

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Nelson Samuel Chura Quispe

Jhon Muchica Sillo

Asesor:

Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, marzo de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

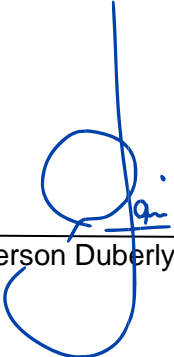
Ing. Herson Duberly Pari Cusi, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“FACTIBILIDAD DEL USO DE LA MADERA *PINUS RADIATA* COMO MATERIAL ESTRUCTURAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TIJERALES EN LA REGIÓN PUNO 2019”** constituye la memoria que presenta el Bachiller **Nelson Samuel Chura Quispe** y el Bachiller **Jhon Muchica Sillo** para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Civil cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 30 días del mes de Noviembre del año 2020



Ing. Herson Duberly Pari Cusi



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 10 día(s) del mes de Noviembre del año 2020, siendo las 09:30 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Mg. Fermín Henry Centurion Julea el secretario: Mg. Eclair Velazquez Mamani y los demás miembros: Jng. Juana Beatriz Aquist Pari - Jng. Wilam Gomez Paredes y el asesor Jng. Herson Auberty Pari Busi

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Factibilidad del uso de la madera Penu Radiada como material estructural para la construcción de tejales en la región Puno 2019"

de el(los)/a(las) bachiller(es): a) Nelson Samuel Ghura Quispe
 b) Jhon Muchica Sillo
 conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil
 (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)/las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)/las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Nelson Samuel Ghura Quispe

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Candidato (b): Jhon Muchica Sillo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)/las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente

 Secretario

 Asesor

 Miembro

 Miembro

 Candidato/a (a)

 Candidato/a (b)

DEDICATORIA

Jhon Muchica Sillo:

A Dios, porque me dio la vida, el cuidado, la protección y porque no me desamparó en ningún momento. A mis queridos padres por haberme apoyado en los estudios y me permitieron llegar hasta donde estoy en estos momentos. En tercer lugar, a mis hermanos y amigos por los ánimos y apoyo incondicional.

Nelson Samuel Chura Quispe:

A Dios por estar presente en cada etapa de mi vida y haberme dado salud para lograr mis objetivos. A mis queridos padres Irma y Félix, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por sus ejemplos de constancia, por la motivación y amor por ser pilares fundamentales de mí como persona, permitiéndome mejorar en todo aspecto y sobre todo en esta hermosa profesión.

AGRADECIMIENTO

Jhon Muchica Sillo:

A Dios por haberme dado la inteligencia y la perseverancia. A la Universidad Peruana Unión, mi alma máter. A los profesionales que nos transmitieron sus conocimientos en ciencias y en valores para ser buenos profesionales.

Nelson Samuel Chura Quispe:

A la Universidad Peruana Unión, por la oportunidad que brinda para ser un profesional de excelente calidad y ética. Al Ing. Herson Duberly Pari Cusi, por su cordial apoyo durante el tiempo que realizamos la investigación y al mismo tiempo, a todas las personas que estuvieron involucradas directa e indirectamente en la investigación.

ÍNDICE

	Pág.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLA	ix
ÍNDICE FIGURA	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 CAPITULO I EL PROBLEMA.....	14
1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Formulación del problema	15
1.2.1 Problema general	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Justificación	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.	18
2.1.2 Antecedentes a nivel internacional.	19
2.2 Marco conceptual	20
2.2.1 Valores de propiedades físicas y mecánicas según el RNE E 010	20
2.2.2 La madera	20
2.2.3 Propiedades direccionales de la madera.	23
2.2.4 Propiedades mecánicas de la madera.	24
2.2.5 Clasificación según uso de la madera.....	25
2.2.6 Definición de Términos básicos	26
2.2.7 Recurso forestal en el Perú	27
2.2.8 Madera <i>Pinus Radiata</i> en Puno	28
2.2.9 Clasificación visual	29
2.2.10 Sistema de armaduras.....	32

2.2.11	Diseño estructural.....	35
2.2.12	Diseño de armaduras ligeras hasta 12 m de luz	37
2.2.13	Tipos de elementos	38
2.2.14	Criterios de diseño:.....	40
2.2.15	Hipótesis usuales:.....	40
2.2.16	Consideraciones para el Diseño.	40
2.2.17	Desviación estándar	41
3	CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1	Metodología de investigación	42
3.2	Diseño de la investigación	42
3.3	Formulación de hipótesis.....	42
3.3.1	Hipótesis General.	42
3.3.2	Hipótesis específicos.	42
3.4	Operacionalización de variables	43
3.5	Población y muestra	44
3.5.1	Población.....	44
3.5.2	Muestra	44
3.5.3	Delimitación del estudio	44
3.5.4	Zona de estudio	44
3.6	Metodología y plan de trabajo.....	45
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.7.1	Instrumentos de recolección de datos.....	45
3.7.2	Instrumentos de medición.....	45
3.7.3	Plan de procesamiento de datos.....	46
3.8	Procedimiento y plan de trabajo.....	46
3.8.1	Información de densidad poblacional de árboles de <i>Pinus radiata</i>	46
3.8.2	Selección y colección de muestras	47
3.8.3	Propiedades físicas	49
3.8.4	Propiedades mecánicas.....	51
4	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	54
4.1	Resultados.....	54
4.1.1	Clasificación visual	54
4.1.2	Ensayos Físicos	56
4.1.3	Ensayos mecánicos.....	60
4.1.4	Diseño de la armadura tipo Howe de 9.5m* 5.5m de sección cuadrada para una madera clasificada en el grupo C.....	66

4.1.5	Diseño de la armadura tipo Howe de 9.5m* 5.5m de sección rectangular para una madera con características mecánicas de la presente investigación.....	70
4.1.6	Ensayo de la resistencia de la armadura diseñada	75
4.1.7	Densidad poblacional de árboles de <i>Pinus radiata</i> en la región Puno.....	76
4.2	Prueba de hipótesis	76
4.2.1	Hipótesis.....	77
4.2.2	Nivel de significancia	77
4.2.3	Cálculo de valores críticos y de prueba, zona de aceptación y de rechazo 77	
4.3	Discusiones	79
5	CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1	Conclusiones	82
5.2	Recomendaciones	83
	REFERENCIAS	84
	ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLA

	Pág.
Tabla 1 Volúmenes por edades y localidades de Pinus Radiata en Puno.	14
Tabla 2. Valores de densidad básica según el agrupamiento.	20
Tabla 3 Valores del módulo de elasticidad para el agrupamiento.	20
Tabla 4 Valores del esfuerzo Admisible para cada grupo.	20
Tabla 5 Superficie por regiones del Perú.	27
Tabla 6 Producción de madera rolliza y aserrada en el Perú.	27
Tabla 7 Producción por productos de madera en el Perú.....	28
Tabla 8 Vigas que cumplen con los requisitos de la NTP 251.104	54
Tabla 9 Vigas que no cumplen con los requisitos de la NTP 251.104	55
Tabla 10 contenido de humedad de las vigas ensayadas a escala natural.	56
Tabla 11 Densidad básica de las vigas ensayadas a escala natural.	57
Tabla 12 Distribución del densidad básica para la campana de Gauss.....	58
Tabla 13 Características geométricas de las vigas a escala natural.	60
Tabla 14 Resultados del módulo de Elasticidad.	60
Tabla 15 Distribución normal de módulo de elasticidad.....	62
Tabla 16 Resultados de esfuerzo a flexión.	63
Tabla 17 Distribución de datos de la resistencia a flexión.	64
Tabla 18 Valores de propiedades físicas y mecánicas del grupo C.	77

ÍNDICE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Ejes principales de la madera con respecto a la dirección a la fibra y a los anillos de crecimiento.....	24
Figura 2. Términos usados en la definición de defectos. Fuente propia.....	26
Figura 3. Grietas, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.	29
Figura 4. Escamadura, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.	30
Figura 5. Rajadura, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.	30
Figura 6. Grano inclinado. Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.....	31
Figura 7. Nudo, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.....	31
Figura 8. Arqueadura, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.....	31
Figura 9. Encorvadura, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.	32
Figura 10. Cobertura de madera. JUNAC, 1984.....	32
Figura 11. Tipos de armadura. JUNAC, 1984.	33

Figura 12. Requisitos de resistencia en los elementos. JUNAC, 1984.	36
Figura 13. Elementos de empalme en las armaduras de madera. JUNAC, 1984	38
Figura 14. Nudos comunes usados en la construcción. JUNAC, 1984.....	39
Figura 15. Zona de extracción de muestras para los respectivos ensayos.	44
Figura 16. Selección de árboles de pino, elaboración propia	47
Figura 17. Listones de madera pin, elaboración propia.	48
Figura 18. Probetas secas después de haber obtenido un peso constante para el respectivo del pesado en la balanza.....	50
Figura 19. Pruebas con el método de desplazamientos de aguas para la densidad básica.....	51
Figura 20. Ensayo de vigas a escala natural.	51
Figura 21. Histograma del contenido de humedad de las vigas ensayadas a escala natural. ...	57
Figura 22. Histograma de la densidad básica de las vigas ensayadas a escala natural.	58
Figura 23. Campana de Gauss de la densidad básica.....	59
Figura 24. Histograma del módulo de elasticidad.	61
Figura 25. Campana de Gauss del módulo de elasticidad.	62
Figura 26. Histograma del esfuerzo a flexión.	63
Figura 27. Campana de Gauss del esfuerzo a Flexión.	65
Figura 28. Fuerzas actuantes a la armadura.	68
Figura 29. Resultados de fuerzas internas usado el software Robot Structural.	69
Figura 30. Armadura sometida para el ensayo.....	75
Figura 31. Resultados de la deflexión en los nodos.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Selección y colección de muestras.	88
Anexo B: Fichas de ensayos a flexión estática en vigas a escala natural.	96
Anexo C: Tabla de valores de distribución “t”	116

RESUMEN

La investigación se enmarca en la región Puno. El problema fue la factibilidad de uso de la madera *Pinus Radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en viviendas. La investigación se realizó de acuerdo a las normas técnicas peruanas sobre maderas, se extrajo 5 árboles de pino en el vivero forestal Trapiche-Moho. Se aserró para obtener vigas para el ensayo a flexión a escala natural, densidad, contenido de humedad y se construyó un tijeral tipo Howe para evaluarlo.

Los ensayos físicos y mecánicos se realizaron en los laboratorios de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión. La densidad básica obtenida fue de 0.45 g/cm³, el contenido de humedad fue de 27.25 %, el módulo de elasticidad mínima y promedio fue: 54549.61 kg/cm² y 76601.80 kg/cm² respectivamente y el esfuerzo admisible a flexión es 89.091 kg/cm². Se concluye que la madera pino no clasifica en el grupo C de la lista de especies agrupadas del RNE E.010 puesto que no alcanza a los valores mínimos de resistencia mecánica. A pesar de su baja resistencia se puede usarlo como material estructural según la evaluación de la armadura sometida a resistencia mecánica. Según la clasificación visual fueron rechazadas, el 44% de las 36 vigas. El rechazo fue por la presencia de nudos, dirección de la fibra y por arqueadura en la madera.

Con los resultados de los ensayos físicos y mecánicos se realizó la evaluación de tijeral de madera. Se evaluó el tijeral tipo Howe que resistió una carga de 837.55 kg, siendo el resultado esperado del diseño de 826.82 kg.

Se recomienda realizar un nuevo grupo de especies maderables con resistencias más bajas que el grupo C, donde si puede clasificar la madera pino, como se realizó en Chile.

Palabras clave: madera *Pinus radiata*, propiedades físicas, propiedades mecánicas, tijeral tipo howe, Ensayo a flexión.

ABSTRACT

The research was carried out in the Puno region. The problem was the feasibility of using *Pinus Radiata* wood as a structural material for the construction of scissors in houses. The research was carried out according to the Peruvian technical norms on wood, 5 pine trees were extracted in the Trapiche-Moho forest nursery. The trees were sawn to obtain beams for the full-scale bending test, density, moisture content and a Howe type scissors were built to evaluate it.

The physical and mechanical tests were carried out in the laboratories of the Professional School of Civil Engineering of the Universidad Peruana Unión. The basic density obtained was 0.45 g/cm³, the moisture content was 27.25%, the minimum and average modulus of elasticity was 54549.61 kg/cm² and 76601.80 kg/cm² respectively, and the admissible bending stress was 89.091 kg/cm². It is concluded that pine wood does not classify in group C of the list of grouped species of the RNE E.010 since it does not reach the minimum values of mechanical resistance. Despite its low strength, it can be used as a structural material according to the evaluation of the reinforcement subjected to mechanical resistance. According to the visual classification, 44% of the 36 beams were rejected. The rejection was due to the presence of knots, grain direction and bowing in the wood.

With the results of the physical and mechanical tests, the evaluation of the timber scissors was carried out. The Howe type scissors were evaluated and resisted a load of 837.55 kg, being the expected result of the design 826.82 kg.

It is recommended to create a new group of timber species with lower resistances than group C, where pine wood can be classified, as was done in Chile.

Key words: *Pinus radiata* wood, physical properties, mechanical properties, howe shear, bending test

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La madera es muy importante para la industria de la construcción por ser económico, ecológico y de rápido proceso constructivo y “combinar materiales ecológicos, orgánicos y renovables, son amigables con el medio ambiente, la salud y calidad de vida de las personas”(Dussan & Rincón, 2019). Las construcciones de madera alcanzan a más del 80 % en Estados Unidos y Canadá (Schmitt, 2017) y en Reino Unido, Austria, Suiza y Alemania presentan un porcentaje similar en construcciones de madera, además en los países nórdicos presentan un 90% de construcciones de madera (Salazar, 2008). En Chile, los nuevos sistemas en madera están siendo utilizados exitosamente en estructuras de 6 y 7 pisos de altura. El *Pino Radiata* corresponde al 68% de las plantaciones forestales en Chile (Corporación Nacional Forestal [CONAF], 2019). Considerando que Chile “está en el onceavo lugar como productor mundial de madera aserrada”(Kahler, 2019), uno de los mayores productores de madera en el mundo, así Chile queda ubicado en el 6to lugar entre los países líderes en materia forestal en relación con la construcción de viviendas en madera (Lobos & Bustos, 2017). Siendo Chile un país vecino la región Puno también va en aumento la densidad poblacional de pino como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 1
Volúmenes por edades y localidades de Pinus Radiata en Puno.

Localidad	Edad (años)	Volumen (m3/ha)
Pomata	5	25
Pomata	10	100
Tahuaco	9	16
Tahuaco	9	21
Arapa	7	152

Arapa	11	637
Arapa	15	260
Arapa	15	315
Tahuaco	16	207
Puno	14	200
Puno	11	180
Camacani	20	330

Fuente: Caseríos, R. L., & Rivadeneyra, M. G.

En el distrito de Arapa, Azángaro, Puno existe mayor cantidad de pino. En las zonas de Azángaro, Huancané y Moho existe plantaciones de pino mayores que otros lugares como en el sur de Puno.

Fernández et al. (Como se citó en Hevia, 2013) indican que la madera de pino presenta propiedades físico-mecánicas que la convierten en un material muy apropiado para aplicaciones de resistencia y decorativas.

La extracción selectiva de árboles es un peligro en el país. El RNE E.010 invita a investigar nuevas especies maderables lo que evita la extracción selectiva y la posible extinción de las especies más conocidas.

La madera es considerada de poca importancia en el Perú, “actualmente compramos tres veces más de lo que exportamos” Toledo (como se citó en Mendoza, 2016).

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Es factible el uso de la madera *Pinus Radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en viviendas región de Puno 2019?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las Propiedades físicas de la madera *Pinus Radiata*?
- ¿Cuáles son las Propiedades mecánicas de la madera *Pinus Radiata*?
- ¿Cuánta carga puede soportar la armadura Howe diseñada para techo de vivienda en la región Puno?

1.3 Justificación

El pino es conveniente como material estructural porque la “producción estimada es va en aumento para la zona de Puno” (Caseríos, R. L., & Rivadeneyra, M. G.) y por los usos probables de madera para revestimientos, cajonería, encofrados y chapas. La madera de pino es apreciada por la belleza en acabados, conserva el calor en ambientes, es una representación de estatus y buen gusto. (Meza, 2010)

En Cajamarca se usa como material de construcción (Meza, 2010). Pueden usarse estructuralmente con alma llena o semillenas en vigas, columnas y como madera laminada mejorando el uso como material estructural.

Puno se encuentra a 3827 msnm con un clima seco y frío (Mamani & Catacora, 2017). La madera es material de buen aislante térmico ya que “la alta resistencia que ofrece la madera al paso del calor, la convierte en un buen aislante térmico y un material resistente a la acción del fuego. (Dussan & Rincón, 2019)

El Reglamento para la gestión forestal y de fauna silvestre en comunidades nativas y comunidades campesinas (2016, artículo 123°) promueve el desarrollo de “proyectos integrales, forestación y reforestación, y recuperación de ecosistemas degradados”. La Estrategia Nacional Forestal [ENF] (2002), p. 45, menciona que “una alternativa para disminuir la presión sobre los bosques naturales la constituye la forestación y reforestación. Las plantaciones forestales además de generar recursos maderables y no maderables, tienen un gran potencial para la venta de servicios ambientales como captura de carbono, mejoramiento de la calidad de agua y suelos. En el Plan Nacional de Reforestación del Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA] (2005), p. 29, se menciona un programa de protección y manejo de cuencas hidrográficas donde dos de los objetivos específicos “promover en las cuencas hidrográficas, el manejo y aprovechamiento de los recursos forestales en forma sostenida, con el fin de abastecer a su población de productos y

subproductos forestales, así como servicios ambientales que puedan generar mayores ingresos a las familias rurales”.

Puno cuenta con 18279 Ha para reforestar (Gobierno Regional Puno [GRP], 2013). La zona lago de Puno es el área más adecuada para la reforestación ya que el lago da condiciones de temperatura para la forestación hasta los 4200 msnm.

La madera para construcción de viviendas es mejor que el hacer hormigón ya que es un material eficaz para aislar frío y calor. Esto significa ahorrar una gran cantidad de energía, si se compara con las casas de piedra, hormigón y ladrillo.(Barreto Del Castillo, 2014)

El pino es aceptada como especie exótica que se adapta a la altura de la zona de Puno y también “revelan rendimiento relativamente alto de crecimiento en madera”.(González & Lopez, 2007)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijeales en la región Puno 2019.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de la madera *Pinus Radiata*.
- Determinar las propiedades mecánicas de la madera *Pinus Radiata*.
- Evaluar un tijeral tipo Howe para vivienda en la región de Puno.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.

Ordoñez & Lugo (2016) En su investigación en la madera *Pino radiata* obtuvieron una densidad básica 0.35 g/cm³ y módulo de elasticidad (MOE) de 70.73 kg/cm² para la madera *Pino Radiata* y mencionan que con el MOE pueden “identificar el comportamiento del pino como una madera de clasificación C”. En una segunda etapa, evalúan el comportamiento sísmico, aplicando la señal sísmica de mayo 1970 a un prototipo de vivienda de madera de tres pisos en escala real. Dicho prototipo se construyó en base a entramados de madera compuestos por bastidores de *Pino radiata* y cerramientos de paneles de OSB (Oriented Strand Board), fijados bajo un esquema de clavado específico. Por la baja densidad de la madera la estructura demostró buen funcionamiento, en base a su flexibilidad, ante la fuerza horizontal del movimiento sísmico similar al de mayo 70. Por consiguiente, las estructuras de madera resultan una buena alternativa ante la problemática de déficit habitacional de madera en el Perú.

Meza (2010) en su tesis: “Clasificación estructural de la madera *Pinus radiata D. Don*”, la densidad de la especie Pino radiata es de 0.43 g/cm³, el módulo de elasticidad promedio de las vigas a escala natural es de 88319.50 kg/cm², por lo cual la especie *Pinus radiata D. Don*, de acuerdo a los resultados obtenidos no logra clasificar en los grupos A, B y C (Norma técnica de agrupamiento de maderas de uso estructural), y propone un nuevo grupo donde clasificaría esta especie dentro de la norma técnica de agrupamiento de maderas de uso estructural.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional.

Monton et al. (2011) En el 1º congreso latinoamericano de construcción en madera presentaron la investigación: “Clasificación visual estructural de la madera de *Pino radiata* procedente de Cataluña mencionan que: Según Una Norma Española (UNE 56544, 2011), se han clasificado visualmente 150 piezas de madera aserrada de pino radiata procedentes de Cataluña (España) con una sección de 80x150 mm y una longitud de 2500 mm. Las propiedades mecánicas y la densidad de la muestra de 150 piezas de madera de Pino radiata fueron clasificadas como MEG según la norma UNE 56544, esto implica que no es rentable su clasificación como madera de pequeña escuadría. Presentan un valor característico de la resistencia a flexión de 285.42 kg/cm², un valor medio del módulo de elasticidad de 101.16 kg/cm² y un valor característico de la densidad de 0.45 kg/m³.

Hermoso et al. (2015) en su investigación: “Caracterización de la madera aserrada de *pinus radiata* modificada térmicamente” menciona que el trabajo trata de caracterizar la madera de *Pino radiata* de procedencia País Vasco (España) termotratada a 190°C y 210°C por el método Thermowood comparada con piezas testigo de la misma especie, procedencia y dimensiones. La determinación de la densidad y los Módulos de Elasticidad (MOE) de la madera pino fueron efectuados según la norma UNE-EN 408 (AENOR 2011) y la densidad de la probeta sin sufrir cambio de temperatura es de 0.54 g/cm³ y el MOE es 109415.55 kg/cm², resultados obtenidos con un nivel de confianza de 95 %.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Valores de propiedades físicas y mecánicas según el RNE E 010

➤ Densidad básica

Tabla 2.
Valores de grupo y densidad básica.

Grupo	Densidad Básica (g/cm ³)
A	≥ 0.71
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

Nota: Adaptado de la norma técnica E.010 madera, 2019.

➤ Módulo de elasticidad

Tabla 3
Valores de grupo y módulo de elasticidad.

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

Nota: Adaptado de la norma técnica E.010 madera, 2019.

➤ Esfuerzo Admisible a flexión

Tabla 4
Valores del esfuerzo Admisible para cada grupo.

Grupo	Esfuerzo Admisible Mpa (kg/cm ²)
A	20,6 (210)
B	14,7 (150)
C	9,8 (100)

Nota: Adaptado de la norma técnica E.010 madera, 2019.

2.2.2 La madera

La madera ha sido y es usada como uno los principales materiales estructurales. La madera se ha establecido como el único recurso natural renovable que tiene buenas condiciones estructurales en el paso del tiempo (Ordoñez García & Lugo Chávez, 2016).

El trabajo con la madera requiere poca energía por unidad de peso que el acero, el aluminio o el hormigón armado; da mejor aislamiento térmico por unidad de espesor que los metales o el hormigón armado; posee una mayor razón de peso y rigidez que los otros materiales de importancia (Vásquez et al., 2019); trabajar la madera es relativamente fácil pues se requieren sólo herramientas simples. (Keenan F. y Tejada M., 1987).

