \frac{EA}{(\lambda)^2} \quad N_{adm} = 0.329 \frac{(55000)(45)}{(40)^2} = 509 \text{ kg}$$

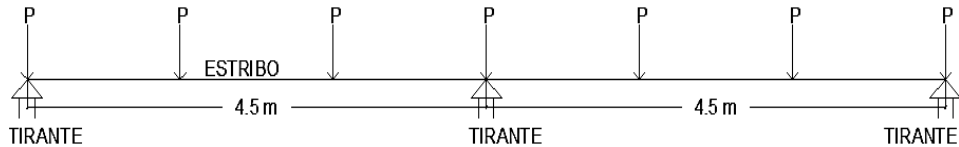
$$509 \text{ kg} > 186 \text{ kg} \rightarrow \text{Cumple}$$

**USAR: 2 1/2'' x 4'' (5cm x 9cm)**

### C. Diseño del estribo

El estribo se comporta a flexión en un plano horizontal debido a los empujes horizontales de los pares, con una luz equivalente a la separación entre tirantes.

$$E_h = R_h = P = 242 \text{ kg}$$



#### C.1 Deformación admisible

$$L = 4.5 \text{ m} = 450 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{250} = \frac{450}{250} = 1.8 \text{ cm}$$

#### C.2 Deformación máxima de la viga continua

$$\Delta_{\text{máx.}} = \frac{335420000 \text{ cm}^3}{EI} \leq 1.8 \text{ cm}$$

#### C.3 Inercia necesaria

$$I > \frac{335420000}{E \times 1.8} = \frac{335420000}{(55000) \times 1.8} = \frac{335420000}{99000}$$

$$I > 3388 \text{ cm}^4$$

#### C.4 Sección

Si se asume  $h = 7''$  (16.5 cm)

$$I = \frac{bh^3}{12} \gg 2320 \text{ cm}^4$$

$$b = \frac{12 \times 3388}{(16.5)^3} = 9.05 \text{ cm.}$$

Se escoge  $b = 6'' = 14 \text{ cm}$

La sección que cumple con la deformación es  $6'' \times 7''$  (14 cm x 16.5 cm).

### C.5 Verificaciones:

#### Por flexión admisible

$$\frac{6M}{bh^2} < f_m \quad M = 242 \text{ kg. m} = 24200 \text{ kg. m}$$

$$\frac{6M}{bh^2} < f_m \rightarrow \frac{6(24200)}{(14)(16.5)^2} = 38 < 100 \quad \text{Cumple}$$

#### Por deflexión

$$\Delta_{\text{SAP 2000}} < \text{Deflexión admisible}$$

La deflexión obtenida del programa SAP 2000 v.16

$$\Delta_{\text{SAP 2000}} = 1.61 \text{ cm.}$$

Comparando:

$$\Delta_{\text{calculado}} < \text{Deflexión admisible}$$

$$1.61 \text{ cm} < 1.8 \text{ cm} \rightarrow \text{Cumple}$$

### D. Diseño del tirante

El diseño del tirante es a tracción pura.

Esfuerzo de tracción obtenido del programa SAP 2000 v.16

$$f_t = 888 \text{ kg}$$

El comportamiento del tirante solo es el de una pieza sometida a tracción axial.


$$F = 888 \text{ kg} \leftarrow \text{---} \rightarrow F = 888 \text{ kg}$$

Debe cumplir:

$$\text{Esfuerzo admisible a tracción} > F$$

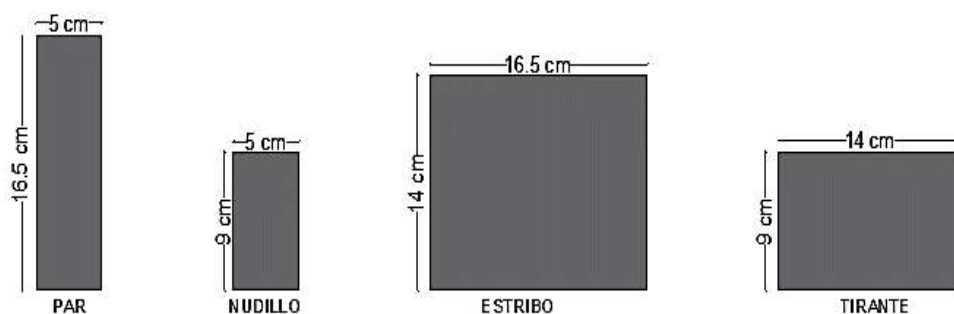
Asumiendo una sección de 6"x4" (14 cm x 9 cm);  $f_t = 75 \text{ kg/cm}^2$ .

$$\text{Esfuerzo admisible a tracción} = f_t \cdot A = 14 \times 9 \times 75 = 9450 \text{ kg.}$$

$$9450 \text{ kg} > 888 \text{ kg} \rightarrow \text{Cumple}$$



### Secciones Netas del diseño



#### 4.5.5 Ensayo del tijeral par y nudillo a compresión

**Tabla 91 — Resistencia a Compresión de la madera eucalipto**

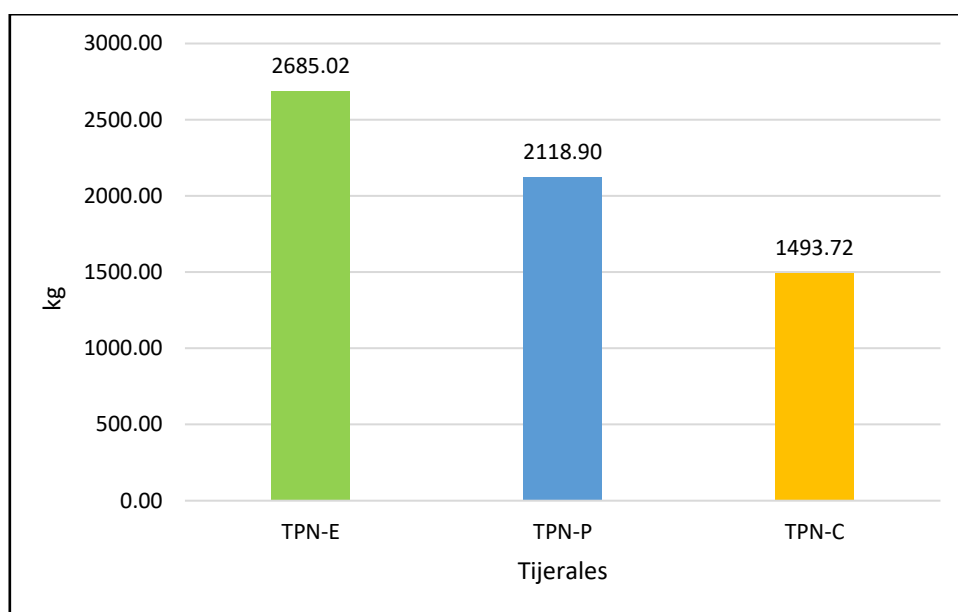
Código del elemento	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
TPN-1E	2778.80
TPN-2E	2691.13
TPN-3E	2585.12
$\Sigma$	8055.05
$\bar{x}$	2685.02
$\Sigma(x_i - \mu)^2$	8832.69
S	66.46
C.v	0.025

**Tabla 92 — Resistencia a compresión de la madera pino**

Código del elemento	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
TPN-1P	2173.29
TPN-2P	2079.51
TPN-3P	2103.9
$\Sigma$	6356.7
$\bar{x}$	2118.90
$\Sigma(x_i - \mu)^2$	4509.84
S	47.49
C.v	0.022

**Tabla 93 — Resistencia a compresión de la madera ciprés**

Código del elemento	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
TPN-1C	1427.12
TPN-1C	1583.08
TPN-1C	1470.95
$\Sigma$	4481.15
$\bar{x}$	1493.72
$\Sigma(x_i - \mu)^2$	12420.92
S	78.81
C.v	0.053



**Figura 41 — Resistencia a la compresión de tijerales**

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Resultados de ensayos de propiedades físicas

##### 5.1.1.1 Contenido de humedad

**Tabla 94 — Resultado de contenido de humedad de la madera eucalipto, pino y ciprés**

Ensayo	Contenido humedad (%)	Contenido humedad (%)	Contenido humedad (%)
	Madera eucalipto	Madera pino	Madera ciprés
Cizallamiento o corte paralelo al grano	12.5	12.3	12.4
Compresión paralela al grano	12.4	12.3	12.3
Compresión perpendicular al grano	12.5	12.5	12.4
Tracción paralela al grano	12.5	12.4	12.6
Flexión estática	12.6	12.4	12.3

##### 5.1.1.2 Densidad básica

**Tabla 95 — Resultado de densidad básica de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*)**

Densidad básica(g/cm <sup>3</sup> )			
Promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación	PER 5%
0.9033	0.0374	0.0415	0.8899

**Tabla 96 — Resultado de densidad básica de la madera pino (*Pinus radiata*)**

Densidad básica(g/cm <sup>3</sup> )			
Promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación	PER 5%
0.5848	0.0425	0.0727	0.5700

**Tabla 97 — Resultado de densidad básica de la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*)**

Densidad básica(g/cm <sup>3</sup> )			
Promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación	PER 5%
0.4477	0.0347	0.0774	0.4353

## 5.1.2 Resultado de ensayos de propiedades mecánicas

### 5.1.2.1 Resultados del ensayo de corte paralelo al grano

**Tabla 98 — Resultado de Resistencia al corte paralelo al grano de la madera eucalipto**

Resistencia al corte paralelo al grano				
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación	PER 5% (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
87.7491	8.0514	0.0918	84.8716	21.2179

**Tabla 99 — Resultado de Resistencia al corte paralelo al grano de la madera pino**

Resistencia al corte paralelo al grano				
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación	PER 5% (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
54.9570	16.7817	0.3054	49.0959	12.2740

**Tabla 100 — Resultado de Resistencia al corte paralelo al grano de la madera ciprés**

Resistencia al cizallamiento o corte paralelo al grano				
Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación	PER 5% (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
18.7416	3.2047	0.1710	17.5963	4.3991

### 5.1.2.2 Resultados del ensayo de compresión axial o paralela al grano

**Tabla 101 — Resultado de resistencia a compresión axial o paralela de la madera eucalipto**

	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia máxima</b>	424.6798	34.9892	0.0824	412.1749
<b>Esfuerzo al límite proporcional</b>	312.6365	51.5002	0.1647	294.2307
<b>Módulo de elasticidad</b>	83314.6743	18120.6589	0.2175	76838.4649
			<b>Esfuerzo admisible</b>	<b>206.0875</b>

**Tabla 102 — Resultado de resistencia a compresión axial o paralela de la madera pino**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia máxima</b>	291.1683	57.6777	0.1981	271.0240
<b>Esfuerzo al límite proporcional</b>	225.6363	48.6630	0.2157	208.6404
<b>Módulo de elasticidad</b>	54210.0514	15041.4226	0.2775	48956.7381
			<b>Esfuerzo admisible</b>	<b>135.512</b>

**Tabla 103 — Resultado de resistencia a compresión axial o paralela de la madera ciprés**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia máxima</b>	212.5588	20.1834	0.0950	205.3454
<b>Esfuerzo al límite proporcional</b>	165.5842	51.7927	0.3128	147.0738
<b>Módulo de elasticidad</b>	39939.8209	40536.0500	1.0149	25452.4918
		<b>Esfuerzo admisible</b>		<b>102.6727</b>

### 5.1.2.3 Resultados del ensayo de compresión perpendicular al grano

**Tabla 104 — Resultado de resistencia a compresión perpendicular al grano de la madera eucalipto**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esfuerzo de rotura</b>	177.4021	13.8902	0.0783	172.4378
<b>Esfuerzo al L. proporcional</b>	73.6432	17.7931	0.2416	67.2841
		<b>Esfuerzo admisible</b>		<b>42.0526</b>

**Tabla 105 — Resultado de resistencia a compresión perpendicular al grano de la madera pino**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esfuerzo de rotura</b>	87.5995	12.3838	0.1414	83.1736
<b>Esfuerzo al L. proporcional</b>	44.2515	20.4270	0.4616	36.9510
		<b>Esfuerzo admisible</b>		<b>23.0944</b>

**Tabla 106 — Resultado de resistencia a compresión perpendicular de la madera ciprés**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esfuerzo de rotura</b>	68.0045	8.1921	0.1205	65.0767
<b>Esfuerzo al L. proporcional</b>	25.7606	4.6906	0.1821	24.0842
		<b>Esfuerzo admisible</b>		<b>15.0526</b>

### 5.1.2.4 Resultados del ensayo de tracción paralela al grano

**Tabla 107 — Resultado de esfuerzo a tracción paralela al grano de la madera eucalipto**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Módulo de ruptura</b>	1512.0057	179.4409	0.1187	1447.8747
<b>Módulo de elasticidad</b>	3696.3843	866.4856	0.2344	3386.7078
		<b>Esfuerzo admisible</b>		<b>453.3</b>

**Tabla 108 — Resultado de esfuerzo a tracción paralela al grano de la madera pino**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Módulo de ruptura</b>	1222.6818	135.7050	0.1110	1174.1817
<b>Módulo de elasticidad</b>	1555.7257	342.6815	0.2203	1433.2535
	<b>Esfuerzo admisible</b>			<b>367.6</b>

**Tabla 109 — Resultado de esfuerzo a tracción paralela al grano la madera ciprés**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Módulo de ruptura</b>	834.7214	97.9027	0.1173	799.7316
<b>Módulo de Elasticidad</b>	2639.0649	1704.0748	0.6457	2030.0393
	<b>Esfuerzo admisible</b>			<b>250.4</b>

### 5.1.2.5 Resultados del ensayo flexión estática

**Tabla 110 — Resumen de esfuerzo a flexión de madera eucalipto**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Módulo de ruptura</b>	1351.6637	123.7941	0.0916	1307.4205
<b>Esfuerzo al límite proporcional</b>	963.6653	113.0478	0.1173	923.2627
<b>Módulo de elasticidad</b>	72840.7715	19170.6909	0.2632	66005.2767
	<b>Esfuerzo admisible</b>			<b>409.2795</b>

**Tabla 111 — Resultado de esfuerzo a flexión de la madera pino**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Módulo de ruptura</b>	981.7270	63.6970	0.0649	958.9621
<b>Esfuerzo al límite proporcional</b>	724.2200	86.3388	0.1192	693.3631
<b>Módulo de elasticidad</b>	46381.1964	19170.6909	0.2754	41816.6126
	<b>Esfuerzo admisible</b>			<b>300.1968</b>

**Tabla 112 — Resultado de esfuerzo a flexión de la madera ciprés**

	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	PER 5%
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Módulo de ruptura</b>	793.8600	107.2524	0.1351	756.4014
<b>Esfuerzo al límite proporcional</b>	538.9654	128.2912	0.2380	494.1589
<b>Módulo de elasticidad</b>	47242.1553	16175.3090	0.3424	41592.8249
	<b>Esfuerzo admisible</b>			<b>236.7865</b>

### 5.1.3 Resultados de la aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo

El resultado obtenido al aplicar al diseño de un tijeral par y nudillo de la madera eucalipto son las siguientes secciones netas:

Par 2 ½"x7"

Nudillo 2 ½"x 4"

Tirante 6"x 4"

Estribo 6"x7"

Los cuales cumplen con los parámetros del diseño de las solicitaciones de carga.

El esfuerzo a compresión del ensayo del tijeral par y nudillo de la madera eucalipto (*Eucalyptus glóbulos*) es 26.72% más del esfuerzo de compresión de la madera pino (*Pinus radiata*) y 79.75% más de la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*).

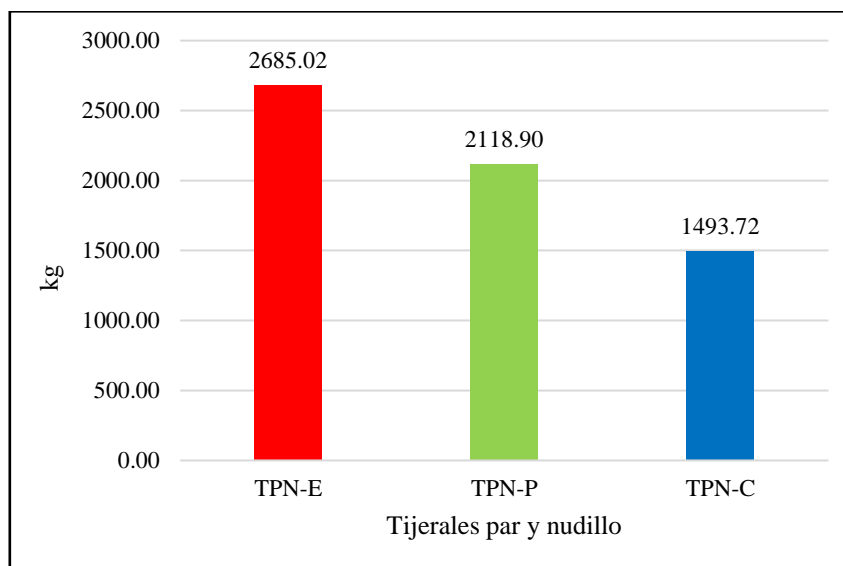


Figura 42 — Resistencia a la compresión de tijeral par y nudillo

#### 5.1.3.1 Resumen de resultados de esfuerzos admisibles y densidad básica

Tabla 113 — Resumen de esfuerzos admisibles y densidad básica

Especie	Densidad básica g/cm <sup>3</sup>	ESFUERZOS ADMISIBLES (kg/cm <sup>2</sup> )					
		Corte paralelo f <sub>v</sub>	Compresión paralela f <sub>c //</sub>	Compresión perpendicular f <sub>c⊥</sub>	Tracción f <sub>t</sub>	Flexión f <sub>m</sub>	MOE
Eucalipto	0.89	21.2	206.1	42.1	453.3	409.3	65989.3
Pino	0.57	12.3	135.5	23.1	367.6	300.2	41816.6
Ciprés	0.44	4.4	102.7	15.1	250.4	236.8	41592.8

## 5.2 Contratación de hipótesis

### 5.2.1 Prueba de hipótesis

Para Hernandez, Fernandez y Baptista (2014), “la prueba de hipótesis en el contexto de la estadística inferencial es una proposición respecto de uno o varios parámetros, y lo que el investigador hace por medio de la prueba de hipótesis es determinar si la hipótesis poblacional es congruente con los datos obtenidos en la muestra. Una hipótesis se retiene como un valor aceptable del parámetro, si es consistente con los datos. Si no lo es, se rechaza (pero los datos no se descartan)” (p.300).

### 5.2.2 Hipótesis

En la presente investigación la hipótesis planteada fue la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*), sí tienen las propiedades aptas para su uso como material estructural y su aplicación al diseño de un tijeral par y nudillo, para lo cual se verificó si las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) tenían valores suficiente para clasificarlo en el grupo “C” como madera estructural.

### 5.2.3 Nivel de significancia

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E.010 Art. 12 el nivel de significancia para los estudios físicos y mecánicos es 0.05, y también refieren que para conseguir un intervalo de confianza del valor medio es de +-10%, con una desviación estándar máxima de 22% y con una seguridad estadística del 95%.

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) “implica que el investigador tiene 95% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo 5% en contra” (p.302).

### 5.2.4 Cálculo de valores críticos y de prueba, zona de aceptación y de rechazo

Los puntos del espacio muestral se clasifican en dos regiones excluyentes La región de rechazo o región crítica: está formada por el conjunto de valores del estadístico de prueba que nos lleva a rechazar la hipótesis.

