

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS**

“Resistencia a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau - Apurímac, 2022”

Presentada por:

**Bach. NELSON JESUS CAYTUIRO CARDENAS**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Abancay - Apurímac – Perú**

**2023**

# Resistencia a flexión en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau - Apurímac, 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://repositorio.utea.edu.pe">repositorio.utea.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="https://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://qdoc.tips">qdoc.tips</a>	

## **Tesis**

“Resistencia a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022”

## **Línea de investigación**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible

## **Asesor**

DR. Calixto Cañari Otero



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“RESISTENCIA A FLEXIÓN EN VIGAS DE MADERA *EUCALYPTUS GLOBULUS* DE  
DIFERENTES EDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES EN  
CHUQUIBAMBILLA, GRAU - APURÍMAC, 2022”**

Presentada por el Bach. **NELSON JESUS CAYTUIRO CARDENAS**, Para optar el título  
profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Sustentado y aprobado el 27 de junio del 2023 ante el jurado:

**Presidente** : Mg. Quispe ferrel fredy  
**Primer miembro** : Ing. Hugo virgilio acosta valer  
**Segundo miembro** : Mg. Juan franks Valenzuela carrasco  
**Asesor** : Dr. Calixto cañari otero

## **Dedicatoria**

A Dios, le doy gracias por mi vida y mi adorable familia. A mis padres: Alejandro y Bertha, con mucho afecto, por el esfuerzo y deseo que pusieron en mi persona para darme educación y llegar con ella a una carrera profesional.

A mi abuelo Benito, hermanos, familiares y amigos por su constante ánimo para seguir con la carrera profesional.

## **Agradecimiento**

A la Universidad Tecnológica de los Andes por brindarnos la oportunidad de estudiar en dicha institución que es el origen de la educación superior en Apurímac y a los docentes de la Facultad de Ingeniería, en particular a los de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por compartir su experiencia y conocimientos en las diversas especialidades.

Al Dr. Calixto Cañari Otero, mi mentor, quien me brindó su apoyo incondicional, instrucciones precisas sobre el aspecto metodológico del avance de la investigación y el apoyo moral de mis amigos.

## Índice de contenido

Portada.....	ii
Post Protada .....	ii
Hoja de jurados.....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenido.....	vi
Índice de tablas .....	x
Índice de figuras.....	xi
Listado de ecuaciones.....	xiii
Acrónimos.....	xiv
Resumen .....	xv
Abstract.....	xvi
Introducción.....	xvii
Capítulo I .....	1
Planteamiento del problema.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	5
1.2.1. Formulación de problemas .....	5
1.2.2. Problema general.....	5
1.2.3. Problemas específicos: .....	5
1.3. Justificación de la investigación.....	5
1.4. Objetivos de la investigación .....	7
1.4.1. Objetivo general .....	7

1.4.2. Objetivos específicos:.....	7
1.5. Delimitación de la investigación .....	7
1.5.1. Espacial .....	7
1.5.2. Temporal.....	8
1.5.3. Social.....	8
1.5.4. Conceptual .....	8
1.6. Viabilidad de la investigación .....	8
1.7. Limitaciones.....	8
Capítulo II .....	10
Marco teórico .....	10
2.1. Antecedentes de investigación.....	10
2.1.1. A nivel internacional.....	10
2.1.2. A nivel nacional.....	13
2.1.3. A nivel regional y local.....	16
2.2. Bases teóricas.....	16
2.2.1. Determinación de la carga máxima soportada a flexión en vigas de madera	16
2.2.2. Determinación del módulo de elasticidad en vigas de madera .....	36
2.3. Marco conceptual .....	38
Capítulo III .....	41
Metodología de la investigación .....	41
3.1. Hipótesis.....	41
3.1.1. Hipótesis general .....	41
3.1.2. Hipótesis específicas: .....	41
3.2. Método.....	42



3.2.1. Método de la investigación.....	42
3.3. Tipo de investigación .....	43
3.4. Nivel de investigación .....	43
3.5. Diseño de investigación.....	44
3.6. Operacionalización de la variable .....	44
3.7. Población, muestra y muestreo.....	46
3.7.1. Población.....	46
3.7.2. Muestra.....	46
3.7.3. Muestreo .....	48
3.8. Técnicas e instrumentos.....	48
3.8.1. Técnicas e instrumentos empleados en la investigación .....	48
3.9. Consideraciones éticas.....	50
3.10. Procesamiento estadístico .....	51
3.10.1. Prueba de normalidad.....	51
3.10.2. Pasos a realizar para las pruebas de hipótesis .....	53
Capítulo IV.....	56
Resultados y discusión.....	56
4.1. Resultados.....	56
4.1.1. Resultado del objetivo general.....	56
4.1.2. Resultado del objetivo específico 1 .....	61
4.1.3. Resultado del objetivo específico 2.....	67
4.1.4. Resultado del objetivo específico 3.....	69
4.2. Discusión de los resultados .....	76
4.2.1. Discusión de resultados hipótesis general.....	76
4.2.2. Discusión de resultados hipótesis específica 1 .....	76

4.2.3. Discusión de resultados hipótesis específica 2.....	77
4.2.4. Discusión de resultados hipótesis específica 3.....	77
4.3. Prueba de hipótesis .....	78
4.3.1. Prueba de hipótesis general.....	78
4.3.2. Prueba de hipótesis específica 1.....	79
4.3.3. Prueba de hipótesis específica 2.....	79
4.3.4. Prueba de hipótesis específica 3.....	80
Conclusiones.....	80
Recomendaciones .....	83
Bibliografía.....	84
Anexos .....	94

## Índice de tablas

Tabla 1	<i>Operacionalización de variables</i> .....	45
Tabla 2	<i>Cantidad de muestras a ser estudiadas por edad</i> .....	47
Tabla 3	<i>Instrumentos de uso</i> .....	49
Tabla 4	<i>Profesionales expertos validadores de los instrumentos</i> .....	49
Tabla 5	<i>Prueba de Shapiro - Wilk</i> .....	51
Tabla 6	<i>Dimensiones de las vigas a ser ensayadas</i> .....	56
Tabla 7	<i>Cálculo de resistencia a flexión por viga</i> .....	59
Tabla 8	<i>Carga máxima soportada a flexión por las vigas a diferentes edades</i> ...	61
Tabla 9	<i>Reordenamiento de esfuerzos máximos por edad</i> . ....	67
Tabla 10	<i>Incremento de carga en relación a una deformación</i> .....	71
Tabla 11	<i>Cálculo del módulo de elasticidad durante la flexión</i> .....	72
Tabla 12	<i>Reordenamiento del módulo de elasticidad por edad</i> .....	74
Tabla 13	<i>Resultados de la hipótesis general</i> .....	78
Tabla 14	<i>Resultados de la hipótesis específica 1</i> .....	79
Tabla 15	<i>Resultados de la hipótesis específica 2</i> .....	79
Tabla 16	<i>Resultados de la hipótesis específica 3</i> .....	80