La Madera Estructural (Framing) como su nombre lo indica, incluye los grados de calidad para un propósito de aplicación estructural, cuyas piezas de madera (tablas) son graduadas en forma mecánica y/o visual, sobre la base de su resistencia al esfuerzo (strength).(Vásquez et al., 2019)

a) Taxonomía de la madera *Pinus radiata*

El Pino radiata es originario de California, Estados Unidos (Dussan & Rincón, 2019) y la ubicación taxonómica de *Pinus radiata* es:

- Orden : Coniferales
- Familia : Pinaceae
- Género : Pinus
- Especie : Radiata
- Nombre científico : *Pinus Radiata*
- Nombre Común : Pino

El pino es un árbol que alcanza de los 60 metros de altura, crece en forma de pirámide y el tronco puede llegar a tomar de más de 1 m de diámetro. Posee una copa extensa, densa con ramas verticiladas, de color verde vivo y las hojas miden de 7 a 15cm de longitud.

b) Densidad

La densidad de la madera depende de la relación de masa y volumen. La masa y el volumen de la madera varían con el contenido de humedad por ser un material higroscópico, es decir la capacidad de ceder o absorber humedad del ambiente que lo rodea. La densidad es

una de las propiedades físicas más importantes, ya que están directamente implícitas las características mecánicas y de durabilidad de la madera. El conocimiento de la densidad y la estructura anatómica de la madera es importante para estimarla como material estructural. Espinoza & Macavilca (como se citó en Del Pezo & Loaiza, 2016) afirman: “Mediante la estructura anatómica de la madera se pueden deducir sobre las propiedades físicas y mecánicas, técnicas de procesamiento y utilización de la madera”.

Se puede determinar la densidad, a partir del contenido de humedad:

- Densidad Anhidra es la relación de masa y volumen de la madera completamente seca.
- Densidad Normal es la relación entre masa y volumen de la madera con un contenido de humedad de 12%.
- Densidad Básica es la relación entre la masa anhidra de madera y su volumen con humedad igual o superior al equilibrio higroscópico.
- Densidad Nominal es la relación entre el peso anhidro de la madera y su volumen con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad de Referencia: Es la relación de peso y volumen de la madera ambos con igual contenido de humedad.

c) Contenido de humedad.

La humedad se encuentra como agua ligada a las paredes celulares y como agua libre, en el interior de las cavidades celulares. La estructura de la madera puede almacenar una gran cantidad de humedad.

El porcentaje de agua que contiene la madera, por exposición a condiciones del medio ambiente, puede variar principalmente debido a la humedad y temperatura que predomine en el lugar donde se la utiliza.

d) Dureza.

La resistencia al desgaste, trabajado con herramientas, varía según la especie del árbol. La madera del duramen es más resistente que la de la albura de la madera. La madera seca es más resistente que la madera verde. (Pezo M. y Loaiza M. 2016).

Se clasifica en:

- Maderas duras: generalmente provienen de árboles de crecimiento lento y de hoja caduca, por lo que su densidad es alta.
- Maderas blandas: Generalmente se obtienen de árboles de especies coníferas. Son más livianas y de baja densidad.
- Maderas semiduras: Disponen densidad y resistencias variadas.

e) Encogimiento de la madera.

La madera es dimensionalmente estable cuando el contenido de humedad es mayor que el punto de saturación de la fibra. Se reduce el tamaño de la madera cuando pierde humedad de las paredes celulares y su tamaño aumenta al ganar humedad en las paredes celulares. (Winandy, J. 1994)

2.2.3 Propiedades direccionales de la madera.

La madera es un material anisotrópico, por lo que debido a la orientación de las fibras y la manera en que un árbol aumenta en diámetro según su crecimiento, las propiedades mecánicas varían a lo largo de tres ejes: longitudinal, radial y tangencial. Las propiedades de la madera difieren en cada una de las tres direcciones del eje, las diferencias entre los ejes radiales y tangenciales son relativamente bajas en comparación de las diferencias del eje radial o tangencial con el eje longitudinal (Winandy, J. 1994). La madera tiene una dureza de 20 a 200 veces mayor si se lo comprime en sentido longitudinal que en sentido radial o tangencial.

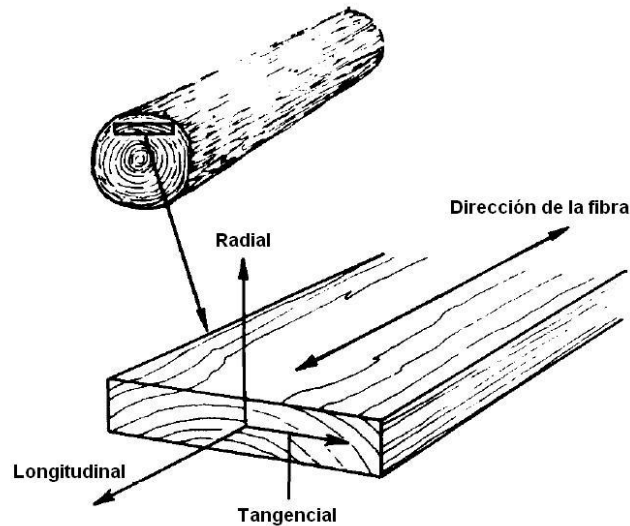


Figura 1. Ejes principales de la madera con respecto a la dirección a la fibra y a los anillos de crecimiento.

2.2.4 Propiedades mecánicas de la madera.

La estimación de las propiedades mecánicas es medida en términos de esfuerzos (fuerza por unidad de área) y deformación (deformación que es el resultado del esfuerzo aplicado). Los valores mecánicos de la madera se obtienen de las pruebas en laboratorio realizadas con madera limpia, sin deficiencias que reducirían la fuerza, como los nudos, las grietas, las rajaduras. (Winandy, J. 1994)

a) Resistencia a compresión.

Díaz (2005), indica que se diferencian dos tipos de fuerzas de compresión según el sentido en el que se aplique una fuerza, siendo estos la compresión paralela y compresión perpendicular a la fibra. Según Gálvez (2011), “la resistencia es máxima cuando se realiza en dirección paralela a la fibra” y es menor si se lo realiza en dirección perpendicular a la dirección de las fibras. En dirección axial se consiguen los máximos valores a compresión, ya que las fibras de la madera trabajan a manera de pequeñas columnas que se comprimen, siendo mucho mayor la resistencia frente a los valores que se obtienen en dirección perpendicular.

b) Resistencia a flexión.

La flexibilidad es la característica que tienen las maderas de ser dobladas o curvadas en el sentido longitudinal, sin romperse. Si son elásticas recuperan su estructura primera cuando se quita la fuerza que las ha deformado. La madera muestra especial capacidad para superar su límite de elasticidad por flexión sin que se rompa, siendo esta una característica que la hace útil para la curvatura. La madera verde, húmeda o calentada, es más flexible que la seca o vieja y tiene mayor límite de deformación. (Acuña y Casado, 2005).

2.2.5 Clasificación según uso de la madera.

➤ Uso no estructural

Se utilizan como: puertas, ventanas, enchapes para las paredes o como insumo en la elaboración de elementos que intervienen en la industria de la construcción como tableros. (Meza, 2010).

Existen tableros como el contrachapado, fibra, OSB, partículas y unidos de canto que son usadas mayormente en la solución constructiva. (Parra, 2014).

➤ Uso estructural

Son aquellas maderas que forman el armazón estructural de la edificación. Es decir, forma la parte resistente de componentes como muros o paredes, pisos, techos, pie derecho, columnas, vigas y cerchas.

Para edificaciones estructurales a base de madera generalmente se usa la madera aserrada y ella debe cumplir ciertas características antes de ser usada. La madera aserrada debe ser seca y debe poseer un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente donde va a ser instalada, no debe exceder un contenido de humedad de 22%.

- La madera aserrada deberá cumplir la Norma de Clasificación Visual por Defectos.
- Deberá pertenecer a alguno de los grupos definidos para madera estructural en la Norma.

- Las maderas estructurales de densidad alta y muy alta pueden ser trabajadas en estado verde para facilitar su labrado y clavado.
- Debe tener buena durabilidad natural o estar adecuadamente preservada.

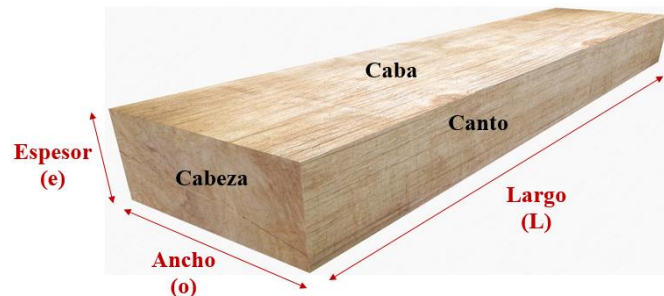


Figura 2. Términos usados en la definición de defectos. Fuente propia.

2.2.6 Definición de Términos básicos

a) Madera Rolliza

Es la madera en bruto, en estado natural, igual como se la corta, con corteza o sin ella, escuadrada en bruto o en distintas formas. Los usos de la madera rolliza son sencillos y tradicionales y no se emplea como leña. Se la usa como puntales, pie derecho, también para construcciones de casas campestres, edificaciones en medios rurales y agrícolas, como vallas, se utiliza también extensamente para soportes de andamiajes y tablas de encofrado.

b) 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.

c) Unión

Es el resultado de juntar dos o más piezas, entre sí, haciendo de ellas un todo. Existen distintos tipos de uniones:

- Articulada: la que permite movimientos angulares de una pieza respecto a otra.
- Clavada: aquella que utiliza clavos como elemento de unión

- Empernada: aquella que utiliza pernos como elemento de unión
- Encolada: aquella que utiliza cola o pegamento similar como elemento de unión.
- Mecánica: aquella que utiliza elemento de unión mecánico tales como pernos, clavos, tornillos, espigas, cuerdas, etc.
- Química: aquella que utiliza elementos de unión químicos tales como pegamentos, colas, adhesivos, etc.

d) 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.

2.2.7 Recurso forestal en el Perú

Según Camacho (2004) en América Latina “el Perú ocupa el segundo lugar en extensión de bosques con 68 277 114 Ha. Además la superficie total del territorio nacional asciende a 128 521 560 Ha, lo cual muestra que el bosque peruano ocuparía el 53.13% del territorio peruano.

Tabla 5
Superficie por regiones del Perú.

Región natural	Superficie	
	Hectáreas	%
Superficie de la costa	15087282	11.74
Superficie de la sierra	35898894	27.93
Superficie de la selva o amazonia	77353384	60.19
Total	128521560	100

Fuente INRENA, 2008.

Producción de madera rolliza y aserrada por departamento:

Tabla 6
Producción de madera rolliza y aserrada en el Perú.

Departamento	Rolliza (m3)	Aserrada(m3)
Amazonas	6555.95	3339.67
Ayacucho	2012.61	1042.53
Ancash	29828.06	25.66

Apurímac	723.66	218.00
Cajamarca	8193.97	1865.18
Cuzco	11195.64	6488.02
Huancavelica	5814.85	51.01
Huánuco	17624.03	11520.83
Junín	236016.82	122256.71
Lambayeque	140.10	0.00
La Libertad	44389.00	3610.00
Loreto	242398.00	7819.95
Madre de Dios	132191.81	68475.36
Pasco	27155.86	16948.03
Piura	0.00	0.00
Puno	1648.34	25.00
San Martín	45598.00	23619.76
Ucayali	276440.59	168399.43

Fuente: INRENA 2008.

La madera aserrada en la región de Puno es muy baja, las formas más comunes de producción de madera son a base de Eucalipto como madera rolliza.

Resumen de producción por productos:

Tabla 7
Producción por productos de madera en el Perú

Producto	Volumen (m ³)
Laminada y chapas decorativas	6045.34
Triplay	35830.24
Parquet	6757.61
Postes	3769.00
Durmientes	194.95
Madera aserrada	646156.79
Carbón	16987.26

Fuente: INRENA, 2008.

La madera aserrada es el producto más usado en el Perú.

2.2.8 Madera *Pinus Radiata* en Puno

Según indica (Revista Forestal del Perú), se han identificado localidades con más de 3800 m.s.n.m. como alturas aparentes para obtener crecimientos de *Pinus radiata*. El estudio ha realizado una serie de mediciones y ha encontrado una función de producción, con incrementos significativos; esto se debe al efecto benéfico que sobre la ecología de la región

en general; influyen las aguas del Lago Titicaca y Arapa en un ámbito de 1 000 000 de Ha.

Ver Tabla 1.

Según indica la Noticia (plantaciones forestales SERFOR), El Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL) en coordinación con AGROIDEAS, SERFOR y el Comité de reforestación de Huancho Llachoani realizó el lanzamiento de la “Campaña Forestal Agraria 2017-2018”, en el distrito de Huancané, donde se realizó la plantación de 14 hectáreas de pino. En la zona de Rosaspata, Huancané-Puno, tiene un área de 1,5 Ha de 3075 árboles de *Pinus radiata* y además que se hicieron plantaciones años atrás según la “Agencia Agraria Huancané” y que muy pronto tendrán la función como uno de los maderables usados en el mercado para la región.

2.2.9 Clasificación visual

Grietas. Se observan como separaciones discontinuas y superficiales, de aproximadamente un milímetro de separación y a 2 a 3 mm de profundidad. Se permiten moderadamente. Este defecto se produce durante el proceso de secado. La acumulación de sus profundidades, medidas desde ambos lados, no debe exceder un cuarto del espesor de la pieza.

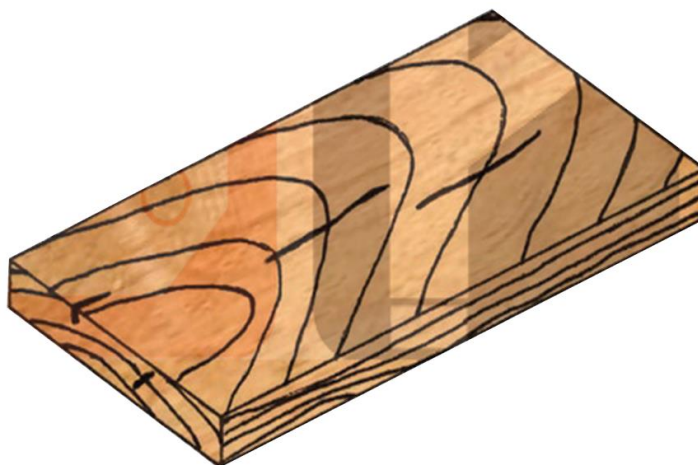


Figura 3. Grietas, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.

Escamadura. Es la separación del leño entre dos anillos de crecimiento consecutivos. No se permite en las aristas. Se observan como escamas superficiales en las caras

tangenciales de una pieza de madera. Se permite en las caras si es paralela al eje de la pieza, de una profundidad menor a un décimo del espesor y una longitud no mayor de un cuarto de la longitud total.

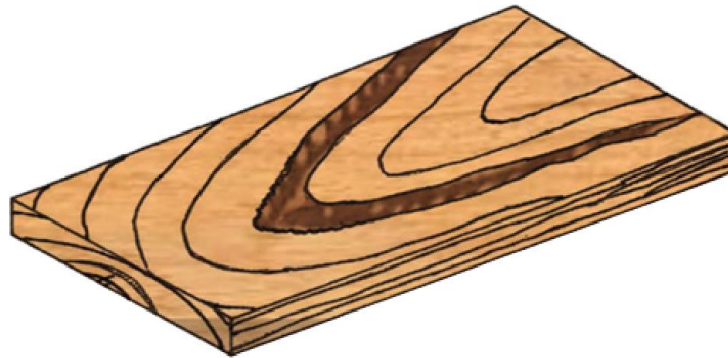


Figura 4. Escamadura, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.

Rajaduras. Son separaciones naturales entre los elementos de la madera que se extienden en la dirección del eje de la pieza y afectan totalmente su espesor, o dos puntos opuestos de una madera rolliza. Se permite sólo en uno de los extremos de la pieza y de una longitud no mayor al ancho o cara de la pieza. Se observan como separaciones del tejido leñoso en la dirección del grano.

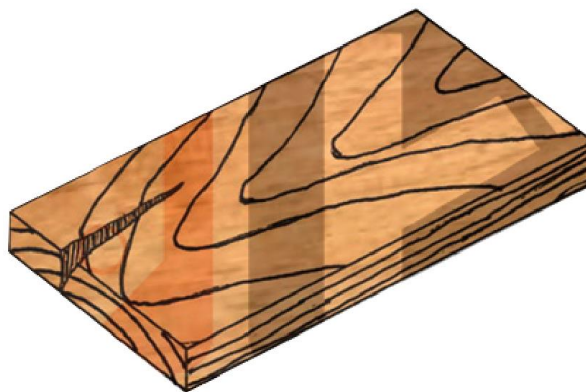


Figura 5. Rajadura, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.

Grano inclinado. Es la desviación angular de las fibras de la madera en relación al eje longitudinal de la pieza. Es la desviación angular que presenta el grano con respecto al eje longitudinal de la pieza. Se permite en cara o canto hasta un máximo de 1/8 de inclinación. Es necesario hacer uso repetido del detector del grano sobre las caras y cantos de la pieza.

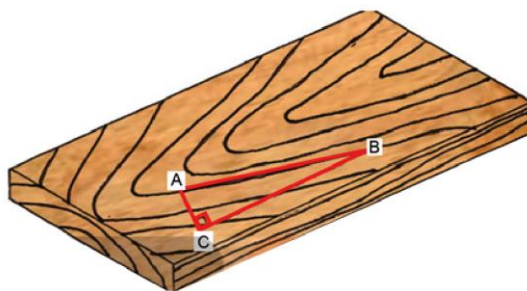


Figura 6. Grano inclinado. Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.

Nudo. Es el área de tejido leñoso, resultado del rastro dejado por el desarrollo de una rama, cuyas características organolépticas y propiedades son distintas a la madera circundante.

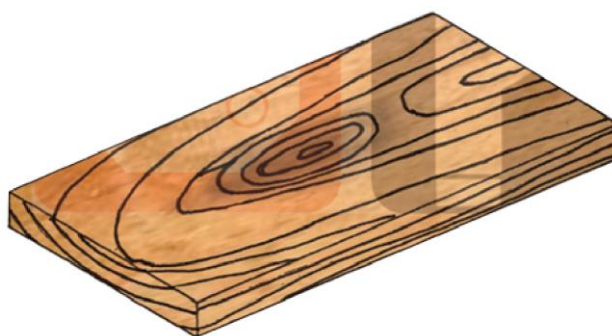


Figura 7. Nudo, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.

Arqueadura. Es el alabeo o curvatura a lo largo de la cara de la pieza. Al poner la pieza sobre una superficie plana se observará una luz o distanciamiento entre la cara de la pieza y la superficie de apoyo. Se permite 1 cm por cada 300 cm de longitud o su equivalencia

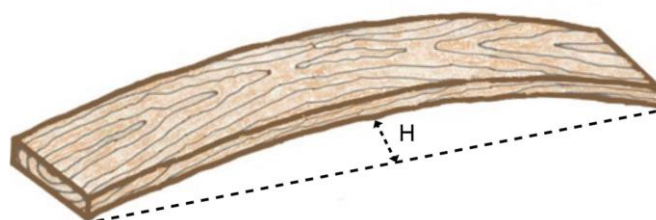


Figura 8. Arqueadura, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.

Encorvadura. Es el alabeo o curvatura a lo largo del canto de la pieza. Al colocar la pieza sobre una superficie plana se observará una luz o separación entre el canto de la pieza

de madera y la superficie de apoyo. Se ubicará el lugar de mayor distanciamiento para ser medido. Se permite 1 cm por cada 300 cm de longitud.

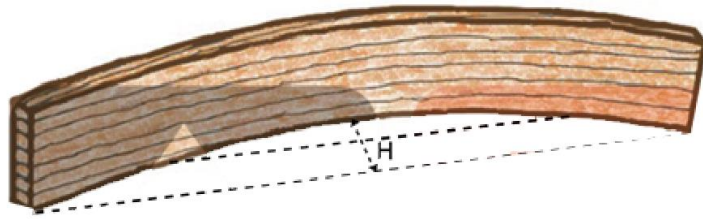


Figura 9. Encorvadura, Manual de construcción de vivienda de madera, 2014.

2.2.10 Sistema de armaduras

Las cerchas o armaduras de cubierta como también se las conoce, son elementos estructurales de mucha resistencia y muy económicos, tanto en mano de obra como en materiales.

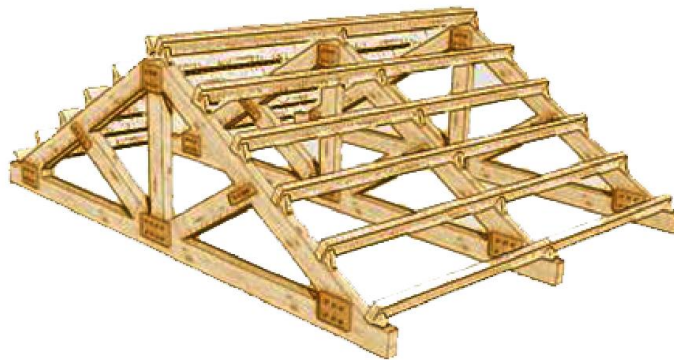


Figura 10. Cobertura de madera. JUNAC, 1984.

Para la fabricación de las cerchas se emplean piezas esbeltas y de poca longitud, ya que estas pueden empalmarse a todo lo largo de la cercha. Por los esfuerzos a que están sometidos sus elementos, las armaduras no deben ser cortadas o taladradas en ningún lugar. Existen distintos tipos de cerchas, las cuales se usan de acuerdo a las necesidades particulares de la edificación. Pueden ser de una sola agua, dos aguas. Toda pieza de madera debe estar “sana” o libre de pudrición alguna y ataque visible de hongos, no debe provenir del centro, corazón o médula del árbol y no debe presentar rajaduras ni aristas faltantes, en ningún caso debe ser mayor a un contenido de humedad de 22%. Los defectos de secado tales como

grietas y arqueaduras deberán ser leves, de tal forma que puedan corregirse en la instalación con el acabado final de la pieza. Para la construcción de tijerales “es recomendable el uso de maderas del grupo C, pues debido a su baja densidad son fáciles de clavar y livianos por su montaje.

➤ **Tipos de armaduras**

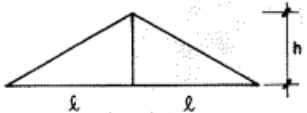
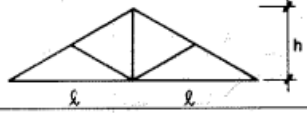
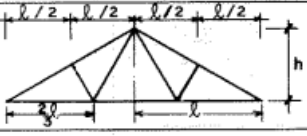
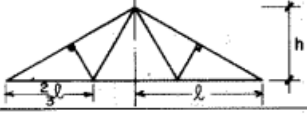
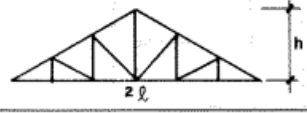
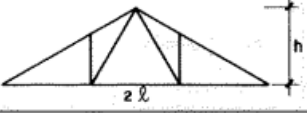
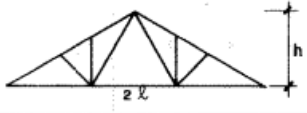
FORMA	LUCES APROPIADAS, m	$\frac{h}{\ell}$
 <p>A o Montante maestro</p>	4 - 9	$\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$
 <p>Montante maestro</p>	4 - 9	$\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$
 <p>W</p>	4 - 9	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
 <p>W (diagonal \perp a cuerda)</p>	4 - 9	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
 <p>Howe</p>	6 - 12 o más (con más paños)	$\frac{1}{4} - \frac{5}{12}$
 <p>Pratt</p>	8 - 12 o más (con más paños)	$\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$
 <p>Abanico</p>	6 - 12	$\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$

Figura 11. Tipos de armadura. JUNAC, 1984.