**Tabla 114 — Modulo de elasticidad**

Grupo	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo admisible a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad (E) Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	
			E mínimo	E Promedio
C	0.40 a 0.55	100-150	5394(55000)	8826 (90 000)

Extraído de NTP E.010(2016)



### 5.2.5 Módulo de elasticidad

Para clasificarlo en el grupo “C” de la lista de especies agrupadas, el Reglamento Nacional de Edificaciones E010 Art. 6. La hipótesis nula es el módulo de elasticidad promedio de 90,000 kg/cm<sup>2</sup> y la hipótesis alterna será un valor menor y diferente.

#### 5.2.5.1 Madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

El tamaño de muestras de la presente investigación es de 25, con un grado de libertad de 24, y un nivel de significancia de 95% en donde según la tabla distribución de t-student para valores de t es de 1.71, la tabla se muestra en los anexos. Se halló el valor de  $t_c$  con la fórmula:

$$t_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$\bar{x}$  = Valor promedio de módulo de elasticidad

$\mu$  = Hipótesis nula (H0)

S = desviación estándar

n = Numero de muestras

Para la presente investigación el promedio de módulo de elasticidad es de 66005.3 kg/cm<sup>2</sup>, la hipótesis nula es de 90,000 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es de 19170.691 y el número de muestras es de 25:

$$t_c = \frac{66005.3 - 90000}{\frac{19170.691}{\sqrt{25}}}$$
$$t_c = -4.48$$

El valor  $t_c$  es -4.48 y es inferior al valor de t igual a +-1.71 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de módulo de elasticidad. En conclusión, se afirma que el valor promedio de módulo de elasticidad de la madera de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) es inferior a los valores del grupo C.

#### 5.2.5.2 Madera pino (*Pinus radiata*)

El tamaño de muestras de la presente investigación es de 25, con un grado de libertad de 24, y un nivel de significancia de 95% en donde según la tabla distribución de t-student para valores de t es de 1.71, la tabla se muestra en los anexos. Se halló el valor de  $t_c$  con la fórmula:

$$t_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$\bar{x}$ = Valor promedio de módulo de elasticidad

$\mu$ = Hipótesis nula (Ho)

S= desviación estándar

n = Numero de muestras

Para la presente investigación el promedio de módulo de elasticidad es de 41827.3 kg/cm<sup>2</sup>, la hipótesis nula es de 90,000 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es de 12771.864 y el número de muestras es de 25:

$$t_c = \frac{46381.196 - 90000}{\frac{12771.864}{\sqrt{25}}}$$
$$t_c = -17.08$$

El valor  $t_c$  es -17.08 y es inferior al valor de t igual a +-1.71 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de módulo de elasticidad. En conclusión, se afirma que el valor promedio de módulo de elasticidad de la madera de pino (*Pinus radiata*) es inferior a los valores del grupo C.

### 5.2.5.3 Madera ciprés (*Cupressus lusitánica*)

El tamaño de muestras de la presente investigación es de 25, con un grado de libertad de 24, y un nivel de significancia de 95% en donde según la tabla distribución de t-student para valores de t es de 1.71, la tabla se muestra en los anexos. Se halló el valor de  $t_c$  con la fórmula:

$$t_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$\bar{x}$ = Valor promedio de módulo de elasticidad

$\mu$ = Hipótesis nula (Ho)

S= desviación estándar

n = Numero de muestras

Para la presente investigación el promedio de módulo de elasticidad es de 41474.7 kg/cm<sup>2</sup>, la hipótesis nula es de 90,000 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es de 16175.3090 y el número de muestras es de 25:

$$t_c = \frac{47242.1553 - 90000}{\frac{16175.3090}{\sqrt{25}}}$$

$$t_c = -17.08$$

El valor  $t_c$  es -13.22 y es inferior al valor de  $t$  igual a +-1.71 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de módulo de elasticidad. En conclusión, se afirma que el valor promedio de módulo de elasticidad de la madera de ciprés (*Cupressus lusitánica*) es inferior a los valores del grupo C.

### 5.3 Discusión de resultados

La madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) según el resultado obtenido tiene una densidad básica de 0.89 g/cm<sup>3</sup>, el cual es superior a lo mínimo establecido de 0.4 g/cm<sup>3</sup>, según la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Según Siza y Martínez (2009), obtuvieron una densidad básica de 0.81 g/cm<sup>3</sup> con lo cual nos ratifica que es una especie que puede ser utilizada como material estructural por ser una madera pesada. Asimismo, Del pezo y Loaiza (2016), obtuvieron una densidad básica de 0.7334 g/cm<sup>3</sup> con lo cual también nos ratifica que la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) tienen las características para poder ser empleadas estructuralmente.

La madera pino (*Pinus radiata*) según el resultado obtenido tiene una densidad básica de 0.57 g/cm<sup>3</sup>, el cual es superior a lo mínimo establecido de 0.4 g/cm<sup>3</sup>, según la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Mientras Bautista (2014) obtuvo una densidad básica de 0.48 kg/cm<sup>3</sup> con lo cual nos ratifica que es una madera Semiligera.

La madera ciprés (*Cupressus lusitánica*) según el resultado obtenido tiene una densidad básica de 0.44 g/cm<sup>3</sup>, el cual se encuentra dentro de lo mínimo establecido de 0.4 g/cm<sup>3</sup> según la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5).

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de corte paralelo al grano de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) es de 21.2 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo establecido de 8

kg/cm<sup>2</sup> según la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Mientras Siza y Martínez (2009), obtuvieron un esfuerzo admisible de corte paralelo al grano de 22.49 kg/cm<sup>2</sup> con lo cual nos ratifica que es una especie que puede ser utilizada como material estructural. Además Del pezo y Loaiza (2016), obtuvieron un esfuerzo admisible de corte paralelo de 17.66 kg/cm<sup>2</sup> con lo cual también nos ratifica que la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) tienen las características para poder ser empleadas estructuralmente.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de corte paralelo al grano de la madera pino (*Pinus radiata*) que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 12.3 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo establecido de 8 kg/cm<sup>2</sup> según la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Bautista (2014) obtuvo esfuerzo admisible de corte paralelo de 16.22 kg/cm<sup>2</sup>.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de corte paralelo al grano de la madera Ciprés (*Cupressus lusitánica*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 4.4 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es inferior a lo mínimo establecido de 8 kg/cm<sup>2</sup> según la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5).

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de compresión paralela al grano de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 206.1 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo de 80 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Mientras Siza y Martínez (2009), obtuvieron un esfuerzo admisible de compresión paralela de 198.7 kg/cm<sup>2</sup> con lo cual nos ratifica que es una especie que puede ser utilizada como material estructural. Mientras Del pezo y Loaiza (2016), obtuvieron un esfuerzo admisible paralela de 144.82 kg/cm<sup>2</sup> con lo cual también nos ratifica que la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) tienen las características para poder ser empleadas estructuralmente.

El esfuerzo admisible de compresión paralela para la madera pino (*Pinus radiata*) que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 135.5 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo de 80 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Bautista (2014) obtuvo esfuerzo admisible de compresión paralela de 162.2 kg/cm<sup>2</sup> con lo cual nos ratifica que tienen las características para poder ser empleadas estructuralmente.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de compresión paralela al grano para la madera Ciprés (*Cupressus lusitánica*) que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 102.7 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo de 80 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5).

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano para la madera Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 42.05 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo de 15 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Siza y Martínez (2009) con n = 10 muestras ensayadas a condición seca (CH% alrededor del 12%) a una edad (no especificada), obtuvieron un esfuerzo admisible de compresión perpendicular de 70.83kg/cm<sup>2</sup> con lo cual nos ratifica que es una especie que puede ser utilizada como material estructural. Mientras Del pezo y Loaiza (2016) con n = 20 muestras ensayadas a condición seca (CH% aprox.12%) a una edad (no especifica), obtuvieron un esfuerzo admisible de compresión perpendicular de 57.99 kg/cm<sup>2</sup> con lo cual también nos ratifica que tiene las características para poder ser empleadas estructuralmente.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano para la madera Pino (*Pinus radiata*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 23.1 kg/cm<sup>2</sup> el cual es superior a lo mínimo de 15 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Este valor nos indica que debe ser clasificada en el grupo estructural “C” según la Norma E.010. Bacón y Diaz (2016), con n = 15 muestras ensayadas en estado verde (CH% superiores al 30%) a una edad 23 años, obtuvieron un esfuerzo admisible de compresión perpendicular a la fibra (al límite de exclusión del 5%) de 8 kg/cm<sup>2</sup>.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de compresión perpendicular al grano para la madera Ciprés (*Cupressus lusitánica*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 15.1 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo de 15 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5).

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de tracción paralela al grano para la madera Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 453.3 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo de 15 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la

NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Siza y Martínez (2009) con  $n = 10$  muestras ensayadas a condición seca (CH% alrededor del 12%) a una edad (no especificada), obtuvieron un esfuerzo admisible de tracción paralela de  $738.05 \text{ kg/cm}^2$  con lo cual nos ratifica que es una especie que puede ser utilizada como material estructural.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de tracción paralela al grano para la madera Pino (*Pinus radiata*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de  $367.6 \text{ kg/cm}^2$ , el cual es superior a lo mínimo de  $75 \text{ kg/cm}^2$  establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Bacón y Díaz (2016), con  $n = 15$  muestras ensayadas en estado verde (CH% superiores al 30%) a una edad 23 años, obtuvo un esfuerzo admisible de tracción paralela a la fibra (al límite de exclusión del 5%) de  $71 \text{ kg/cm}^2$ .

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de tracción paralela al grano para la madera Ciprés (*Cupressus lusitánica*) que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de  $250.4 \text{ kg/cm}^2$  el cual es superior a lo mínimo de  $75 \text{ kg/cm}^2$  establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). (Moya Roque, y otros, 2010), con  $n = 18$  muestras ensayadas a condición seca (CH% ajustado al 12%) a una edad entre 9 y 13 años, obtuvieron un esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra de  $522 \text{ kg/cm}^2$  por lo cual lo clasifican a la madera de esta especie como “Moderada resistencia mecánica” lo cual nos ratifica que es una especie que puede ser utilizada como material estructural.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de flexión estática para la madera Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de  $409.3 \text{ kg/cm}^2$ , el cual es superior a lo mínimo de  $100 \text{ kg/cm}^2$  establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Siza y Martínez (2009), con  $N = 10$  muestras ensayadas a condición seca (CH% alrededor del 12%) a una edad (no especificada) obtuvieron un esfuerzo admisible de flexión de  $287.14 \text{ kg/cm}^2$  con lo cual nos ratifica que es una especie que puede ser utilizada como material estructural. Mientras Del pezo y Loaiza (2016), con  $N = 20$  muestras ensayadas a condición seca (CH% aprox.12%) a una edad (no especificado), obtuvieron un esfuerzo admisible de flexión estática de  $244.2475$

kg/cm<sup>2</sup> con lo cual también nos ratifica que tiene las características para poder ser empleadas estructuralmente.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de flexión estática para la madera Pino (*Pinus radiata*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de 300.2 kg/cm<sup>2</sup>. el cual es superior a lo mínimo de 100 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Bacón y Diaz (2016), con n = 15 muestras ensayadas en estado verde (CH% superiores al 30%) a una edad 23 años, obtuvieron un esfuerzo admisible de flexión estática de 92 kg/cm<sup>2</sup>.

El resultado obtenido de esfuerzo admisible de flexión estática para la madera Ciprés (*Cupressus lusitánica*), que se realizó en muestras de árboles de edad promedio de 25 años fue de fue de 236.8 kg/cm<sup>2</sup>. el cual es superior a lo mínimo de 100 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5). Bacón y Diaz (2016), con n = 15 muestras ensayadas en estado verde (CH% superiores al 30%) a una edad 23 años, obtuvieron un esfuerzo admisible de flexión estática de 92 kg/cm<sup>2</sup>.

El resultado obtenido de módulo de elasticidad de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) fue de 65989 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior a lo mínimo de 55000 kg/cm<sup>2</sup> establecido. Mientras el resultado obtenido de módulo de elasticidad de la madera Pino (*Pinus radiata*) fue de 41817 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es inferior a lo mínimo de 55000 kg/cm<sup>2</sup>. Del mismo modo, el resultado obtenido de módulo de elasticidad de la madera Ciprés (*Cupressus lusitánica*) fue de 41593 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es inferior a lo mínimo de 55000 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la NTP E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones – RNE (Tabla N°5).

Los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) son diferentes a los obtenidos por Siza y Martínez (2009), Del pezo y Loaiza (2016) y Bautista (2014), esta variación es causada por condiciones de sitio tales como la diferencia en el tipo de suelo, también influye significativamente la edad del árbol como indica la (Norma ecuatoriana de la construcción (NEC), 2014).

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Se concluye que la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sí tiene la propiedad física apta para su uso como material estructural, por su densidad básica de  $0.89 \text{ g/cm}^3$  superior a lo mínimo establecido de  $0.40 \text{ g/cm}^3$  en la Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se concluye que la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sí tiene las propiedades mecánicas aptas para su uso como material estructural, por sus esfuerzos admisibles de: flexión  $409.3 \text{ kg/cm}^2$ , tracción paralela  $453.3 \text{ kg/cm}^2$ , compresión paralela  $206.1 \text{ kg/cm}^2$ , compresión perpendicular  $42.1 \text{ kg/cm}^2$ , corte paralelo  $21.2 \text{ kg/cm}^2$  y módulo de elasticidad de  $65989.3 \text{ kg/cm}^2$ , superiores a lo mínimo establecido en la Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se concluye que la madera pino (*Pinus radiata*), sí tiene la propiedad física aptas para su uso como material estructural, por su densidad básica de  $0.57 \text{ g/cm}^3$  superior a lo mínimo establecido de  $0.40 \text{ g/cm}^3$  en la Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se concluye que la madera pino (*Pinus radiata*) no cumple con todas las propiedades mecánicas establecidas en la Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del Reglamento Nacional de Edificaciones, por sus valores de esfuerzos admisibles de: flexión  $300.2 \text{ kg/cm}^2$ , tracción paralela  $367.6 \text{ kg/cm}^2$ , compresión paralela  $135.2 \text{ kg/cm}^2$ , compresión perpendicular  $23.1 \text{ kg/cm}^2$ , corte paralelo  $12.3 \text{ kg/cm}^2$ , superiores a lo mínimo establecido y su módulo de elasticidad de  $41816.6 \text{ kg/cm}^2$  por debajo de lo mínimo  $55000 \text{ kg/cm}^2$  establecido en la Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se concluye que la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*), tiene una densidad básica de  $0.44 \text{ g/cm}^3$  valor al límite de lo mínimo establecido de  $0.40 \text{ g/cm}^3$  en la Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del Reglamento Nacional de Edificaciones.



Se concluye que la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*) no cumple con todas las propiedades mecánicas establecidas en la Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del Reglamento Nacional de Edificaciones, por sus valores de esfuerzos admisibles de: flexión 236.5 kg/cm<sup>2</sup>, tracción paralela 250.4 kg/cm<sup>2</sup>, compresión paralela 102.7 kg/cm<sup>2</sup>, compresión perpendicular 15.1 kg/cm<sup>2</sup>, superiores a lo mínimo establecido y corte paralelo 4.4 kg/cm<sup>2</sup>, módulo de elasticidad de 41592.8 kg/cm<sup>2</sup> por debajo de lo mínimo 55000 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones.

Se concluye que la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) tiene mejor comportamiento estructural a comparación con la madera pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*) en la aplicación al diseño de un tijeral Par y Nudillo.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda el uso de la madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*) como material estructural por sus valores de propiedades físicas y mecánicas superiores a lo mínimo establecido en Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones.

Se recomienda el uso de la madera pino (*Pinus radiata*), en puertas, muebles, ventanas ensamblaje, montaje, enchapados que no están destinados a resistir cargas importantes como madera de construcción no estructural, por sus valores de propiedades mecánicas inferiores a lo mínimo establecido en Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones.

Se recomienda el uso de la madera ciprés (*Cupressus lusitánica*), en puertas, muebles, ventanas, ensamblaje, montaje, enchapados por ser una madera ligera y durable frente a la humedad, insectos y hongos por las resinas que poseen que no están destinados a resistir cargas importantes como madera de construcción no estructural, por sus valores de propiedades mecánicas inferiores a lo mínimo establecido en Norma Técnica Peruana de Edificaciones E.010 “Madera” del reglamento nacional de edificaciones.

Se recomienda investigar nuevas especies maderables de la región de Apurímac como el huarango, para disminuir la extracción selectiva de especies maderables y disminuir la explotación de las especies forestales conocidas.

Se recomienda realizar estudios sobre la contracción y expansión, dureza de las maderas en estudio: eucalipto, pino y ciprés.

Se recomienda hacer un estudio de la madera eucalipto, pino y ciprés. adicionando algún tipo de aditivo o curador que mejore sus características físicas y mecánicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIAGA [*et al.*], Francisco. Diseño y Calculo de Unioness en Estructuras de Madera .Madrid.2011. 156pp.

ESTEBAN[et al.], Miguel. Estructuras de Madera para Cubiertas de Viviendas, Madrid.2013. 54pp.

BACÓN, cruz y DIAZ, willian . Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera de pino radiata para el diseño de elementos estructurales para viviendas en cajamarca. 2016.

Colaboradores de wikipedia. 2020. cupressus lusitanica. wikipedia, la enciclopedia libre. [en línea] 08 de 04 de 2020. [citado el: 24 de 04 de 2020.] [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=cupressus\\_lusitanica&oldid=125015499](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=cupressus_lusitanica&oldid=125015499).

CORDOVA, Manuel. Estadística Discriptiva e Inferencial. 5a ed. lima : Moshera s.r.l, 2003. 518pp.

DEL PEZO, Andre M. y LOAIZA Elvis F. Determinación de las características físico - mecánicas del eucalipto globulus de la zona de paruro - cusco con contenido de humedad seco y humedad natural. Peru : 2016. 322 pp.

FERNANDEZ, Alfonso y SARMIENTO Alfonso . Manual de gestion forestal sostenible. 2004. 64pp

Hernandez, Fernandez y Baptista. 2014. Metodología de la investigación. Mexico.2014. 634.

GUINDOS Pablo. Fundamentos del Diseño y la Construcción con Madera. Chile : s.n., 2019. pág. 260.

Manual Corma. 2004. Manual de la Construcción de Viviendas en Madera. 2004.

Norma e. 020 cargas. 2015.

Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC). 2014. Estructura de la madera. 2014.

Norma Tecnica Peruana E.010. 2016.

Ntp 251.010.Metodos para determinar el contenido de humedad. 2014.

Ntp 251.013. Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano. 2015.

Ntp 251.014. Metodo para determinar la resistencia paralela al grano. 2014.

Ntp 251.016. Método para determinar la compresión perpendicular al grano. 2015.

Ntp 251.017.Método para determinar la flexión estática. 2004.

Ntp 251.085. Determinación de la tensión paralela a las fibras. 2017.

Ntp 251.104.Madera aserrada para uso estructural.clasifiacion visual y requisitos. 2017.

OSHIRO, Magnolia. 2016. ficha estándar n° 105 familia 20720026 madera eucalipto. 2016.

RODRIGUEZ cueto ,MAJADA benito. selvicultura del pino insigne (pinus radiata)  
Sales de Lopez (2005). Estadística del conteo Radiactivo. Tucumán: UNT.

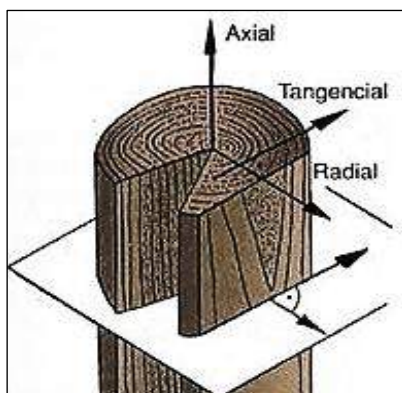
SIZA,Juan Carlos y MARTINEZ,Jorge Esteban. propiedades físicos - mecánicas del Eucalipto y Aplicación al diseño estructural de una vivienda parte de una granja integral, ubicada en el isa I. 2009. pag.208.