## Índice de figuras

Figura 1 <i>Causas para la falla de las viviendas de madera</i> .....	2
Figura 2 <i>Vivienda de acuerdo al tipo de materiala en Chuquibambilla – Grau</i> .....	4
Figura 3 <i>Ubicación de la zona de extracción de las vigas</i> . ....	17
Figura 4 <i>Tala de la madera</i> .....	19
Figura 5 <i>Madera de diferentes años de edad</i> .....	20
Figura 6 <i>Secado de madera al aire libre</i> .....	21
Figura 7 <i>Proceso de aserrado de madera</i> .....	22
Figura 8 <i>Traslado de vigas a zonas accesibles</i> .....	23
Figura 9 <i>Diagrama de rangos de humedad</i> .....	24
Figura 10 <i>Elástica de la viga</i> .....	26
Figura 11 <i>Sección de la viga antes de carga y después de carga</i> .....	27
Figura 12 <i>Sección curvo de una viga</i> .....	28
Figura 13 <i>Distribución de esfuerzos en flexión</i> .....	29
Figura 14 <i>Sección de viga</i> .....	33
Figure 15 <i>Esquema de ensayo de flexión</i> .....	35
Figura 16 <i>Sección de la viga para el módulo de elasticidad</i> .....	37
Figura 17 <i>Especificaciones de las cargas aplicadas a las vigas</i> .....	57
Figura 18 <i>Curva carga vs deformación de la viga 25-1-1</i> .....	58
Figura 19 <i>Carga máxima soportada a flexión vs la edad de la madera</i> .....	61
Figura 20 <i>Deformación en vigas de luz 1.42m de madera de 25 años</i> .....	62
Figura 21 <i>Deformación en vigas de luz de 2.36m de madera de 25 años</i> .....	63
Figura 22 <i>Deformación en vigas de luz de 3.31m de madera de 25 años</i> .....	63

Figura 23 <i>Deformación en vigas de luz 1.42m de madera de 50 años</i> .....	64
Figura 24 <i>Deformación en vigas de luz de 2.36m de madera de 50 años</i> .....	64
Figura 25 <i>Deformación en vigas de luz de 3.31m de madera de 50 años</i> .....	65
Figura 26 <i>Deformación en vigas de luz 1.42m de madera de 75 años</i> .....	65
Figura 27 <i>Deformación en vigas de luz de 2.36m de madera de 75 años</i> .....	66
Figura 28 <i>Deformación en vigas de luz de 3.31m de madera de 75 años</i> .....	66
Figura 29 <i>Esfuerzo admisible a flexión vs edad de la madera</i> .....	69
Figura 30 <i>Carga - Deformación de la viga 25-1-1</i> .....	69
Figura 31 <i>Módulo de elasticidad promedio vs edad de la madera</i> .....	75
Figura 32 <i>Módulo de elasticidad mínima vs edad de la madera</i> .....	76

## Listado de ecuaciones

Ecuación 1: Contenido de humedad.....	28
Ecuación 2: Esfuerzo máximo a flexión.....	29
Ecuación 3: Esfuerzo admisible.....	30
Ecuación 4: Módulo de elasticidad.....	35
Ecuación 5: Tamaño de muestra.....	69
Ecuación 6: Alfa de Cronbach.....	47
Ecuación 7: Esfuerzo admisible a flexión.....	47
Ecuación 8: Tamaño de muestra.....	69
Ecuación 9: Esfuerzo admisible a flexión.....	47
Ecuación 10: Media global.....	49
Ecuación 11: Varianza total.....	50
Ecuación 12: Varianza infragrupos.....	50
Ecuación 13: Varianza intra grupos.....	50
Ecuación 14: Prueba de Tukey.....	50
Ecuación 15: Valor de prueba.....	50

## **Acrónimos**

NTP: Norma técnica peruana

PAD – REFORT: Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de recursos forestales tropicales

NEC: Norma ecuatoriana de construcción

COPANT: Comisión panamericana de normas técnicas

AITIM: Asociación de investigación de las industrias de madera

MOE: Módulo de elasticidad

FC: Factor de reducción de calidad

FDC: Factor de duración de carga

FS: Factor de seguridad

FT: Factor de reducción por tamaño

CH: Contenido de humedad

Adm: Admisible

Max: Máximo

mm: Milímetro

## Resumen

La investigación tiene como objetivo determinar la resistencia a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau –Apurímac, 2022. Para lo cual, el método utilizado fue inductivo, de tipo aplicativo, con nivel de investigación descriptivo, con diseño experimental y enfoque cuantitativa, donde se realizaron ensayos a flexión de 36 vigas a escala de 83 x 83 x 1500 mm, 140 x 140 x 2500 mm, 194 x 194 x 3500 mm, 4 unidades de cada medida por cada edad de 25, 50, 75 años, en la humedad seca en condición ambiente en la que se encuentra apta para su empleo en la construcción.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: la resistencia a flexión resulto de 25 años 69.39 MPa, de 50 años 79.33 MPa y de 75 años 82.37 MPa, la carga máxima soportada a flexión resulto tal como se muestra en la tabla 8, el esfuerzo admisible a flexión resulto de 25 años 12.937 MPa, de 50 años 14.05 MPa, y de 75 años 17.52 MPa, el módulo de elasticidad mínima resulto para 25 años 3796.072 MPa, de 50 años 7622.16 MPa y de 75 años 5527.50 MPa y el módulo de elasticidad promedio resulto de 25 años 6528.54 MPa, de 50 años 10643.93 MPa y de 75 años 9425.31 MPa; estos resultados nos permiten estimular la utilización de la madera *Eucalyptus Globulus* en condición seca y de mayor edad a utilizar con fines estructurales especialmente cuando trabajen a flexión, donde facilitan su utilización con seguridad y sobre todo que conserve la naturaleza de las viviendas rurales de madera y casas de campo.

**Palabras clave:** resistencia a flexión, carga máxima, esfuerzo admisible, módulo de elasticidad.



## Abstract

The objective of this research is to determine the flexural strength of Eucalyptus globulus wood beams of different ages for the construction of rural housing in Chuquibambilla, Grau -Apurimac, 2022. For which the method used was inductive, of applicative type, with descriptive research level, with experimental design and quantitative approach, where bending tests were carried out on 36 beams to scale of 83 x 83 x 1500 mm, 140 x 140 x 2500 mm, 194 x 194 x 3500 mm, 4 units of each measure for each age of 25, 50, 75 years, in dry humidity in ambient condition in which it is suitable for use in construction.

The results obtained were as follows: the bending strength resulted for 25 years 69.39 MPa, for 50 years 79.33 MPa and for 75 years 82.37 MPa, the maximum load supported in bending resulted as shown in Table 8, the allowable stress in bending resulted for 25 years 12.937 MPa, for 50 years 14.05 MPa, and for 75 years 17.52 MPa, the minimum modulus of elasticity resulted for 25 years 3796.072 MPa, for 50 years 7622.16 MPa and for 75 years 5527.50 MPa, and the minimum modulus of elasticity resulted for 25 years 5527.50 MPa. 50 MPa and the average modulus of elasticity resulted for 25 years 6528.54 MPa, for 50 years 10643.93 MPa and for 75 years 9425.31 MPa; these results allow us to stimulate the use of Eucalyptus Globulus wood in dry condition and of older age to be used for structural purposes especially when they work in bending, where they facilitate their use with safety and above all to preserve the nature of rural wooden houses and country houses.

*Keywords:* bending strength, maximum load, allowable stress, modulus of elasticity.

## Introducción

En el rubro de la construcción, la madera es un material de mucha utilidad, razón a que su uso es imprescindible para el cumplimiento de actividades durante el desarrollo de la ejecución de las obras, utilizándolas en encofrados cuando se trata de obras de concreto armado, y en la zona rural y campestre, se utiliza como vigas en las coberturas y entresijos de las viviendas de adobe y madera. Este es uno de los materiales que por mucho tiempo se sigue utilizando, las cuales se vieron afectadas durante su uso ocasionando pandeos y en ocasiones hasta colapsos debido al grado de trabajo en flexión por acción de cargas excesivas y el tiempo de servicio ocasionando preocupación e inseguridad en las familias. Por ello, la finalidad del estudio es determinar la resistencia a flexión de vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas y así aprovechar las grandes extensiones de eucalipto para construir viviendas que convergen con el medio ambiente.