La armadura tipo Howe es el mejor que bajo cargas verticales los miembros diagonales de la armadura tipo Howe trabajan a compresión y los verticales a tensión, es por

esto que comúnmente se adapta mejor en construcción con madera que en acero. (Mendoza, 2016)

➤ **Ventajas del sistema de armaduras:**

- Por la característica del sistema el peso muerto es bajo resistiendo sobrecargas eficientemente.
- Cada uno de los elementos de una armadura puede ser diseñado y ubicado de tal manera que su capacidad final sea mucho mayor que la de una viga sólida de madera.
- Las armaduras son muy fáciles de fabricar y pueden ser producidas masiva y eficientemente.
- Especialmente para armaduras ligeras no son necesarios procedimientos de montaje a gran altura complejos que puede ser realizados por mano de obra no especializada.
- La capacidad de cubrir grandes luces generalmente elimina la necesidad de disponer interiormente de paredes portantes, ofreciendo de este modo una gran flexibilidad de diseño en la planta arquitectónica.
- El sistema de armaduras ofrece una gran variedad de pendientes de techo y formas de cielo raso, dándole al diseñador muchas alternativas para obtener efectos visuales agradables tanto el interior como exteriormente.
- Considerando que las armaduras son diseñadas para cada ocasión que van a ser usadas es posible proponer condiciones de carga y formas estructurales especiales sin que esto represente mayores problemas.
- Por lo general las barras y las cuerdas de las armaduras pueden ser fabricadas con piezas cortas y de poca sección, ya sea uniéndolas para conseguir más longitud en su defecto fabricando la armadura en dos mitades que son unidas en la obra.

➤ **Desventajas del sistema de armaduras:**

- En lugares con sistemas deficientes de comunicación vial pueden existir problemas para transportar armaduras muy largas o de mucho peralte debido al ancho y las curvas en carreteras, así como a la altura de los puentes y cables aéreos.
- Para armaduras muy pesadas pueden ser necesario equipos sofisticados para levantar lo cual agrega costos o hace imposible su uso en algunas zonas alejadas.
- Las armaduras que requieren uniones con cartelas metálicas, pernos, conectores o colas sintéticas, requieren mano de obra semi-calificada que no siempre se encuentra disponible.

2.2.11 Diseño estructural

Según la JUNAC (1984) se debe analizar por procedimientos convencionales de análisis lineal y no elástico. La determinación de los efectos de las cargas (deformaciones, fuerzas, momentos) se debe efectuar con hipótesis concernientes y con los métodos aceptados en la buena práctica de la ingeniería.

El método de diseño de elementos en maderas debe hacerse para cargas de servicio o método de esfuerzos admisibles. Los requisitos de resistencia en los elementos estructurales deben diseñarse para que los esfuerzos aplicados, producidos por las cargas de servicio, sean iguales o menores que los esfuerzos admisibles del material. Los requisitos de rigidez en las deformaciones deben evaluarse para las cargas de servicio. Es necesario considerar los incrementos de deformación con el tiempo (deformaciones diferidas) por acción de cargas aplicadas en forma continua.

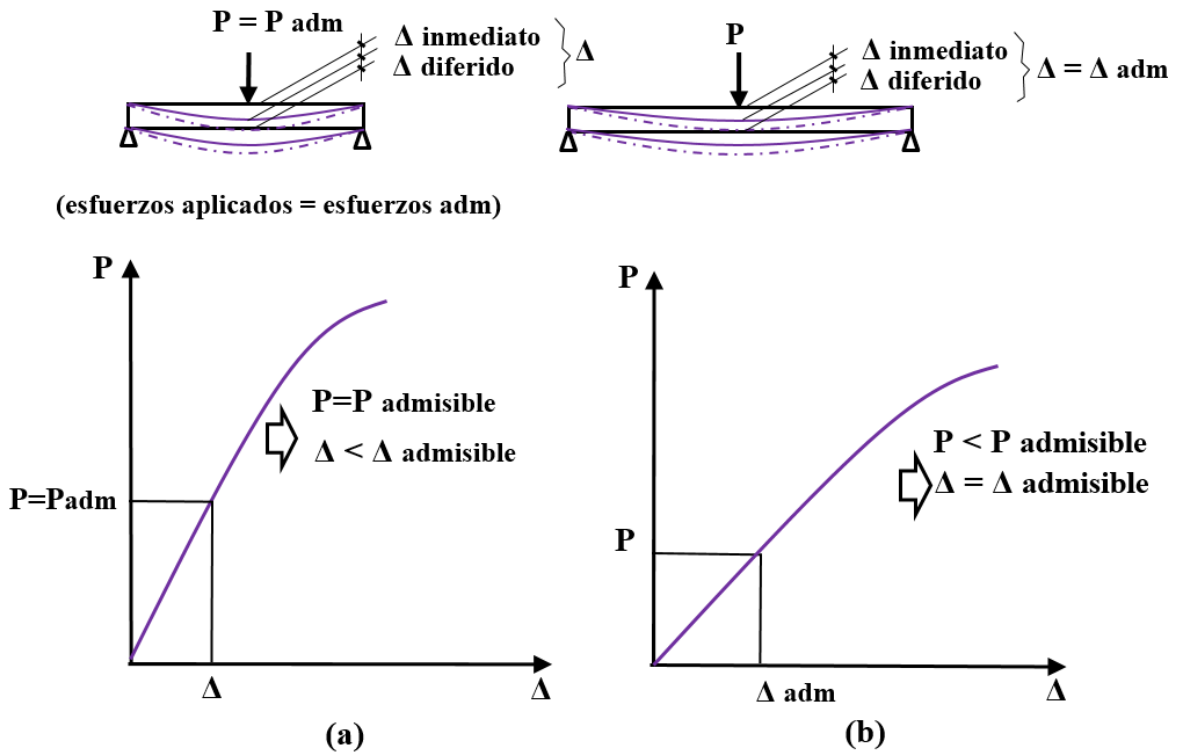


Figura 12. Requisitos de resistencia en los elementos. JUNAC, 1984.

Las deformaciones de los elementos y sistemas estructurales deben ser menores o iguales que las admisibles.

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

- Peso propio y de otras cargas permanentes o cargas muertas considerando un estimado apropiado de la densidad del material, e incluyendo las cargas provenientes del peso de otros componentes de la edificación estructurales o no.
- Sobrecargas de servicio o cargas vivas, es decir, todas aquellas cargas que no forman parte del peso propio de la edificación pero que la estructura está destinada a resistir.
- Sobrecargas de sismos, vientos, nieve y temperatura. Estas deben considerarse de acuerdo a los reglamentos y códigos vigentes en la zona de ubicación de la construcción.

Cuando las sobrecargas de servicio o cargas viva sean de aplicación continua o de larga duración con relación a la vida útil de la estructura (sobrecargas de bibliotecas o

almacenes, por ejemplo), éstas deben considerarse como cargas muertas para efectos de la determinación de deformaciones diferidas. Esto se debe realizar de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E 020 Cargas.

2.2.12 Diseño de armaduras ligeras hasta 12 m de luz

En el diseño estructural de madera sismo resistente, las fuerzas dependen del sitio de implantación geográfica del proyecto, con las propiedades inherentes al tipo de suelo de emplazamiento y la buena distribución interna de masa y rigidez de los elementos que conforman la estructura del inmueble.

Hay dos aspectos que considerar en el dimensionamiento inicial de una armadura: La forma exterior o contorno, que para una luz determinada se refiere a la altura de armadura o su pendiente, y la distribución interna de las barras, que es función de su máxima longitud recomendable y la necesidad de su triangulación para transmitir las cargas a los apoyos. La ubicación de las correas que reciben la cobertura influye también en la ubicación de los nudos y por consiguiente en el número de paños. La pendiente de una armadura se define como la inclinación de sus aguas, o sea el ángulo que hace la cobertura con la horizontal.

El espaciamiento más económico depende del costo relativo de las armaduras, de las correas y cobertura. Es conveniente usar el mayor espaciamiento entre armaduras porque resulta por lo general, en el diseño más económico.

La configuración de elementos internos de las armaduras debe procurar paños tales que reduzcan el número de nudos, debido al alto costo involucrado en su fabricación total. También debe considerarse:

- Que la esbeltez de los elementos a compresión no debe ser excesiva, ya que la capacidad de carga disminuye rápidamente con el incremento de la esbeltez.

- Que la flexión en las cuerdas superiores, debido a cargas en el tramo, no debe ser excesiva ya que el efecto magnificador de la presencia simultánea de la carga axial la hace más desfavorable.
- Que el ángulo interno entre las cuerdas y diagonales no sea muy pequeño, porque esto resulta esfuerzos muy grandes y requiere uniones excesivamente reforzadas.

2.2.13 Tipos de elementos

En armaduras de madera se usan normalmente elementos simples y múltiples. Para armaduras ligeras los más comunes se limitan a elementos de una o dos piezas paralelas. Para armaduras de mayores dimensiones se usa una variedad de combinaciones de elementos de diversas características como se ve en el siguiente gráfico.

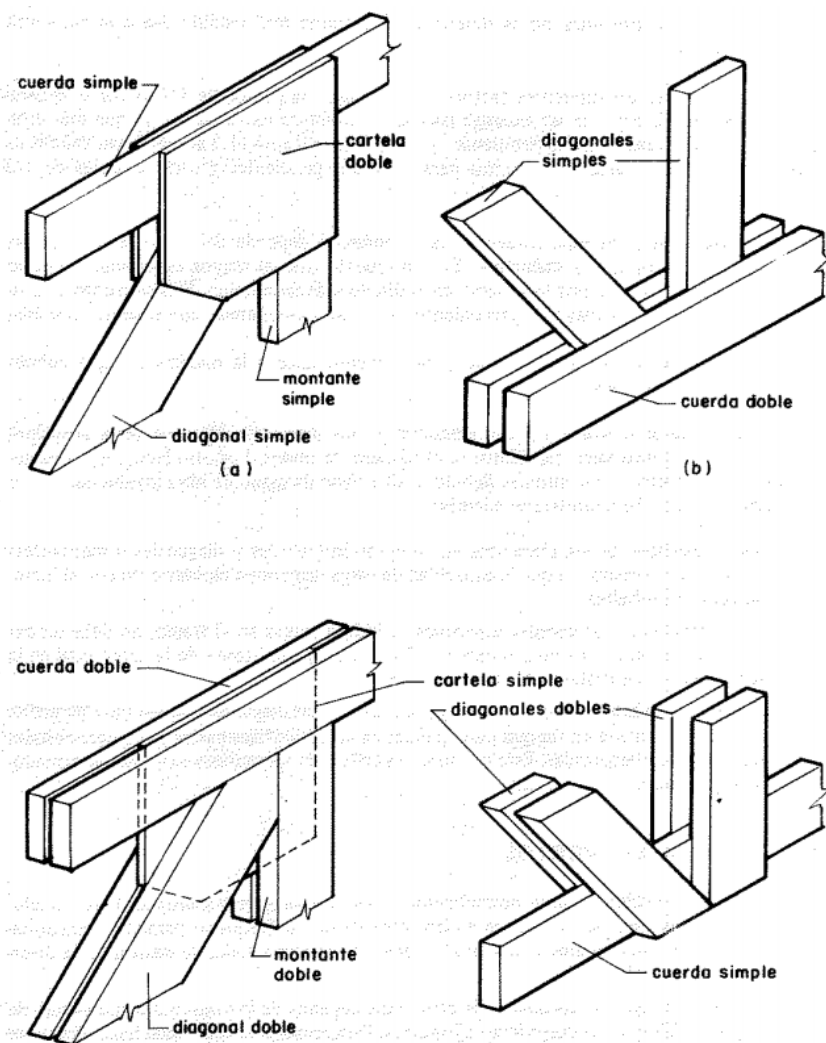


Figura 13. Elementos de empalme en las armaduras de madera. JUNAC, 1984

En el diseño de nudos para las uniones, se consideran soluciones con clavos y pernos, así como refuerzos en las barras tales como cartelas, madera sólida contrachapada, pletinas, bloques de refuerzo. En la figura 14 se muestra diferentes posibilidades de solucionar los nudos más comunes usados en la construcción.

TIPOS UNION	CLAVADAS			EMPERNADAS		
	CON REFUERZO		SIN REFUERZO	CON REFUERZO		SIN REFUERZO
	EXTERIOR	INTERIOR		EXTERIOR	INTERIOR	
UNION 1 						
UNION 2 						
UNION 3 						

Figura 14. Nudos comunes usados en la construcción. JUNAC, 1984.

2.2.14 Criterios de diseño:

- a) Es recomendable el uso de maderas del Grupo C, debido a su baja densidad son más livianas para su montaje, y son fáciles de clavar. Para el uso de Maderas de los demás grupos debe usarse preferentemente uniones empernadas o atornilladas.
- b) Las secciones de los elementos no deben ser menores de 6.5 cm de peralte y 4 cm de ancho. A menos que se utilicen cuerdas de elementos múltiples.
- c) En caso de que la separación entre armaduras sea menor a 60 cm, los esfuerzos admisibles pueden ser incrementados en un 10 %.

2.2.15 Hipótesis usuales:

- a) Los elementos que componen las armaduras pueden considerarse rectos, de sección transversal uniforme, homogéneos y perfectamente ensamblados en las uniones.
- b) Para armaduras de techos: Las cargas de la cobertura se transmiten a través de las correas; estas a su vez pueden descansar directamente en los nudos o en los tramos entre nudos de la cuerda superior originando momentos flectores en estos elementos.
- c) Las fuerzas internas axiales en las barras de las armaduras pueden calcularse suponiendo que las cargas externas actúan en los nudos. Cuando este no sea el caso, se podrá reemplazar la acción de las cargas repartidas por su efecto equivalente en cada nudo.
- d) Los efectos de flexión debidos a las cargas del tramo se superpondrán a las fuerzas internas axiales, para diseñar los elementos como viga-columna sometida a flexo compresión.

2.2.16 Consideraciones para el Diseño.

En el análisis y diseño de las estructuras de madera deberán respetarse los principios básicos de la mecánica estructural. Se utilizarán procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico. (JUNAC, 1984)

Los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas serán calculados considerando el material como homogéneo, isotrópico y de comportamiento lineal, y con las hipótesis habituales de la teoría de vigas.

En el diseño de estructuras de madera todos los cálculos se harán con base en las dimensiones reales de los elementos utilizados, teniendo en cuenta las reducciones. En ningún caso se deben utilizar estructuras de madera cuando la temperatura a la cual va estar sometidas excede 65°C.

Se considera que el diseño se hace con madera aserrada. Los resultados de los ensayos de laboratorio, en probetas pequeñas libres de defectos son compatibles con la madera aserrada, y no con la rolliza porque en ésta se incluyen partes del árbol, que no forman parte de las probetas pequeñas libres de defectos, según expresamente de indican en las normas generalmente aceptadas.

Giraldo (citado por Acero, 2016) define a la vivienda: “como un conjunto de espacios abiertos y cerrados dispuestos convenientemente para alojar a una familia, constituyéndose en elemento indispensable para su existencia, conservación y desarrollo. Por consiguiente, no es solo la casa, sino todo lo que está relacionado con ella y con sus habitantes. Los espacios cerrados y vacíos son relacionado con diferentes actividades que involucra todo el dinamismo humano, desde el simple descanso y albergue, acompañado de condiciones para un ocio dirigido, eficiente y productor de satisfacción y comodidad.

2.2.17 Desviación estándar

La desviación estándar es una medida de variabilidad y también es el promedio de desviación de las puntuaciones con respecto a la media. Esta medida se expresa en las unidades originales de medición de la distribución. Se interpreta en relación con la media. Cuanto mayor sea la dispersión de los datos alrededor de la media, mayor será la desviación estándar.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología de investigación

La metodología de la investigación es cuantitativa. Se realizó la prueba de hipótesis utilizando tabla de valores “t” lo cual permitió comparar la madera como material estructural en la lista de especies agrupadas del RNE E010.

3.2 Diseño de la investigación

Diseño no experimental transversal, puesto que no se modificaron variables, sino que el objeto de estudio se hizo tal como se obtuvo los resultados, se comparó en la lista de especies agrupadas de la NTP E010 y se diseñó como material estructural.

3.3 Formulación de hipótesis

3.3.1 Hipótesis General.

La madera *Pinus Radiata* es factible para usarlo como material estructural en construcción de tijerales para cobertura en viviendas de la región Puno.

3.3.2 Hipótesis específicos.

- Las propiedades físicas de la madera *Pinus Radiata* será suficiente para clasificarlo en el grupo “C”, ideal como madera estructural.
- Las propiedades Mecánicas de la madera *Pinus Radiata* será suficiente para clasificarlo en el grupo “C”.
- Los resultados ante el comportamiento del tijeral tipo howe del modelo físico ensayado serán adecuados para el uso de tijerales.

3.4 Operacionalización de variables

Operacionalización de variables								
Variable	Tipo de Variable	Operacionalización	Categorías	Definición	Indicador	Nivel de medición	Unidad de medida	Valor
<u>Independiente</u> Propiedades físicas y mecánicas de la madera Pinus Radiata	Cuantitativo	Cálculo de las características físicas y mecánicas mediante ensayos en laboratorio	Propiedades físicas- Propiedades Mecánicas	Son las características inherentes, que permiten diferenciar un material de otro	1. Densidad 2. Resistencia a flexión 3. Resistencia a Tracción paralela a las fibras 4. Resistencia a compresión paralela a las fibras 5. Resistencia a compresión perpendicular las fibras 6. Resistencia a corte paralelo a las fibras	Datos numéricos	De fuerza sobre área(kg/cm ²) y masa sobre volumen (g/cm ³)	se toma 3 datos hallados de los ensayos de laboratorio y se consigue la media para generalizar el resultado.
<u>Dependiente</u> Factibilidad de uso de la madera Pinus Radiata como material estructural	Cuantitativo	Evaluación de resultados de laboratorio	Factibilidad de uso de madera como material estructural	La factibilidad del uso de la madera como material estructural se verifica por sus propiedades físicas y mecánicas	Propiedades físicas y propiedades mecánicas	Escala de intervalo	De fuerza sobre área(kg/cm ²) y masa sobre volumen (g/cm ³)	

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

La población estará constituida por los árboles de *Pinus Radiata* de la provincia Moho-Puno. Se obtuvo probetas que fueron estudiadas mediante ensayos que determinaron sus propiedades físicas mecánicas según las siguientes normas: densidad básica (NTP 251.011), contenido de humedad (NTP 251.010) y flexión estática (NTP 251.107).

3.5.2 Muestra

Según el RNE E.010 para la colección de muestras directamente del bosque “se puede aceptar un mínimo de cinco árboles”. Se llevó a cabo teniendo en cuenta la Norma 251.008, seleccionando la zona, los árboles por muestreo aleatorio simple. Se extrajo trozas, luego vigueta y finalmente las probetas. Las características fueron un fuste recto, libre de tensiones y esfuerzos previos. La investigación se realizó con un nivel de confianza de 95%. Y estas características permitieron obtener resultados confiables.

3.5.3 Delimitación del estudio

De los 5 árboles se extrajeron 20 vigas a escala natural de 4 cm x 14 cm x 301 cm para esfuerzos a flexión. También se consiguieron 30 vigas de 4cm x 4cm x 14cm para contenido de humedad y 30 vigas de 3 cm x 3 cm x 10 cm obtener la densidad.

3.5.4 Zona de estudio



Figura 15. Zona de extracción de muestras para los respectivos ensayos.

Para la selección de las zonas de estudio se recurrió al Vivero Forestal Trapiche distrito de Moho de la Provincia de Moho donde se ubicó el área más poblada de árboles de pino, el 01 de octubre de 2019.

3.6 Metodología y plan de trabajo

Para el avance del presente estudio se han realizado trabajos en campo y gabinete. Se consiguieron las muestras de madera *Pinus radiata* obteniendo permiso para su extracción y posteriormente el aserrado para ensayarlas en los laboratorios de ingeniería civil. También se realizó los cálculos necesarios para obtener el módulo de elasticidad, el módulo de rotura de las vigas, la densidad y el contenido de humedad de las muestras. También se construyó y sometió la armadura a ensayo a compresión.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Instrumentos de recolección de datos

Como pertenece a la investigación cuantitativa, el método a usar fue la observación participante, que se realizó los ensayos a todas las muestras obtenidas. Hubo un procedimiento estructurado, fue regulada y controlada a través de normas peruanas y el manual de diseño para maderas. (Hernández et. al, 2014)

Las muestras fueron ensayadas y analizadas en los laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión. En máquinas de flexión y otros equipos y herramientas necesarios para conocer su características física y mecánica.

3.7.2 Instrumentos de medición

Se usó las normas NTP 251.104 madera aserrada, clasificación visual para maderas, 251.107 madera aserrada para uso estructural, 251.010 madera, métodos para determinar el contenido de humedad y 251.011 madera, Método para determinar la densidad.

3.7.3 Plan de procesamiento de datos

Para validar los resultados de contenido de humedad y módulo de elasticidad se usó las pruebas T con medidas de posición no central en donde se escogió el límite inferior de percentil al 5% de los resultados con una desviación estándar máxima de 22. (RNE E010, 2014), además se analizaron variables y se presentaron histogramas.

Al final se diseñó una armadura para vivienda con las características de la madera proceso realizo según el manual de diseño para maderas. (JUNAC, 1984)

3.8 Procedimiento y plan de trabajo

Para la recopilación de datos de las características físicas y mecánicas de la madera *Pinus radiata* se usó las plantillas obtenidas de las normas NTP 251.107 y 251.104.

Culminado el procesamiento de datos se analizó los resultados. Una vez obtenidas los datos de resistencia a flexión, contenido de humedad y densidad se procedió a verificar y analizar los resultados.

3.8.1 Información de densidad poblacional de árboles de *Pinus radiata*

Para la obtención de la densidad poblacional de árboles de pino en Puno, se realizó visitas a distintas entidades públicas como el SERFOR Puno, Dirección Zonal de Agro Rural Puno, Dirección Regional Agraria Puno, Agencia Zonal Agro Rural Huancané-Moho-San Antonio de Putina, Agencia Agraria Huancané, y se pidió información sobre la densidad poblacional de la especie *Pinus radiata* en la región de Puno.

Además, se realizó la solicitud de información por medio del Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR, el acceso a la información sobre dicha densidad población.