URBAN, Pascual. 2011. Construccion de estructuras de madera. España : s.n., 2011. 368.

VIGNOTE Santiago y MARTINEZ Isaac. Tecnologia de Madera. 3a ed. 2006. pág. 678.  
Zapata Luis. Diseño estructural de acero. 2004.

ZANIEWSKI Michael y Mamlouk John .Materiales para Ingenieria Civil. 2a ed. Madrid : Pearson Educacion s.a, 2009. 616 pp.

## ANEXOS



**Figura 43 — Principales ejes del árbol**  
Extraído de Vignote y Martínez (2006)



**Figura 44 — Población a estudiar del sector Taraccasa**



**Figura 45 — Población a estudiar del sector Socclaccasa**

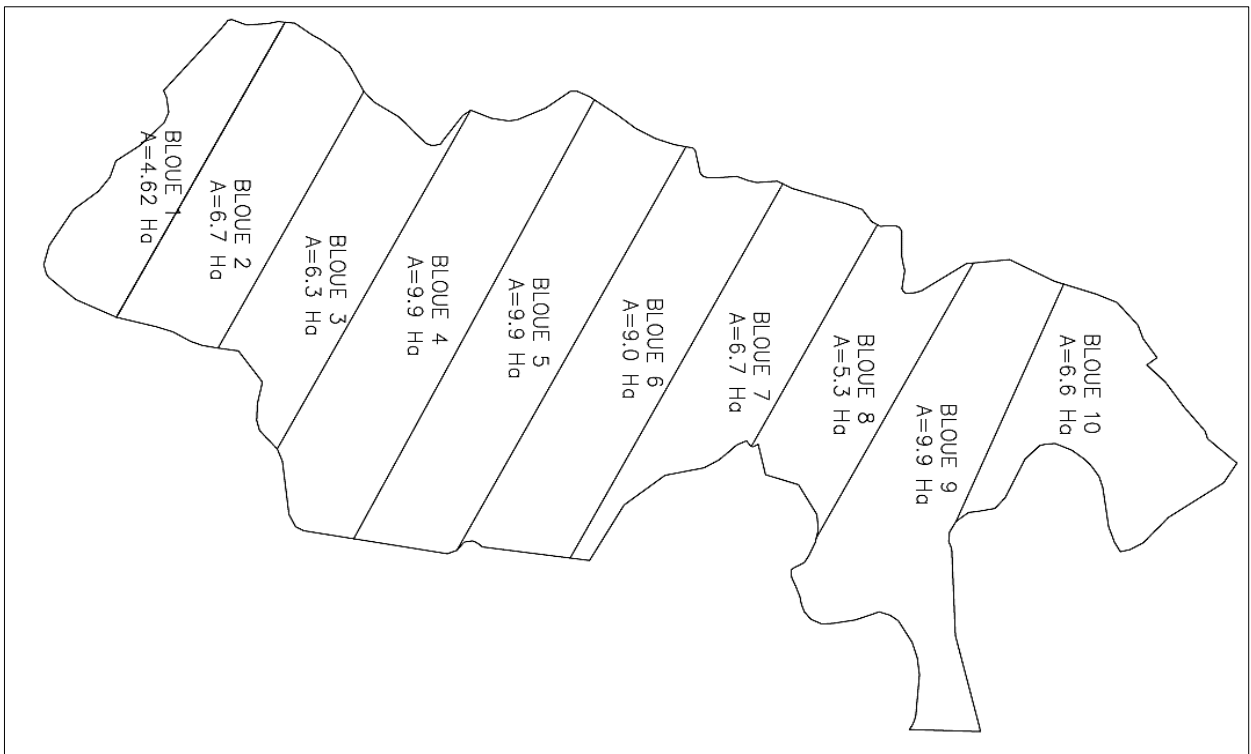


Figura 46 — Sector de Taraccasa dividido en 10 bloques

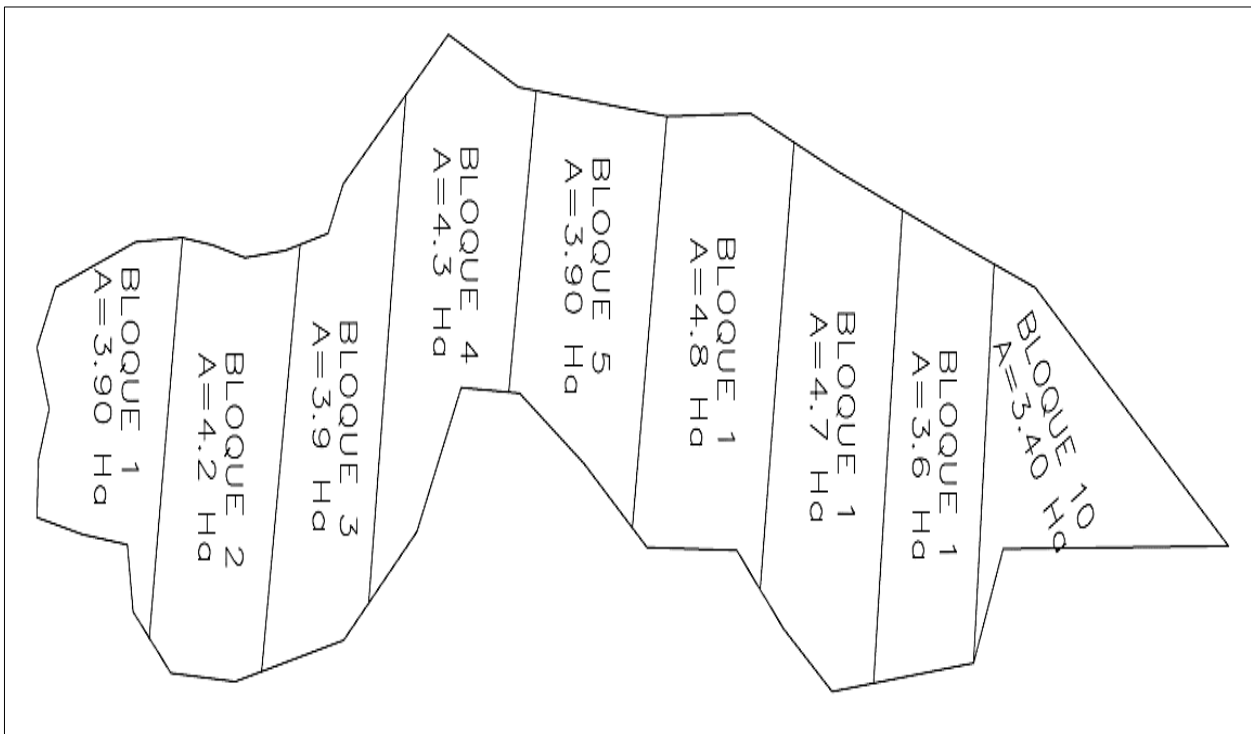


Figura 47 — Sector de Socclaccasa dividido en 10 bloques





Figura 48 — Selección de los árboles con diámetro mayor a 30 cm aplicando la NTP 251.008

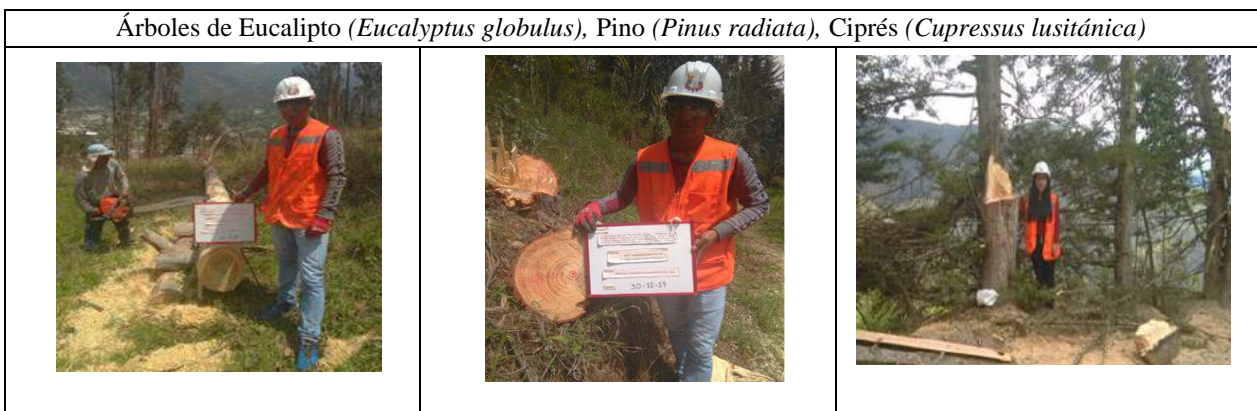


Figura 49 — Talado de Árboles



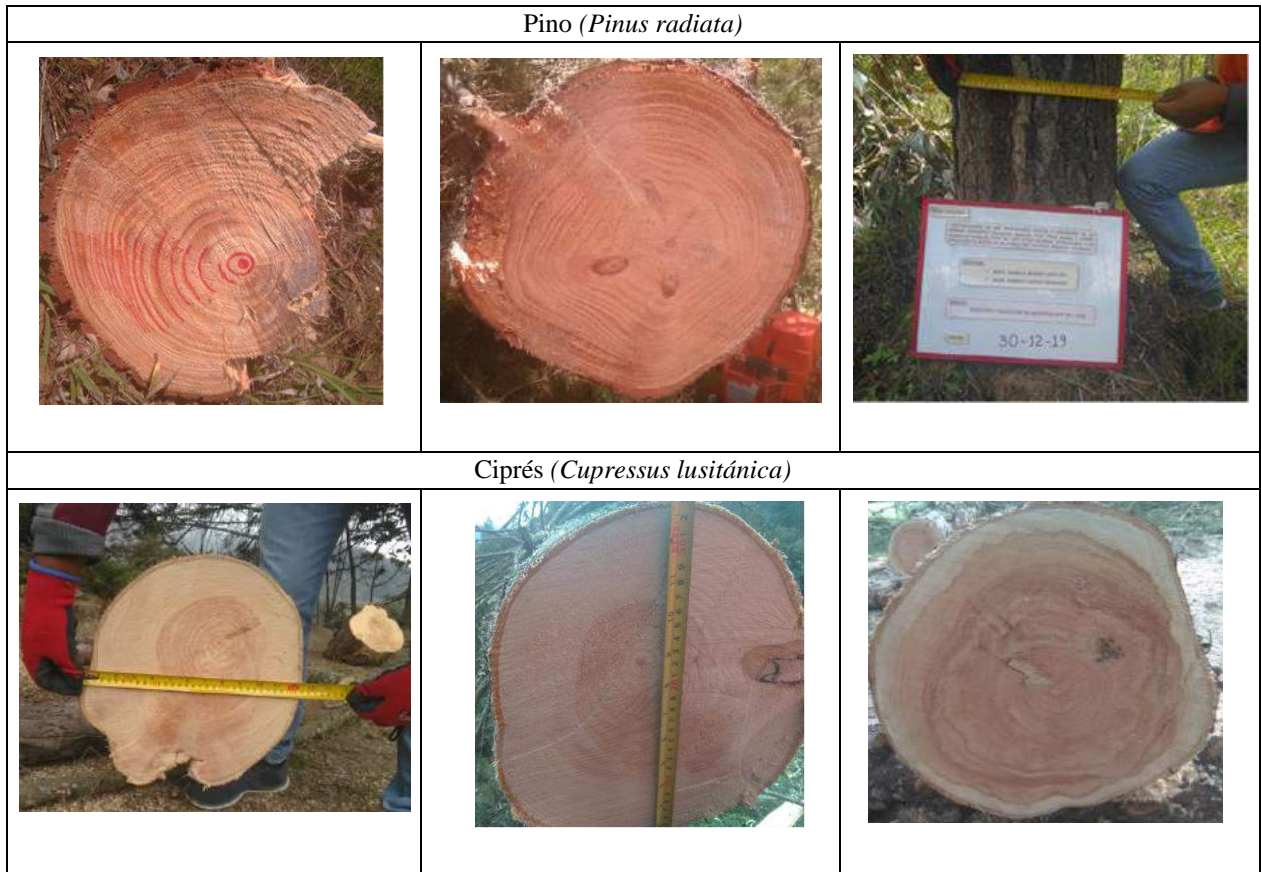
Figura 50 — Corte y selección de trozas por especie





Figura 51 — Selección de viguetas dentro de las trozas para la extracción de probetas





**Figura 52 — Anillos de los árboles**



**Figura 53 — Probetas para el ensayo de densidad básica**



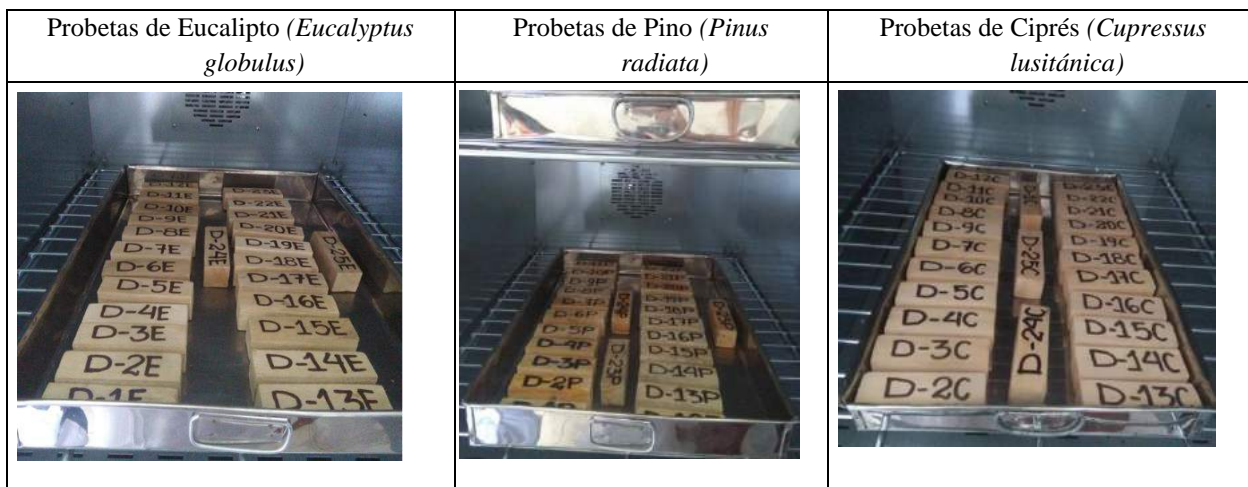


Figura 54 — Secado de las probetas en un horno a una temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

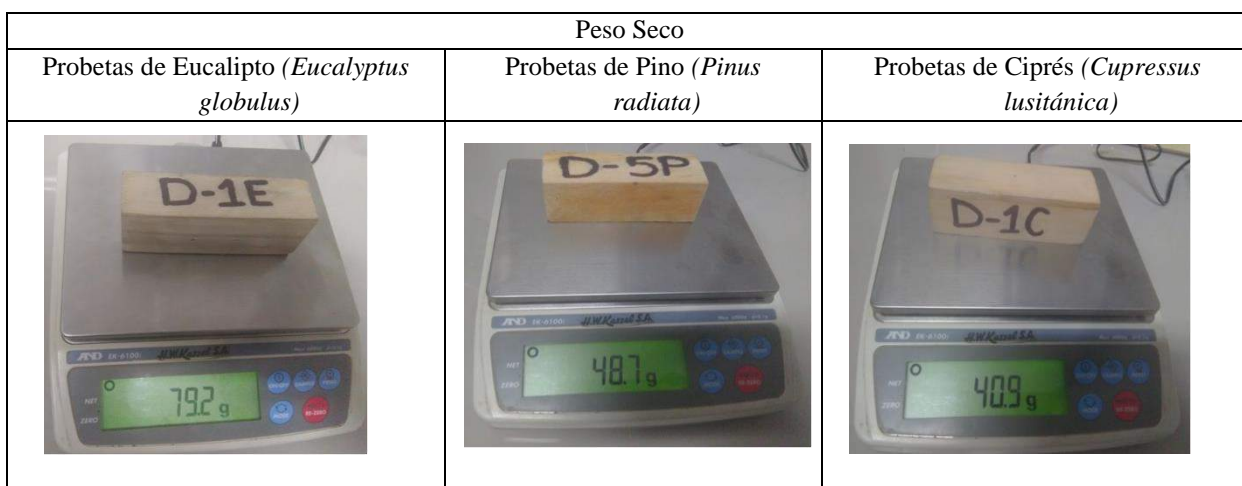





Figura 55 — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza



Figura 56 — Probetas para el ensayo de compresión axial o paralela al grano



**Figura 57** — Secado de las probetas en un horno a una temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

**Figura 58** — Probetas de compresión paralela al grano a un contenido de humedad del 12%

Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

**Figura 59** — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza

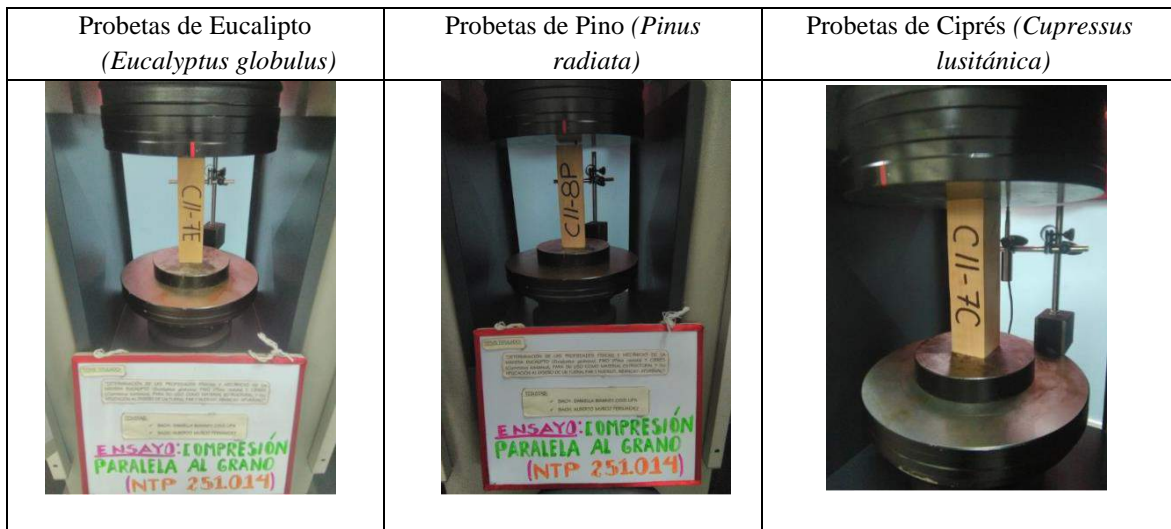
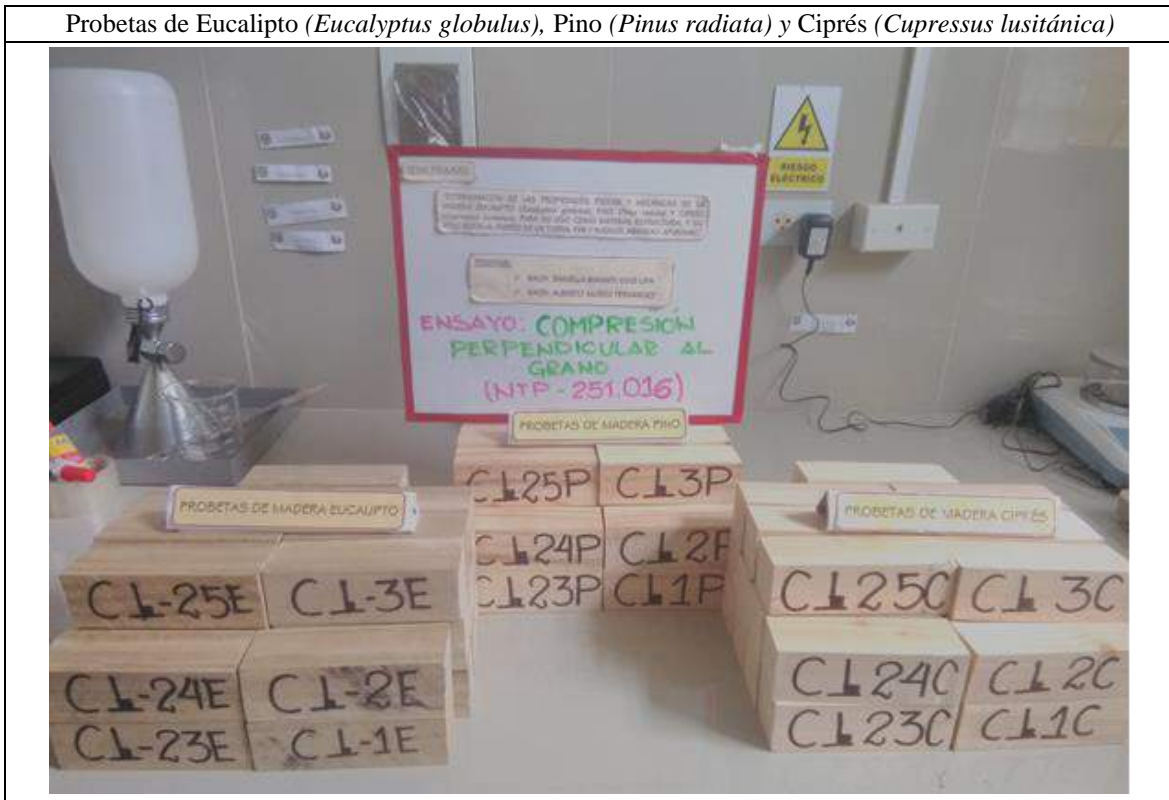