La investigación consta de cuatro capítulos:

La realidad problemática de la investigación tomando un contexto a nivel internacional, nacional y local se presenta en el capítulo I, junto con el tema general y sus detalles, así como el planteamiento de los objetivos generales y específicos del estudio. El marco teórico se aborda en el capítulo II, teniendo en cuenta el contexto de la investigación desde lo internacional, nacional y local, los fundamentos teóricos y las variables de estudio. La técnica de investigación se establece en el capítulo III, especificando el método, el tipo, el nivel y el diseño del estudio. Al mismo tiempo, se decide la población, la muestra, los instrumentos y el tratamiento de los datos. Finalmente, los resultados obtenidos y sus correspondientes análisis basados en las

pruebas creadas durante la investigación que se presentan en la conclusión del capítulo IV.

Asimismo, se adjunta los anexos, instrumentos de recogida y registros fotográficos.

## **Capítulo I**

### **Planteamiento del problema**

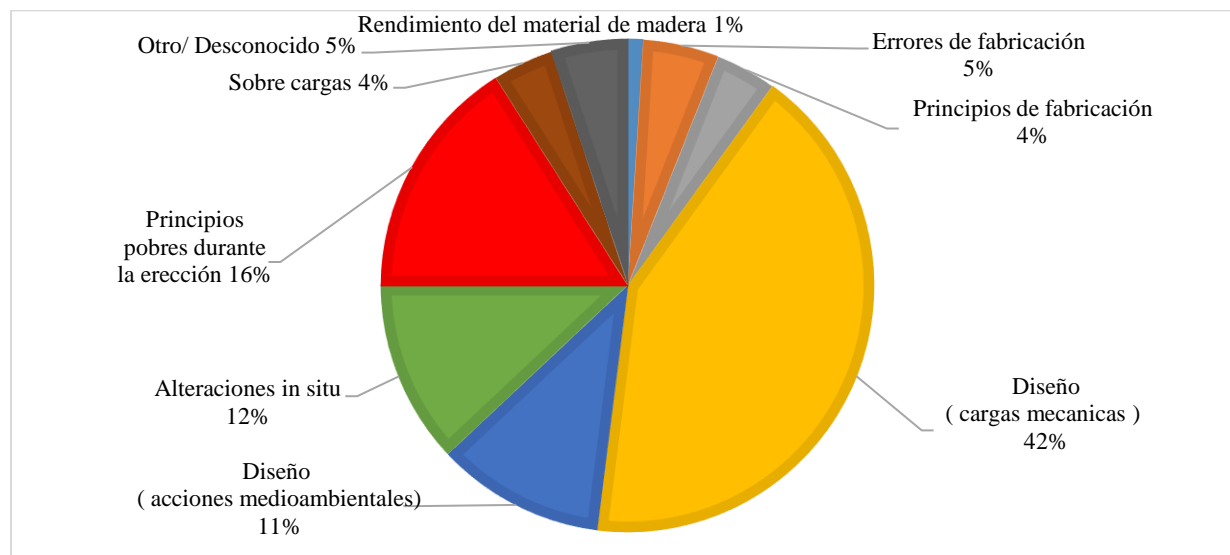
#### **1.1. Realidad problemática**

La Junta Nacional de Vivienda, Construcción y Planificación de Suecia (Boverket) (2018), afirma que entre 2005 y 2007 ocurrió un evento negativo en Alemania, Dinamarca, Estados Unidos, Finlandia, Noruega y Suecia que tuvo un impacto en la competitividad de la madera en la industria de la construcción. La junta también señala que en los dos últimos años de 2018 se produjeron 127 fallas en casas de madera en Suecia que estuvieron relacionados con diversas causas, entre las que identificaron son los siguientes: rendimiento del material de madera, errores de fabricación, directrices de fabricación, modificaciones in situ, mal diseño o ausencia de diseño en relación con las cargas mecánicas, mal diseño o ausencia de diseño en relación con las actividades medioambientales, principios pobres durante la erección y sobrecargas. En cuanto a las cargas mecánicas, las prácticas de montaje inadecuadas y los cambios in situ, las primeras son las más notables y problemáticas. Las vigas, en particular, las curvas y a

dos aguas, también figuran en la lista de las causas de las fallas y son las que más se notan debido a la flexión y la tensión perpendicular en la fibra.

### Figura 1

#### *Causas para la falla de las viviendas de madera*



*Nota.* En la figura, se muestra en porcentaje del tipo de causas por las cuales falla la construcción de viviendas de madera en Suecia, obtenida de Junta Nacional de Vivienda, Construcción y Planificación en Suecia.

Según el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento del Perú (2015), indica que las viviendas y construcciones (puentes) que fueron intervenidas con maderas, se ha logrado identificar que el 75% de las fallas que ocurren en dicho material fueron ocasionadas por flexión a grandes cargas en longitudes mayores y secciones no correspondientes, de la misma forma por el constante cambio de la naturaleza en temas climatológicos las cuales hacen que el material estén expuestas a riesgos si no se encuentran tratadas.

En los últimos años, la madera ha adquirido una imagen negativa por tener poca resistencia, aunque lo cierto es lo contrario en cuanto a durabilidad. De acuerdo con el ritmo de crecimiento de la población, la madera se utiliza con frecuencia, lo que impide que se desarrolle y madure adecuadamente y nos deja una baja resistencia. La tecnología de la construcción utiliza técnicas para determinar la ganancia de cualidades de resistencia y las utiliza en el negocio de la construcción como resultado.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2017 –INEI-PERÚ, en la provincia de Grau se encuentran 524 casas de pura madera y 37,718 casas con coberturas de teja colocadas sobre estructuras de madera (vigas, tijerales, etc.), la cual por su proceso constructivo lleva material de soporte de la teja a la madera en vigas, en armaduras en la cual el elemento que la interviene es la viga.

Según los registros realizados en el programa bosques manejados de la región Apurímac, la región cuenta con una cantidad de 4'270,399 de árboles de eucalyptus globulus las cuales se puede utilizar en la construcción de viviendas y otras industrias, para ello el comportamiento de la madera es crucial frente a los esfuerzos de flexiones en vigas y flexo -compresión en columnas, para ser utilizadas en la construcción.

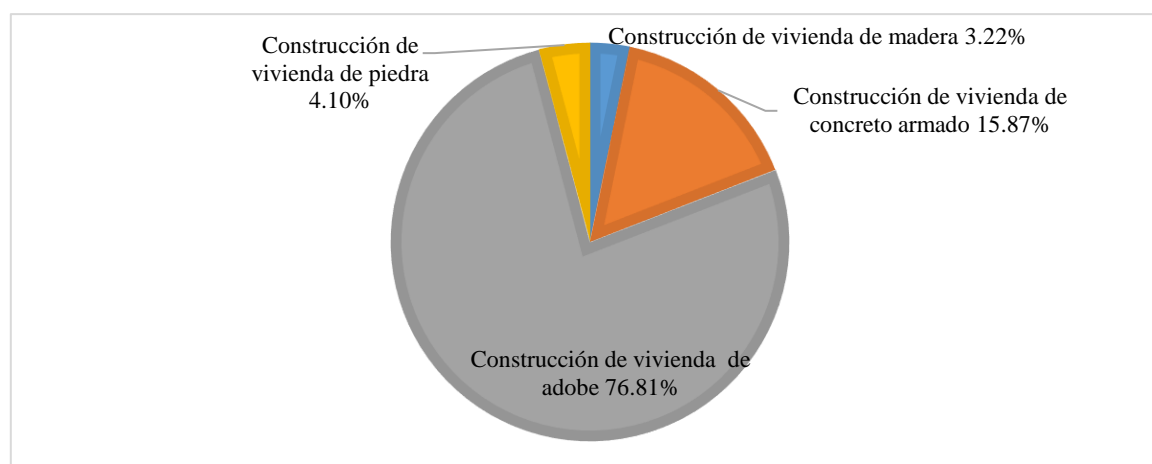
En la provincia de Grau, existe una necesidad de mejorar la vivienda rural, la mayoría de ellas están construidas tradicionalmente de adobe o de piedra en zonas rurales e incluso en urbanas. Ante ello, un 97% de las viviendas construidas con material de adobe, piedra, madera y en algunas de material noble utilizan aun vigas de madera en entresijos y vigas de coberturas las cuales soportan cargas de (teja, paja, calamina, madera y otros materiales), que estas se vieron afectadas durante su utilización, ocasionando deflexiones excesivas más de lo normal o lo permitido, por ello cabe