Según información del registro de plantaciones forestales recogida por la ATFF Puno existen 269 árboles de pinos en un área de 5,28 hectáreas con fines de protección plantados

en 1979. El registro se realizó el día 04 de octubre de 2019. La plantación se encuentra en el Centro Poblado Salcedo en el distrito de Puno, provincia de Puno, departamento de Puno.

También hay un registro recogido por la ATFF Puno en el Centro Poblado Tahuaco, distrito de Yunguyo, provincia de Yunguyo, en el departamento de Puno. Se registró un total de 89 árboles en un área de 0,86 hectáreas con fines comerciales plantados en enero de 1965. Esta plantación se registró el día 04/10/2019.

3.8.2 Selección y colección de muestras

Según el NTP. 251.108 para la adquisición de muestras se debe extraerlas de un bosque. Se realizó la selección de muestras con la ayuda del Ing. Herbert Flores Merma, director de la agencia agraria moho, por el método de muestreo aleatorio simple en un área de 7 Ha plantados de Pino hace 31 años que pertenece al vivero forestal trapiche de Moho. Generalmente los árboles maderables requieren 30 años de aprovechamiento. (López Correa, Martínez Montoya, & Velásquez Porras, 2014)



Figura 16. Selección de árboles de pino, elaboración propia

- Procedencia de las muestras

La especie *Pinus radiata* proviene del Vivero Forestal Trapiche ubicada en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno. El vivero forestal Trapiche tiene una superficie territorial de 41.46 ha. Donde se encuentran plantaciones como pino, eucalipto, ciprés y otras especies nativas de la zona.

- Preparación de muestras

Se realizó extracción de 36 listones de madera de sección de 15 x 15 cm² con longitud de 3.25 m. de la parte inferior del fuste de cada árbol. Luego de ello se realizó el acarreo manual para transportarlo a la carretera y posteriormente a la ciudad de Juliaca.

En la ciudad de Juliaca se realizó el aserrío donde se dio las dimensiones necesarias. Posterior a ello se realizó el traslado de las muestras a la Universidad Peruana Unión ubicada en la carretera Arequipa Km. 7 donde se dispuso las muestras para su secado natural para luego ensayarlas en los laboratorios de la escuela profesional de Ingeniería Civil.



Figura 17. Listones de madera pin, elaboración propia.

- Número de muestras para los ensayos

La JUNAC (1984) indica que son 20 probetas para cada ensayo, y menciona límites para encontrar el valor representativo, donde se adopta un criterio diferente al 5° percentil

que pertenece a la estadística de probabilidades. El criterio aceptado por la JUNAC “límite de exclusión del 5%”, representa un mejor resultado para la población de árboles por especie.

- Ensayo Físico

Para el contenido de humedad se realizó la extracción de probetas de 4 x 4 cm² de sección por 10 cm de longitud por cada viga a escala natural ensayada. La ubicación de la probeta fue obtenida de 1/3 de la luz de la viga.

Para la densidad se realizó la extracción de las probetas de sección de 3 x 3 cm² de sección y 10 cm de longitud de cada árbol. La ubicación de las probetas fue la parte inferior, medio y superior del fuste inferior del árbol de 3.25 m de longitud.

- Ensayo mecánico

El ensayo a flexión estática se realizó de acuerdo a la NTP. 251.107 para vigas a escala natural. Se realizaron muestras de sección 4 x 14 cm² y 3.01 m de longitud. Donde la luz libre fue de 2.91 m. Las muestras fueron un total de 20 vigas. También se calculó el módulo de elasticidad con los resultados obtenidos del ensayo a flexión.

3.8.3 Propiedades físicas

- Contenido de humedad

El ensayo fue realizado en cumplimiento a la NTP 251.010. Una vez ensayadas las vigas se consiguió las probetas mencionadas anteriormente para colocarlas a la estufa a una temperatura de 103 °C +-2 °C hasta alcanzar un peso constante.

Cálculo del contenido de humedad

$$CH\% = \frac{P \text{ húmedo} - P \text{ anhidrido}}{P \text{ anhidrido}} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

CH%= Contenido de humedad (%)

P= Peso de la muestra



Figura 18. Probetas secas después de haber obtenido un peso constante para el respectivo pesado en la balanza.

- **Densidad**

El ensayo se realizó en cumplimiento a la NTP 251.011. Se realizó las pruebas con el método de desplazamiento con agua. Se determina el volumen en estado verde, para ello se saturaron las muestras durante 5 días en agua. Luego se introdujo la probeta en un vaso de vidrio de medida con agua de 1000 ml. Se registra el volumen inicial de agua y el volumen final de agua (i.e. con la muestra) como se muestra en la siguiente ecuación:

$$V_{sat} = L1 - L2 \quad (2)$$

Luego se introducen las muestras en el horno a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se retiraron las muestras luego de 30 horas y se pesaron. Se obtuvieron las densidades con la siguiente ecuación que se muestra:

$$D.B = \frac{W_{an}}{V_{sat}} \quad (3)$$

Donde:

D.B = Densidad básica (gr/cm^3)

W_{an} = Peso anhídrido de la muestra (gr)

V_{sat} = Volumen saturado de la muestra (cm^3)

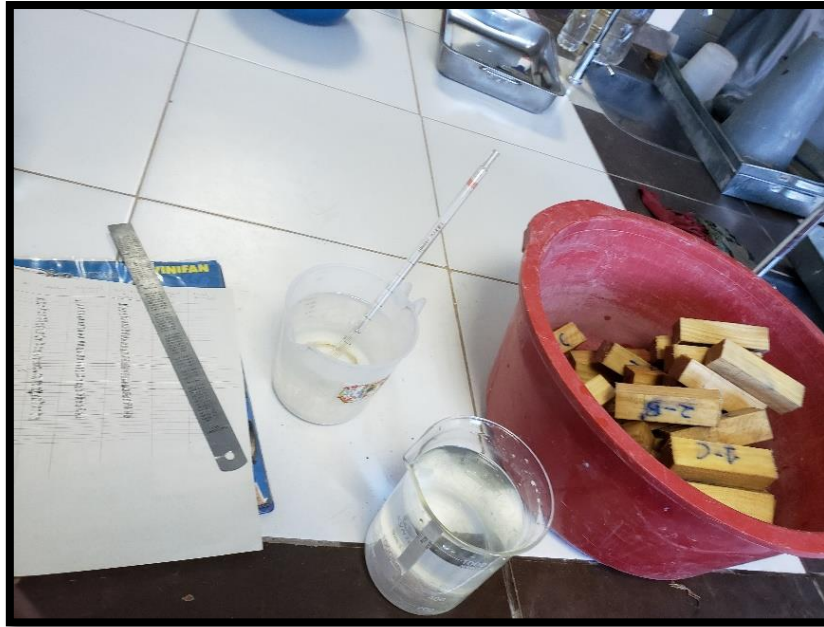


Figura 19. Pruebas con el método de desplazamientos de aguas para la densidad básica

3.8.4 Propiedades mecánicas

- Ensayo de flexión estática en vigas a escala natural

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la NTP. 251.107. Para ello se realizó la clasificación visual según la NTP. 251.104, de ellos se obtuvo 30 vigas donde se realizaron los ensayos en el laboratorio de estructuras.

Las vigas se colocaron en la máquina de ensayo universal a una luz libre de 291 cm y longitud de apoyos 5 cm a cada lado, la longitud total de la madera fue de 301 cm y se colocaron soportes laterales a cada lado a $1/3L$ y $2/3$ de L en la cara superior de la viga.



Figura 20. Ensayo de vigas a escala natural.

a) Fórmula empleada para el cálculo del módulo de elasticidad

$$E_m = \frac{al_1^2 \Delta F}{16I \Delta w} \quad (4)$$

Donde:

a : distancia entre el punto de carga y punto de apoyo en la viga, en milímetros.

l₁ : luz para determinar el módulo de elasticidad, en milímetros.

ΔF : incremento de carga por debajo del límite proporcional, en Newtons.

I : momento de inercia de la sección, determinado de su dimensión actual, en milímetros a la cuarta potencia.

Δw: deformación bajo incremento de carga, en milímetros.

Em: módulo de elasticidad, en megapascales.

Según la NTP 251.107 indica los módulos de elasticidad obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras para una misma especie se ordenan de menor a mayor, se numeran y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del número total de ensayos. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión del 5 % (5° percentil).

- Fórmula empleada para el cálculo de resistencia a flexión

$$f_{m,u} = \frac{aFu}{2Z} \quad (5)$$

Donde:

a : distancia entre el punto de carga y el punto de apoyo de la viga, en milímetros.

Fu: carga máxima, en Newtons.

Z : módulo de la sección, en milímetros cúbicos.

$$Z = \frac{b x h^2}{6} \quad (6)$$

Según la NTP 251.107 indica los esfuerzos máximos (f_{mu}) obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras para una misma especie se ordenan de menor a mayor, se numeran

y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5 % del número total de ensayos. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión del 5 % (5° percentil).

b) Fórmula empleada para el cálculo de esfuerzo admisible

Según la NTP 251.107 indica para determinar el esfuerzo admisible y los módulos de elasticidad mínimo promedio, los valores a considerar se obtendrán solamente de muestras que cumplen con lo establecido en la NTP 251.104 con la clasificación visual de las muestras libres por defectos.

- Esfuerzo admisible

$$f_{adm,m} = \frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times f_{básico,m} \quad (7)$$

Donde:

FC : coeficiente de reducción por calidad.

FT : coeficiente de reducción por tamaño.

FS : coeficiente de servicio por seguridad, igual a 2.0

FDC : coeficiente de duración de carga, igual a 1.15

$F_{básico,m}$: esfuerzo básico en flexión, en mega Pascales (N/mm²)

h : peralte de la viga, en milímetros.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

4.1.1 Clasificación visual

Tabla 8

Vigas que cumplen con los requisitos de la NTP 251.104

Defecto	Vigas Escala Natural (EN)																			
	3-3	5-7	3-5	3-6	2-1	2-6	5-6	2-7	5-4	2-3	1-4	5-10	4-6	3-2	1-2	S-N1	S-N2	1-3	S-N3	S-N4
1 Grietas profundas (en cara y canto)																				
1.1 Suma de longitudes (cm)	7	0	11	29	11	15	13	18	19	0	21	14	12	0	9	27	13	19	29	0
1.2 Ancho (mm)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
2 Escamadura																				
2.1 Longitud (cm)	4	27	17	0	5	11	1	28	1	27	8	16	12	0	22	29	0	3	14	3
2.2 Ancho (cm)	2	1	2	0	3	2	1	0	2	1	3	3	3	0	2	1	0	3	3	3
3 Rajadura (cm)	0	0	9	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	4	2	0
4 Grano inclinado (en cara o canto °)	5°	5°	3°	2°	1°	3°	2°	2°	1°	2°	1°	2°	3°	5°	4°	6°	6°	3°	2°	6°
5 Nudos																				
5.1 Nudos Arracimados (und)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.2 Nuedo hueco (Diám. Max.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
5.3 Nudo sano (cm)	1	3	3	1	2	2	3	2	1	0	0	1.5	2.5	3	2	2	3.5	3	2	3
6 Manchas (cm ²)	20	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	18	0
7 Perforaciones																				
7.1 Perforaciones grandes (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.2 Perforaciones pequeñas (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Arista faltante																				
8.1 En el ancho de la tabla	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.2 En el espesor de la tabla	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.3 En la longitud de la tabla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Abarquillado % (mm)	0	0	1	0	0	0	1	1	1.4	0	0	1.3	1.4	1	1.1	1	0	1	1.3	0
10 Arqueadura (mm)	6	5	7	4	3	3	6	3	2	5	2	3	4	3.5	5	2	4	3	2	3
11 Encorvadura (cm)	0.3	0.4	0.5	0	0.1	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.6	0.3	0.2	0.3	0.2

Tabla 9
Vigas que no cumplen con los requisitos de la NTP 251.104

Defecto	Vigas Escala Natural (EN)															
	4-5	1-6	5-2	4-3	4-7	3-7	3-1	5-5	5-9	5-1	4-2	1-1	2-2	2-4	2-5	3-4
1 Grietas profundas (en cara y canto)																
1.1 Suma de longitudes (cm)	19	27	22	31	33	24	36	39	40	21	25	18	25	27	19	33
1.2 Ancho (mm)	3	1	1	3	1	3	3	1	2	2	2	1	3	2	2	4
2 Escamadura																
2.1 Longitud (cm)	37	32	7	11	31	9	6	27	25	12	11	6	32	8	25	29
2.2 Ancho (cm)	4	3	4	3	2	4	3	3	2	1	1	2	1	3	4	5
3 Rajadura (cm)	7	5	5	15	20	1	5	10	1	14	4	0	1	16	16	21
4 Grano inclinado (en cara o canto °)	6°	5°	3°	1°	4°	4°	7°	4°	5°	4°	2°	9°	11°	7°	13°	15°
5 Nudos																
5.1 Nudos Arracimados (und)	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
5.2 Nudo hueco (Diám. Max. cm)	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2.5	2	0	0	2
5.3 Nudo sano (cm)	2.5	2.5	3.4	2	3	3.5	1	3.5	4	2	1	4	3	4	3.5	4
6 Manchas (cm ²)	39	0	0	0	0	0	39	0	0	75	0	39	0	89	0	50
7 Perforaciones																
7.1 Perforaciones grandes (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.2 Perforaciones pequeñas (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Arista faltante																
8.1 En el ancho de la tabla	4	0	0	3	0	2	4	0	0	0	0	1	1	0	3	2
8.2 En el espesor de la tabla	1	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	1	2
8.3 En la longitud de la tabla	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
9 Abarquillado % (mm)	2	1	0	0	1.2	3	4	2	0	0	1	2	4	4	3	4
10 Arqueadura (mm)	7	1	8	9.5	1	11	8.5	9	9.5	8	12	10	5	8	6	11
11 Encorvadura (cm)	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.3	0.9	1	5	4	1
12 Torcedura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0

Se aprecia que 20 vigas clasificaron y 16 fueron rechazadas. El 56% de las muestras clasificaron y 44% fueron descartadas según la NTP

251.104.

4.1.2 Ensayos Físicos

4.1.2.1 Contenido de humedad de las vigas ensayadas

Tabla 10

contenido de humedad de las vigas ensayadas a escala natural.

N° muestra	N° Arbol	N° Viga	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Contenido de humedad (%)
1		2	134	106	26.42
2	1	3	137	110	24.55
3		4	132	103	28.16
4		6	140	117	19.66
5		1	119	93	27.96
6	2	3	125	98	27.55
7		6	129	98	31.63
8		7	138	105	31.43
9		1	136	107	27.10
10		2	134	102	31.37
11	3	3	141	108	30.56
12		5	144	112	28.57
13		6	159	121	31.40
14		7	156	125	24.80
15		2	129	97	32.99
16		3	127	97	30.93
17	4	6	129	105	22.86
18		6	123	97	26.80
19		7	140	108	29.63
20		1	137	111	23.42
21		2	146	112	30.36
22		4	103	79	30.38
23	5	5	129	101	27.72
24		6	131	102	28.43
25		7	122	98	24.49
26		9	120	96	25.00
27		10	115	96	19.79
28		N	135	105	28.57
29		N	137	112	22.32
30		N	124	101	22.77
PROMEDIO					27.25
DESVIACIÓN ESTANDAR					3.61
COEFICIENTE DE VARIACIÓN					0.13
PERCENTIL AL 5%					20.93

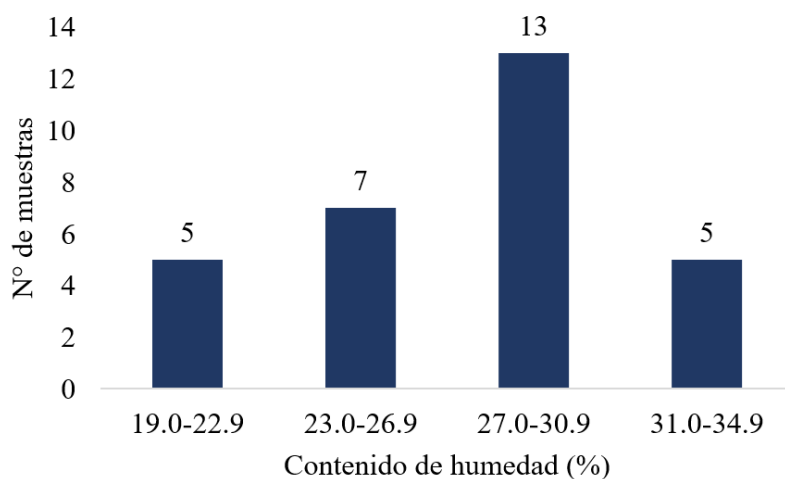


Figura 21. Histograma del contenido de humedad de las vigas ensayadas a escala natural.

El Contenido de humedad promedio de la madera es de 27.25%.

4.1.2.2 Densidad básica de la madera *Pinus radiata*

Tabla 11

Densidad básica de las vigas ensayadas a escala natural.

N°	Especímen	Vol. Inicial (cm ³)	Vol. Inicial + Muestra (cm ³)	Peso Anhidro (gr)	Densidad Básica (%)
1	1-B	900	984	42.56	0.51
2	1-B	900	983	44.24	0.53
3	1-B'	900	986	38.1	0.44
4	1-B'	900	986	38.72	0.45
5	1-C	900	985	43.01	0.51
6	1-C	900	986	41.55	0.48
7	2-B	900	983	38.19	0.46
8	2-B	900	980	38.85	0.49
9	2-B'	900	983	38.21	0.46
10	2-B'	900	985	38.48	0.45
11	2-C	900	984	41.6	0.50
12	2-C	900	980	41.5	0.52
13	3-B	900	987	40.34	0.46
14	3-B	900	986	39.83	0.46
15	3-B'	900	986	42.2	0.49
16	3-B'	900	987	41.68	0.48
17	3-C	900	985	40.02	0.47
18	3-C	900	992	39.7	0.43
19	4-B	900	992	43.97	0.48
20	4-B	900	986	43.43	0.51
21	4-B'	900	979	39.26	0.50
22	4-B'	900	984	42.4	0.50
23	4-C	900	988	41.83	0.48
24	4-C	900	985	39.26	0.46
25	5-B	900	988	41.94	0.48

26	5-B	900	983	43.23	0.52
27	5-B'	900	983	38.4	0.46
28	5-B'	900	984	40.44	0.48
29	5-C	900	985	40.53	0.48
30	5-C	900	984	42.07	0.50
PROMEDIO					0.48
DESVIACIÓN ESTANDAR					0.02
COEFICIENTE DE VARIACIÓN					0.05
PERCENTIL A 5%					0.45

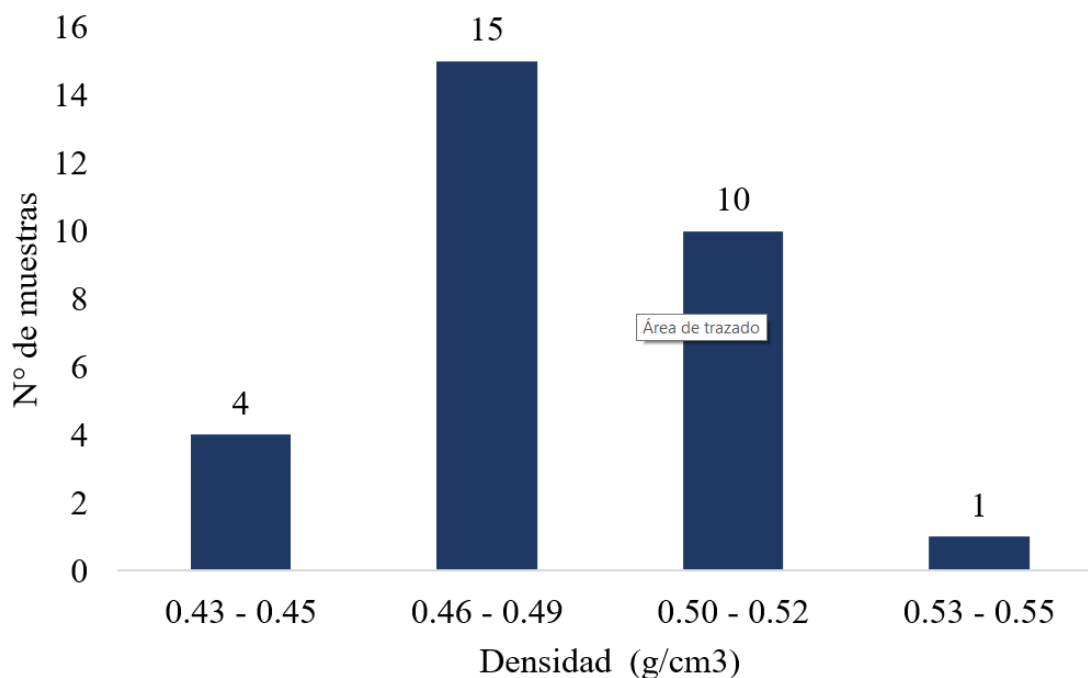


Figura 22. Histograma de la densidad básica de las vigas ensayadas a escala natural.

- **Distribución de densidad básica para la campana de Gauss**

Tabla 12

Distribución de la densidad básica para la campana de Gauss.

Densidad básica (g/cm ³)	Distribución Densidad básica
0.43	2.04
0.44	4.79
0.45	7.30
0.45	8.27
0.46	11.28
0.46	11.38
0.46	11.98

0.46	12.28
0.46	12.47
0.46	12.67
0.47	15.00
0.48	15.96
0.48	16.13
0.48	16.16
0.48	16.28
0.48	16.36
0.48	16.42
0.48	16.37
0.49	16.15
0.49	15.20
0.50	13.88
0.50	13.29
0.50	11.83
0.50	10.24
0.51	10.15
0.51	9.74
0.51	9.46
0.52	4.96
0.52	4.33
0.53	1.68
Promedio (g/cm ³)	0.48
Desviación estándar	0.02
Coefficiente de varianza	0.05
Percentil 5% (g/cm ³)	0.45

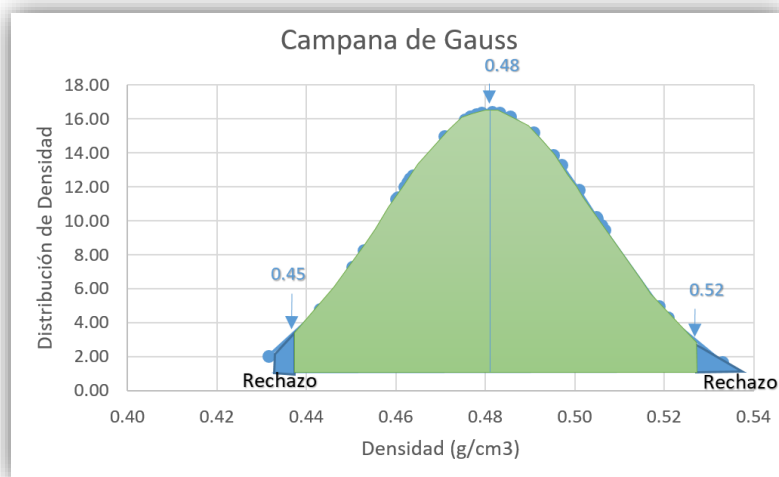


Figura 23. Campana de Gauss de la densidad básica

El valor promedio de la densidad básica es 0.48 g/cm³, la desviación estándar de 0.02, coeficiente de variación es 0.05 y el percentil al 5% 0.45 g/cm³ el valor mínimo aceptado y 0.52 g/cm³ valor máximo aceptado.