Figura 60 — Ensayo para determinar la compresión axial o paralela al grano



Figura 61 — Fallas de las probetas por compresión axial o paralela al grano





**Figura 62 —** Probetas para el ensayo de compresión perpendicular al grano



**Figura 63 —** Secado de las probetas en un horno a una temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )

**Figura 64 —** Probetas de compresión perpendicular al grano con contenido de humedad 12%


Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

Figura 65 — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza



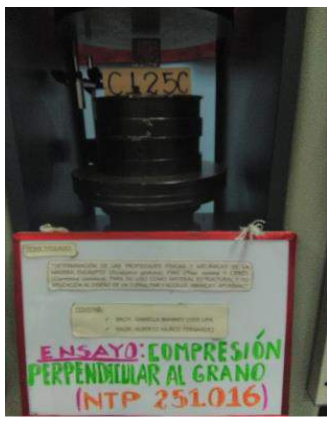
Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

Figura 66 — Ensayo para determinar la compresión perpendicular al grano

Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), Pino ( <i>Pinus radiata</i> ) y Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )		
		

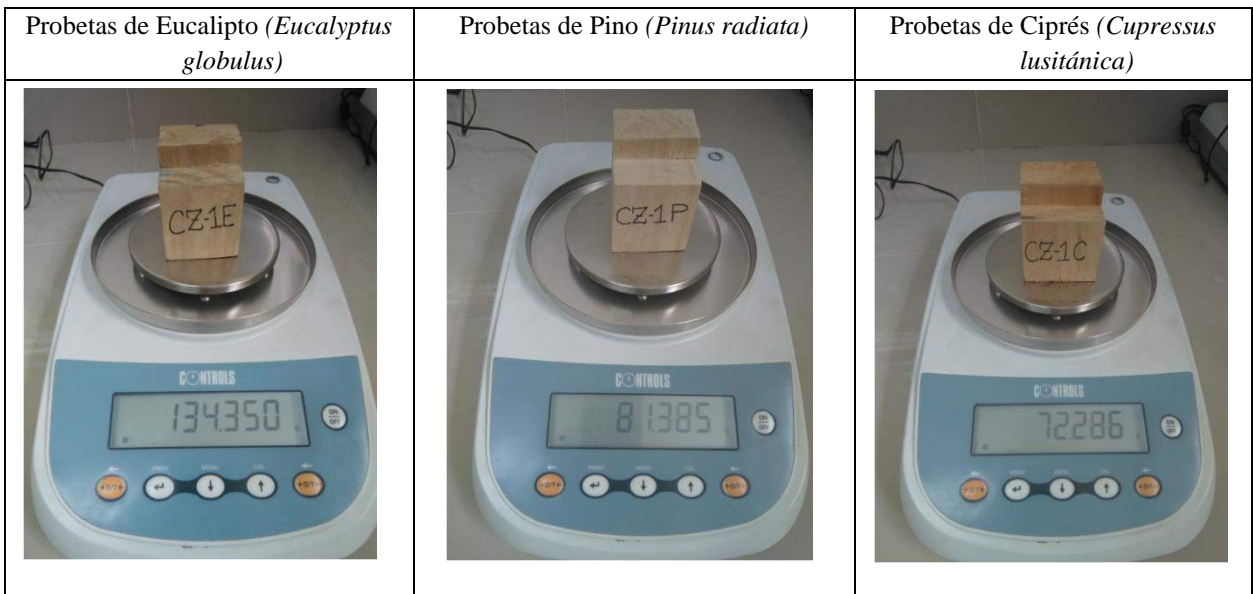
Figura 67 — Probetas para el ensayo de cizallamiento paralelo al grano



**Figura 68 — Secado de las probetas en un horno a una temperatura de 103°C ± 2°C**



**Figura 69 — Probetas de cizallamiento paralelo al grano a un contenido de humedad 12%**



**Figura 70 — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza**



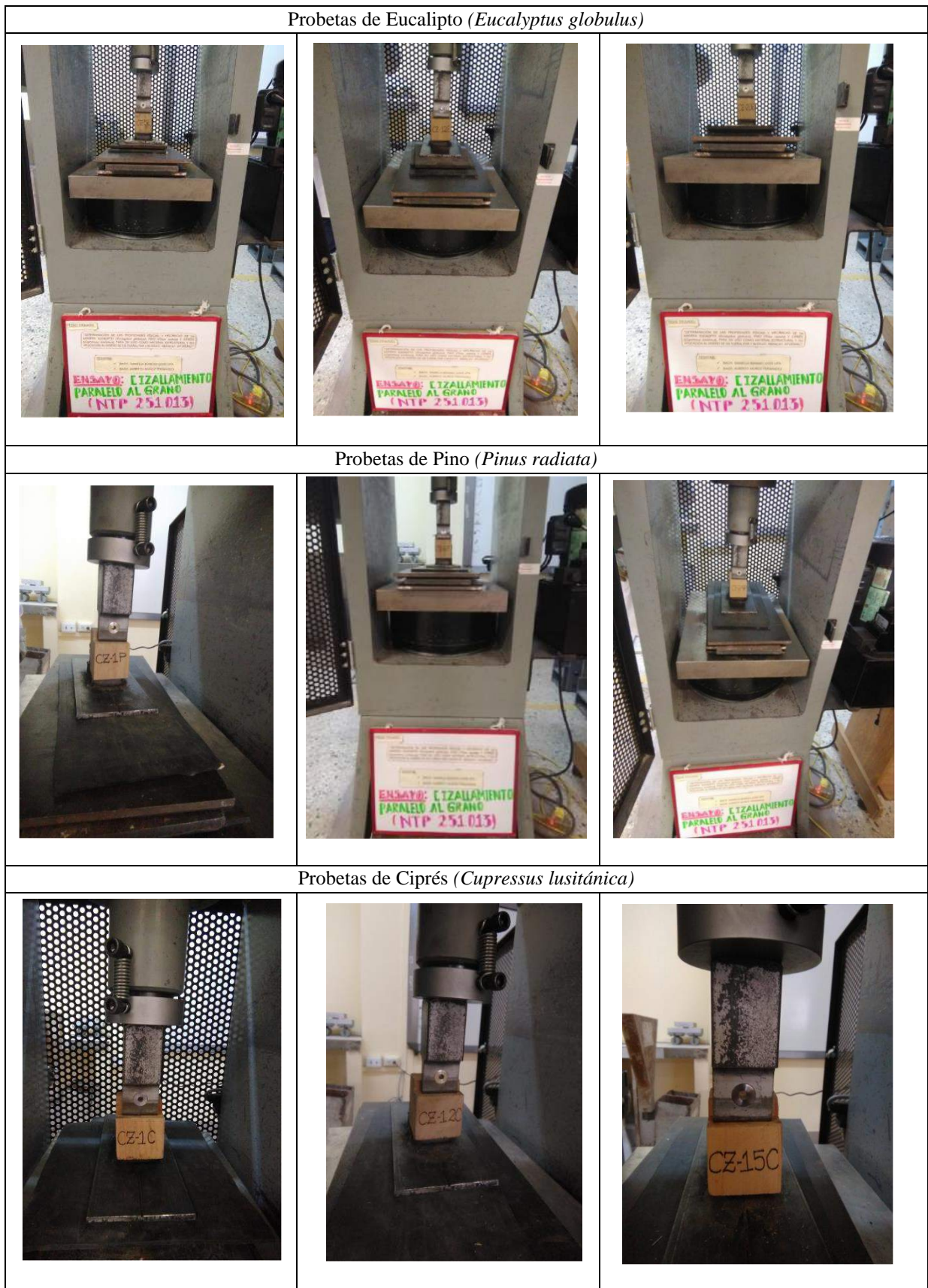


Figura 71 — Ensayo para determinar el cizallamiento paralelo al grano



Figura 72 — Fallas de las probetas de cizallamiento paralelo al grano








**Figura 73 —** Probetas para el ensayo de flexión estática





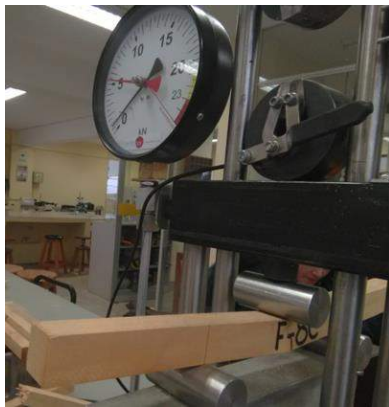
**Figura 74 —** Secado de las probetas en un horno a una temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

**Figura 75 — Probetas de flexión estática a un contenido de humedad del 12%**

Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

**Figura 76 — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza**

Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

**Figura 77 — Ensayo para determinar la flexión estática**

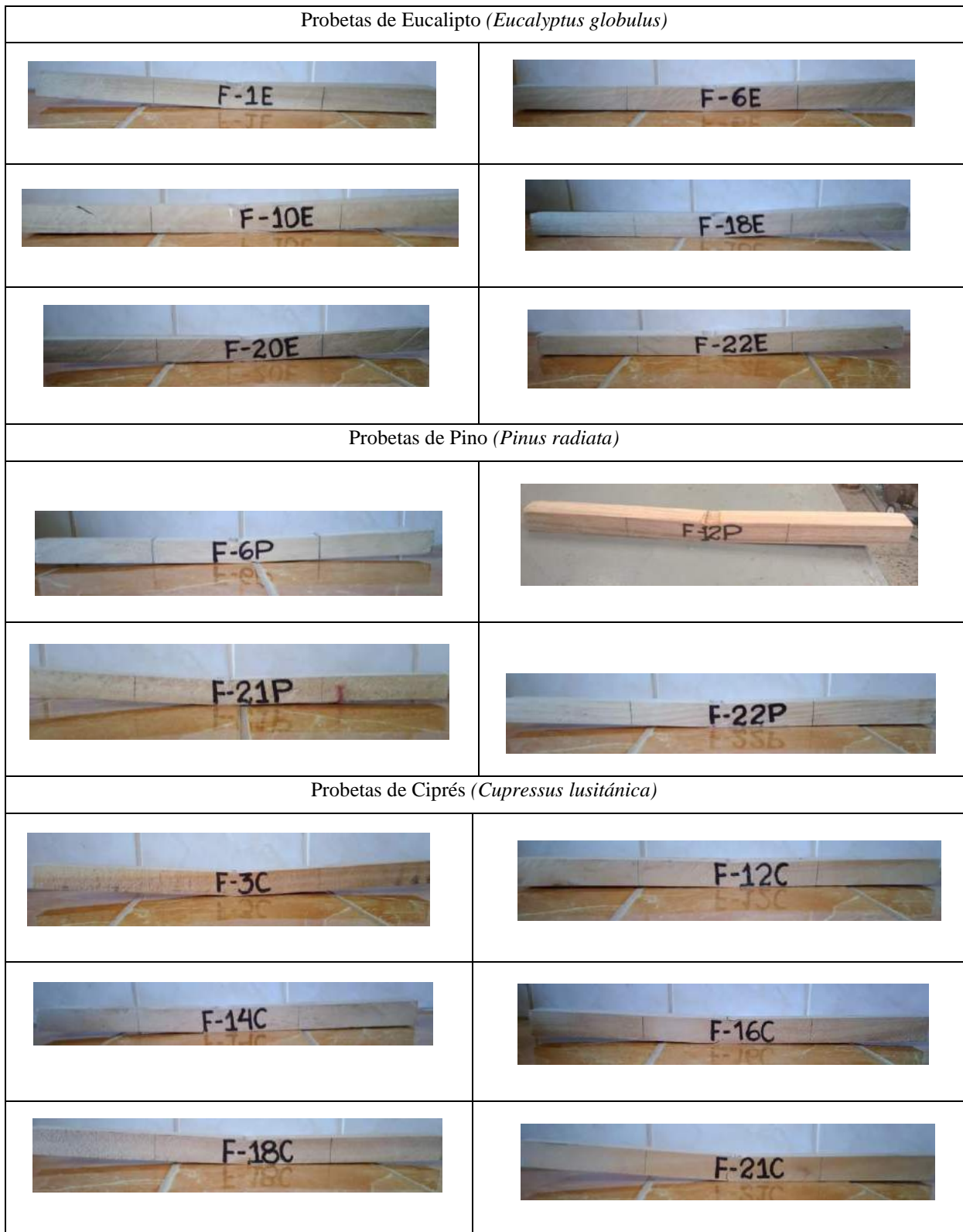


Figura 78 — Fallas de las probetas de flexión estática



Probetas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Pino (*Pinus radiata*) y Ciprés (*Cupressus lusitánica*)

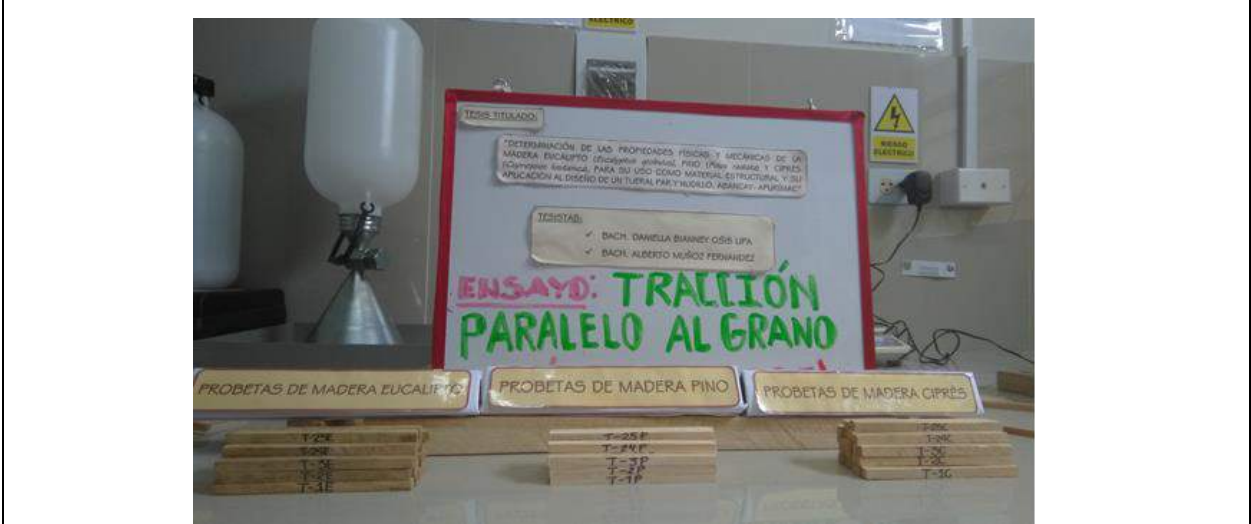


Figura 79 — Probetas para el ensayo de tracción paralela al grano

Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

Figura 80 — Probetas de tracción paralela al grano a un contenido de humedad del 12%.



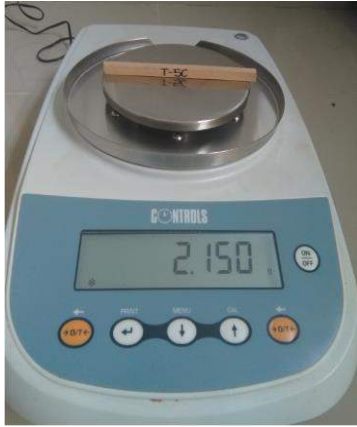
Probetas de Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	Probetas de Pino ( <i>Pinus radiata</i> )	Probetas de Ciprés ( <i>Cupressus lusitánica</i> )
		