plantear la causa del problema que pudo darse, por el desconocimiento del tipo de madera a usarse, por el peso excesivo a la cual está sometida el elemento, estado del material (humedad y edad), mal proceso constructivo, mal seccionamiento de la madera, etc. Y el escaso investigación de la madera para optar la posible utilización de la madera de eucalipto como un elemento estructural opcional en vigas, diferente a los demás sistemas estructurales.

En la siguiente gráfica, se muestra el porcentaje de viviendas en Chuquibambilla que aún se sigue perdurando las construcciones las cuales utilizan vigas de madera en sus coberturas y entresijos, esto se debe a que en dicha ciudad se encuentra recurso forestal para dicha necesidad. Las cuales en la mayor parte fueron afectados las vigas, causando deformaciones de las vigas y en ocasiones hasta rotura, poniendo esta situación en preocupación al ocupante.

## Figura 2

*Vivienda de acuerdo al tipo de materiala en Chuquibambilla – Grau*



*Nota.* En la figura, se visualiza en porcentaje del tipo de construcción que se encuentra en la provincia de Grau, teniendo un mayor porcentaje a las construcciones de adobe

que mayor predomina en la provincia y que de menor uso para la construcción de viviendas es la madera, obtenida de INEI -2017.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Formulación de problemas**

#### **1.2.2. Problema general**

¿Cuál es la resistencia a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022?

#### **1.2.3. Problemas específicos:**

1. ¿Cuál es la carga máxima soportada a flexión por las vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla?
2. ¿Cuál es el esfuerzo admisible a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla?
3. ¿Cuál es el módulo de elasticidad en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla?

## **1.3. Justificación de la investigación**

La importancia de la investigación fue solucionar el problema del 97% de viviendas rurales en Grau que usan vigas de madera y que sufrieron grandes deformaciones ocasionando preocupación al ocupante. De la misma forma atender las fallas por procesos constructivos y consideraciones de diseño frente a cualidades mecánicas que



están expuestas en su mayor porcentaje a sobrecargas provenientes de la naturaleza y en ocasiones por fuerzas naturales. Así mismo reducir el 75% de viviendas que sufrieron daños por el empleo en luces grandes y secciones no correspondientes en vigas de madera.

A medida que se obtenga los datos de las características de la madera, trata de dar información valiosa sobre comportamiento mecánico a la sociedad de ingenieros y población en general, así mismo tener conocimiento de un material abundante como es el eucalipto que nos favorece al encontrarse en nuestra zona y tener datos actualizados, como también cabe destacar que tener parámetros de resistencia a flexión de la madera de eucalipto ayuda a un adecuado uso, la seguridad del usuario al momento de implementar un sistema estructural para su eficiencia máxima al momento de proponer su vivienda.

Es innovadora a nivel de la construcción por su aplicación del material de origen orgánico como es la madera en los elementos estructurales (vigas) y de cobertura (viguetas, correas, tijerales, etc.) por lo general elementos que trabajen a flexión, las cuales nos brinda la reducción del costo con respecto a otro material y reducción del impacto ambiental, que aporta al conocimiento de la sociedad de sistemas estructurales de madera de *eucalyptus globulus*.

A nivel académico, es de facilitar como guía para investigaciones futuras de este material u otra que estén relacionados a la madera y de la misma forma ser guía para laboratorios a escala natural, así como también hacer uso los valores encontrados para el diseño de futuras viviendas de madera. De la misma forma, a nivel científico es de establecer datos que puedan ser acoplados a las normas ya que el eucalipto es un

material muy usado en la construcción que aún no se encuentra estandarizada sus propiedades.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

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

Determinar la resistencia a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022.

##### **1.4.2. Objetivos específicos:**

1. Establecer la carga máxima soportada a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.
2. Establecer el esfuerzo admisible a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.
3. Determinar el módulo de elasticidad en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.

#### **1.5. Delimitación de la investigación**

##### **1.5.1. Espacial**

La investigación se desarrolló en la zona rural de la comunidad de Chapimarca del distrito de Chuquibambilla, provincia de Grau, del departamento de Apurímac. Del lugar, se extraerá las maderas para su respectivo estudio.

### **1.5.2. Temporal**

El tiempo de investigación realizada fue entre los años 2021 y 2022, en las cuales se realizarán todos los procedimientos de la investigación.

### **1.5.3. Social**

La delimitación social para esta investigación no fue aplicada.

### **1.5.4. Conceptual**

Para la investigación se tomó como apoyo a las normas peruanas técnicas las cuales se consideren necesarias para realizar esta investigación, guías, métodos para el desarrollo de los ensayos basados en la NTP y extranjeras con mención en madera.

## **1.6. Viabilidad de la investigación**

La investigación es realizable ya que se contó con la disposición de información y recurso humano que brinda la universidad en el área, así mismo de profesionales externas, así como también la disposición financiera, el apoyo moral por parte de mi familia, amigos y conocidos, así como en la obtención de materiales para las pruebas las cuales son de mi propiedad donde la zona es de mucha forestación de eucalipto las cuales son de fácil traslado al laboratorio ya que la zona de extracción cuenta con vías de acceso automovilístico, así mismo por contar con todas las ganas y disposición del tiempo.

## **1.7. Limitaciones**

El condicionamiento que se tuvo en la parte económica fue elevado, puesto que la escuela profesional no cuenta con laboratorio de materiales bien implementados,

razón a ello se tuvo que acoplar un laboratorio externo a escala natural en donde se realizó todos los objetivos planteados en la investigación.

A nivel tecnológico, también, se tuvo restricciones debido a que la universidad no cuenta con equipos para establecer pruebas a escala real, así mismo no se trató a la madera con ningún aditivo que pueda alterar las características.

A nivel conceptual, no se obtuvieron trabajos similares, e investigaciones en el ámbito local ni regional, las cuales me llevaron a utilizar investigaciones nacionales e internacionales, de ello me vi aplicar métodos que utilizaron en sus trabajos

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

#### **2.1. Antecedentes de investigación**

##### ***2.1.1. A nivel internacional***

Se tiene antecedentes internacionales como es el caso de Barreto (2018), en su investigación se propuso a determinar las cualidades físico mecánicas (corte y flexión) de la madera tropical en forma laminado pegado estructural, para su realización del estudio se optó con la madera teca. Para la investigación aplico una metodología cuantitativa y descriptiva. Obteniendo los siguientes resultados: que es muy factible el uso de esta tecnología en la construcción, las cuales presentaron resultados de resistencia por encima de los valores mínimos permitidos las normativas internacionales, lo que genera mayores o iguales longitud y pesos que se realizan con formas coníferas, los resultados de flexión obtenidas de las pruebas presento una disminución de

resistencia a 30% de la madera maciza, así mismo en prueba de flexión para vigas estructural se encontró un valor de 104 % por encima de la resistencia a flexión de madera natural, en cuanto a la resistencia al corte y la resistencia a flexión no presenta problemas de esfuerzo al corte.