4.1.3 Ensayos mecánicos

4.1.3.1 Ensayo a flexión en vigas a escala natural

Tabla 13

Características geométricas de las vigas a escala natural.

Viga N°	Ancho b (cm)	Peralte h (cm)	Luz libre L (cm)	Área A (cm ²)	Inercia I (cm ⁴)
EN 3-3	4.01	13.95	291.00	55.94	907.16
EN 5-7	4.05	14.07	291.00	56.98	940.06
EN 3-5	4.06	14.07	291.00	57.12	942.38
EN 3-6	4.07	14.05	291.00	57.18	940.68
EN 2-1	4.09	14.05	291.00	57.46	945.30
EN 2-6	3.95	13.93	291.00	55.02	889.75
EN 5-6	3.91	13.92	291.00	54.43	878.85
EN 2-7	3.91	13.91	291.00	54.39	876.95
EN 5-4	3.95	13.91	291.00	54.94	885.93
EN 2-3	3.97	13.95	291.00	55.38	898.11
EN 1-4	4.09	14.07	291.00	57.55	949.35
EN 5-10	3.95	13.94	291.00	55.06	891.67
EN 4-6	3.98	13.95	291.00	55.52	900.38
EN 3-2	4.09	14.08	291.00	57.59	951.37
EN 1-2	4.05	14.07	291.00	56.98	940.06
EN SN 1	3.94	13.93	291.00	54.88	887.50
EN SN 2	4.05	14.03	291.00	56.82	932.07
EN 1-3	4.07	14.05	291.00	57.18	940.68
EN SN 3	3.95	13.93	291.00	55.02	889.75
EN SN 4	3.93	13.91	291.00	54.67	881.44

Tabla 14

Resultados del módulo de Elasticidad.

Viga N°	b (cm)	h (cm)	a (cm)	L ₁ (cm)	Δ _F (kg)	Δ _W (cm)	I (cm ⁴)	E _m kg/cm ³
EN 3-3	4.01	13.95	97.0	291	624.8726	4.5	907.164	78583.42
EN 5-7	4.05	14.07	97.0	291	219.16	1.50	940.06	79792.09
EN 3-5	4.06	14.07	97.0	291	611.62	4.00	942.38	83297.68
EN 3-6	4.07	14.05	97.0	291	398.57	2.00	940.68	108761.04
EN 2-1	4.09	14.05	97.0	291	551.48	4.00	945.30	74874.68
EN 2-6	3.95	13.93	97.0	291	115.19	1.00	889.75	66462.70
EN 5-6	3.91	13.92	97.0	291	168.20	1.50	878.85	65501.04
EN 2-7	3.91	13.91	97.0	291	317.02	3.00	876.95	61863.00

EN	5-4	3.95	13.91	97.0	291	331.29	3.50	885.93	54851.28
EN	2-3	3.97	13.95	97.0	291	510.70	4.00	898.11	72981.80
EN	1-4	4.09	14.07	97.0	291	938.84	5.50	949.35	92308.42
EN	5-10	3.95	13.94	97.0	291	130.48	1.00	891.67	75123.28
EN	4-6	3.98	13.95	97.0	291	127.42	1.00	900.38	72653.12
EN	3-2	4.09	14.08	97.0	291	583.08	3.00	951.37	104880.19
EN	1-2	4.05	14.07	97.0	291	670.74	4.00	940.06	91575.34
EN	SN 1	3.94	13.93	97.0	291	541.28	5.50	887.50	56928.83
EN	SN 2	4.05	14.03	97.0	291	82.57	0.50	932.07	90957.17
EN	1-3	4.07	14.05	97.0	291	704.38	4.50	940.68	85426.40
EN	SN 3	3.95	13.93	97.0	291	84.61	1.00	889.75	48817.73
EN	SN 4	3.93	13.91	97.0	291	684.00	6.00	881.44	66396.82
Promedio									76601.80
Desviación estándar									15995.08
Coef. Varianza									0.20881
Percentil al 5%									54549.61

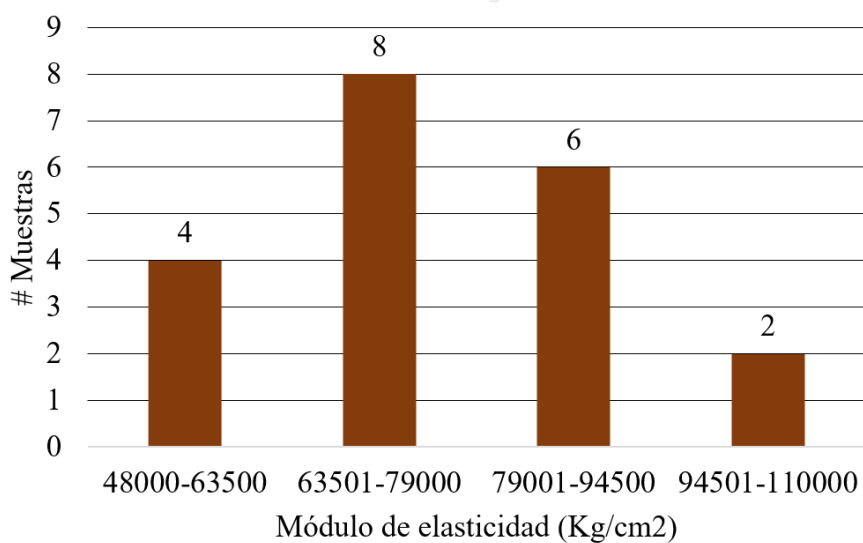


Figura 24. Histograma del módulo de elasticidad.

- **Distribución de Módulo de elasticidad para la campana de Gauss**

Los datos que se muestran son el módulo de elasticidad de la madera *Pinus radiata* ordenada de menor a mayor para la cual servirá para el gráfico de la campana de Gauss.

Tabla 15
Distribución normal de módulo de elasticidad.

Em	Distribución de Em
48817.73	0.000006
54851.28	0.000006
56928.83	0.000010
61863.00	0.000012
65501.04	0.000016
66396.82	0.000020
66462.70	0.000020
72653.12	0.000020
72981.80	0.000024
74874.68	0.000024
75123.28	0.000025
78583.42	0.000025
79792.09	0.000025
83297.68	0.000024
85426.40	0.000023
90957.17	0.000021
91575.34	0.000017
92308.42	0.000016
104880.19	0.000015
108761.04	0.000005
Promedio	76601.80
Desviación estándar	15995.08
Coef. Varianza	0.21
Percentil al 5%	54549.61

En la figura siguiente se verifica la campana de Gauss. El valor mínimo y máximo de aceptación es 54549.61 kg/cm² y 105074.23 kg/cm² respectivamente, donde el promedio es 76601.80 kg/cm². El

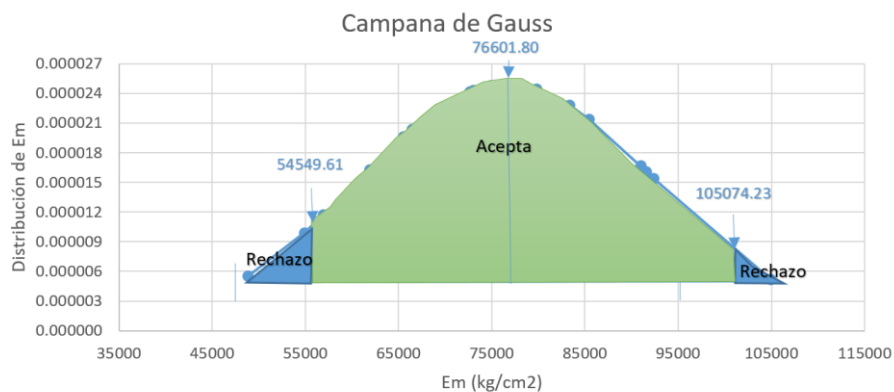


Figura 25. Campana de Gauss del módulo de elasticidad.

Tabla 16
Resultados de esfuerzo a flexión.

viga N°	b (cm)	h (cm)	a (cm)	z (cm ³)	Fu (kg)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
EN 3-3	4.01	13.95	97.00	130.06	953.11	355.42
EN 5-7	4.05	14.07	97.00	133.63	1065.24	386.63
EN 3-5	4.06	14.07	97.00	133.96	938.84	339.91
EN 3-6	4.07	14.05	97.00	133.90	1131.50	409.83
EN 2-1	4.09	14.05	97.00	134.56	963.30	347.20
EN 2-6	3.95	13.93	97.00	127.75	796.13	302.26
EN 5-6	3.91	13.92	97.00	126.27	499.49	191.85
EN 2-7	3.91	13.91	97.00	126.09	692.15	266.23
EN 5-4	3.95	13.91	97.00	127.38	569.83	216.96
EN 2-3	3.97	13.95	97.00	128.76	817.53	307.94
EN 1-4	4.09	14.07	97.00	134.95	1275.23	458.32
EN 5-10	3.95	13.94	97.00	127.93	542.30	205.60
EN 4-6	3.98	13.95	97.00	129.09	861.37	323.63
EN 3-2	4.09	14.08	97.00	135.14	1129.46	405.35
EN 1-2	4.05	14.07	97.00	133.63	1081.55	392.55
EN SN 1	3.94	13.93	97.00	127.42	840.98	320.10
EN SN 2	4.05	14.03	97.00	132.87	800.20	292.09
EN 1-3	4.07	14.05	97.00	133.90	1044.85	378.44
EN SN 3	3.95	13.93	97.00	127.75	698.27	265.10
EN SN 4	3.93	13.91	97.00	126.73	719.67	275.41
Promedio						322.04
Desviación estándar						72.25
coef. Varianza						0.224
Percentil al 5%						204.91

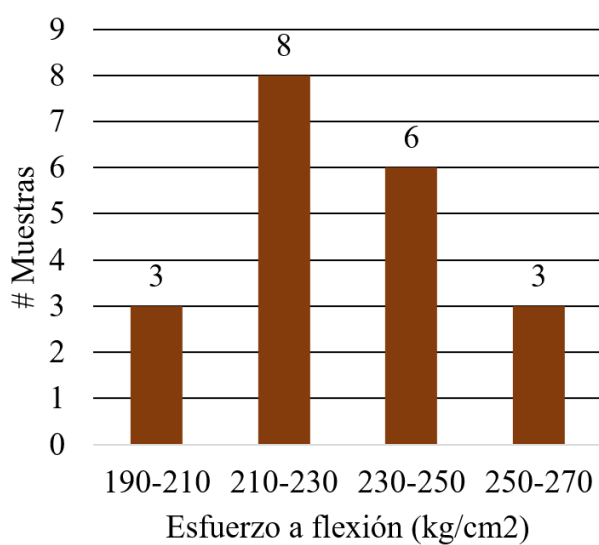


Figura 26. Histograma del esfuerzo a flexión.

Resultado del Esfuerzo Admisible

$$f_{m,u} = 204.91 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = 1$$

$$FT = 1$$

$$FS = 2$$

$$FDC = 1.15$$

Reemplazando los valores a la fórmula ecuación (7) tenemos:

$$f_{adm,m} = \frac{1 \times 1}{2 \times 1.15} \times 204.91$$

$$f_{adm,m} = 89.091 \text{ kg/cm}^2$$

El valor de esfuerzo admisible de la presente investigación es 89.091 kg/cm². No se clasifica en el grupo C puesto que 89.091 kg/cm² está por debajo 100kg/cm² de la tabla 4.

- **Distribución de Resistencia a flexión para la campana de Gauss**

Tabla 17

Distribución de datos de la resistencia a flexión.

Fm(Kg/cm²)	Distribución de Fm
191.85	0.0011
205.60	0.0015
216.96	0.0019
265.10	0.0040
266.23	0.0041
275.41	0.0045
292.09	0.0051
302.26	0.0053
307.94	0.0054
320.10	0.0055
323.63	0.0055
339.91	0.0054
347.20	0.0052
355.42	0.0050
378.44	0.0041
386.63	0.0037
392.55	0.0034
405.35	0.0028
409.83	0.0026

458.32	0.0009
Promedio	322.04
Desviación estándar	72.25
Coef. Varianza	0.22
Percentil al 5%	204.91

En la figura siguiente se verifica la campana de Gauss donde se rechaza o acepta los valores obtenidos. El valor mínimo y máximo de aceptación es 204.91 kg/cm² y 412.25kg/cm² respectivamente, donde el promedio es 322.04 kg/cm² Se verifica que 2 valores son rechazados: 191.85 kg/cm² y 458.32 kg/cm².

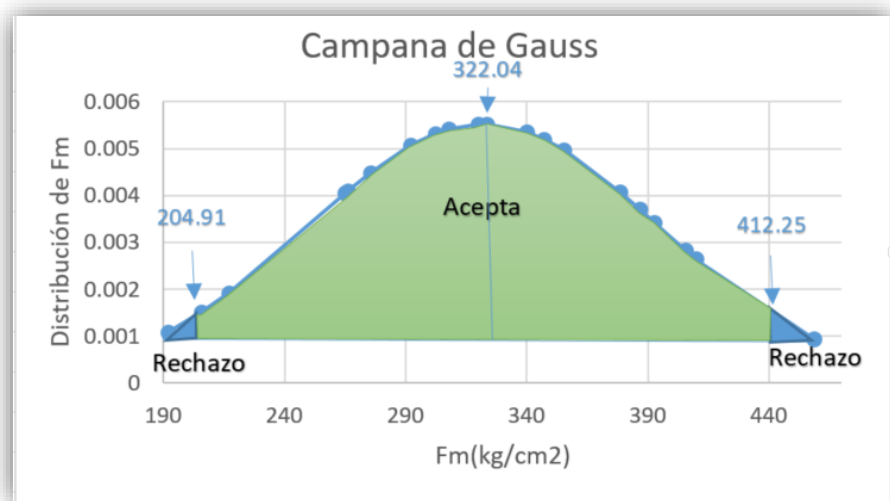


Figura 27. Campana de Gauss del esfuerzo a Flexión.

El esfuerzo admisible se calculó de la siguiente manera

$$f_{m,u 5\%} = 204.91 \text{ kg/cm}^2$$

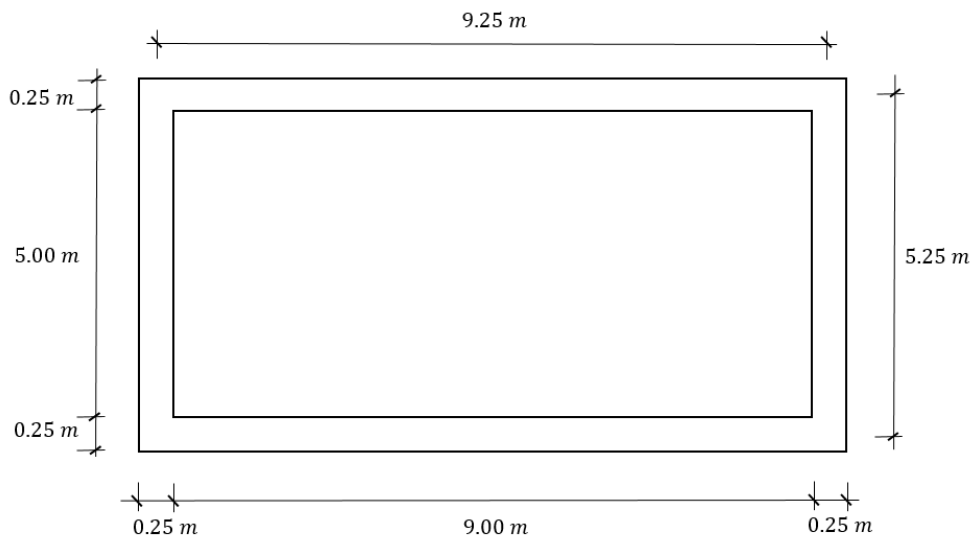
$$\text{Esfuerzo Admisible} = \frac{F.C * F.T}{F.S * F.D.C} * \text{Esfuerzo básico mínimo}$$

$$FC = 1; FT = 1; FS = 2; FDC = 1.15$$

$$f_{adm,m} = 89.091 \text{ kg/cm}^2$$

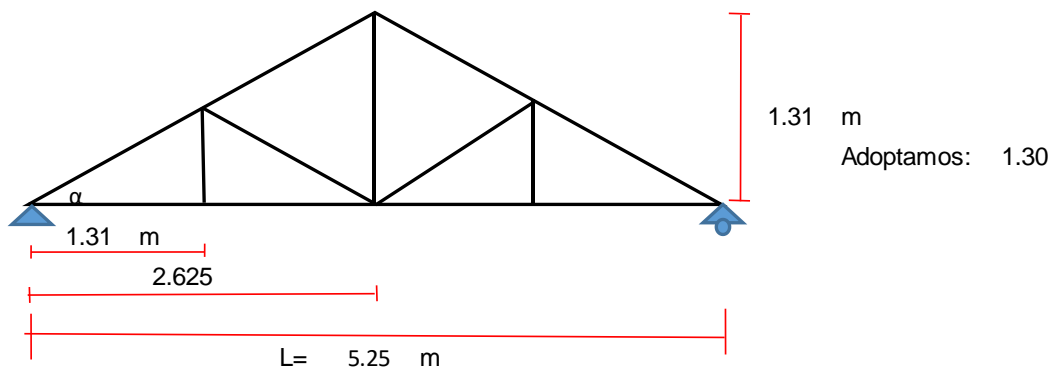
El valor de esfuerzo admisible de 89.091kg/cm² no está dentro de los parámetros establecidos de la norma según el grupo C de la tabla 14, por tanto rechaza el valor de esfuerzo admisible.

4.1.4 Diseño de la armadura tipo Howe de 9.5m* 5.5m de sección cuadrada para una madera clasificada en el grupo C



a) Predimensionamiento

Hallando la altura de la armadura = $L/4$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.30}{2.625} \implies \alpha = 26.35 > 15 \dots \text{OK!}$$

b) Metrado de cargas

CARGA MUERTA:

Peso calamina : 5 kg/cm²

Peso Armadura : 20 kg/cm²

Peso correas : 10 kg/cm²

Peso iluminación : 10 kg/cm²

Peso clavos y pernos : 5 kg/cm²

Peso canaletas : 20 kg/cm²

Peso Total : 70 kg/cm²

CARGA VIVA:

Peso de nieve : 30 kg/cm²

Peso de viento : 60 kg/cm²

$$P. v = 0.005 * C * Viento^2$$

$$P. v = 0.005 * 0.7 * 130^2 = 59.15 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{se adopta: } 60kg/cm^2$$

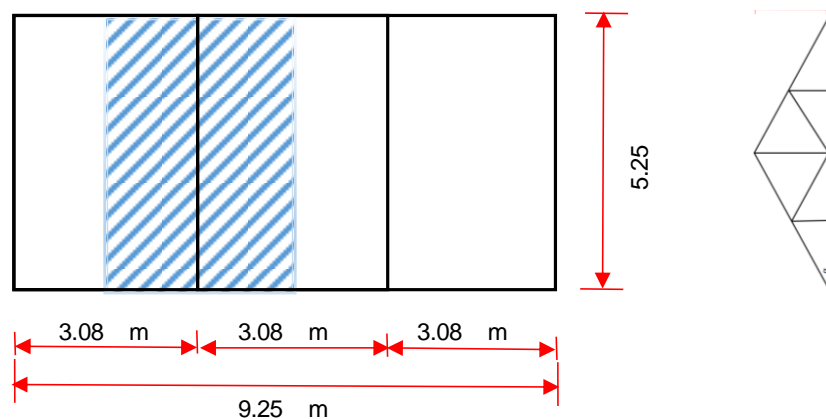
Peso total : 90 kg/cm²

c) Mayoración de cargas

$$U = 1.2CM + 1.6CV ==> U = 1.2 * 70 + 1.6 * 90$$

$$U = 228 kg/cm^2$$

Peso en 3.08m lineal (distribuido). Se ha escogido la longitud mencionada ya que es conveniente usar el mayor espaciamiento posible entre armaduras para reducir costos (JUNAC, 1984). Las maderas comerciales de pino para correas son de 10.5 pies (3.20 m) de largo, longitud que se adecúa a la medida propuesta de diseño para el espaciamiento entre armaduras.

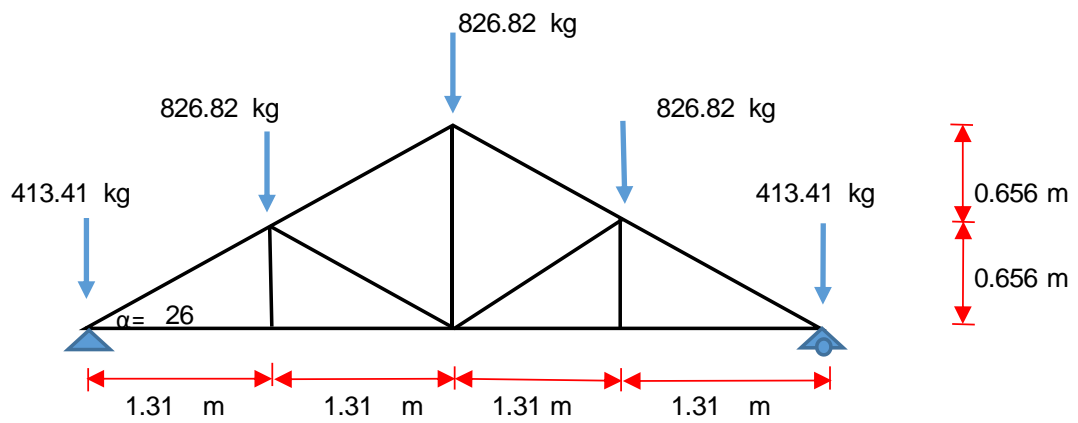
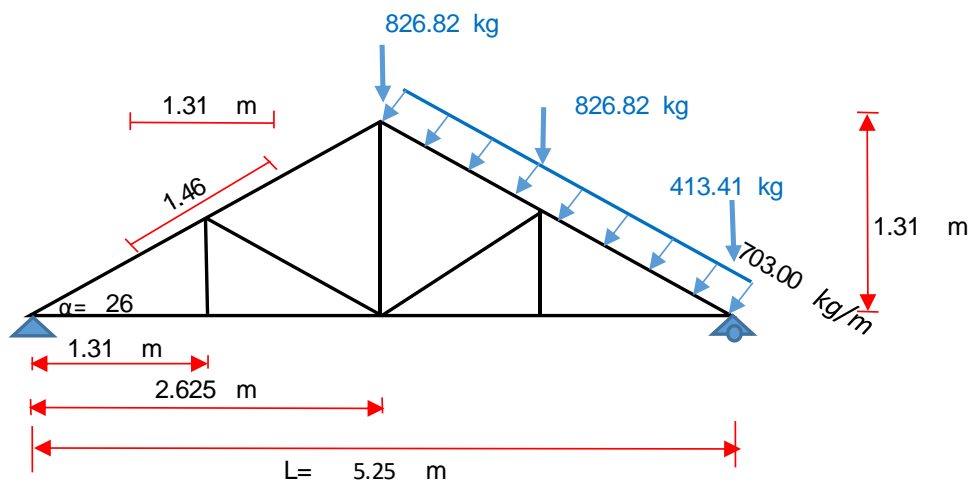


$$P = 228 * 3.08 = 703.00 kg/cm^2$$

Peso puntual:

$$P = 703.0 \times 1.31 \times \cos(26.35)$$

$$P = 826.82 \text{ kg}$$



Analizando barras:

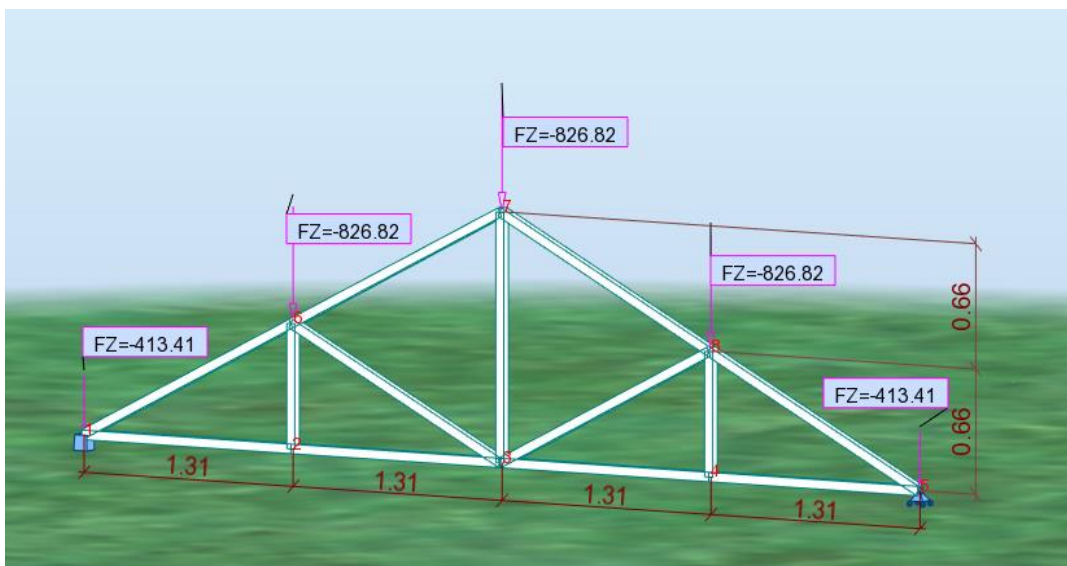


Figura 28. Fuerzas actuantes a la armadura.