Figura 81 — Pesaje de las probetas y lectura directa en la balanza

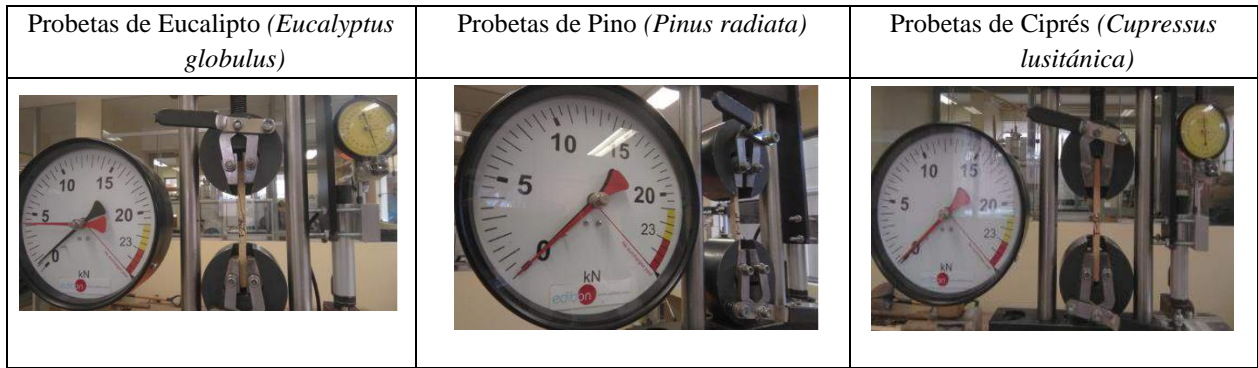


Figura 82 — Ensayo de tracción paralela al grano

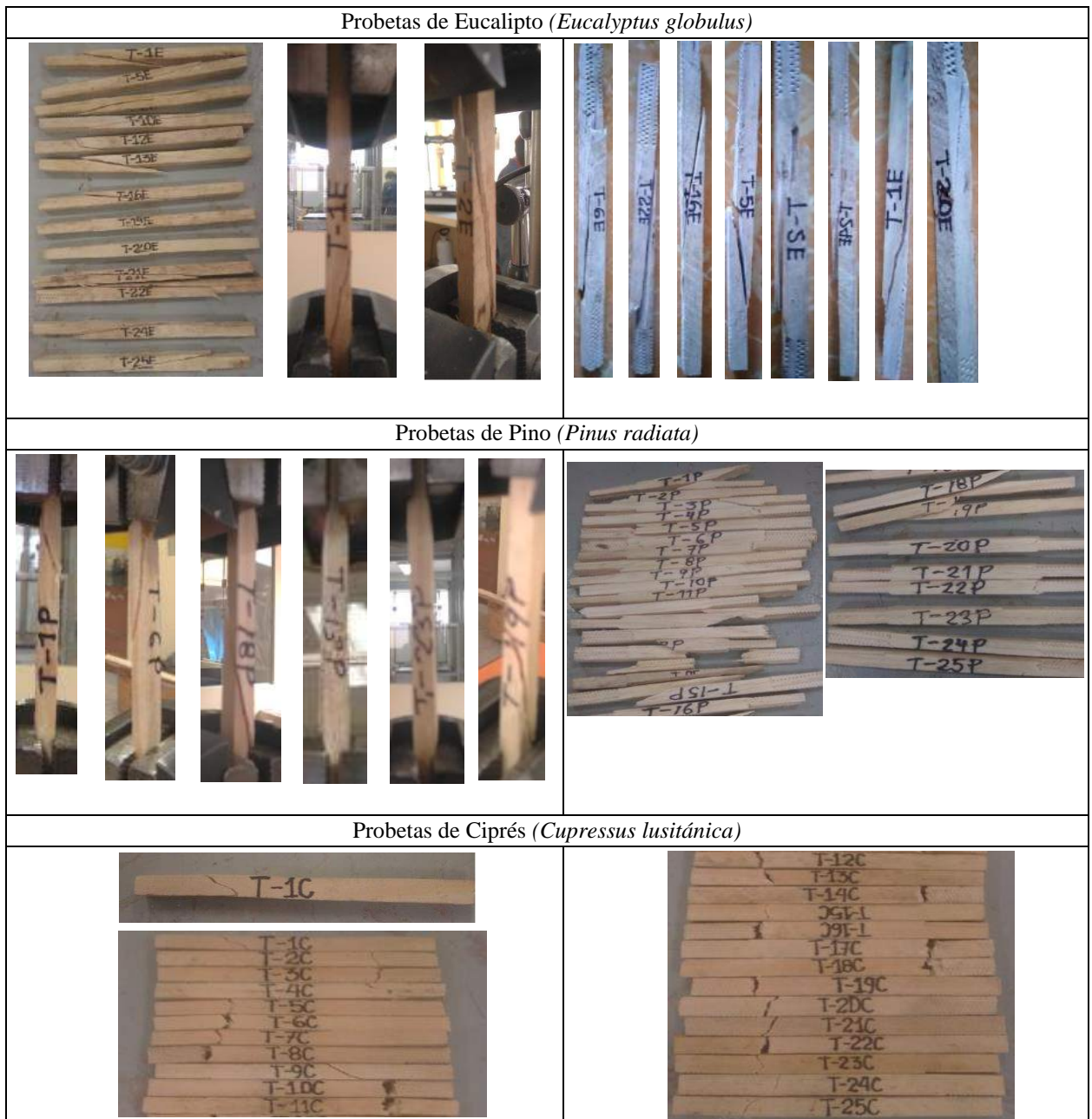


Figura 83 — Fallas del ensayo de tracción paralela al grano

Tijerales de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Pino (*Pinus radiata*) y Ciprés (*Cupressus lusitánica*)



Figura 84 — Tijerales de eucalipto, pino y ciprés

Tijerales de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Pino (*Pinus radiata*) y Ciprés (*Cupressus lusitánica*)

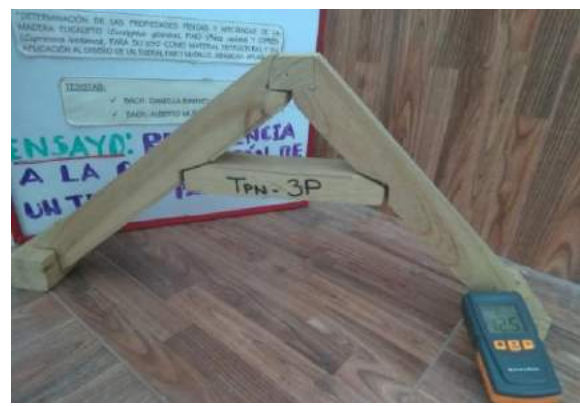


Figura 85 — Tijerales a un contenido de humedad del 12%

Tijerales de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Pino (*Pinus radiata*) y Ciprés (*Cupressus lusitánica*)



Figura 86 — Ensayo de compresión en tijerales



Tijerales de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)



Tijerales de Pino (*Pinus radiata*)



Tijerales de Ciprés (*Cupressus lusitánica*)



Figura 87 — Fallas del ensayo de compresión en tijerales



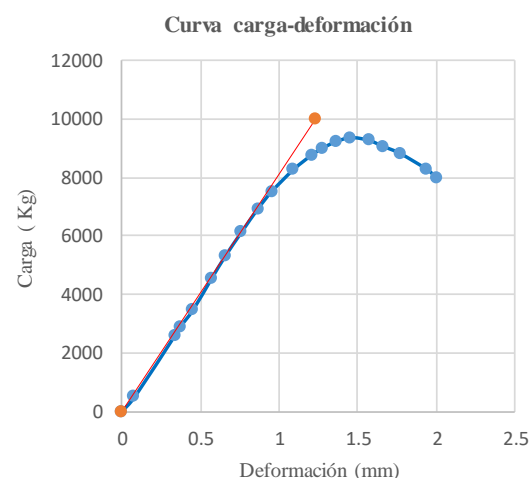
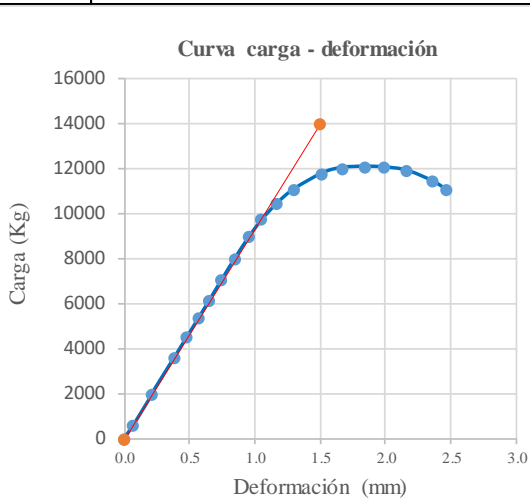
Figura 88 — Verificación del asesor del diámetro mayor a 30cm aplicando la NTP 251.008



Figura 89 — Verificación de las medidas y realización de los ensayos por parte del asesor y los responsables de laboratorio

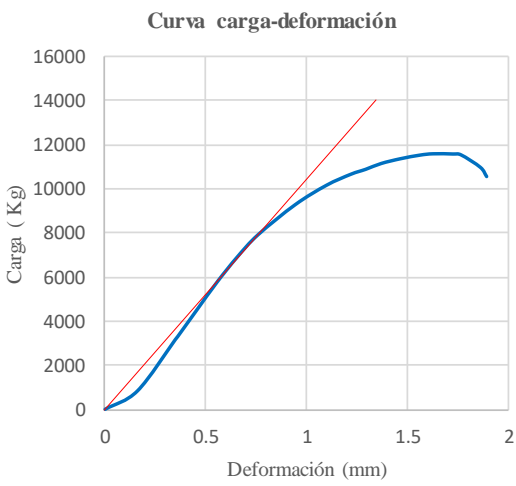
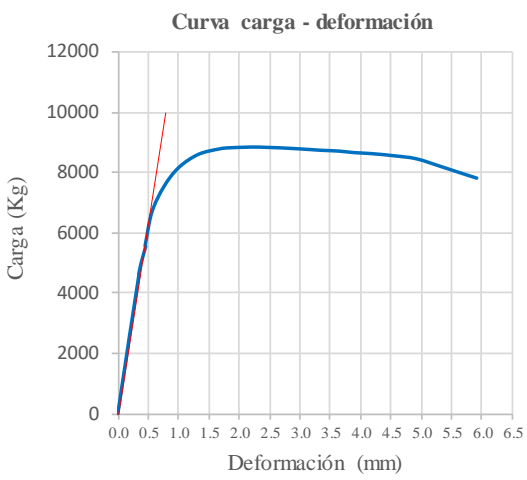
**Tabla 115 — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión paralela al grano en probetas libres de defectos de eucalipto**

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																						
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				Probeta N°:	C//1E			Fecha:	Febrero 2020												
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez				Especie:	Eucalipto( <i>Eucalyptus globulus</i> )																
<b>Datos de la Probeta</b>																						
Ancho:	Esesor:	Largo:	Peso:																			
5.10 cm	5.00 cm	20.10 cm	446.80 gr																			
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>																						
Contenido de Humedad:				12.30%																		
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>																						
P'(Kg)		P(kg)		D(mm)																		
9721		12075		1.1																		
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>																						
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:				381.22 Kg/cm <sup>2</sup>																		
Resistencia Maxima:				473.53 Kg/cm <sup>2</sup>																		
Modulo de Elasticidad (MOE):				69,658.50 Kg/cm <sup>2</sup>																		
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>																						
D	0.0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5		
Carg	0	591	1967	3587	4494	5370	6124	7082	8009	8967	9721	10475	11077	11790	12024	12075	12045	11902	11423	11046		
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS</b>																						
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				Probeta N°:	C//2E			Fecha:	Febrero 2020												
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez				Especie:	Eucalipto( <i>Eucalyptus globulus</i> )																
<b>Datos de la Probeta</b>																						
Ancho:	Esesor:	Largo:	Peso:																			
5.05 cm	5.00 cm	20.10 cm	374.90 gr																			
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>																						
Contenido de Humedad:				12.10%																		
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>																						
P'(Kg)		P(kg)		D(mm)																		
6919		9354		0.9																		
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>																						
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:				274.02 Kg/cm <sup>2</sup>																		
Resistencia Maxima:				370.46 Kg/cm <sup>2</sup>																		
Modulo de Elasticidad (MOE):				61,197.8 Kg/cm <sup>2</sup>																		
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>																						
D	0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0		
Carg	0	499	2598	2904	3475	4514	5299	6145	6919	7520	8264	8763	8988	9212	9354	9263	9059	8814	8274	8000		



**Tabla 116 — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión paralela al grano en probetas libres de defectos de pino**

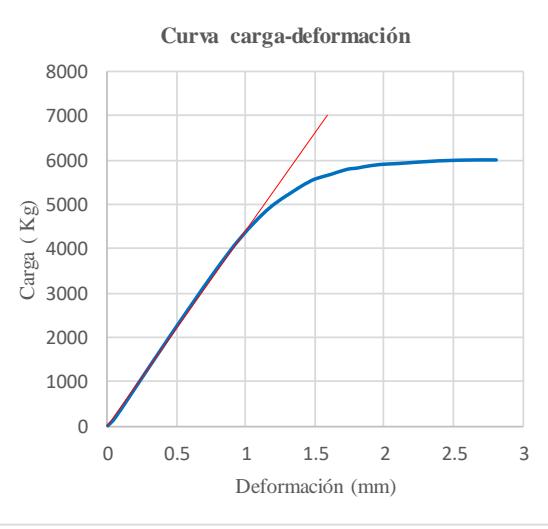
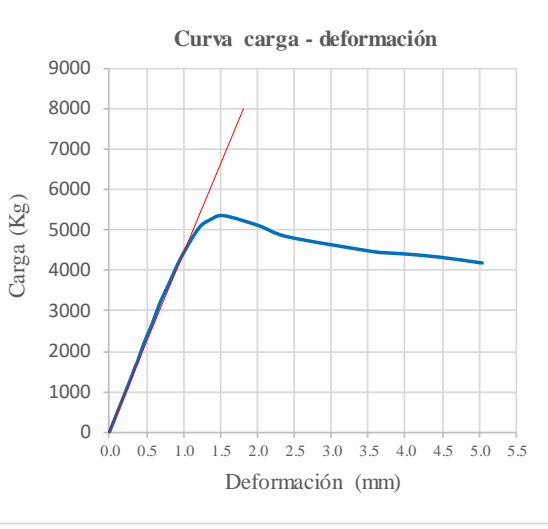
ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																				
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa						Probeta N°:	C//1P			Fecha:	Febrero 2020								
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez						Especie:	Pino( <i>Pinus radiata</i> )												
Datos de la Probeta																				
Ancho:	Espesor:		Largo:			Peso:														
5.00 cm	5.00 cm		20.00 cm			321.00 gr														
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas																				
Contenido de Humedad:						12.00%														
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano																				
P'(Kg)			P(kg)			D(mm)														
6676			8837			0.6														
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas																				
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:						259.26 Kg/cm <sup>2</sup>														
Resistencia Maxima:						343.18 Kg/cm <sup>2</sup>														
Modulo de Elasticidad (MOE):						86,636.76 Kg/cm <sup>2</sup>														
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación																				
D	0.0	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.7	1.9	2.3	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	4.9	5.3	5.6	5.9
Carg	0	4618	5566	6676	7522	8154	8592	8776	8816	8837	8776	8735	8704	8653	8623	8551	8450	8195	8032	7808
ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																				
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa						Probeta N°:	C//2P			Fecha:	Febrero 2020								
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez						Especie:	Pino( <i>Pinus radiata</i> )												
Datos de la Probeta																				
Ancho:	Espesor:		Largo:			Peso:														
5.05 cm	5.00 cm		4.95 cm			286.90 gr														
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas																				
Contenido de Humedad:						12.00%														
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano																				
P'(Kg)			P(kg)			D(mm)														
7895			11553			0.8														
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas																				
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:						312.67 Kg/cm <sup>2</sup>														
Resistencia Maxima:						365.54 Kg/cm <sup>2</sup>														
Modulo de Elasticidad (MOE):						78,559.16 Kg/cm <sup>2</sup>														
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación																				
D	0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	
Carg	0	833	346	3289	4481	5765	6876	7895	9250	10127	10626	10850	11115	11329	11492	11553	11543	11502	10942	10524





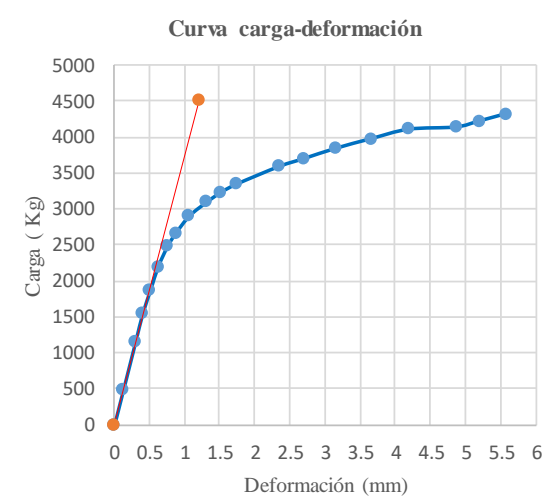
**Tabla 117 — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión paralela al grano en probetas libres de defectos de ciprés**

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																				
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa						Probeta N°:	C//11C			Fecha:	Febrero 2020								
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez						Especie:	Ciprés ( <i>Cupressus lusitanica</i> )												
Datos de la Probeta																				
Ancho:	Espesor:		Largo:			Peso:														
5.05 cm	5.10 cm		20.10 cm			279.30 gr														
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas																				
Contenido de Humedad:						12.00%														
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano																				
P'(Kg)						P(kg)			D(mm)											
4443						5340			1.0											
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas																				
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:						170.84 Kg/cm <sup>2</sup>														
Resistencia Maxima:						205.3 Kg/cm <sup>2</sup>														
Modulo de Elasticidad (MOE):						34,307.92 Kg/cm <sup>2</sup>														
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación																				
D	0.0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	2.0	2.4	3.5	3.7	4.0	4.5	5.0
Carg	0	1101	1671	2191	2660	3169	3607	4137	4443	4840	5095	5227	5340	5085	4820	4453	4422	4392	4310	4168
ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																				
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa						Probeta N°:	C//12C			Fecha:	Febrero 2020								
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez						Especie:	Ciprés ( <i>Cupressus lusitanica</i> )												
Datos de la Probeta																				
Ancho:	Espesor:		Largo:			Peso:														
5.10 cm	4.95 cm		20.10 cm			287.20 gr														
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas																				
Contenido de Humedad:						12.00%														
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano																				
P'(Kg)						P(kg)			D(mm)											
4259						6022			1.0											
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas																				
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:						167.02 Kg/cm <sup>2</sup>														
Resistencia Maxima:						236.16 Kg/cm <sup>2</sup>														
Modulo de Elasticidad (MOE):						33,403.92 Kg/cm <sup>2</sup>														
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación																				
D	0	0.1	0.2	0.5	0.8	1.0	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.4	2.7	2.8
Carg	0	173	723	2079	3434	4259	4932	5401	5513	5584	5655	5696	5808	5839	5869	5920	5941	6002	6022	6022



**Tabla 118 — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión perpendicular al grano en probetas libres de defectos de eucalipto**

ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																				
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa					Probeta N°:	CL-7E				Fecha:	Febrero 2020								
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez					Especie:	Eucalipto( <i>Eucalyptus globulus</i> )													
<b>Datos de la Probeta</b>																				
Ancho:	Espesor:		Largo:			Peso:														
5.00 cm	5.05 cm		15.00 cm			287.20 gr														
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>																				
Contenido de Humedad:										12.50%										
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>																				
P'(Kg)					P(kg)															
2537					4901															
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>																				
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:										100.48 Kg/cm <sup>2</sup>										
Esfuerzo de Rotura:										194.10 Kg/cm <sup>2</sup>										
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>																				
D	0.0	0.1	0.4	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.9
Carg	0	255	856	1478	2058	2537	2884	3118	3363	3617	3852	4086	4321	4524	4616	4677	4728	4749	4799	4901
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS</b>																				
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa					Probeta N°:	CL-8E				Fecha:	Febrero 2020								
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez					Especie:	Eucalipto( <i>Eucalyptus globulus</i> )													
<b>Datos de la Probeta</b>																				
Ancho:	Espesor:		Largo:			Peso:														
5.05 cm	5.00 cm		15.00 cm			282.90 gr														
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>																				
Contenido de Humedad:										12.10%										
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>																				
P'(Kg)					P(kg)															
2476					4321															
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>																				
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:										98.06 Kg/cm <sup>2</sup>										
Esfuerzo de rotura:										171.13 Kg/cm <sup>2</sup>										
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>																				
D	0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.3	2.7	3.2	3.7	4.2	4.9	5.2	5.6
Carg	0	489	1141	1539	1875	2191	2476	2660	2904	3098	3230	3342	3587	3699	3842	3974	4107	4137	4219	4321

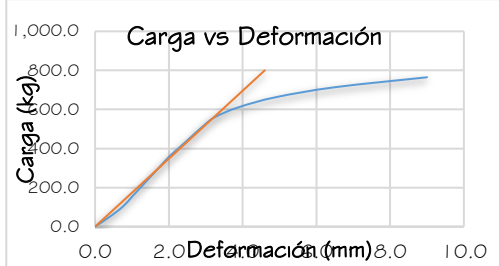
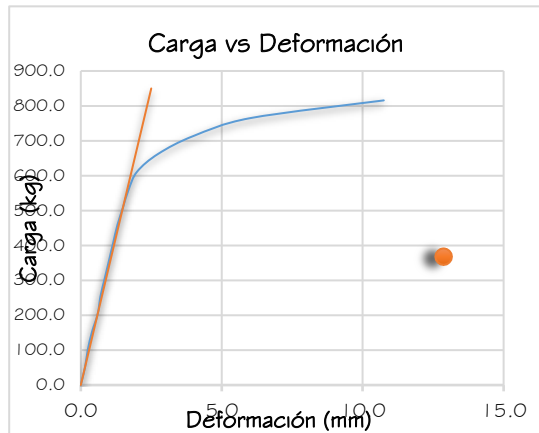