Asimismo, es el caso de Guzmán (2017), en su investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento a flexión de vigas de madera reciclada empleadas en estructuras junto con el pino radiata, aplicando el adhesivo melanina-urea formaldehído para sistema estructural laminada pegada estructural. Aplicando una metodología de carácter comparativo teniendo como población y muestra de 3 materias primas: laminas, elemento de unión, bloques de pino radiata, la muestra para laminas fue en tablas de  $e=35\text{mm}$ ,  $a=190\text{mm}$ ,  $l=3962\text{mm}$  (11/2"x8"x3962mm) en muestra para unión y bloques en tablas cepilladas de (1"x10"x3200mm) y para laminas en pinos de  $e=10\text{mm}$ ,  $a=70\text{mm}$  y  $l=3000\text{mm}$  de vigas. Teniendo como resultado: MOE es 22.704 MPa, máximo esfuerzo a tensión al límite proporcional es 16.27 MPa. Concluyendo que los datos encontrados son próximos a los valores descritos en la norma NTC 5279 en escala 1:1 de 3 metros se encontró valores cercanos a la NSR-10 y nivel ES3 en la NSR-10 las cuales se caracterizan por ser resistentes.

También el caso de Sánchez (2021), en su investigación tuvo como objetivo obtener las cualidades mecánicas estructural de la madera de eucalipto. Aplicando una metodología experimental de manera exploraría de carácter aplicada teniendo una población y muestra de madera de varios cantones y secciones, el número de probetas que fue realizado es 6 para la prueba de flexión axial y 5 para una prueba de tracción paralela a la fibra. Con los resultados de un módulo elástico medio de 9450 MPa, un

esfuerzo máximo de flexión de 63.79 MPa, un esfuerzo de tracción de 98.05 MPa paralelo a la fibra y una humedad de 15,80%, se concluyo que los esfuerzos máximos y el módulo elástico en el eucalipto se establecen dentro de los limites proporcionados en la tabla de NEC 2015. Asi mismo la humedad tuvo un impacto en su resistencia a flexión, deformaciones, alargamientos y flexibilidad.

Además, es el caso de Macedo (2018), en su investigación que tuvo como objetivo de estudio evaluar y diseñar piezas de madera maciza y compuesta de dimensiones cortas de *pinus pseudostrubus l*. Aplico una metodología de carácter comparativo. En una población de madera de pinus pseudostrubus l. y muestra de 70 en madera maciza y 70 madera compuesta. Obteniendo los siguientes resultados de que los valores encontrados en un 95% están dentro de lo permisibles en un 0.05. Llegando a la conclusión de que a la madera mientras des más tratamiento y refuerzo tiende a tener mejor comportamiento frente a una flexión en estructuras

finalmente, el caso de Donoso (2016), en su investigación que tuvo como objetivo examinar las variaciones de resistencia y rigidez de las vigas y el impacto de la modificación de la calidad de las juntas de indentación, así como la graduación y disposición de las laminaciones del pino radiata. Para su realización opto por una metodología experimentales. Teniendo como población y muestra de madera de 3 zonas de 20 probetas. Teniendo los siguientes resultados: resistencia al módulo de rotura madera de MLE es 21.2 MPa, viga laminado horizontal de 29.9 MPa, y madera MGP laminación flexotraccionado de 27MPa y 41.4 MPa y concluyen que la resistencia aumento en un 41% y 54%.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Se tiene antecedentes nacionales como es el caso de Mendoza (2015), en su investigación sobre la estructura y características físicas de la madera *eucalyptus urugrandis*, teniendo como finalidad averiguar las propiedades físicas y su composición anatómica de la madera *eucalyptus urograndis* de edad de 9 años del lugar de Santa Herminia- palomar. La metodología para la aplicación de esta investigación fue de carácter cuantitativo de acuerdo a las normas técnicas peruanas de donde llegaron a los siguientes resultados, cualidades macroscópicas: de color marrón no intenso, sin olor ni sabor no distintivo, lucimiento regular, jaspeado perceptible, cuerpo recto ligeramente oblicuo, tejido mediana, así como también las propiedades físicas: peso específico básico medio de 0.46 g/cm<sup>3</sup>, contracción volumétrica media de 12%, relación de anisotropía estable de 1.96, contenido de humedad de 12.37%, densidad básica de 0.46 g/cm<sup>3</sup>. Concluyendo que de las características físicas y anatómicas probables del *eucalyptus urograndis* se pueden usar en: cubiertas, chapas, para uso en exteriores e interiores, en toda carpintería, fabricación de papel, leña como combustible.

Asimismo, es el caso de De peso y Loaiza (2016), en su investigación sobre estimación de las cualidades mecánicas y físicas del *eucalyptus globulus* en condición seco y natural, analizados con la NTP E-010 para su respectivo agrupamiento, teniendo como finalidad evaluar las cualidades físico mecánicas del *eucalyptus globulus* de Paruro, en condición deshidratado y natural, se utilizó el método cuantitativo-descriptivo. Se obtuvieron estos resultados: para el carácter mecánico incluyen el cizallamiento paralelo al grano en condición natural de 13,6173 kg/cm<sup>2</sup> y a condición seca de 17,6603 kg/cm<sup>2</sup>, compresión paralela al grano en condición natural de 125,4932 kg/cm<sup>2</sup> y en seca



de 144,8210 kg/cm<sup>2</sup>, y la compresión perpendicular al grano en condición natural de 56,72 kg/cm<sup>3</sup>. De la misma manera en las cualidades físicas incluyen con una densidad básica de 0,7322 g/cm<sup>3</sup> y propiedades mecánicas, para estructuras en estado seco al grupo A. La norma para flexión estática en estado natural alcanzó 263,2922 kg/cm<sup>2</sup> y estado seco alcanzó 244,2475 kg/cm<sup>2</sup>, finalmente para el agrupamiento a la norma se dio de la siguiente manera eucalipto globulosa para estructuras en estado natural al grupo B y seco al grupo A.

También el caso de López y Rozas (2016), en su investigación sobre determinación de la resistencia en función a la humedad para la adaptación a elementos condicionados a flexión en madera de eucalipto globulosa, teniendo como objetivo determinar las cualidades físico mecánicas y su resistencia del eucalipto glóbulos en condiciones de humedad diferentes así también analizar y deducir el funcionamiento de dicha madera de eucalipto con diferentes humedades, para la realización de esta investigación aplicaron la metodología cuantitativa-descriptiva, llegando a obtener los siguientes resultados que la muestra cargada de humedad de 100% adquiere una tensión a rotura 1400.558 kg/cm<sup>2</sup> mientras que la muestra de 0% de contenido de humedad adquiere una tensión a rotura 1336.835 kg/cm<sup>2</sup> de ello se deduce que la tensión a rotura promedio y humedad( %) presenta una función inversa, para el ensayo de la dureza brinell se estima que la dureza de Britney y el contenido de humedad presentan una función inversa, la relación de dureza de brinell y la resistencia a flexión se deduce que mientras el material es más dura la resistencia a flexión haciendo formando una función directa, de la relación entre la resistencia a flexión y a tracción

podemos se afirma que guarda una relación directa mientras aumenta la resistencia a flexión también aumenta su resistencia a tracción.