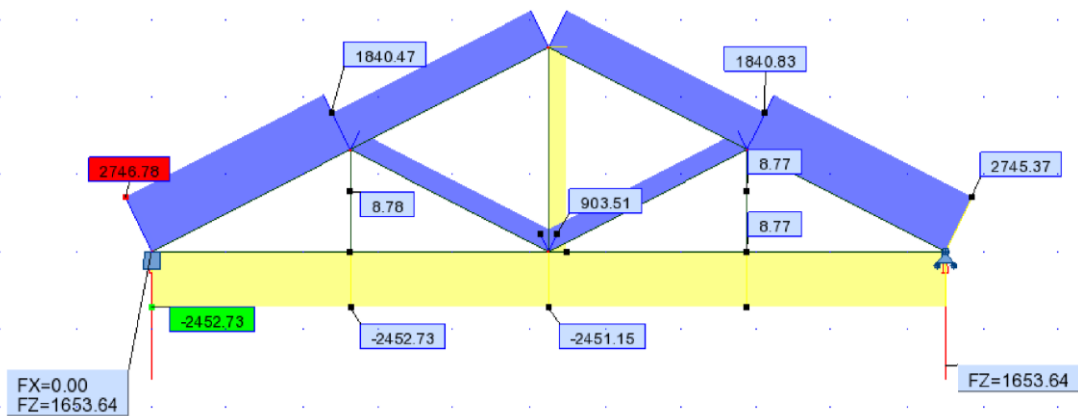


Figura 29. Resultados de fuerzas internas usado el software Robot Structural.

d) Verificación por Resistencia a compresión:

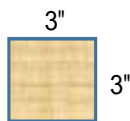
$F_s = 1.6 \rightarrow$ tabla E.010

$f'_c = 80.00 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$ tabla E.010

$$\delta = \frac{80.00}{1.6} = 50.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta = \frac{P}{A} \rightarrow 50.00 = \frac{2746.78}{A} \rightarrow A = 54.94 \text{ cm}^2$$

$$L = \sqrt{54.94} = 7.41 \text{ cm} \rightarrow \text{usamos } 3'' = 7.62 \text{ cm}$$



Sección mínima a usar 7.62 cm x 7.62 cm

e) Verificación por esbeltez:

$$\lambda = \frac{L * K}{d} = \frac{1.46 * 1}{0.0762} \rightarrow \lambda = 19.16$$

Hallando CK:

$$ck = 0.703 * \sqrt{\frac{\epsilon}{f'_c}}$$

$$ck = 0.703 * \sqrt{\frac{90000.00}{80.00}}$$

$ck = 23.56 = 23.56 \rightarrow$ según E010 es el máximo se considera 22.47

$\Delta 10 \leq 19.16 \leq 22.47 \rightarrow$ columna intermedia

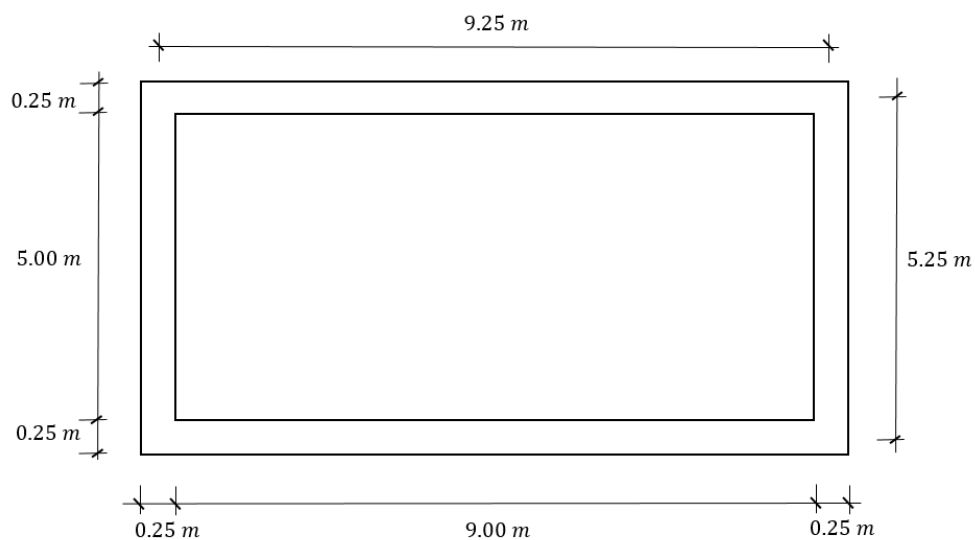
d) Resistencia que puede resistir

$$N_{adm} = f'c * A \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{ck} \right)^4 \right]$$

$$N_{adm} = 80.00 * 7.62 * 7.62 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{19.16}{22.47} \right)^4 \right]$$

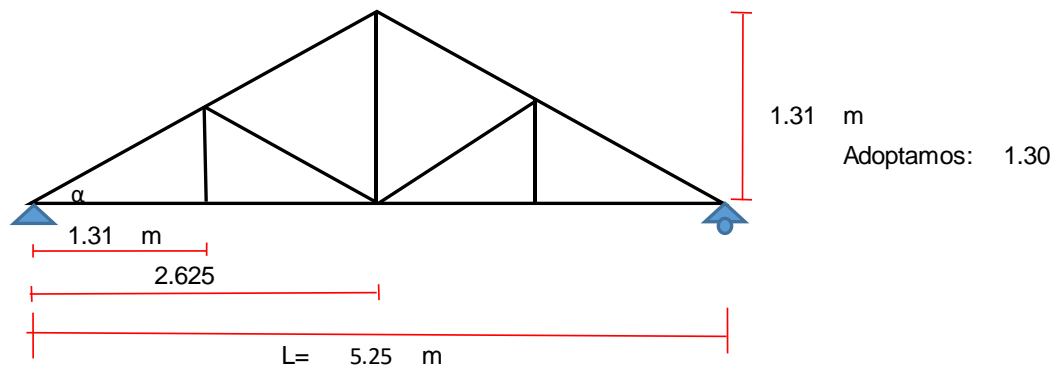
$$N_{adm} = 3826.58 \geq 2746.78 \rightarrow ok$$

4.1.5 Diseño de la armadura tipo Howe de 9.5m* 5.5m de sección rectangular para una madera con características mecánicas de la presente investigación.



f) Predimensionamiento

Hallando la altura de la armadura = $L/4$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.30}{2.625} \implies \alpha = 26.35 > 15 \dots \text{OK!}$$

g) Medrado de cargas

CARGA MUERTA:

Peso calamina	: 5 kg/cm ²
Peso Armadura	: 20 kg/cm ²
Peso correas	: 10 kg/cm ²
Peso iluminación	: 10 kg/cm ²
Peso clavos y pernos	: 5 kg/cm ²
Peso canaletas	: 20 kg/cm ²
Peso Total	: 70 kg/cm²

CARGA VIVA:

Peso de nieve	: 30 kg/cm ²
Peso de viento	: 60 kg/cm ²

$$P. v = 0.005 * C * \text{Viento}^2$$

$$P. v = 0.005 * 0.7 * 130^2 = 59.15 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{se adopta: } 60 \text{ kg/cm}^2$$

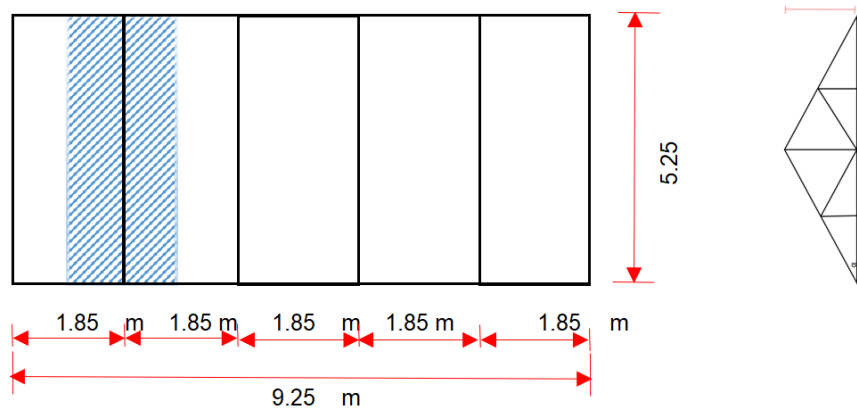
Peso total	: 90 kg/cm ²
------------	-------------------------

h) Mayoración de cargas

$$U = 1.2CM + 1.6CV \implies U = 1.2 \times 70 + 1.6 \times 90$$

$$U = 228 \text{ kg/cm}^2$$

Peso en 1.85m lineal (distribuido). Se ha escogido la longitud mencionada ya que la máxima distancia entre armaduras es 2m según las prácticas de construcción para maderas en la zona de Puno.

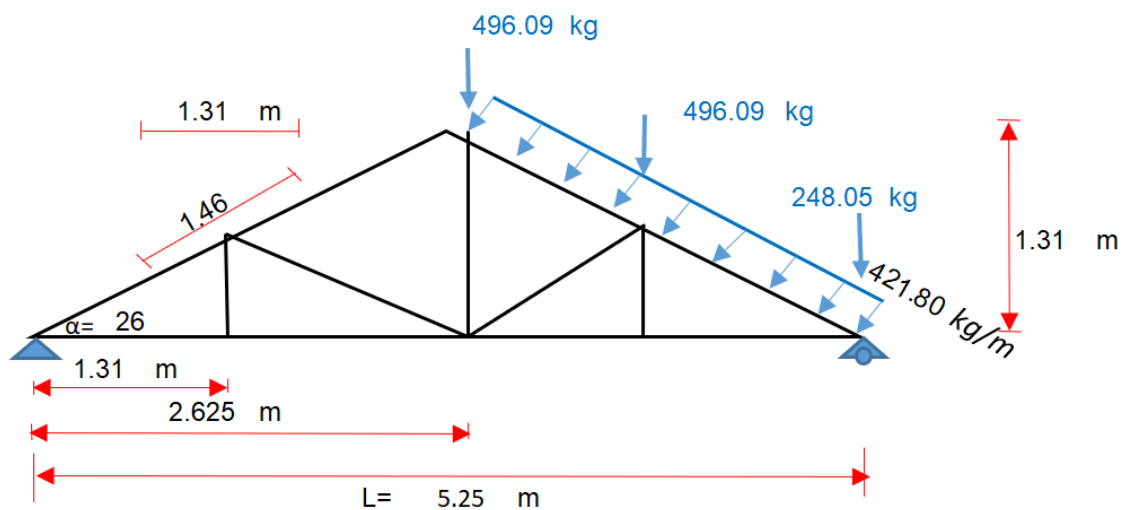


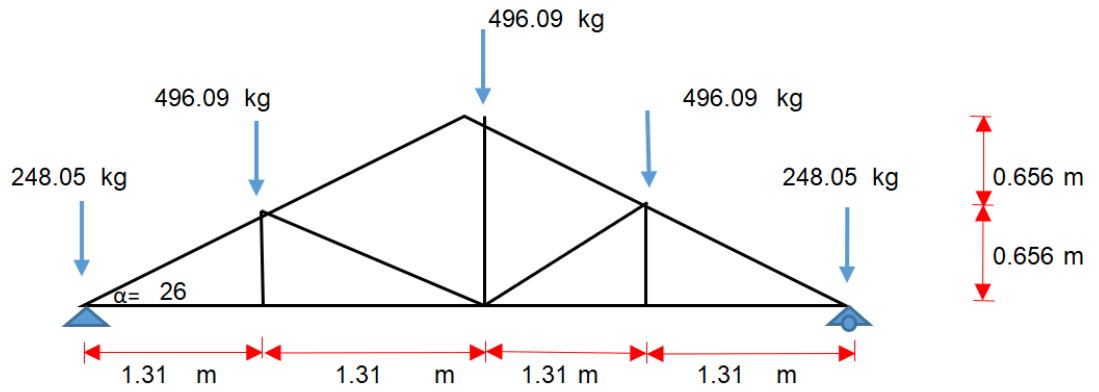
$$P = 228 \times 1.85 = 421.80 \text{ kg/cm}^2$$

Peso puntual:

$$P = 421.80 \times 1.31 \times \cos(26.35)$$

$$P = 496.09 \text{ kg}$$





Analizando barras:

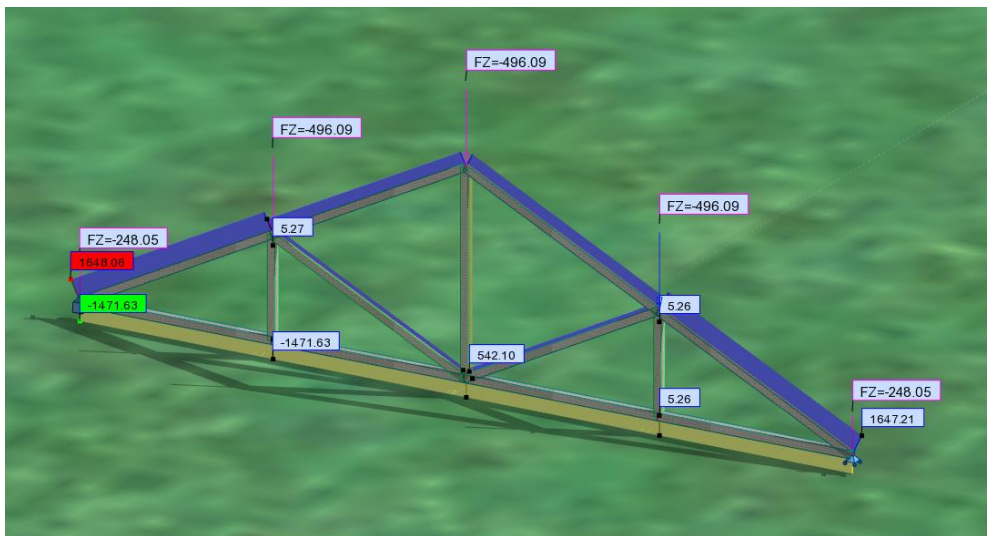


Figura 30. Fuerzas actuantes a la armadura.

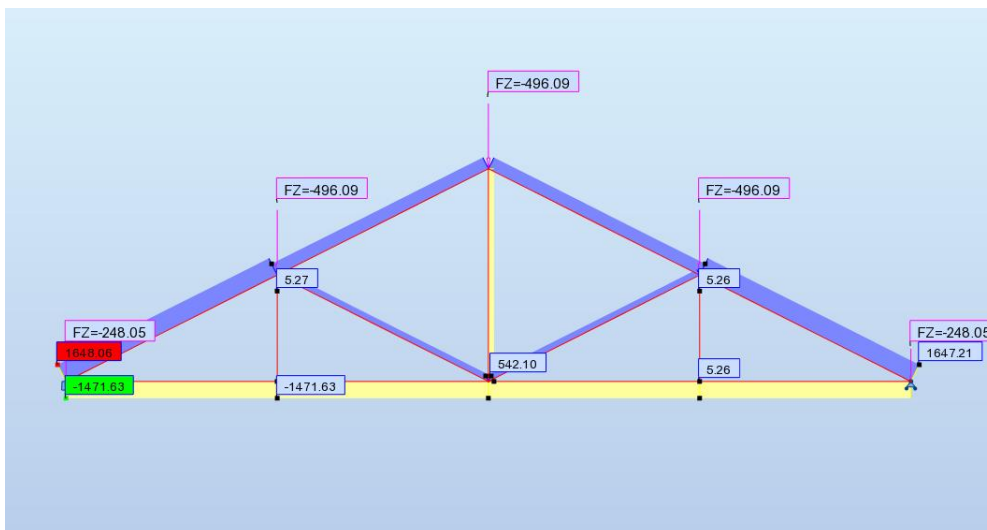


Figura 31. Resultados de fuerzas internas usado el software Robot Structural.

i) Verificación por Resistencia a compresión:

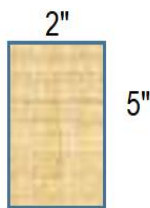
$F_s = 1.6 \quad \rightarrow$ Factor de seguridad

$f'_c = 70.00 \text{ kg/cm}^2 \quad \rightarrow$ Resistencia a compresión de madera pino (Meza, 2010)

$$\delta = \frac{70.00}{1.6} = 43.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta = \frac{P}{A} \rightarrow 43.75 = \frac{1648.06}{A} \rightarrow A = 37.67 \text{ cm}^2$$

$$L = \sqrt{37.67} = 6.14 \text{ cm}$$



Sección a usar 5 cm x 12.5 cm

j) Verificación por esbeltez:

$$\lambda = \frac{L * K}{d} = \frac{1.46 * 1}{0.115} \rightarrow \lambda = 12.696$$

Hallando CK:

$$c_k = 0.703 * \sqrt{\frac{\epsilon}{f'_c}}$$

$$c_k = 0.703 * \sqrt{\frac{54549.61}{70.00}}$$

$$c_k = 19.61$$

$\Delta \quad 10 \leq 12.696 \leq 19.61 \quad \rightarrow$ columna intermedia

d) Resistencia admisible

$$N_{adm} = f'_c * A \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{c_k} \right)^4 \right]$$

$$N_{adm} = 70.00 * 4.00 * 11.50 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{19.16}{22.47} \right)^4 \right]$$

$$N_{adm} = 3031.47 \geq 1648.06 \quad \rightarrow \quad ok$$

4.1.6 Ensayo de la resistencia de la armadura diseñada

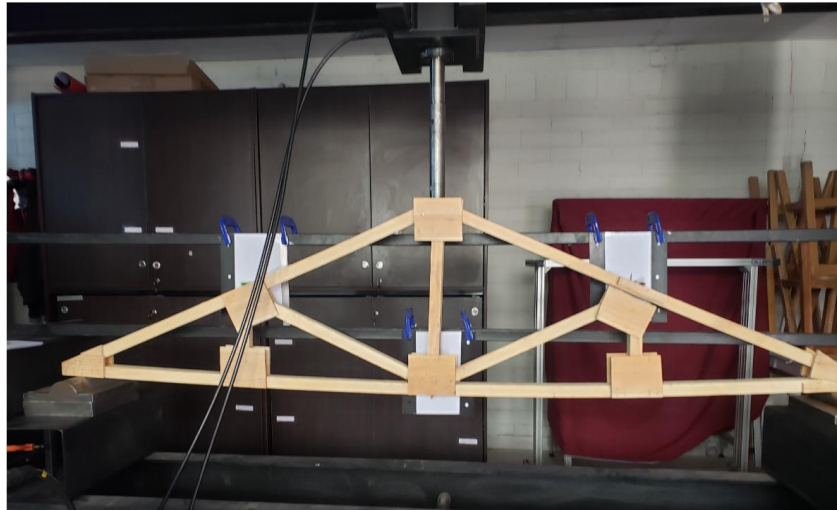


Figura 32. Armadura sometida para el ensayo.

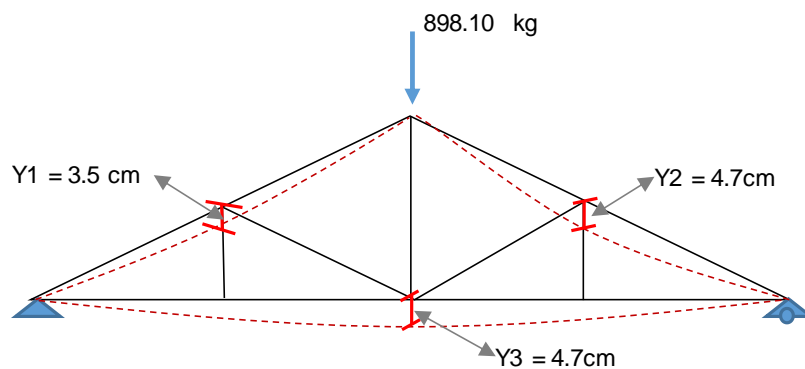


Figura 33. Resultados de la deflexión en los nodos

El tijeral tipo Howe diseñado resistió una carga máxima de 837.55 Kg, con una deflexión en el centro del tijeral de 4.7 cm, además se deformó 3.5 cm en uno de sus lados y 4.7 cm en el otro lado del tijeral. La carga que debía soportar fue de 826.42 Kg.