**Tabla 119 — Diagrama carga vs deformación en ensayo compresión perpendicular al grano en probetas libres de defectos de pino**

ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																				
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				Probeta N°:	C1-1P			Fecha:	Febrero 2020										
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez				Especie:	Pino(pinus radiata)														
<b>Datos de la Probeta</b>																				
Ancho:	Espesor:	Largo:	Peso:																	
5.10 cm	5.00 cm	15.10 cm	213.50 gr																	
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>																				
Contenido de Humedad:				12.80%																
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>																				
P'(Kg)				P(kg)																
1111				2548																
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>																				
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:				43.57 Kg/cm²																
Esfuerzo de Rotura:				99.92 Kg/cm²																
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>																				
D	0.0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.7	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Carg	0	387	662	917	1111	1355	1488	1579	1681	1773	1875	1977	2069	2150	2221	2313	2395	2466	2548	2548
ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																				
Tesistas:	Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				Probeta N°:	C1-2P			Fecha:	Febrero 2020										
	Bach. Alberto Muñoz Fernandez				Especie:	Pino(pinus radiata)														
<b>Datos de la Probeta</b>																				
Ancho:	Espesor:	Largo:	Peso:																	
5.05 cm	5.00 cm	15.10 cm	230.60 gr																	
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>																				
Contenido de Humedad:				12.00%																
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>																				
P'(Kg)				P(kg)																
926				2150																
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>																				
Esfuerzo de las Fibras al Limite Prop.:				36.67 Kg/cm²																
Esfuerzo de rotura:				85.15 Kg/cm²																
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>																				
D	0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2
Carg	0	622	926	1068	1200	1380	1500	1650	1702	1702	1732	1763	1783	1875	1946	1997	2048	2068	2130	2150

**Tabla 120 — Diagrama carga vs deformación en ensayo flexión en probetas libres de defectos de eucalipto**

ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																					
<b>Tesistas:</b>		Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				<b>Probeta N°:</b> F - IE				<b>Fecha:</b> Febrero 2020											
		Bach. Alberto Muñoz Fernandez				<b>Especie:</b> Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )															
<b>Datos de la Probeta</b>																					
<b>Ancho:</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Largo:</b>	<b>Peso:</b>																		
2.50 cm	2.50 cm	41.00 cm	252.85 gr																		
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>																					
<b>Contenido de Humedad:</b>		12.30%																			
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>																					
<b>P<sub>r</sub> (Kg)</b>		<b>P (kg)</b>		<b>D (mm)</b>																	
560.84 kg		815.76 kg		10.75 mm																	
<b>Y (cm)</b>		0.17 cm																			
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>																					
<b>Esfuerzo de la Fibra al Límite Proporcional:</b>				942.20 Kg/cm <sup>2</sup>																	
<b>Módulo de Ruptura (MOR):</b>				1.370.48 Kg/cm <sup>2</sup>																	
<b>Módulo de Elasticidad (MOE):</b>				113.156.71 Kg/cm <sup>2</sup>																	
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>																					
C (kn)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00				
C (kg)	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9	356.9	407.9	458.9	509.9	560.8	611.8	662.8	713.8	764.8	815.8				
Def.	0.00	0.15	0.25	0.40	0.60	0.70	0.85	1.00	1.15	1.30	1.50	1.70	2.00	2.75	4.00	6.00	10.75				
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS</b>																					
<b>Tesistas:</b>		Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				<b>Probeta N°:</b> F - 2E				<b>Fecha:</b> Febrero 2020											
		Bach. Alberto Muñoz Fernandez				<b>Especie:</b> Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )															
<b>Datos de la Probeta</b>																					
<b>Ancho:</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Largo:</b>	<b>Peso:</b>																		
2.50 cm	2.50 cm	41.05 cm	250.10 gr																		
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>																					
<b>Contenido de Humedad:</b>		12.40%																			
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>																					
<b>P<sub>r</sub> (Kg)</b>		<b>P (kg)</b>		<b>D (mm)</b>																	
560.84 kg		764.78 kg		9.00 mm																	
<b>Y (cm)</b>		0.33 cm																			
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>																					
<b>Esfuerzo de la Fibra al Límite Proporcional:</b>				942.20 Kg/cm <sup>2</sup>																	
<b>Módulo de Ruptura (MOR):</b>				1.284.82 Kg/cm <sup>2</sup>																	
<b>Módulo de Elasticidad (MOE):</b>				59.189.66 Kg/cm <sup>2</sup>																	
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>																					
C (kn)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50					
C (kg)	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9	356.9	407.9	458.9	509.9	560.8	611.8	662.8	713.8	764.8					
Def.	0.00	0.40	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.30	2.60	2.90	3.25	3.90	4.90	6.50	9.00					





**Tabla 121 — Diagrama carga vs deformación en ensayo flexión en probetas libres de defectos de pino**

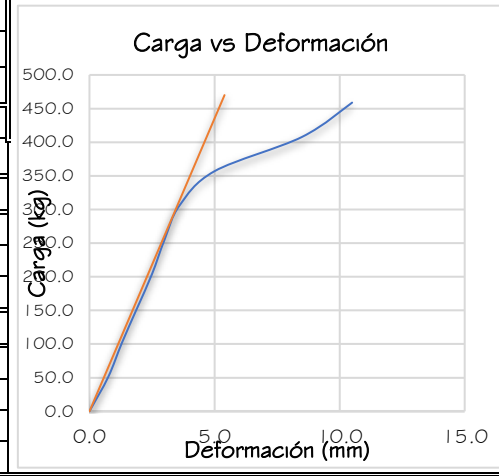
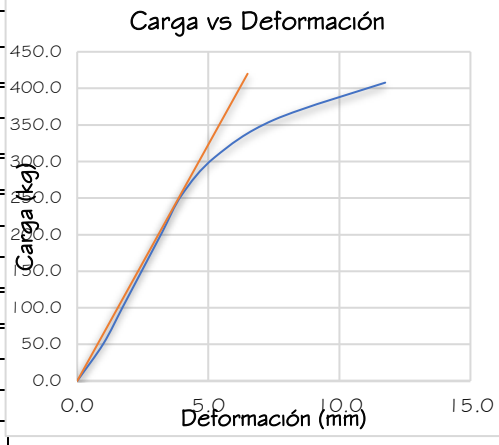
ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																	
Tesisistas: Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				Probeta N°: F - 5P				Fecha: Febrero 2020									
Bach. Alberto Muñoz Fernandez				Especie: Pino ( <i>Pinus radiata</i> )													
Datos de la Probeta																	
Ancho:	Espesor:	Largo:	Peso:														
2.50 cm	2.50 cm	41.15 cm	202.80 gr														
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas																	
Contenido de Humedad:		12.50%															
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano																	
P <sub>r</sub> (Kg)	P(kg)	D(mm)															
458.87 kg	611.82 kg	9.25 mm															
Y (cm)	0.40 cm																
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas																	
Esfuerzo de la Fibra al Limite Proporcional:		770.89 Kg/cm <sup>2</sup>															
Módulo de Ruptura (MOR):		1,027.86 Kg/cm <sup>2</sup>															
Módulo de Elasticidad (MOE):		39,347.67 Kg/cm <sup>2</sup>															
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación																	
C (kn)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00				
C (kg)	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9	356.9	407.9	458.9	509.9	560.8	611.8				
Def.	0.00	0.50	0.90	1.30	1.75	2.15	2.60	3.00	3.50	4.00	4.75	6.00	9.25				
ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																	
Tesisistas: Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				Probeta N°: F - 6P				Fecha: Febrero 2020									
Bach. Alberto Muñoz Fernandez				Especie:													
Datos de la Probeta																	
Ancho:	Espesor:	Largo:	Peso:														
2.50 cm	2.50 cm	41.00 cm	157.70 gr														
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas																	
Contenido de Humedad:		12.30%															
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano																	
P <sub>r</sub> (Kg)	P(kg)	D(mm)															
407.88 kg	652.61 kg	9.25 mm															
Y (cm)	0.32 cm																
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas																	
Esfuerzo de la Fibra al Limite Proporcional:		685.24 Kg/cm <sup>2</sup>															
Módulo de Ruptura (MOR):		1,096.38 Kg/cm <sup>2</sup>															
Módulo de Elasticidad (MOE):		44,413.60 Kg/cm <sup>2</sup>															
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación																	
C (kn)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	6.00	6.40				
C (kg)	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9	356.9	407.9	458.9	509.9	560.8	611.8	652.6			
Def.	0.00	0.50	0.90	1.25	1.60	2.00	2.40	2.75	3.15	3.50	4.00	5.00	7.25	9.25			

**Tabla 122 — Diagrama carga vs deformación en ensayo flexión en probetas libres de defectos de ciprés**

ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS														
Tesisistas:		Bach. Daniella Bianney Osis Lipa			Probeta N°:		F - 7C			Fecha:			Febrero 2020	
		Bach. Alberto Muñoz Fernandez			Especie:		Ciprés ( <i>Cupressus lusitanica</i> )							
Datos de la Probeta														
Ancho:	Espeor:	Largo:	Peso:											
2.50 cm	2.50 cm	41.25 cm	134.20 gr											
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas														
Contenido de Humedad:		12.50%												
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano														
P <sup>c</sup> (Kg)	P(kg)		D(mm)											
407.88 kg	489.46 kg		6.75 mm											
Y (cm)	0.34 cm													
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas														
Esfuerzo de la Fibra al Límite Proporcional:		685.24 Kg/cm <sup>2</sup>												
Módulo de Ruptura (MOR):		822.29 Kg/cm <sup>2</sup>												
Módulo de Elasticidad (MOE):		41,762.04 Kg/cm <sup>2</sup>												
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación														
C (kn)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	4.80			
C (kg)	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9	356.9	407.9	458.9	489.5			
Def.	0.00	0.50	1.00	1.40	1.80	2.15	2.50	2.90	3.35	4.50	6.75			
ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS														
Tesisistas:		Bach. Daniella Bianney Osis Lipa			Probeta N°:		F - 8C			Fecha:			Febrero 2020	
		Bach. Alberto Muñoz Fernandez			Especie:		Ciprés ( <i>Cupressus lusitanica</i> )							
Datos de la Probeta														
Ancho:	Espeor:	Largo:	Peso:											
2.50 cm	2.50 cm	41.00 cm	126.31 gr											
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas														
Contenido de Humedad:		12.70%												
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano														
P <sup>c</sup> (Kg)	P(kg)		D(mm)											
407.88 kg	530.24 kg		7.50 mm											
Y (cm)	0.40 cm													
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas														
Esfuerzo de la Fibra al Límite Proporcional:		685.24 Kg/cm <sup>2</sup>												
Módulo de Ruptura (MOR):		890.81 Kg/cm <sup>2</sup>												
Módulo de Elasticidad (MOE):		34,975.71 Kg/cm <sup>2</sup>												
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación														
C (kn)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.20		
C (kg)	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9	356.9	407.9	458.9	509.9	530.2		
Def.	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.70	6.00	7.50		

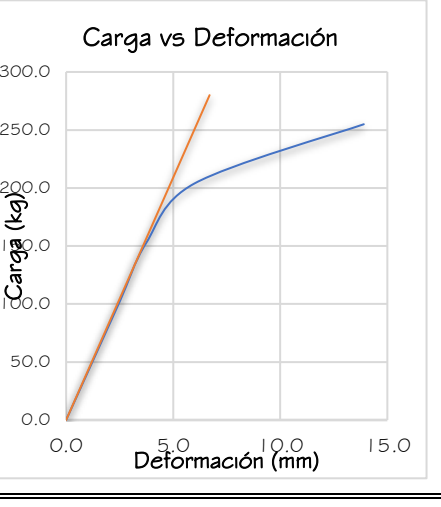
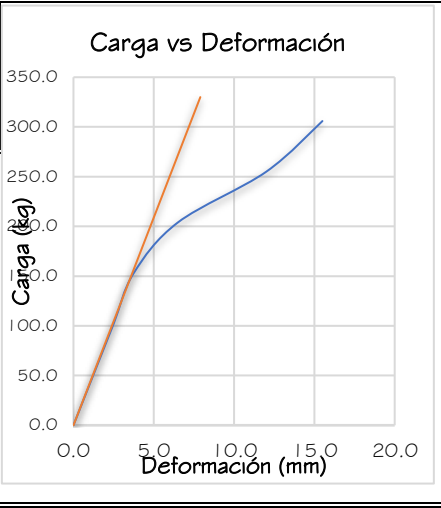
**Tabla 123 — Diagrama carga vs deformación en ensayo de tracción paralela al grano en probetas libres de defectos de eucalipto**

ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																					
<b>Tesistas:</b>		Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				<b>Probeta N°:</b>		T - 9E		<b>Fecha:</b>		Febrero 2020									
		Bach. Alberto Muñoz Fernandez				<b>Especie:</b>		Eucalipto (Eucalyptus globulus)													
Datos de la Probeta																					
<b>Ancho:</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Largo:</b>	<b>Peso:</b>																		
0.50 cm	0.55 cm	11.00 cm	3.12 gr																		
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas																					
<b>Contenido de Humedad:</b>						12.70%															
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano																					
<b>P' (Kg)</b>		<b>P(kg)</b>		<b>D(mm)</b>																	
203.94 kg		407.88 kg		11.75 mm																	
<b>Δ (cm)</b>		1.18 cm																			
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas																					
<b>Resistencia Máxima:</b>						1.483.20 Kg/cm <sup>2</sup>															
<b>Módulo de Ruptura (MDR):</b>						1.483.20 Kg/cm <sup>2</sup>															
<b>Módulo de Elasticidad (MOE):</b>						2.209.02 Kg/cm <sup>2</sup>															
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación																					
<b>C (kn)</b>	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0												
<b>C (kg)</b>	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9	356.9	407.9												
<b>Def.</b>	0.00	1.00	1.75	2.50	3.25	4.00	5.25	7.50	11.75												
ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS																					
<b>Tesistas:</b>		Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				<b>Probeta N°:</b>		T - 10E		<b>Fecha:</b>		Febrero 2020									
		Bach. Alberto Muñoz Fernandez				<b>Especie:</b>		Eucalipto (Eucalyptus globulus)													
Datos de la Probeta																					
<b>Ancho:</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Largo:</b>	<b>Peso:</b>																		
0.50 cm	0.50 cm	11.10 cm	3.56 gr																		
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas																					
<b>Contenido de Humedad:</b>						12.50%															
Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano																					
<b>P' (Kg)</b>		<b>P(kg)</b>		<b>D(mm)</b>																	
305.91 kg		458.87 kg		10.50 mm																	
<b>Δ (cm)</b>		1.05 cm																			
Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas																					
<b>Resistencia Máxima:</b>						1.835.46 Kg/cm <sup>2</sup>															
<b>Módulo de Ruptura (MDR):</b>						1.835.46 Kg/cm <sup>2</sup>															
<b>Módulo de Elasticidad (MOE):</b>						4.078.80 Kg/cm <sup>2</sup>															
Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación																					
<b>C (kn)</b>	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5											
<b>C (kg)</b>	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9	356.9	407.9	458.9											
<b>Def.</b>	0.00	0.75	1.30	1.90	2.50	3.00	3.60	5.00	8.50	10.50											



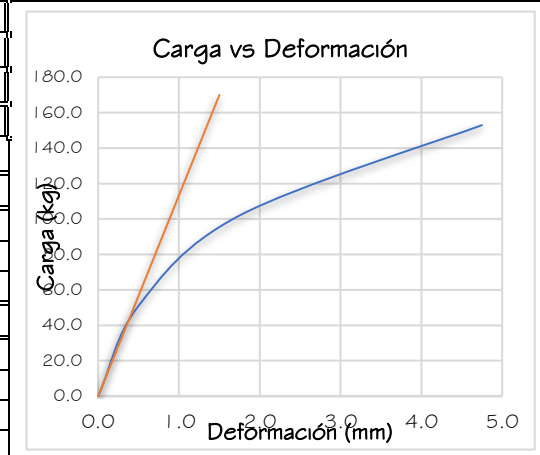
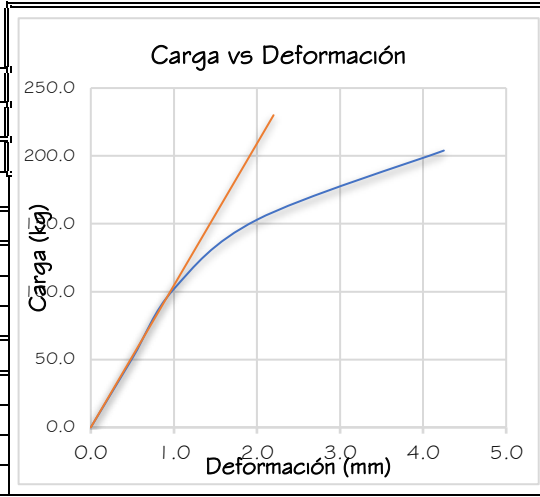
**Tabla 124 — Diagrama carga vs deformación en ensayo de tracción paralela al grano en probetas libres de defectos de pino**

ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS												
Bach. Alberto Muñoz Fernandez						Especie: Pino ( <i>Pinus radiata</i> )						
<b>Datos de la Probeta</b>												
Ancho:			Espesor:			Largo:			Peso:			
0.50 cm			0.50 cm			11.00 cm			1.90 gr			
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>												
Contenido de Humedad:						12.80%						
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>												
P' (Kg)			P(kg)			D(mm)						
152.96 kg			305.91 kg			15.50 mm						
Δ (cm)			1.55 cm									
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>												
Resistencia Máxima:						1,223.64 Kg/cm <sup>2</sup>						
Módulo de Ruptura (MDR):						1,223.64 Kg/cm <sup>2</sup>						
Módulo de Elasticidad (MOE):						1,381.53 Kg/cm <sup>2</sup>						
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>												
C (kn)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00					
C (kg)	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9	305.9					
Def.	0.00	1.25	2.50	3.75	6.50	12.00	15.50					
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS</b>												
Tesistas: Bach. Daniella Bianney Osis Lipa						Probeta N°: T - 22P			Fecha: Febrero 2020			
Bach. Alberto Muñoz Fernandez						Especie: Pino ( <i>Pinus radiata</i> )						
<b>Datos de la Probeta</b>												
Ancho:			Espesor:			Largo:			Peso:			
0.50 cm			0.45 cm			11.00 cm			2.10 gr			
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>												
Contenido de Humedad:						12.70%						
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>												
P' (Kg)			P(kg)			D(mm)						
152.96 kg			254.93 kg			13.90 mm						
Δ (cm)			1.39 cm									
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>												
Resistencia Máxima:						1,133.00 Kg/cm <sup>2</sup>						
Módulo de Ruptura (MDR):						1,133.00 Kg/cm <sup>2</sup>						
Módulo de Elasticidad (MOE):						1,711.73 Kg/cm <sup>2</sup>						
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>												
C (kn)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50						
C (kg)	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9	254.9						
Def.	0.00	1.25	2.50	3.75	6.00	13.90						



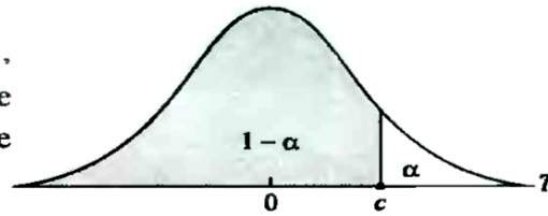
**Tabla 125 — Diagrama carga vs deformación en ensayo de tracción paralela al grano en probetas libres de defectos de cipres**

ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS												
<b>Tesistas:</b>		Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				<b>Probeta N°:</b>		T - 1C		<b>Fecha:</b> Febrero 2020		
		Bach. Alberto Muñoz Fernandez				<b>Especie:</b>		Ciprés ( <i>Cupressus lusitanica</i> )				
<b>Datos de la Probeta</b>												
<b>Ancho:</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Largo:</b>	<b>Peso:</b>									
0.50 cm	0.50 cm	11.15 cm	2.32 gr									
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>												
<b>Contenido de Humedad:</b>		12.30%										
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>												
<b>P<sup>r</sup> (Kg)</b>	<b>P (kg)</b>		<b>D (mm)</b>									
101.97 kg	203.94 kg		4.25 mm									
<b>Δ (cm)</b>	0.43 cm											
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>												
<b>Resistencia Máxima:</b>		815.76 Kg/cm <sup>2</sup>										
<b>Módulo de Ruptura (MOR):</b>		815.76 Kg/cm <sup>2</sup>										
<b>Módulo de Elasticidad (MOE):</b>		3,359.01 Kg/cm <sup>2</sup>										
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>												
<b>C (kn)</b>	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00							
<b>C (kg)</b>	0.0	51.0	102.0	153.0	203.9							
<b>Def.</b>	0.00	0.50	1.00	2.00	4.25							
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS</b>												
<b>Tesistas:</b>		Bach. Daniella Bianney Osis Lipa				<b>Probeta N°:</b>		T - 2C		<b>Fecha:</b> Febrero 2020		
		Bach. Alberto Muñoz Fernandez				<b>Especie:</b>		Ciprés ( <i>Cupressus lusitanica</i> )				
<b>Datos de la Probeta</b>												
<b>Ancho:</b>	<b>Espesor:</b>	<b>Largo:</b>	<b>Peso:</b>									
0.45 cm	0.50 cm	11.05 cm	2.06 gr									
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Físicas</b>												
<b>Contenido de Humedad:</b>		12.00%										
<b>Datos del Ensayo Compresión Paralela al Grano</b>												
<b>P<sup>r</sup> (Kg)</b>	<b>P (kg)</b>		<b>D (mm)</b>									
50.99 kg	152.96 kg		4.75 mm									
<b>Δ (cm)</b>	0.48 cm											
<b>Indicadores Descriptivos de las Propiedades Mecánicas</b>												
<b>Resistencia Máxima:</b>		679.80 Kg/cm <sup>2</sup>										
<b>Módulo de Ruptura (MOR):</b>		679.80 Kg/cm <sup>2</sup>										
<b>Módulo de Elasticidad (MOE):</b>		1,669.68 Kg/cm <sup>2</sup>										
<b>Datos para el Diagrama Esfuerzo - Deformación</b>												
<b>C (kn)</b>	0.00	0.50	1.00	1.50								
<b>C (kg)</b>	0.0	51.0	102.0	153.0								
<b>Def.</b>	0.00	0.50	1.75	4.75								



### TABLA DE LA DISTRIBUCION *t*-Student

La tabla da áreas  $1 - \alpha$  y valores  $c = t_{1-\alpha, r}$ , donde,  $P[T \leq c] = 1 - \alpha$ , y donde  $T$  tiene distribución *t*-Student con  $r$  grados de libertad..



<i>r</i>	$1 - \alpha$								
	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995	
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	
$\infty$	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	

Figura 90 — Distribucion *t*-Student

### Definición de materiales

#### Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color:

Material Type:

Material Notes:

---

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:  Units:

Mass per Unit Volume:

---

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E:

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

### Definición de secciones del Par

#### Rectangular Section

Section Name:

Section Notes:

---

Properties:

Property Modifiers:

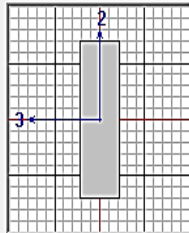
Material:

---

Dimensions

Depth (t3):

Width (t2):



Display Color:

### Definición de sección del Nudillo

#### Rectangular Section

Section Name:

Section Notes:

---

Properties:

Property Modifiers:

Material:

---

Dimensions

Depth (t3):

Width (t2):



Display Color:

### Definición patrón de carga

#### Define Load Patterns

Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	DEAD	1	
DEAD	DEAD	1	
VIVA	LIVE	0	
VIENTO	WIND	0	None

**Figura 91 — Definición del material, seccion y carga en SAP 2000**

### Casos de carga

**Define Load**

Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
DEAD	Linear Static
VIVA	Linear Static
VIENTO	Linear Static

### Combinación de cargas 1:

**Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.
DEAD	Linear Static	1.
VIVA	Linear Static	1.

### Combinación de cargas 2:

**Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	0.75
DEAD	Linear Static	0.75
VIENTO	Linear Static	0.75
VIVA	Linear Static	0.75