Además, el caso de Barrueta (2018), en su investigación sobre la resistencia a flexión en vigas de la madera Tornillo, teniendo como finalidad obtener la resistencia a flexión en vigas de la madera tornillo y comprobar su actuar mecánico y proponer como material de construcción. Para su realización utilizo la metodología tipo experimental, nivel descriptivo. Teniendo como población y muestra madera de tornillo del distrito de Huánuco de tres sectores Quiñonez E.I.R.L., depósito de César Nilton Aguirre Huamán y depósito de Gladis Rosa Lozano Tello, teniendo como muestra de 30 probetas como mínimo, 10 de cada sector de forma aleatoria. Dando como resultado lo siguiente: Módulo de elasticidad promedio 10104.01 Mpa, Módulo de elasticidad mínimo 6910.01 MPa, Esfuerzo admisible a flexión a 14.98 MPa. Llegando a la conclusión de que tiene aproximaciones cercanas a los admisibles las cuales se pueden usarse en la construcción moderadamente.

Finalmente, es el caso de Espinoza (2018), en su investigación sobre efecto de la edad del árbol en las cualidades mecánicas de la madera de eucalipto, teniendo como finalidad analizar el efecto de la edad en las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto, para su realización de su investigación optaron por una metodología de carácter cuantitativo, población para su investigación fue dos árboles de edades de 10, 25, 40, 55 años de edad del distrito de Bambamarca, que fueron dimensionados para su respectivo según indica en la norma, de la cual se obtuvo los siguientes resultados: corte paralelo al grano promediados resulto de 46.75 kg/cm<sup>2</sup>, de igual manera, la compresión paralela promedio resulto 424 kg/cm<sup>2</sup>, compresión perpendicular promedio

80.96 kg/cm<sup>2</sup>, flexión estática promediada resulto de 194.21 kg/cm<sup>2</sup>, tensión paralela a las fibras promediado resultó 1777.53 kg/cm<sup>2</sup>, tensión perpendicular al grano promediado 56.18 kg/cm<sup>2</sup>, humedad promedio 27.26%, densidad básica promedio resulto 0.77 g/cm<sup>3</sup>, módulo de elasticidad promedio 111460.66 kg/cm<sup>2</sup>, esfuerzos admisibles tomando el valor menor de las cuatro edades resultó: en flexion 87.14 kg/cm<sup>2</sup>, en tracción paralela 1203.69 kg/cm<sup>2</sup>, compresión paralela 175.09 kg/cm<sup>2</sup>, compresión perpendicular 48.87kg/cm<sup>2</sup>, corte 12.67 kg/cm<sup>2</sup>, revizando los resultados de los estudios fisico mecanicas se mencionó que tiene relación entre la resistencia mecánica y la edad, la madera es óptima a partir de los 25 años de edad para su uso, asimismo, pertenece al grupo A en su agrupamiento estructural.

### ***2.1.3. A nivel regional y local***

En nuestra region aun no se realizaron estudios o publicaciones acerca de la resistencia a flexión en vigas de madera de eucalyptus globulus de diferentes edades para su utilización en la construcción de viviendas rurales o similares a ello.

## **2.2. Bases teóricas**

### ***2.2.1. Determinación de la carga máxima soportada a flexión en vigas de madera***

Para poder llevar a cabo, lo buscado en este trabajo, se estableció el procedimiento a seguir para su desarrollo de manera eficaz, las cuales nos ayudan a realizar de manera ordenada.

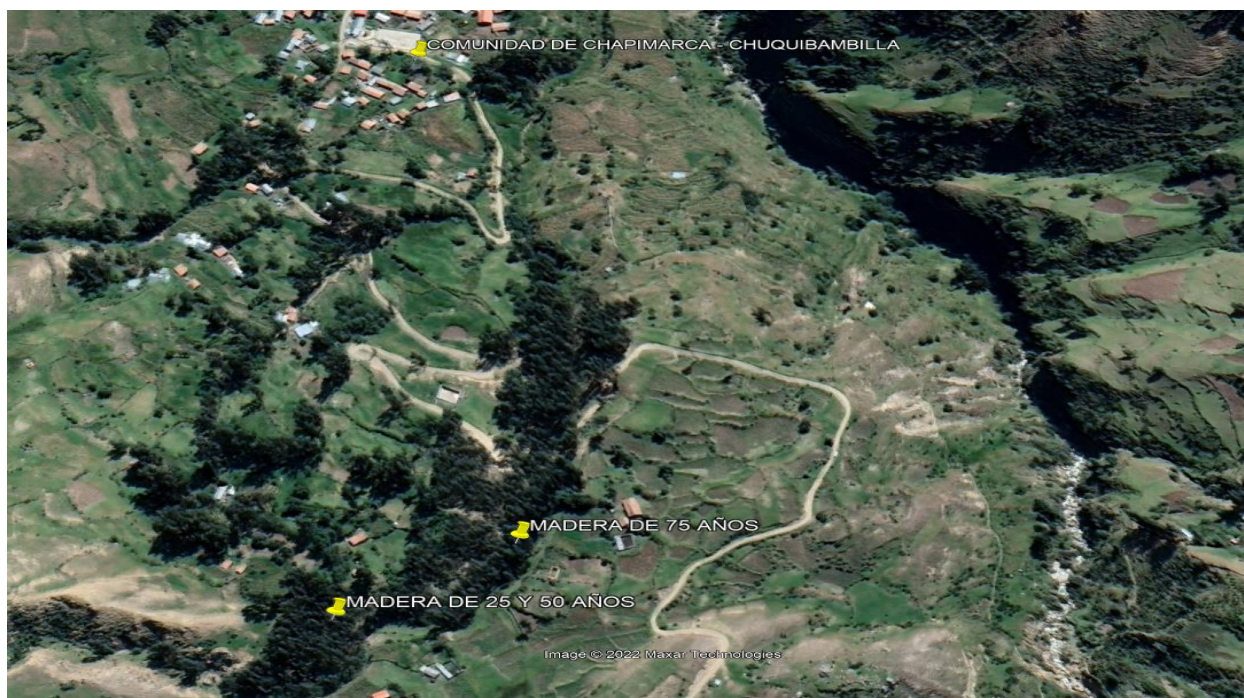
#### **2.2.1.1. Selección de muestras**

##### ***Ubicación de la extracción de muestras***

Para toda investigación de esta índole, es necesario identificar la zona de extracción de muestra o el lugar de donde se extrajo las maderas de *eucalyptus globulus* con las edades de 25,50,75 años tomando consideraciones de viabilidad y que se encuentren cercanas de una carretera para su traslado. El trabajo en campo se basó en el reconocimiento a través de indagaciones a dueños y personas mayores sobre el árbol a ser cortada que cumplan los requisitos de edad requerido, para posteriormente ser cortada y comprobada si efectivamente corresponde a esa edad, para dicha investigación el sector pucaorqo de la comunidad de Chapimarca, la cual se encuentra a 30 minutos del distrito de Chuquibambilla tal como se muestra en la figura.

### Figura 3

*Ubicación de la zona de extracción de las vigas.*



*Nota.* Se muestra la ubicación de la zona de extracción de las vigas de madera de *eucalyptus globulus* de 25, 50 y 75 años de edad, adaptada de google earth.

La ubicación de la madera de 25, 50 años que se sitúa al norte de la comunidad de Chapimarca sus coordenadas son al Este: 744552.00, Norte: 8431846.00, 3655 m.s.n.m. de forma cónica plantada por el sr. Ciriaco Cáceres Condori, y de 75 años se encuentra en la parte baja de las demás maderas a 500 m, que fue plantada por el sr. Obdulio Chipayo Cuéllar, una vez identificada, se procederá a realizar la siguiente actividad.