- Comentarios al diseño

El diseño se realizó para una vivienda en la región de Puno de dimensiones $9 \times 5 \text{ m}^2$ considerando con una carga viva de viento máxima en el Perú puesto que la ciudad de Juliaca está ubicada de fuertes vientos según el RNE E020. Se realizó las combinaciones de carga según el diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD) y según la JUNAC (1984). Como resultados del diseño se obtuvieron secciones de 3" (7.62 cm) x 3" (7.62 cm), sección

que supera al mínimo en armaduras que es “6.5 cm de peralte y 4 cm de ancho. (JUNAC, 1984)

4.1.7 Densidad poblacional de árboles de *Pinus radiata* en la región Puno

Las entidades solicitadas no poseen registros de todas plantaciones que realizaron a lo largo de los años. La Dirección Zonal de Agro Rural Puno no posee registros cuantificables. Dirección Regional Agraria Puno menciona que no posee esa información. SERFOR Puno nos indicó que posee solo cierta información a través de Dirección de Inventario y Valoración:

Según información del registro de plantaciones forestales recogida por la ATFF Puno existen 269 árboles de *Pinus* en un área de 5,28 hectáreas con fines de protección plantados en 1979. El registro se realizó el día 04/10/2019. La plantación se encuentra en el Centro Poblado Salcedo en el distrito de Puno, provincia de Puno, departamento de Puno.

También hay un registro recogido por la ATFF Puno en el Centro Poblado Tahuaco, distrito de Yunguyo, provincia de Yunguyo, en el departamento de Puno. Se registró un total de 89 árboles en un área de 0,86 hectáreas con fines comerciales plantados en enero de 1965. Esta plantación se registró el día 04 de octubre de 2019.

Mas no poseen información de árboles existentes en distintos lugares como las provincias que están alrededor del lago Arapa como muestra la investigación de Caseríos, R. L., & Rivadeneyra, M. G.

4.2 Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis revela si una proposición será aceptada o no. Hernández et. al (2014) afirman que “las hipótesis en el enfoque cuantitativo, se someten a prueba en la realidad cuando se aplica un diseño de investigación”. Las hipótesis son proposiciones tentativas acerca de las relaciones entre dos o más variables y se apoyan en conocimientos organizados y sistematizados (Hernández et. al, 2014). La prueba de hipótesis no es para

probar si una hipótesis es verdadera o falsa “sino que se aporta evidencia a favor o en contra de la hipótesis. Cuantas más investigaciones apoyen una hipótesis, más credibilidad tendrá y por supuesto, será válida para el contexto (lugar, tiempo y participantes, casos o fenómenos) en que se comprobó. Al menos lo es probabilísticamente (Hernández et. al, 2014).

4.2.1 Hipótesis

En la presente investigación la hipótesis planteada fue que la madera *Pinus Radiata* es factible para usarlo como material estructural, para lo cual se verificó si las propiedades físicas y mecánicas de la madera pino serán suficiente para clasificarlo en el grupo “C” como madera estructural.

4.2.2 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% “el cual implica que el investigador tiene 95% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo 5% en contra”. (Hernández et. al, 2014)

4.2.3 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 18
Valores de propiedades físicas y mecánicas del grupo C.

Grupo	Densidad básica (g/cm ³)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)		Efuerzo admisible a flexión (Kg/cm ²)
		E mínimo	E promedio	
C	0.40 a 0.55	55000-75000	90000-100000	100-150

Nota: Adaptado de la norma técnica E.010 madera, 2014.

4.2.3.1 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 90000 kg/cm² y la hipótesis alterna será un valor menor y diferente.

El tamaño de muestras de la presente investigación es de 20, con un grado de libertad de 19, y un nivel de significancia de 95% en donde según las tablas para valores de t es de 1.73, la tabla se muestra en los anexos. Se halló el valor de t_c con la fórmula:

$$t_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \times (n - 1) \quad (8)$$

Donde:

\bar{x} = Valor promedio de módulo de elasticidad ó resistencia a flexión

μ = Hipótesis nula (H₀)

s = desviación estándar

n = número de muestras

Para la presente investigación el promedio de módulo de elasticidad es de 76601.80 kg/cm², la hipótesis nula es de 90000 kg/cm², la desviación estándar es de 15995.08 y el número de muestras es de 20:

$$t_c = \frac{76601.80 - 90000}{\frac{15995.08}{\sqrt{20}}} \quad (9)$$

$$t_c = -3.75$$

El valor t_c es -3.75 y es inferior al valor de t igual a +-1.73 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 es inferior a los valores de resistencia del grupo C.

4.2.3.2 Contenido de humedad

Para el contenido, el tamaño de muestra es 30, se realizó el cálculo con el valor crítico utilizando tablas para valores de T para un nivel de significancia de 5% y los valores críticos son $Z=1.65$ y $Z=-1.65$. La hipótesis nula es 25 % de contenido de humedad y el resultado de la investigación fue 27% de contenido de humedad. Por lo cual la ecuación es:

$$T_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \times (n - 1)$$

\bar{x} = Valor promedio de módulo de elasticidad ó resistencia a flexión

μ = Hipótesis nula (H_0)

s = Desviación estándar

n = número de muestras

Remplazando valores:

$$T = \frac{0.27 - 0.25}{\frac{0.361}{\sqrt{30}}}$$

$$T_c = 0.30$$

El valor Z_c para la prueba de hipótesis en contenido de humedad es 0.30 y está dentro del rango de -1.65 a 1.65, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de 27% de contenido de humedad.

4.3 Discusiones

A partir de los resultados encontrados aceptamos la hipótesis general que menciona que la madera *Pinus radiata* es factible para usarlo como material estructural en construcción de tijerales para cobertura en viviendas de la región Puno ya que la producción de madera estructural fue 56% de las 36 vigas y según JUNAC (1984) la producción mínima de madera estructural de un aserradero varía entre 40 a 45% las cuales satisfacen los límites mínimos establecidos por la NTP 251.104 de clasificación visual. El rechazo del 44% de las 36 vigas fue por la presencia de nudos, dirección de la fibra y por arqueadura.

A partir de los resultados encontrados aceptamos la hipótesis específica que menciona las propiedades físicas de la madera *Pinus Radiata* será suficiente para clasificarlo en el grupo “C”, ideal como madera estructural.

Según los resultados de la presente investigación, la madera *Pinus radiata* tiene una densidad básica de 0.45 g/cm³, que se muestra en la tabla 14, lo cual es calificado como baja según valores de densidad básica del RNE E010 que se muestra en la tabla 2 y que clasifica en el grupo C ya que la densidad está entre los valores de 0.40 a 0.55 g/cm³. Según Meza (2010) la densidad para la especie *Pinus radiata* es 0.43 g/cm³ y Según Ordoñez & Lugo (2016) la densidad es 0.35 g/cm³.

A partir de los resultados encontrados rechazamos la hipótesis específica que menciona las propiedades Mecánicas de la madera *Pinus Radiata* será suficiente para clasificarlo en el grupo “C”. ya que el módulo de elasticidad promedio de la investigación es 76601.80 kg/cm² que se muestra en la tabla 14 y no alcanza los valores de 90000 kg/cm²-100000 kg/cm² que caracteriza al grupo “C”. El módulo de elasticidad mínimo de la presente investigación es de 54549.61 kg/cm² que se muestra en la tabla 14, el resultado no alcanza el valor de 55000 kg/cm² mínimo para clasificarlo en el grupo “C”.

Según Meza (2010) el módulo de elasticidad es 88319.50 kg/cm² y según Ordoñez & Lugo (2016) el módulo de elasticidad es 70728 kg/cm². Valores que no alcanzan el grupo “C” de la lista de especies agrupadas. En la lista de clasificación estructural de la norma chilena, NCh1989 el *Pino radiata* da valores para el grupo ES6 con un módulo de elasticidad entre 61182.97 kg/cm² a 80047.72 kg/cm² lo cual el pino en Chile tiene esos valores.

El esfuerzo a flexión promedio de la presente investigación fue 322.04 kg/cm² y el esfuerzo a flexión admisible es 89.09 kg/cm², valor debajo a 100 kg/cm² de la tabla 4 por lo tanto clasifica en el grupo C. Según Meza (2010) el esfuerzo a flexión es de 271.91 kg/cm²

(Viga a escala natural) y según Ordoñez & Lugo (2016) el esfuerzo admisible a flexión es de 601.633 kg/cm² (viga probeta).

La armadura se elaboró a una escala de 1:2 por razones que la máquina universal tiene una longitud de ensayo máxima de 4m de luz, mientras que la armadura tuvo una longitud de 5m de luz a escala real y siendo la armadura 2.5m de luz a escala 1:2. En el respectivo ensayo la armadura falló por las cartelas y no por las barras, pero cumpliendo la resistencia a cargas esperadas del diseño. Se comprobó que la madera pino por tener baja densidad se comporta muy bien a la resistencia a esfuerzos por su elasticidad. (JUNAC, 1984). El tijeral tipo Howe que resistió una carga de 837.55 kg, siendo el resultado esperado del diseño de 826.82 kg.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al finalizar la presente investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones.

Según la clasificación visual fueron aceptadas, el 56% de las 36 vigas y el rechazo del 44% de las 36 vigas fue por la presencia de nudos, dirección de la fibra y por arqueadura.

La densidad básica obtenida fue de 0.45 g/cm³ valor que clasifica en el grupo C de la lista de especies agrupadas del Reglamento Nacional de Edificaciones, Estructuras 010 y el contenido de humedad fue 27.25%, lo cual indica que el ensayo de resistencia a flexión fue con madera húmeda basándose en la hipótesis que la madera seca tiene igual o mayor resistencia que la madera húmeda.

El módulo de elasticidad mínima y promedio fue de: 54549.61 kg/cm² y 76601.80 kg/cm² respectivamente, los valores de módulo de elasticidad no alcanzan el mínimo de 55000 kg/cm² y promedio de 90 000 kg/cm² ideal para clasificarlo en el grupo C, por lo tanto, no clasifican en el grupo C de la lista de especies agrupadas.

El esfuerzo admisible a flexión es de 89.091 kg/cm² lo cual el *Pino radiata* no alcanza el valor de 100 kg/cm² y por lo tanto no puede clasificar en el grupo C de la lista de especies agrupadas.

Se evaluó el tijeral tipo Howe que resistió una carga de 837.55 kg, resultado esperado del diseño de 826.82 kg, carga que debía soportar debido a su baja densidad y alta elasticidad, corroborando que la madera pino es apta para uso estructural.

5.2 Recomendaciones

Por ser una madera de baja densidad se recomienda para el uso de tijerales. Se la puede usar en construcción por la resistencia y facilidad de trabajo, conjuntamente con otras facilidades técnicas de manufactura (facilidad de clavado, corte, ensamblaje, montaje). Por su apariencia visual se recomienda usar en enchapados decorativos y obras de ebanistería.

Se recomienda realizar un censo para la densidad poblacional de árboles de *Pinus radiata* para actualizar la información en la región de Puno.

Investigar nuevas especies maderables de la región Puno para su clasificación al grupo de maderas para uso estructural como el ciprés, de esta manera disminuir la extracción selectiva de especies maderables y disminuir la explotación de las especies forestales conocidas.

Se recomienda definir un grupo nuevo con valores inferiores a los valores del grupo C como existe en el país de Chile.

Se recomienda realizar la investigación con madera seca para así tener mayor conocimiento de los esfuerzos admisibles en estado seco.

REFERENCIAS

- Acero, N. (2016). "Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la comunidad campesina de ccopachullpa del distrito de Ilave" (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Acuña, L. y Casado, M. (2005). Tecnología de la madera. 1era. Edición. Universidad de Valladolid. España.
- Barreto Del Castillo, W. E. (2014). *Manual de construcción de viviendas de madera*. Retrieved from www.sencico.gob.pe
- Camacho, S. (2004). *Incorporación de la especie maderable Quinilla colorada (Manikara bidentada) para uso estructural*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Caseríos, R. L., & Rivadeneyra, M. G. CRECIMIENTO DEL PINUS RADIATA EN PUNO-PERU. Revista Forestal del Perú, 10(1-2), 1-6.
- Corporación Nacional Forestal [CONAF], 2019. Recuperado de: <https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/plantaciones-forestales/>
- Del Pezo, M & Loaiza, E. (2016). Determinación de las características físico Mecánicas del eucalipto globulus 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 (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- Díaz, P (2005). Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera Nothofagus Glauca (hualo) proveniente de la zona de Cauquenes (Tesis de pregrado). Universidad de Talca, Talca, Chile.
- Dussan Villamil, I. V., & Rincón Herrera, M. A. (2019). *Uso de la madera como materia prima de construcción para una solución de vivienda en un sector socioeconómico medio de la población en la ciudad de Villavicencio-Meta*. Universidad Cooperativa de Colombia.

Espinoza, L. & Macavilca, K. (2018). Prototipo de Tijerales usando madera Chontaquiro (Diplotropis SP) aplicando la norma técnica peruana E.010 en la selva central. (Tesis de Pregrado). Universidad San Martín de Porres, San Martín, Perú.

Estrategia nacional forestal, versión concertada con instituciones y actores forestales.

República del Perú. Ministerio de Agricultura, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Gobierno del Reino de los Países Bajos, proyecto FAO gcp/per/035/net, Lima, Perú, 2002. Recuperado de:
<http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/leyforestalydefaunasilvestre/documentosdeconsulta/estrategianacionaforesta-enf.pdf>

Gobierno Regional Puno. (2013). *Instalación y recuperación de la cobertura forestal en el anillo circunlacustre del altiplano de la Región Puno*. Retrieved from
http://ofi5.mef.gob.pe/appFs/Download.aspx?f=2810_OPIGRPU_2013411_112037.pdf

González, M. R., & Lopez, R. (2007). Diseño de una unidad de manejo de 50000 a 100000 hectáreas para el desarrollo de plantaciones forestales en la región de los andes sudamericanos. *Revista Forestal Del Perú*.

Hermoso, E., Fernández-Golfín, J., Conde, M., Troya, M. T., Mateo, R., Cabrero, J., & Conde, M. (2015). Caracterización de la madera aserrada de pinus radiata modificada térmicamente. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 17(3), 493–504.
<https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000044>

Hevia Cabal, A. (2013). *Influencia de la poda en el desarrollo de masas de Pinus radiata D. Don y Pinus pinaster Aiton en Asturias* (Universidad de Santiago de Compostela). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10347/8047>

Junta Acuerdo De Cartagena. (1984). Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino.

Kahler G., C. (2019). *Tendencias en el mercado de la madera aserrada y la necesidad de*

- crear valor Mercado Interno producción de madera aserrada de pino radiata en Chile.*
- Keenan, F. J., & Tejada, M. (1987). Maderas tropicales como material de construcción en los países del Grupo Andino de América del Sur. CIID, Ottawa, ON, CA.
- Lobos, D., de la Cruz, F. P., Lechuga, C. C., & Bustos, V. N. (2017). BIM y Madera. Nuevos desafíos para el Diseño y Construcción. *SIGraDi 2017, XXI Congreso de La Sociedad Ibero-Americana de Gráfica Digital 2017*, 295–302.
- López Correa, J. E., Martínez Montoya, J. D., & Velásquez Porras, D. L. (2014). *Técnicas ancestrales de construcción.*
- Mamani Condori, E. J., & Catacora Pari, E. N. (2017). *Grado de eficiencia del inventario forestal versus el catastro forestal y su incidencia en la determinación de volúmenes de madera en el bosque de la UNA-Puno.* Universidad Nacional del Altiplano.
- Mendoza, C. E. A. (2016). *El uso de la madera como material de construcción en la época republicana en el Perú . Estudio de caso : Club Social Pacasmayo The use of wood as building material in the republican period in Peru . Case study : Pacasmayo Social Club.* 27, 147–154.
- Mendoza Larico, M. D. (2016). *Análisis comparativo entre coberturas reticuladas convencionales y auto portantes, caso aplicativo: Centro de Convenciones de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno.* Universidad Nacional del Altiplano.
- Meza, L. J. (2010). *Clasificación estructural de la madera Pinus Radiata D. Don.* Universidad Nacional de Ingeniería.
- Monton, J., Arriaga, F., Avellaneda, J., Íñiguez-González, G., Farràs, J., & Plensa, R. (2011). Clasificación visual estructural de la madera de pino radiata procedente de Cataluña. *Congreso Ibero-Latinoamericano de La Madera En La Construcción*, S21-T5-1--S21-T5-6. Retrieved from http://hdl.handle.net/2117/22868;%0Ahttp://cataleg.upc.edu/record=b1390907~S1*cat

- Ordoñez García, P. K., & Lugo Chávez, Y. K. (2016). *Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Parra Alonso, E. V. (2014). *Análisis técnico y constructivo de los tableros de madera y su uso en la construcción*. Resultados de búsqueda Resultado web con enlaces de partes del sitio Universidad Técnica Federico Santa María.
- Plan nacional de reforestación. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima, Perú, 2005.
- Recuperado de:
<https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/leyforestalydefaunasilvestre/documentosdeconsulta/plannacionaldereforestacion.pdf>
- Reglamento para la gestión forestal y de fauna silvestre en Comunidades nativas y comunidades campesinas. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Lima, Perú, 2016. Recuperado de: <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/REGLAMENTO-PARA-LA-GESTION-FORESTAL-Y-DE-FAUNA-SILVESTRE-EN-COMUNIDADES-NATIVAS-Y-CAMPESINAS.pdf>
- Salazar, V. (2008). Proyectos que buscan hacer de la vivienda de madera, una vivienda de calidad: Chile apuesta por la construcción en madera. *Revista de La Construcción*, 7(1), 114–116.
- Schmitt Rivera, C. (2017). *Revalorización de bloques de vivienda social en Chile por medio de paneles de madera*. Buenos Aires.
- Vásquez, L., Elgueta, P., Hernández, G., Campos, R., Catalán, J., Reyes, C., & Guzmán, S. (2019). *Alternativas para la clasificación mecánica de madera aserrada estructural*.
- Winandy, J. 1994. Wood Properties. USDA-Forest Service, Forest Products Laboratory. Encyclopedia of Agricultural. Science. Orlando, FL: Academic Press: 549-561. Vol. 4. October 1994.

ANEXOS

Anexo A: Selección y colección de muestras.



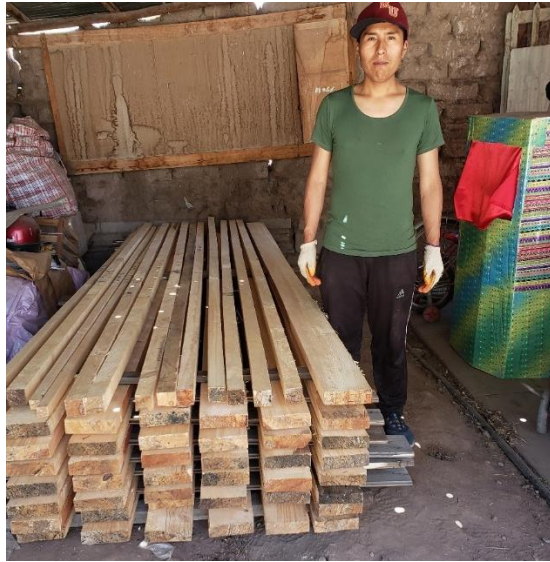
Fotografía 1. Identificación del árbol a talar.



Fotografía 2. Talado del árbol para la obtención de muestras.



Fotografía 3. Obtención de maderas en tablones para el corte en el aserradero.



Fotografía 4. *Secado de las muestras a ensayar.*



Fotografía 5. Muestras obtenidas después del secado en horno para la densidad básica.



Fotografía 6. Pesado de las muestras después del secado del horno.



Fotografía 7. *Replanteo de la medición de las secciones de las muestras a ensayar.*



Fotografía 8. *Verificación de la viga a ensayar.*



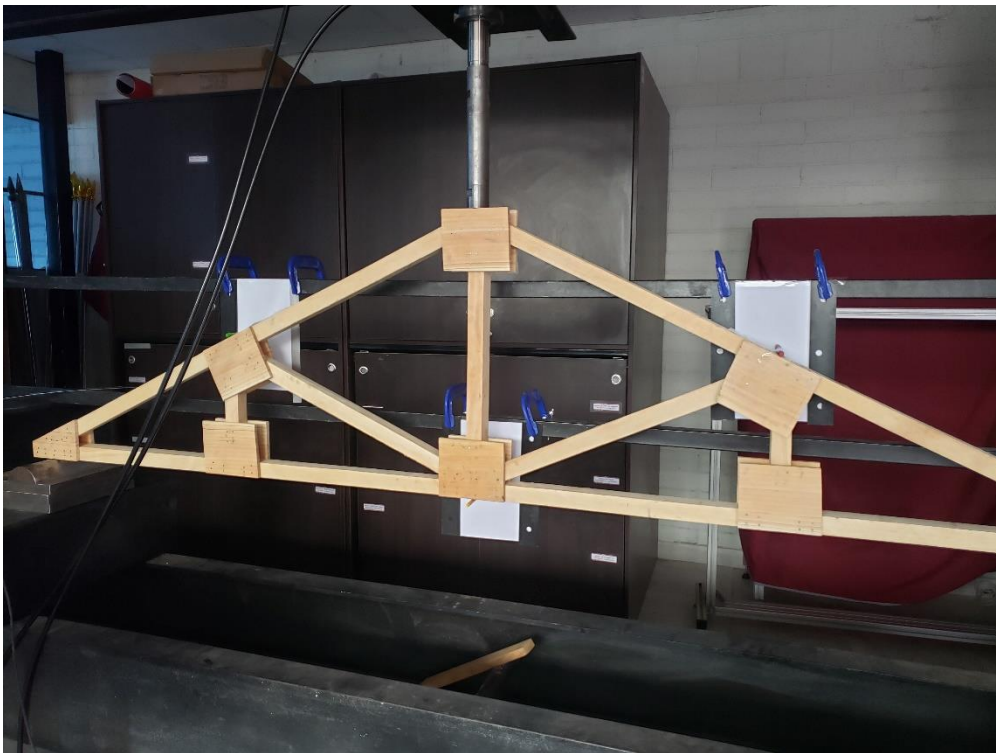
Fotografía 9. Viga listo para el sometido de las cargas.



Fotografía 10. Las fallas de las vigas ensayadas a flexión



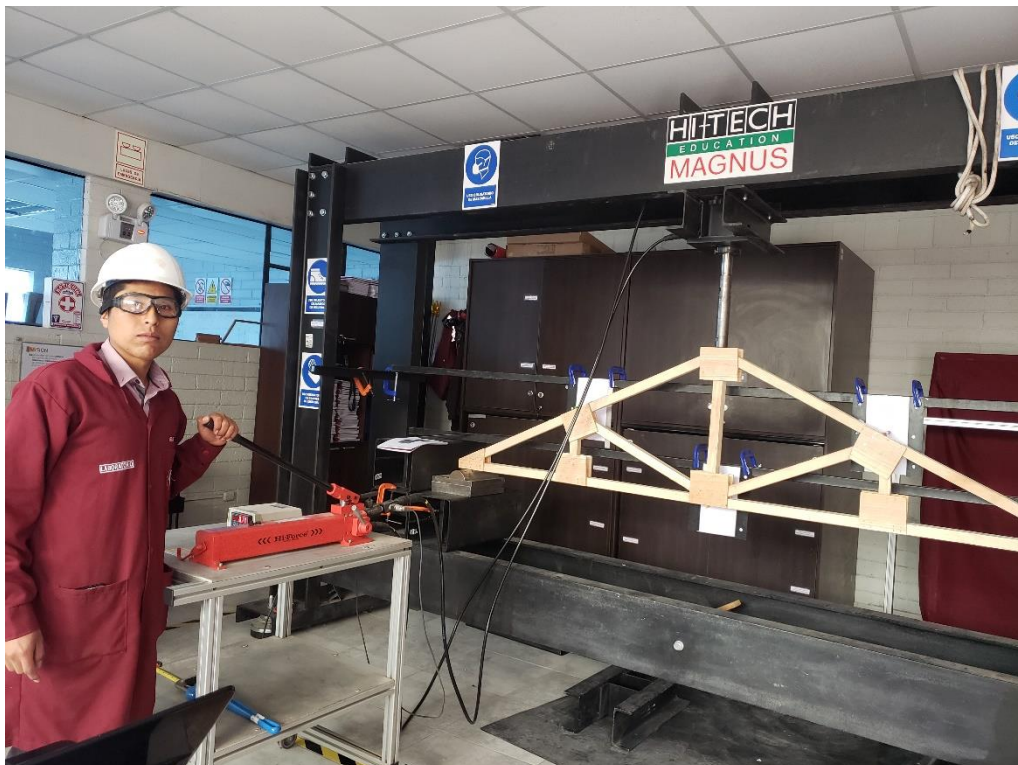
Fotografía 11. Vigas después del ensayo identificado con sus respectivos códigos.