### Combinación de cargas 3:

**Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.
DEAD	Linear Static	1.
VIENTO	Linear Static	1.

Figura 92 — Combinacion de cargas en SAP 2000



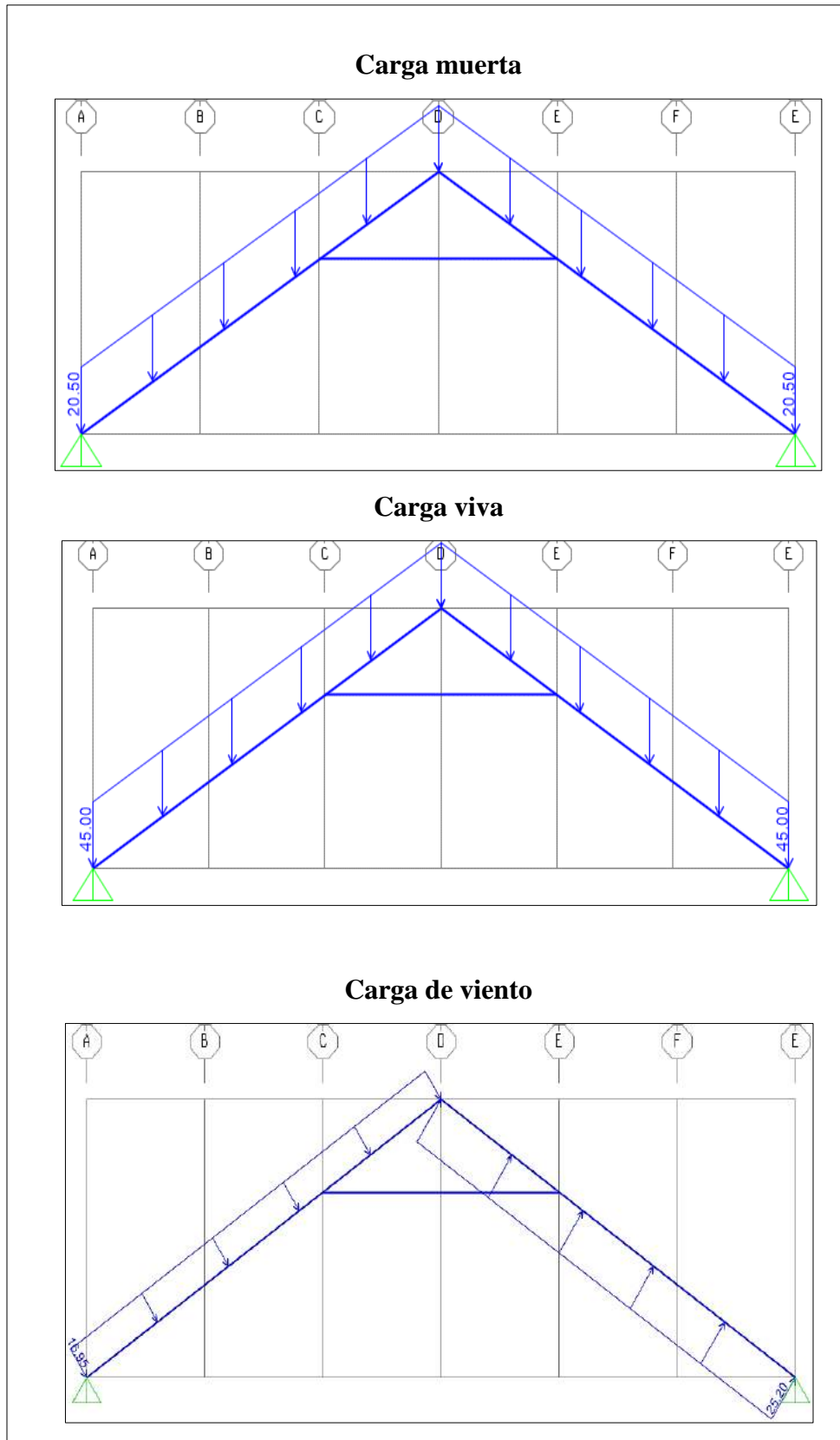


Figura 93 — Cargas asignadas

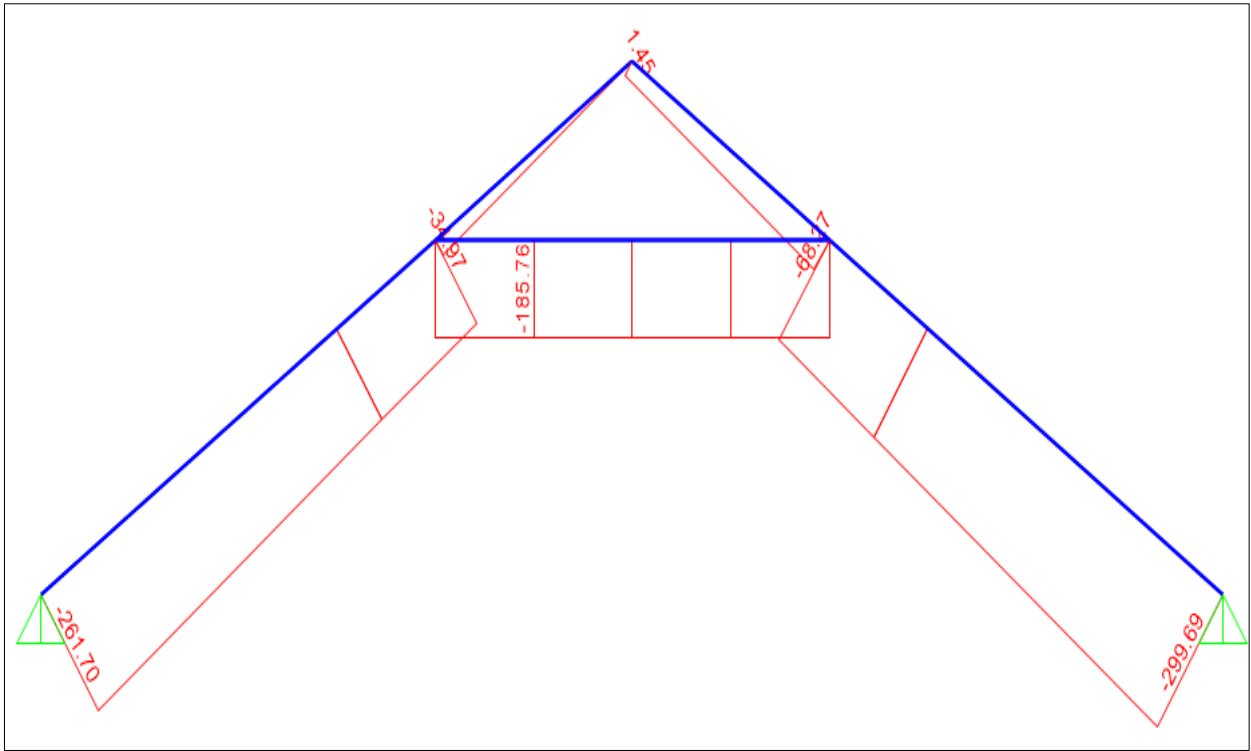


Figura 94 — Diagrama de fuerza axial o internas COMB: 2

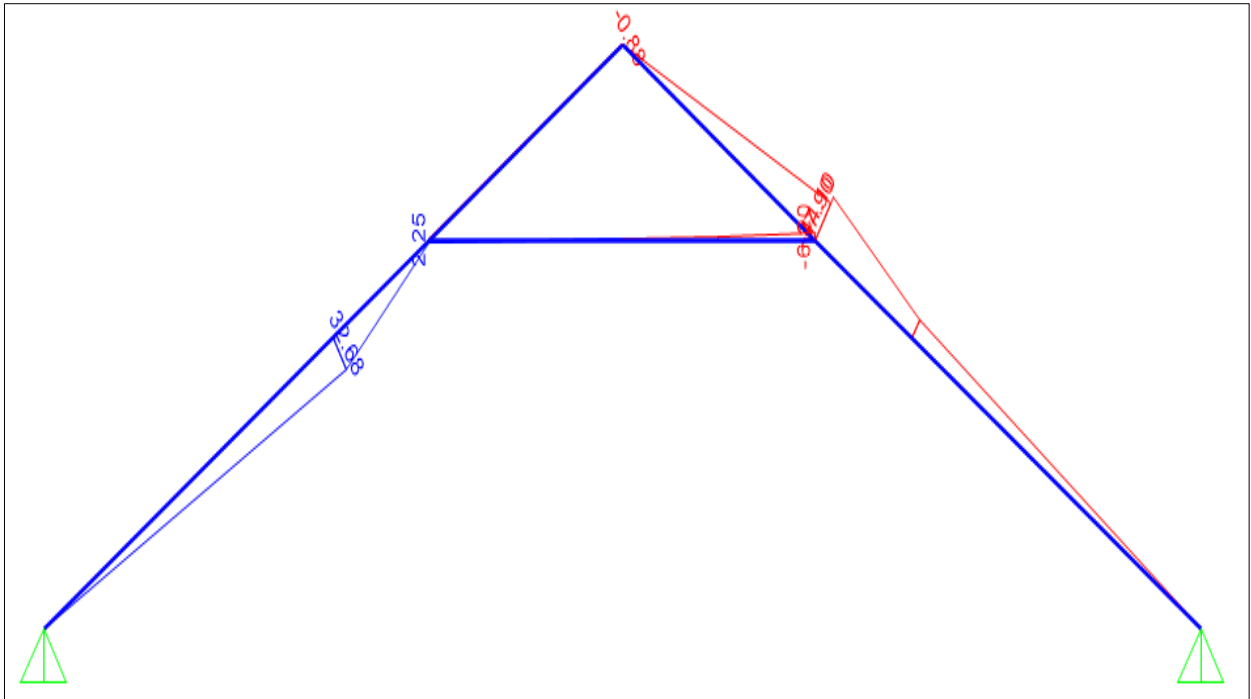


Figura 95 — Diagrama de momento flector

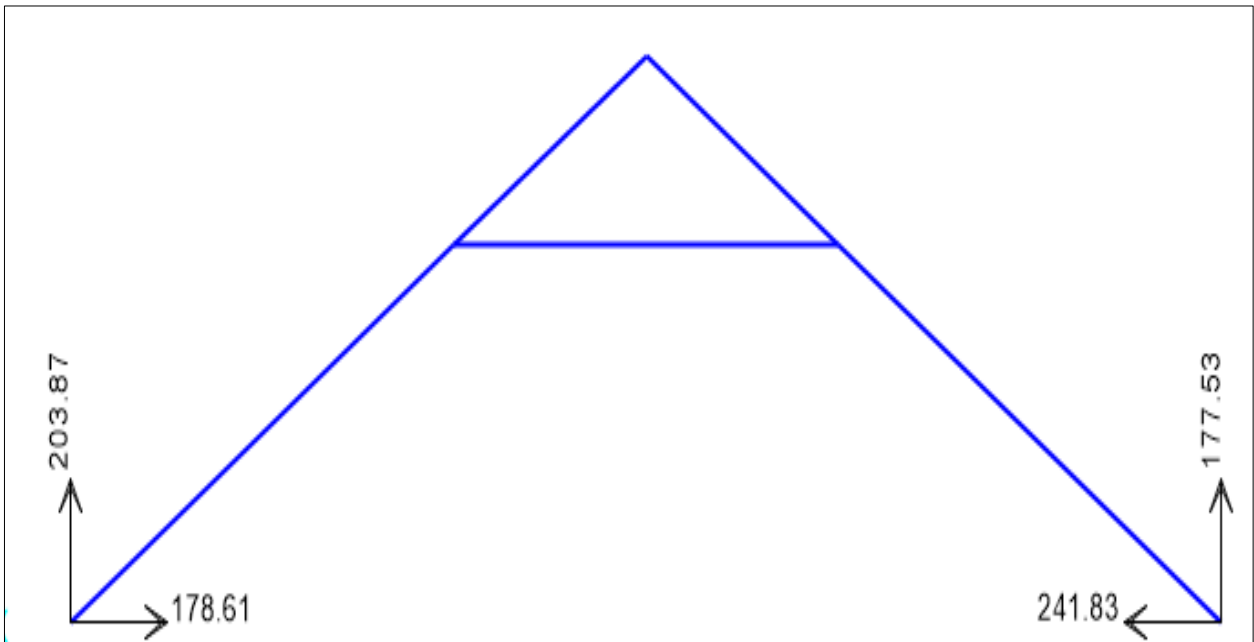


Figura 96 — Reacciones horizontales

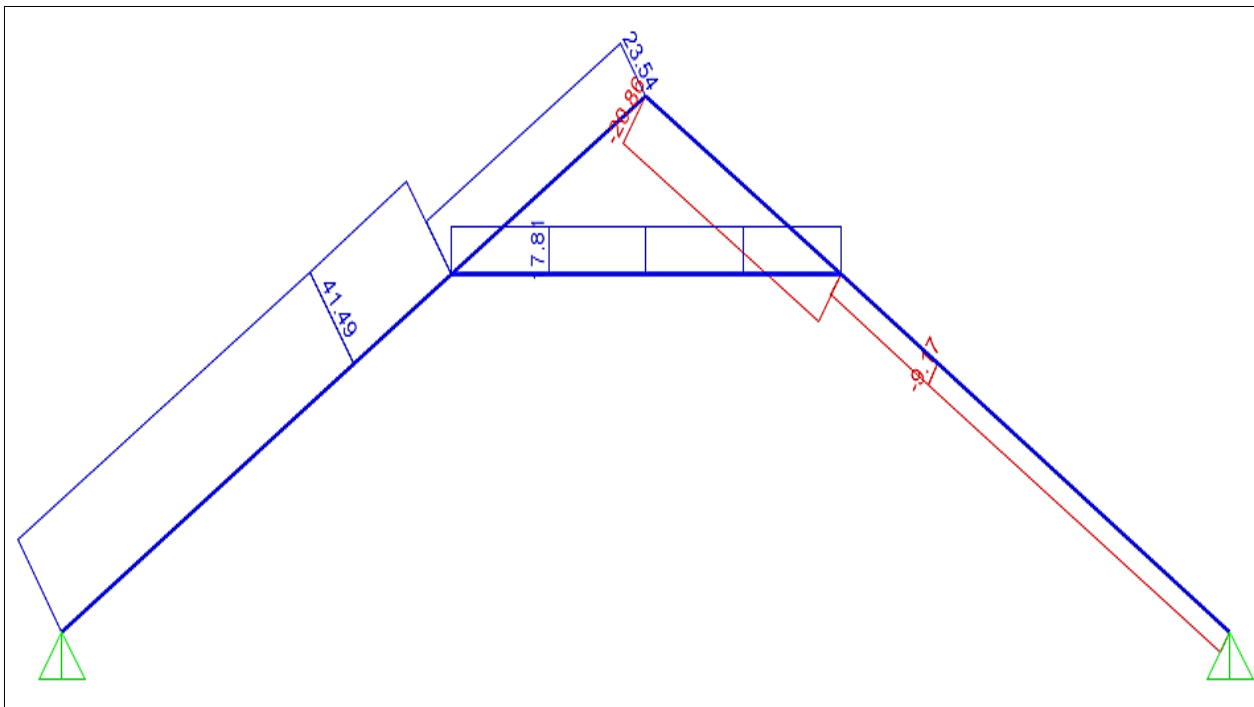


Figura 97 — Diagrama de fuerza carga viento

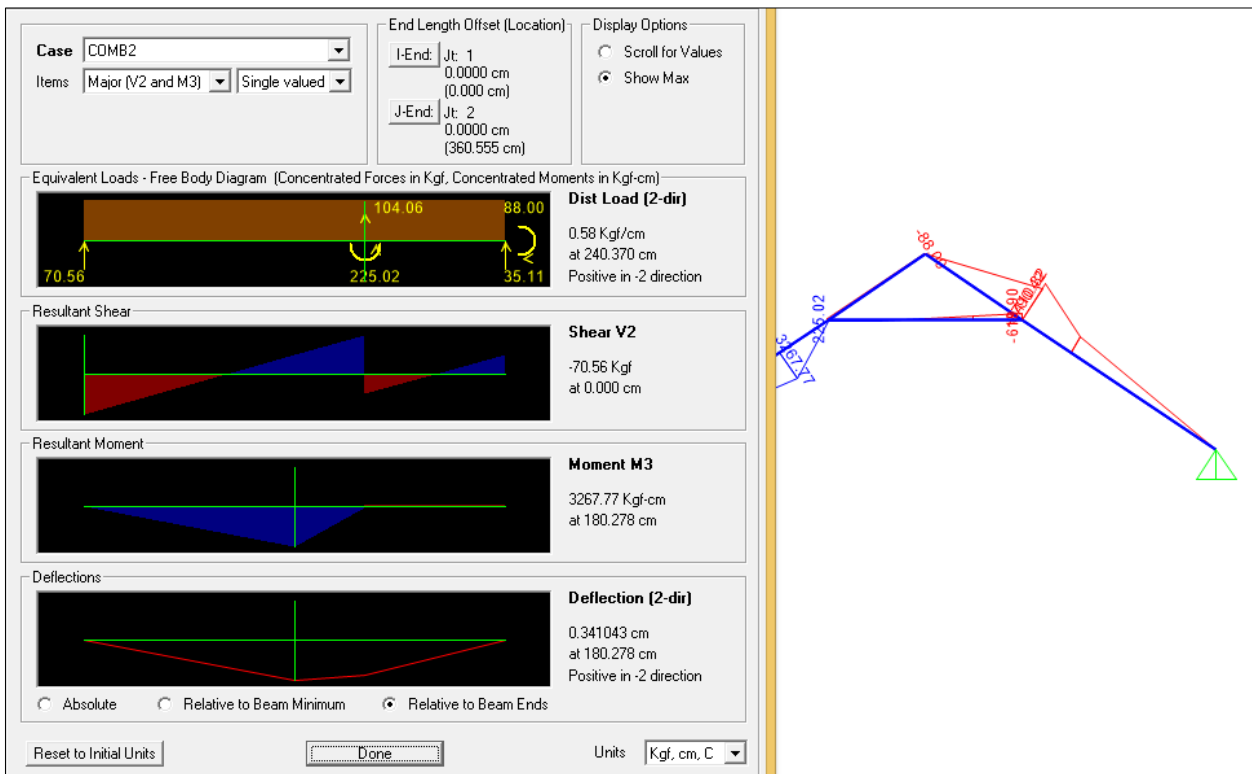




Figura 98 — Diseño del tijeral en software SAP V16 - Deformación máxima o flecha



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS

FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO



N° 03266

LOS QUE SUSCRIBAMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICANDO HABER REVISADO INTEGRALMENTE LOS EQUIPOS, ASI MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDA AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERIAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO : <u>Tests</u>	HORA INIC. : <u>9:00am</u>
TÍTULO DE LA PRÁCTICA : <u>Ensayo de Cizallamiento Paralelo</u>	HORA FIN : <u>6:00pm</u>
DOCENTE O ASESOR :	FECHA : <u>14 / 02 / 2020</u>

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	<u>Alberto Muñoz Fernández</u>		<u>971977709</u>	<u>[Firma]</u>
2	<u>Daniella Blumey Osis Lipa</u>		<u>955611297</u>	<u>[Firma]</u>
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Ent.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	<u>Equipo de Compresión Humbolt</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
2	<u>Pisa</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
3	<u>Cabral pequeño</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	<u>Cabral de Máquina Universal</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
5	<u>Llave Faltis 12"</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
6	<u>Llave bra 1-3/8"</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
7	<u>Cable de extensión</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
8	<u>guantes</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
9	<u>lentes</u>	<u>02</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							




DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s) : <u>Alberto</u>		CUI : <u>971977709</u>		 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO <small>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</small> LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS AUTORIZADO EN MATERIA DE ASesor	
Apellidos : <u>Muñoz Fernández</u>		Firma : <u>[Firma]</u>			
DNI : <u>46932667</u>					
OBSERVACIONES :					

Figura 99 — Ficha de requerimiento de equipos e instrumento de laboratorio del ensayo de cizallamiento paralelo





**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS





**FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO**

**N° 03320**

LOS QUE SUSCRIBIMOS (LINEAS ABAJO) SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS, ASI MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO : <u>Tests</u>	HORA INIC. : <u>2:00 pm</u>
TÍTULO DE LA PRÁCTICA : <u>Ensayo de Tracción Paralela al Grano</u>	HORA FIN : <u>6:00 pm</u>
DOCENTE O ASESOR :	FECHA : <u>17 / 02 / 2020</u>

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	<u>Ostis Lipa Daniella Brianney</u>		<u>999611297</u>	
2	<u>Munoz Fernandez Alvaro</u>		<u>971437709</u>	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Ente	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	<u>Equipo de Ensayo de Materiales Un</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
2	<u>Accesorio de Tracción para ensayo Uniaxial</u>	<u>01</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
3	<u>Dial</u>	<u>01</u>					
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							


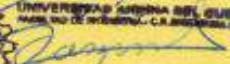



<b>DATOS DEL ALUMNO O TESISTA RESPONSABLE</b>				<b>CONFORMIDAD DE LABORATORIO</b>	
Nombre(s)	<u>Alvaro</u>	Cel	<u>971437709</u>	 <small>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO                  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</small>  PRÁCTICAS - LAB. SUELOS Y ASFALTOS - INGENIERIA CIVIL AUTORIZA JEFE DE PRÁCTICAS O ASESOR	
Apellidos	<u>Munoz Fernandez</u>				
DNI	<u>46932663</u>	Firma			
OBSERVACIONES :					

Figura 100 — Ficha de requerimiento de equipos e instrumento de laboratorio del ensayo de tracción paralela



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS



**FICHA DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO**


**N°03321**

LOS QUE SUSCRIBEMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO E INSTRUMENTOS QUE SE NOS ENTREGUE, CERTIFICAMOS HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS. ASI MISMO NOS COMPROMETEMOS A DARLE UN USO Y MANEJO ADECUADO Y ACORDE AL ESTATUTO UNIVERSITARIO, NORMAS INTERNAS DE LA UNIVERSIDAD Y DE LA FACULTAD Y DEL LABORATORIO.

CURSO : <u>Tesis</u>	HORA INIC. : <u>8:00 am</u>
TITULO DE LA PRACTICA : <u>Ensayo de Flexión Estática</u>	HORA FIN : <u>6:00 pm</u>
DOCENTE O ASESOR :	FECHA : <u>20 / 02 / 2020</u>

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO	N° DE CELULAR	FIRMA
1	<u>Osis Lipa Daniella Bianney</u>		<u>999611297</u>	<u>[Firma]</u>
2	<u>Ruiz Fernandez Alberto</u>		<u>971977709</u>	<u>[Firma]</u>
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTO	CANT.	Entr.	Dev.	OBSERVACIONES	MARCA	COD. PATRIMON.
1	<u>Equipo de Ensayo de Materiales Universal</u>	<u>01</u>	<u>/</u>	<u>/</u>			
2	<u>Arco de Flexión con Hog Universal</u>	<u>01</u>	<u>/</u>	<u>/</u>			
3	<u>Dial</u>	<u>01</u>	<u>/</u>	<u>/</u>			
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

DATOS DEL ALUMNO O TESISISTA RESPONSABLE				CONFORMIDAD DE LABORATORIO	
Nombre(s) : <u>Daniella Bianney</u>	Cel :	<u>999611297</u>		 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS PRACTICAS - LAS SUELOS Y ASFALTOS - INGENIERIA CIVIL AUTORIZA JEFE DE PRACTICAS O ASESOR	
Apellidos : <u>Osis Lipa</u>	Firma :	<u>[Firma]</u>			
DNI : <u>72373063</u>					
OBSERVACIONES :					

**Figura 101 — Ficha de requerimiento de equipos e instrumento de laboratorio del ensayo de flexión estática**



INFORME N°01-10/03/2020

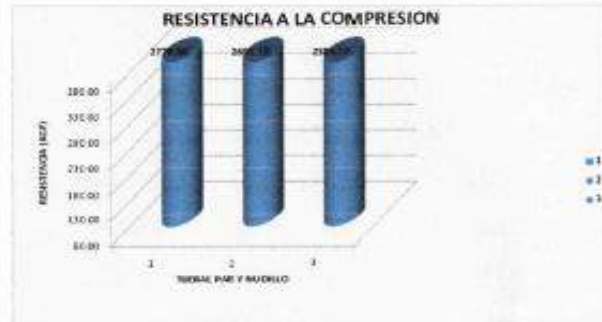
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN TIJERAL PAR Y NUDILLO**

TECIS: "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*), PINO(*Pinus radiata*) Y CIPRES (*Cupressus lusitanica*), PARA SU USO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL Y SU APLICACION AL DISEÑO DE UN TIJERAL PAR Y NUDILLO, ABANCAY-APURIMAC"

UBICACION : ABANCAY-APURIMAC  
SOLICITANTE : DANIELLA BIANNEY OSIS LIPA  
ALBERTO MUÑOZ FERNANDEZ  
FECHA DE RECEPCION: 10/03/2020  
FECHA DE EMISION: 10/03/2020  
Responsable: Ing. KENNY HUAMANI GABARRA

CODIGO: NTP 251.014  
TITULO: ENSAYO DE COMPRESION PARA MADERA  
Codigo: ASTM D 143.04  
TITULO: Estándar Test Method for Small Clear Specimens of Timber

CODIGO DE ELEMENTO	ESTRUCTURAELEMENTO	FECHA		EDAD (mes)	DISEÑO	DIAL (mm)	RESISTENCIA		OBSERVACION
		MOLEDO	ROTURA				Q <sub>0.05</sub>		
TPN - 1E	MADERA EUCALIPTO	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	27.26	2778.80		
TPN - 2E	MADERA EUCALIPTO	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	26.40	2691.13		
TPN - 3E	MADERA EUCALIPTO	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	25.36	2585.12		




Ing. Kenny Huamani Gabarrón  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 130033

Dirección: Urb. Santa Rosa - Pje. Las Azucenas S/N - Abancay Apurímac.  
CORREO: [hkconstructora@hotmail.com](mailto:hkconstructora@hotmail.com)

CELULAR: 983668383  
RUC: 20490882724

Figura 102 — Ensayo de tijerales madera eucalipto



INFORME N°02- 10/03/2020

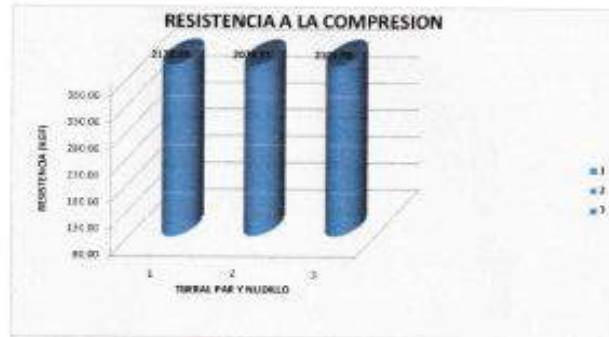
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN TIJERAL PAR Y NUDILLO**

TEMA: "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA EUCALIFTO (*Eucalyptus globulus*), PINO(*Pinus radiata*) Y CIPRES (*Cupressus lusitanica*) PARA SU USO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL Y SU APLICACION AL DISEÑO DE UN TIJERAL PAR Y NUDILLO, ABANCAY-APURIMAC"

UBICACION : ABANCAY-APURIMAC  
SOLICITANTE : DANIELLA BIANNEY DRES LIPA  
ALBERTO MUÑOZ FERNANDEZ  
FECHA DE RECEPCION: 10/03/2020  
FECHA DE EMISION: 10/03/2020  
Responsable Ing. KENNY HUAMANI GARRA

codigo : NTP 251 014  
TITULO : ENSAYO DE COMPRESION PARA MADERA  
Codigo : ASTM D 143-94  
TITULO : Estándar Test Method for Small Clear Specimens of Timber

CODIGO DE ELEMENTO	ESTRUCTURA/ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	DISEÑO	DIAM (mm)	RESISTENCIA		OBSERVACION
		MOLEDO	ROTURA				kgf	MPa	
TPN - 1P	MADERA PINO	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	21.32		2173.29	
TPN - 2P	MADERA PINO	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	20.40		2079.51	
TPN - 3P	MADERA PINO	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	20.64		2103.96	



Ing. Kenny Huamani Gamarro  
INGENIERO CIVIL  
CIP 130033

Dirección: Urb. Santa Rosa - Pje. Las Azucenas S/N - Abancay Apurímac.  
CORREO: [hkconstructora@hotmail.com](mailto:hkconstructora@hotmail.com)

CELULAR: 983668383  
RUC: 20490882724

Figura 103 — Ensayo de tijerales madera pino

INFORME N°03- 10/03/2020

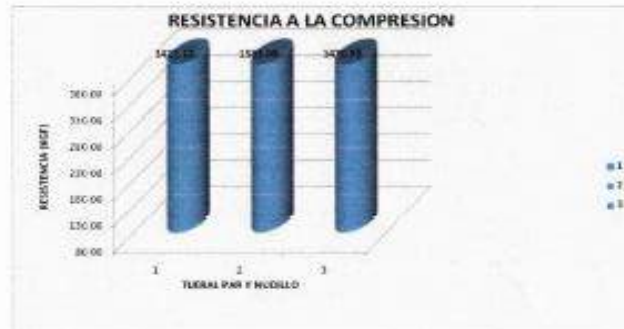
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN TIJERAL PAR Y NUDILLO**

TESIS: "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*), PINO(*Pinus radiata*) Y CIPRES (*Cupressus lusitanica*), PARA SU USO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL Y SU APLICACION AL DISEÑO DE UN TIJERAL PAR Y NUDILLO, ABANCAY-APURIMAC"

LUGAR : ABANCAY-APURIMAC  
SOLICITANTE : DANIELLA BIANNEY OSIS LIPA  
ALBERTO MUÑOZ FERNANDEZ  
FECHA DE RECEPCION: 10/03/2020  
FECHA DE EMISION: 10/03/2020  
Responsable: Ing. KENNY HUAMANI GAMARRA

COODIGO: NTP 251-014  
TITULO: ENSAYO DE COMPRESION PARA MADERA  
Codigo: ASTM D 143-94  
TITULO: Cylinder Test Method for Small Clear Specimens of Timber.

CODIGO DE ELEMENTO	ESTRUCTURA/ELEMENTO	FECHA		EDAD (años)	DISEÑO	DIAL (mm)	RESISTENCIA		OBSERVACION
		MOLDEO	ROTURA				kgf		
TPM - 1C	MADERA CIPRES	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	14.09	1427.12		
TPM - 2C	MADERA CIPRES	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	15.53	1593.06		
TPM - 3C	MADERA CIPRES	10/03/2020	10/03/2020	-	TIJERAL	14.43	1479.96		




Ing. Kenny Huamani Gamarra  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 130033

Dirección: Urb. Santa Rosa – Pje. Las Azucenas S/N – Abancay Apurímac.  
CORREO: [hkconstructora@hotmail.com](mailto:hkconstructora@hotmail.com)

CELULAR: 983668383  
RUC: 20490882724

Figura 104 — Ensayo de tijerales madera ciprés

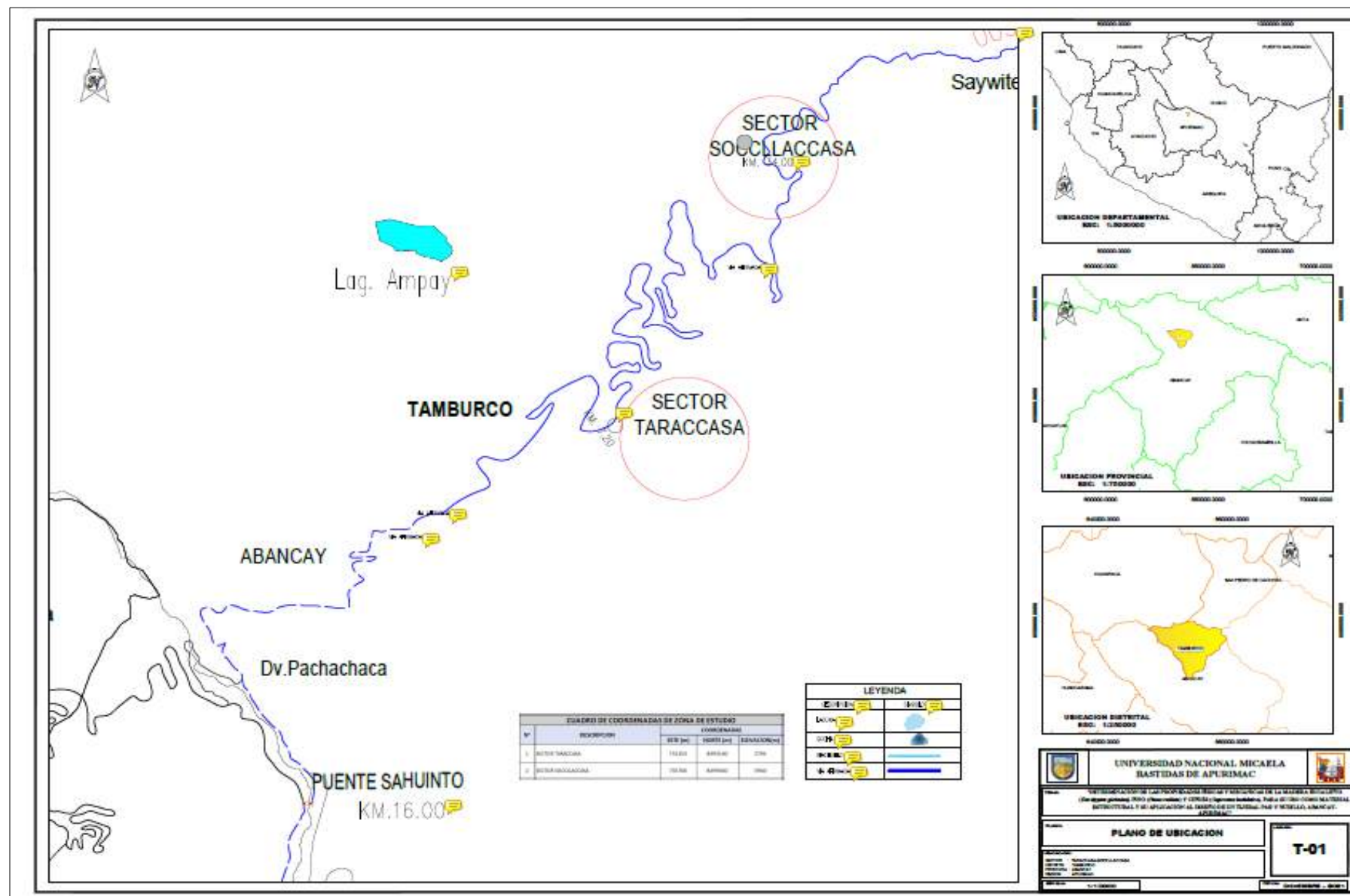


Figura 105 — Plano de ubicación