#### **2.2.1.2. Proceso de corte**

Los árboles se seleccionan en función de su uso y madurez y, luego, se cortan a una altura de 50 cm del suelo, con una inclinación considerable que puede facilitar el vuelco o la caída del árbol, y se eliminan las ramas y se empieza a retirar la corteza para que empiece a secarse. Actualmente, las motosierras de gasolina son las herramientas más utilizadas en este proceso y que se utilizará por su fácil transporte de la herramienta por ser manual y cómoda. Y posterior a ello, comprobar si efectivamente la madera cumple con la edad requerida.

## Figura 4

### *Tala de la madera*



*Nota.* En la figura, se visualiza el Angulo de la forma de corte para que pueda dar una dirección a la zona que se desee tumbar.

### **2.2.1.3. Verificación de edad de la madera**

Contando los anillos que tiene el árbol en el momento de su corte transversal al tronco, podemos determinar la edad del árbol y el lugar donde se crearon los anillos por el crecimiento de una nueva capa de xilema. Una vez realizado el corte, es posible confirmar que las maderas duras tienen anillos más espaciados que las maderas blandas, lo que constituye la forma más rápida de determinar la edad del árbol.

Del mismo modo, está claro que, en términos de clima, si los anillos están muy juntos, indica que hubo un período de sequía durante el cual la xilema no pudo expandirse significativamente, mientras que, si los anillos están más separados, indica que hubo abundancia de lluvia durante el período de crecimiento. (Pérez, 1986).



Se pudo corroborar que las edades próximas que nos mencionaron los dueños son correctas ya que al contabilizar los anillos nos arrojó de 24 años y medio, 52 años y 75 años, de los cuales se asumirá como 25,50,75 años de edad y posterior a ello realizar el proceso de secado hasta que sea una madera apta para realizar lo requerido.

### Figura 5

*Madera de diferentes años de edad*



*Nota.* De las figuras, se verifica sus edades de las maderas cortadas de *eucalyptus globulus* de 25, 50, 75 años de edad de las cuales serán extraídas las vigas.

#### 2.2.1.4. Proceso de secado

Para cada pieza de madera que tenga un propósito específico dentro de la vivienda (y que siga sirviendo para ese propósito durante toda su vida útil), ya sea con fines estructurales o de acabado, el secado es una actividad que está justificada. (Fritz, 2004).

Son muchas las ventajas de utilizar madera seca, pero destacan las siguientes: Mejores características mecánicas, la madera seca es más duradera que la verde, aumenta la estabilidad de sus dimensiones, refuerza la defensa contra el ataque de

fuerzas destructivas, mejora la retención de tornillos y clavos, reduce significativamente su propio peso, reduce el coste de envío y mejora el manejo de las herramientas, aumenta la resistencia de la pintura, el barniz y los adhesivos, aumenta su capacidad de pulido, corte y ductilidad, mejora la absorción de los conservantes líquidos que se aplican a presión, refuerza las costuras de la madera encolada.

El método de secado a utilizarse, fue el secado al aire libre que consiste simplemente en exponer a la madera cortada en un lugar a temperatura ambiente o sombra protegiendo de la luz solar directa. Esta técnica de secado tiene el inconveniente de que es poco eficaz y lleva mucho tiempo debido a que estará expuesta sin haber sido trozado, ya que una vez trozada la madera empieza a notarse fisuras y rajaduras de las zonas de corte. Razón a ello, la importancia de mantener que la madera se seque tal como fue cortada.

## **Figura 6**

*Secado de madera al aire libre*





*Nota.* En la figura, se visualiza el estado que estuvo durante su tiempo de secado la madera en condición normal (sombra), por un tiempo de 1 año y medio hasta el momento de trozado en secciones.

#### **2.2.1.5. Proceso de aserrado**

Una vez pasada el tiempo y que la madera se encuentre en condición seca con una humedad apropiada, corresponde a realizar el proceso de aserrado, las cuales fueron previamente analizadas las dimensiones que tendrán las vigas que serán puestas a prueba y así mismo la cantidad correspondiente. Para el desarrollo de esta actividad, se realizó el aserrado con motosierra, la cual nos facilita ya que esta máquina es manual y cómoda para el campo a comparación de las maquinas eléctricas.

#### **Figura 7**

*Proceso de aserrado de madera*



*Nota.* En figura, se muestra el aserrado de las maderas ya teniendo en cuenta las dimensiones que serán requeridas para determinar lo buscado.

### 2.2.1.6. Traslado de vigas

Una vez realizada el aserrado de las maderas en secciones conocidas y previamente identificadas cada una de ellas para no tener inconvenientes con la procedencia de otras vigas de otras maderas. Se procede a realizar el traslado de las vigas a las zonas de fácil acceso para la movilidad y luego ser trasladado al laboratorio para su correspondiente prueba.

### Figura 8

*Traslado de vigas a zonas accesibles*



*Nota.* En la figura, se muestra el traslado de las vigas a zona de fácil acceso para la movilidad y que pueda ser trasladada a laboratorio para su prueba.

### 2.2.1.7. Humedad de la madera

Es una variable que afecta a las cualidades mecánicas y físicas. En la madera, se pueden encontrar tres tipos de humedad que almacena: el interior de las cavidades

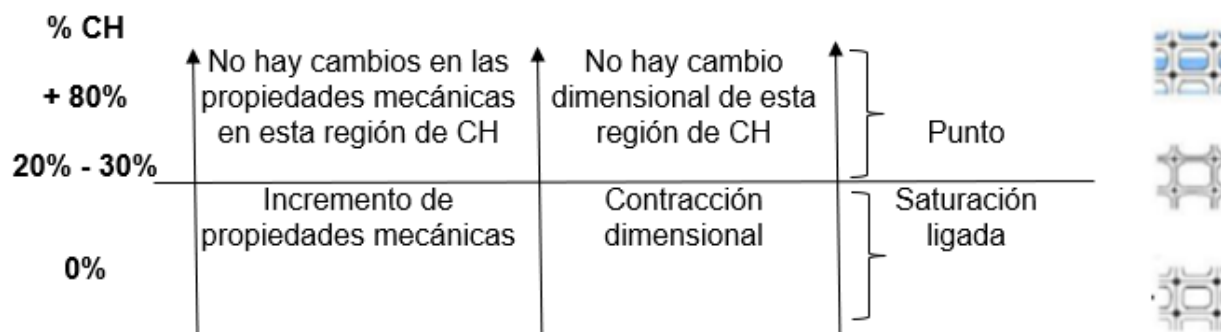


celulares contiene agua libre, las paredes celulares contienen agua higroscópica, son de origen orgánico y contienen agua constitutiva.

Mientras que el agua del componente, se pierde cuando se quema la madera, el agua libre que está presente en sus cavidades y paredes celulares se pierde cuando la madera se expone al medio ambiente. El punto de saturación de la fibra (PSF), con un CH entre el 25% y el 35%, es donde el medio ambiente y la madera intercambian agua. (Ordóñez, 2018).

### Figura 9

*Diagrama de rangos de humedad*



*Nota.* En el diagrama, se aprecia los intervalos de porcentaje de humedad que influyen en las cualidades mecánicas de la madera, obtenido de Ordóñez (2016).