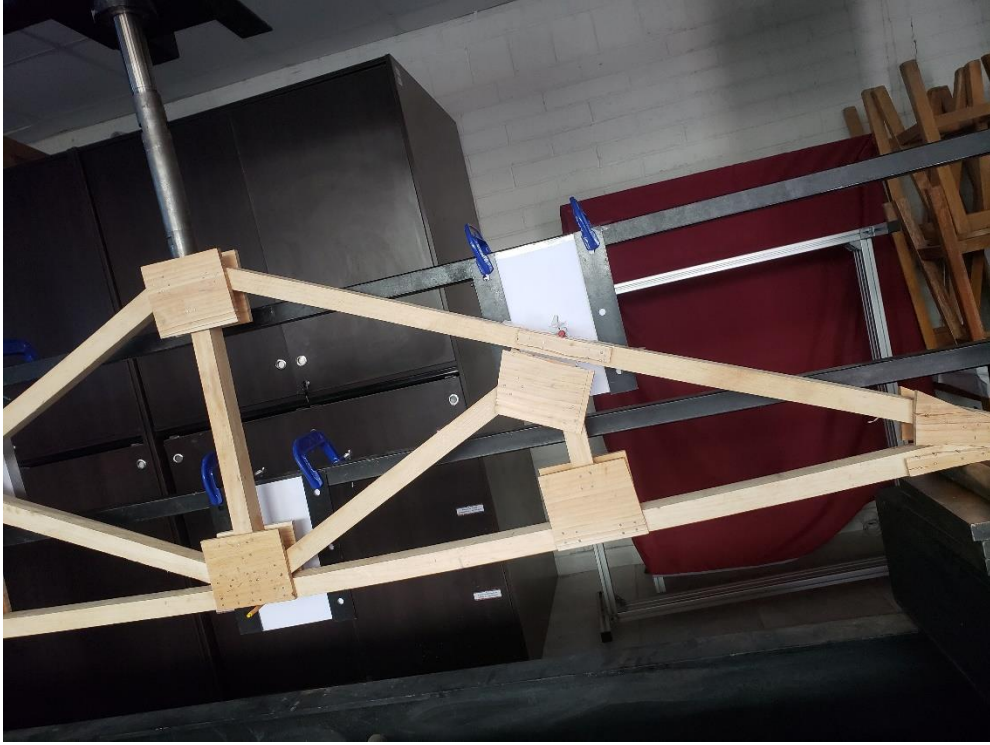
Fotografía 12. Colocado de la armadura para el respectivo ensayo.



Fotografía 13. Verificación de la armadura para el ensayo.



Fotografía 14. Inicio del ensayo.



Fotografía 15. Fallas obtenidas después del ensayo como deformada máxima 4.7cm

Anexo B: Fichas de ensayos a flexión estática en vigas a escala natural.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
Facultad de Ingeniería Civil



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tizerales en la región Puno 2019"

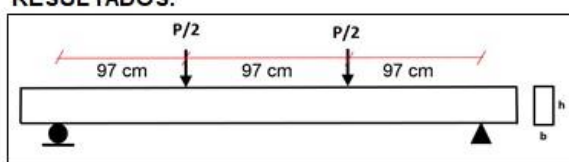
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Asesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	f _{m,u} (kg/cm ²)
	a	h						
EN 3-3	4.01	13.95	291	6.13	4.5	9.35	78583.4	355.421

Deform. a "L/2"	Carga (KN)
0	0
0.5	0.8
1	1.15
1.5	1.5
2	2.53
2.5	3
3	4.05
3.5	4.9
4	5.45
4.5	6.13
5	6.48
5.5	7.01
6	7.7
6.5	8.05
7	8.5
7.5	9.15
8	9.35

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- f_{m,u} Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

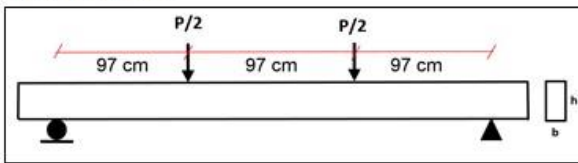
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 5-7	4.01	14.07	291	2.15	1.5	10.45	80588.0	390.488

Deform. a "L/2"	Carga (KN)
0	0
0.5	0.85
1	1.25
1.5	2.15
2	2.5
2.5	2.8
3	3.79
3.5	4.1
4	4.91
4.5	5.2
5	6.15
5.5	6.6
6	7.05
6.5	7.63
7	8.09
7.5	8.44
8	8.73
8.5	8.93
9	9.11
9.5	9.6
10	10.05
10.5	10.25
11	10.45

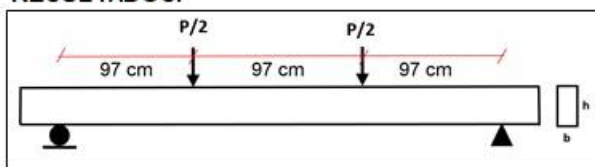
- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

- Tesis** : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019”
- Realizado por** : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe
- Aasesor** : Ing. Herson Duberly Pari Cusi
- Especie** : *Pinus Radiata*
- Equipo usado** : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 3-5	4.06	14.07	291	6	4	9.21	83297.7	339.914

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.81
1	1.45
1.5	2.19
2	2.91
2.5	3.71
3	4.55
3.5	5.29
4	6
4.5	6.35
5	7.1
5.5	7.29
6	7.53
6.5	7.79
7	8.09
7.5	8.13
8	8.33
8.5	8.49
9	8.72
9.5	8.92
10	9.21

- L.** Distancia entre apoyos
P' Carga al límite proporcional
Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
P Carga máxima
MOE Módulo de elasticidad
MOEap. Módulo de elasticidad aparente
G (MOC) Módulo de corte
 $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019”

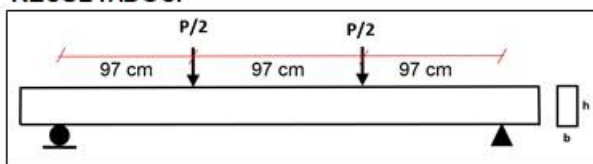
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	f _{m,u} (kg/cm ²)
	a	h						
EN 3-6	4.07	14.07	291	3.91	2	11.1	108297.9	408.662

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	1.38
1	1.99
1.5	2.93
2	3.91
2.5	4.58
3	5.49
3.5	6.45
4	7.19
4.5	7.71
5	8.09
5.5	8.55
6	8.91
6.5	9.05
7	9.42
7.5	9.71
8	9.95
8.5	10.09
9	10.31
9.5	10.51
10	10.83
10.5	11.1

- L.** Distancia entre apoyos
- P'** Carga al límite proporcional
- Y** Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P** Carga máxima
- MOE** Módulo de elasticidad
- MOEap.** Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC)** Módulo de corte
- f_{m,u}** Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

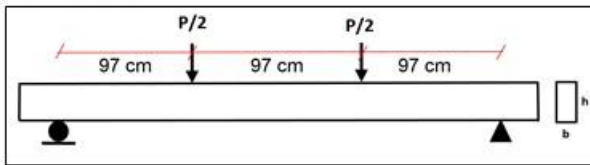
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 2-1	4.09	14.05	291	5.41	4	9.45	74874.7	347.2

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	1.13
1	1.41
1.5	1.67
2	2.51
2.5	3.25
3	3.79
3.5	4.79
4	5.41
4.5	6.01
5	6.19
5.5	6.61
6	7.09
6.5	7.19
7	7.43
7.5	7.51
8	7.91
8.5	7.93
9	8.09
9.5	8.29
10	8.41
10.5	8.49
11	8.69
11.5	8.71
12	9.01
12.5	9.11
13	9.25
13.5	9.45

- L.** Distancia entre apoyos
- P'** Carga al límite proporcional
- Y** Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P** Carga máxima
- MOE** Módulo de elasticidad
- MOEap.** Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC)** Módulo de corte
- $f_{m,u}$** Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019”

Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

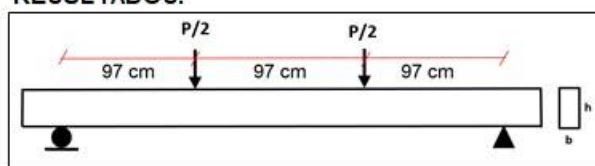
Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal

Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 2-6	3.95	13.93	291	1.13	1	7.81	66462.7	302.257

Deform. a "L/2"	Carga (KN)
0	0
0.5	0.91
1	1.13
1.5	1.37
2	1.75
2.5	1.98
3	2.55
3.5	2.91
4	3.27
4.5	3.71
5	4.07
5.5	4.27
6	4.55
6.5	5.07
7	5.41
7.5	5.61
8	6.05
8.5	6.35
9	6.91
9.5	7.81

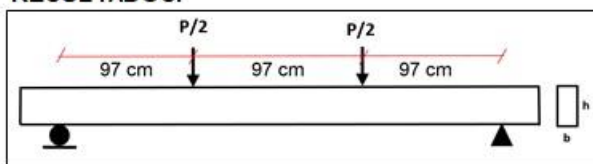
- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

- Tesis** : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tjerales en la región Puno 2019"
- Realizado por** : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe
- Aasesor** : Ing. Herson Duberly Pari Cusi
- Especie** : *Pinus Radiata*
- Equipo usado** : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 5-6	3.91	13.92	291	1.65	1.5	4.9	65501.0	191.851

Deform. a "L/2"	Carga (KN)
0	0
0.5	0.85
1	1.13
1.5	1.65
2	2.05
2.5	2.51
3	3.11
3.5	3.69
4	4.149
4.5	4.9

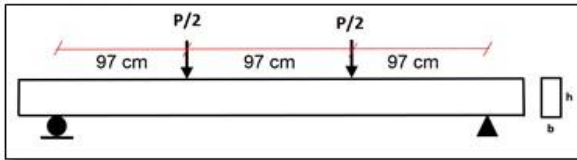
- L.** Distancia entre apoyos
- P'** Carga al límite proporcional
- Y** Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P** Carga máxima
- MOE** Módulo de elasticidad
- MOEap.** Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC)** Módulo de corte
- $f_{m,u}$** Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijaletas en la región Puno 2019”
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe
Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Especie : *Pinus Radiata*
Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 2-7	3.91	13.91	291	3.11	3	6.79	61863.0	266.234

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.66
1	0.78
1.5	1.13
2	1.61
2.5	2.31
3	3.11
3.5	3.61
4	3.91
4.5	4.29
5	4.91
5.5	5.25
6	5.81
6.5	6.19
7	6.79

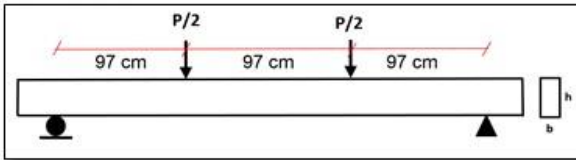
- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019”
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe
Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Especie : *Pinus Radiata*
Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	f _{m,u} (kg/cm ²)
	a	h						
EN 5-4	3.95	13.91	291	3.25	3.5	5.59	54851.3	216.962

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.61
1	0.75
1.5	1.08
2	1.61
2.5	2.11
3	2.71
3.5	3.25
4	3.59
4.5	3.99
5	4.41
5.5	4.85
6	5.59

L. Distancia entre apoyos
P' Carga al límite proporcional
Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
P Carga máxima
MOE Módulo de elasticidad
MOEap. Módulo de elasticidad aparente
G (MOC) Módulo de corte
f_{m,u} Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019”

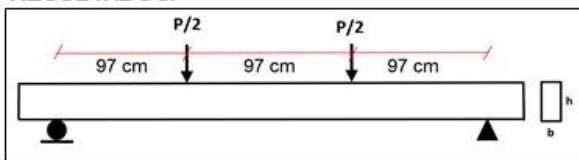
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	f _{m,u} (kg/cm ²)
	a	h						
EN 2-3	3.97	13.95	291	5.01	4	8.02	72981.8	307.935

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.52
1	0.91
1.5	1.61
2	2.23
2.5	3.01
3	3.71
3.5	4.25
4	5.01
4.5	5.59
5	6.06
5.5	6.55
6	7.03
6.5	7.31
7	8.02

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- f_{m,u} Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

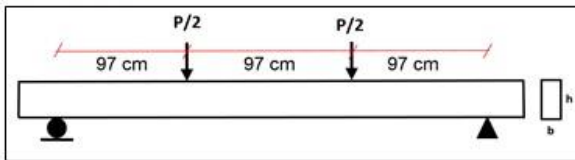
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 1-4	4.09	14.07	291	9.21	5.5	12.51	92308.4	458.321

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.89
1	1.45
1.5	2.15
2	3.15
2.5	3.95
3	4.11
3.5	5.11
4	6.11
4.5	6.95
5	8.21
5.5	9.21
6	9.79
6.5	10.27
7	11.11
7.5	11.69
8	11.91
8.5	12.20
9	12.51

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

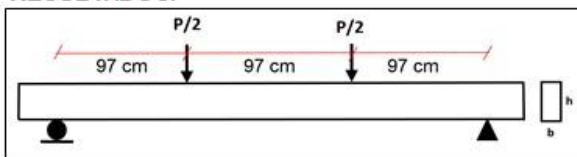
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 5-10	3.95	13.94	291	1.28	1	5.32	75123.3	205.595

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.88
1	1.28
1.5	1.87
2	2.31
2.5	2.76
3	3.45
3.5	3.87
4	4.20
4.5	4.31
5	4.57
5.5	4.84
6	5.01
6.5	5.05
7	5.32

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019”

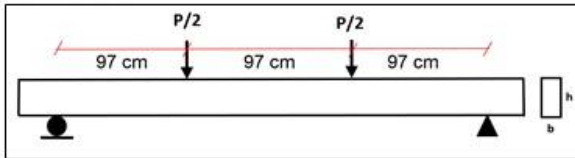
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 4-6	3.98	13.95	291	1.25	1	8.45	72653.1	323.63

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.74
1	1.25
1.5	1.75
2	2.25
2.5	2.87
3	3.31
3.5	3.87
4	4.28
4.5	4.59
5	5.22
5.5	5.33
6	5.91
6.5	6.27
7	6.55
7.5	6.80
8	6.95
8.5	7.07
9	7.28
9.5	7.38
10	7.57
10.5	7.68
11	7.79
11.5	8.11
12	8.25
12.5	8.45

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019”

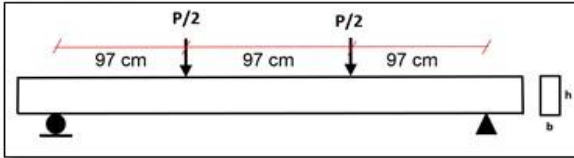
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 3-2	4.09	14.08	291	5.72	3	11.08	104880.2	405.355

Deform. a "L/2"	Carga (KN)
0	0
0.5	1.02
1	1.91
1.5	2.65
2	3.51
2.5	4.59
3	5.72
3.5	6.51
4	7.15
4.5	7.91
5	8.45
5.5	8.87
6	9.05
6.5	9.51
7	9.95
7.5	10.03
8	10.71
8.5	10.91
9	11.08

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

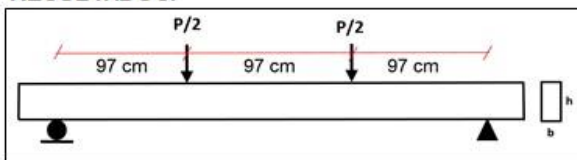
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN 1-2	4.05	14.07	291	6.58	4	10.61	91575.3	392.551

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.65
1	1.07
1.5	1.65
2	2.95
2.5	3.65
3	4.65
3.5	5.51
4	6.58
4.5	7.31
5	8.15
5.5	8.85
6	9.85
6.5	10.61
7	10.57

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

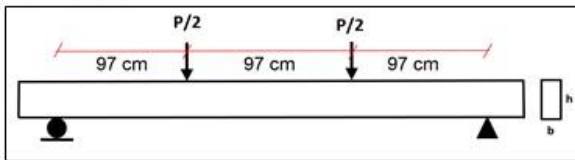
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN SN 1	3.94	13.93	291	5.31	5.5	8.25	56928.8	320.095

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.59
1	0.89
1.5	1.31
2	1.80
2.5	2.21
3	2.71
3.5	3.15
4	3.67
4.5	4.19
5	4.79
5.5	5.31
6	5.71
6.5	6.12
7	6.45
7.5	6.77
8	7.09
8.5	7.31
9	7.47
9.5	7.61
10	7.90
10.5	8.05
11	8.16
11.5	8.25

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

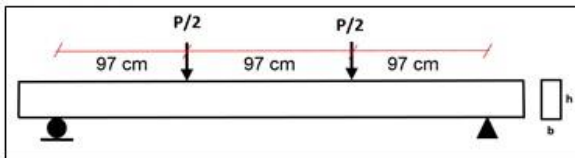
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN SN 2	4.05	14.03	291	0.81	0.5	7.85	90957.2	292.094

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.81
1	1.21
1.5	1.67
2	2.17
2.5	2.71
3	3.29
3.5	3.87
4	4.51
4.5	5.27
5	5.79
5.5	6.19
6	6.41
6.5	6.75
7	7.03
7.5	7.11
8	7.31
8.5	7.69
9	7.81
9.5	7.85
10	7.70

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

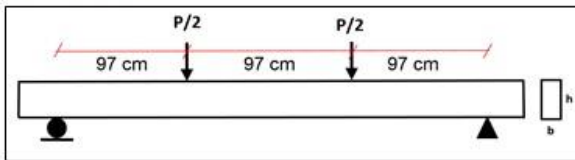
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	f _{m,u} (kg/cm ²)
	a	h						
EN 1-3	4.07	14.05	291	6.91	4.5	10.25	85426.4	378.443

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.65
1	0.99
1.5	1.47
2	2.19
2.5	2.89
3	3.89
3.5	4.91
4	5.89
4.5	6.91
5	7.71
5.5	8.41
6	9.09
6.5	9.43
7	9.73
7.5	9.95
8	10.25

- L.** Distancia entre apoyos
- P'** Carga al límite proporcional
- Y** Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P** Carga máxima
- MOE** Módulo de elasticidad
- MOEap.** Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC)** Módulo de corte
- f_{m,u}** Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno 2019"

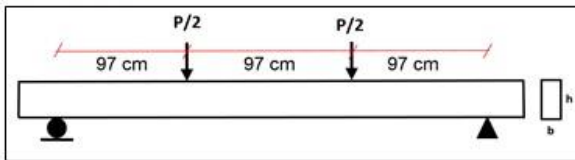
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm ²)	$f_{m,u}$ (kg/cm ²)
	a	h						
EN SN 3	3.95	13.93	291	0.83	1	6.85	48817.7	265.103

Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.57
1	0.83
1.5	1.05
2	1.37
2.5	1.67
3	2.05
3.5	2.41
4	2.79
4.5	3.17
5	3.51
5.5	3.89
6	4.21
6.5	4.49
7	4.93
7.5	5.25
8	5.51
8.5	5.69
9	5.95
9.5	6.29
10	6.51
10.5	6.65
11	6.63
11.5	6.79
12	6.85

- L. Distancia entre apoyos
- P' Carga al límite proporcional
- Y Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P Carga máxima
- MOE Módulo de elasticidad
- MOEap. Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC) Módulo de corte
- $f_{m,u}$ Esfuerzo máximo a flexión



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Tesis : Factibilidad del uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijaesales en la región Puno 2019”

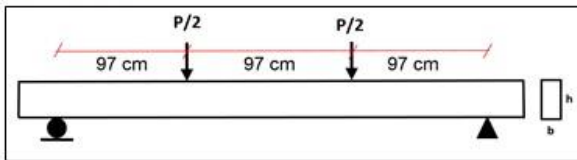
Realizado por : Bach. Jhon Muchica Sillo & Bach. Nelson Samuel Chura Quispe

Aasesor : Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Especie : *Pinus Radiata*

Equipo usado : Máquina de Ensayo Universal Fecha de ensayo: 18/11/2019

RESULTADOS:



Identif.	Dimensiones (cm)		L (cm)	P' (KN)	Y (cm)	P (KN)	MOE (kg/cm2)	f _{m,u} (kg/cm2)
	a	h						
EN SN 4	3.93	13.91	291	6.71	6	7.06	66396.8	275.411

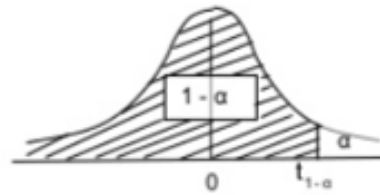
Deform.	Carga
a "L/2"	(KN)
0	0
0.5	0.61
1	0.91
1.5	1.27
2	1.61
2.5	2.07
3	2.59
3.5	3.27
4	4.01
4.5	4.83
5	5.51
5.5	6.01
6	6.71
6.5	6.91
7	6.91
7.5	7.06

- L.** Distancia entre apoyos
- P'** Carga al límite proporcional
- Y** Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional
- P** Carga máxima
- MOE** Módulo de elasticidad
- MOEap.** Módulo de elasticidad aparente
- G (MOC)** Módulo de corte
- f_{m,u}** Esfuerzo máximo a flexión



Anexo C: Tabla de valores de distribución “t”.

Tabla de distribución T Student con "n" Grados de Libertad - Valor Crítico con una cola



α	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001
$1-\alpha$	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995	0.9975	0.999
v	$t_{0.90}$	$t_{0.95}$	$t_{0.975}$	$t_{0.99}$	$t_{0.995}$	$t_{0.9975}$	$t_{0.999}$
1	3.078	6.314	12.710	31.820	63.660	127.300	318.300
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.090	22.330
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.541	7.453	10.210
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.780
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.335	3.833	4.501
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297
10	1.320	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232
70	1.290	1.667	1.994	2.381	2.648	2.899	3.211
80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195
90	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	2.878	3.183
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174
200	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	2.838	3.131
500	1.283	1.648	1.965	2.334	2.586	2.820	3.107
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090