Si la madera sigue siendo utilizable tras un largo periodo de secado, la técnica a seguir una vez en el laboratorio es verificar el contenido de humedad. Para ello, se utiliza el siguiente cociente:

$$CH(\%) = \frac{\text{Peso humedo} - \text{Peso anhidro}}{\text{Peso anhidro}} \times 100 \quad (1)$$

Una vez establecido el porcentaje de humedad, la madera puede dividirse en tres estados: seca, que tiene una de humedad inferior al 18%, muy seca, que tiene una humedad del

0% y se seca a 105 °C y la madera verde se define como la que tiene un contenido de humedad superior al 30% y no presenta pérdida de agua libre.

La madera recién cortada o cosechada tiene un nivel de humedad del 50% al 70%. En cambio, la humedad de la madera destinada a la construcción debe ser igual o cercana a la humedad de equilibrio del lugar donde se va a utilizar. Según la humedad y la temperatura del entorno, el secado puede no ser siempre necesario, lo que permite ahorrar tiempo y dinero. Que para nuestra investigación para 25, 50, 75 años resulto tener una humedad de 7.31%, 5.56% y 7.36%. Para luego, someter las vigas a las pruebas de flexión en la máquina universal y realizar los cálculos correspondientes como es la resistencia a flexión y módulo de elasticidad.

La orientación de las fibras (perpendicular o paralela) determinará las características mecánicas de la madera, y es aquí donde el comportamiento de la madera difiere la de otros materiales de construcción como el acero y el hormigón. La dirección paralela a la fibra presenta una resistencia más fuerte (a la flexión, compresión, tracción y cizallamiento) y un módulo elástico mayor que la dirección perpendicular (AITIM, 2017).

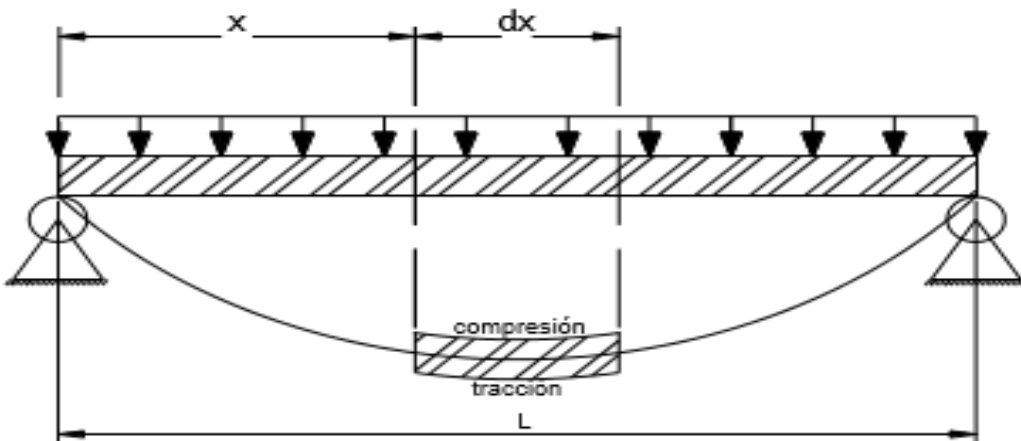
### ***Esfuerzo en vigas por flexión***

Las tensiones no deben ser superiores al límite elástico de los materiales para evitar la falla. Bajo carga, una viga que originalmente es recta se deforma desarrollando una pequeña curva; esto se conoce como deformación elástica. La viga sufre modificaciones en cada segmento, con desplazamientos que suelen ser verticales, por lo que la longitud de la viga no varía. Cuando se introduce una fuerza, dos secciones

transversales que se crearon próximas entre sí y paralelas antes de imponer la carga dejan de ser paralelas, aunque las piezas sigan siendo rectas. Las piezas originales, que eran planas y normales al eje de la pieza, siguen siendo planas y normales al eje. El eje, sin embargo, ya no tiene forma de línea recta; ahora tiene una curva elástica.

**Figura 10**

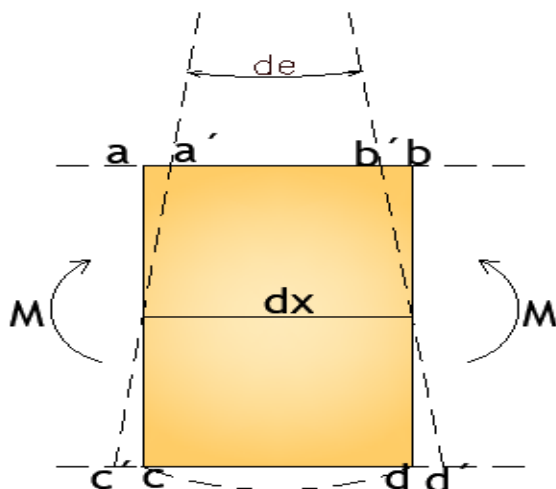
*Elástica de la viga*



*Nota.* En la figura, se visualiza la forma que adopta una pieza frente a un esfuerzo, adoptando una curva la cual indica que se llegó a la zona elástica, obtenida de Barrueta (2018).

### Figura 11

Sección de la viga antes de carga y después de carga

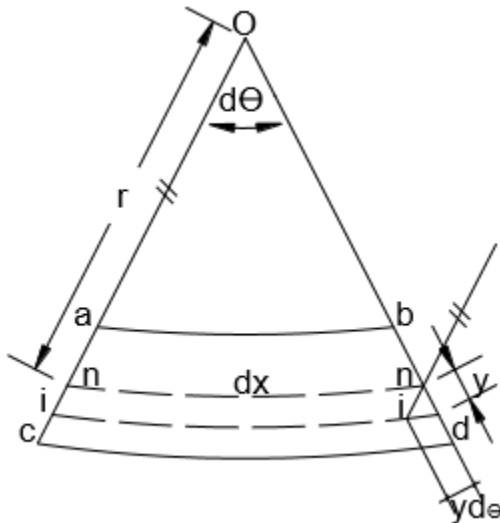


*Nota.* En la figura, se visualiza la diferencia del comportamiento de la viga antes de someterse a carga y después de ser sometida a esfuerzos, de la cual adquiere una sección con curvatura, obtenida de Barrueta (2018).

Como se observa en la figura 11, se forma una capa de fibras no modificadas entre las porciones disminuidas y estiradas de las fibras del sólido. La capa o zona neutra de fibras es esta capa, una sección de la viga con curvatura diferencial en la que el componente superior  $ab$  es más corto que el inferior  $cd$ , esto indica que las fibras superiores se redujeron mientras que las inferiores se alargaron. Esta sección se considera como la curvatura de una circunferencia con núcleo en  $O$  y radio  $r$ . dando lugar a un plano denominado "neutro"  $nn$  sin deformación y, por tanto, sin tensiones.

**Figura 12**

Sección curvo de una viga



*Nota.* En la figura, se visualiza los componentes que conforma una viga en su condición de curvo una vez sometida a esfuerzos, obtenida de Barrueta (2018).

- Los módulos de elasticidad en tracción y compresión son equivalentes.
- Las partes planas antes y después de la deformación permanecen planas.
- Deformaciones y tensiones según la regla de Hooke.

Zona en la que no se deforma ninguna fibra: el plano neutro. El punto de unión entre el plano neutro y el eje elástico, el plano de la carga deformada o el plano de simetría de las cargas se denomina eje neutro. Se considera que la deformación a una distancia "y" es la siguiente, ya que el plano neutro actúa como eje de referencia y las longitudes  $nn=dx$  e  $ii=dx$  son similares.

$$\delta = yd\theta$$

(α)

$$e = \frac{\delta}{dx} = y \frac{d\theta}{dx} \quad (\beta)$$

De la figura 12.

$$dx = r d\theta$$

De las ecuaciones ( $\alpha$ ) y ( $\beta$ )

$$e = \frac{y}{r}$$

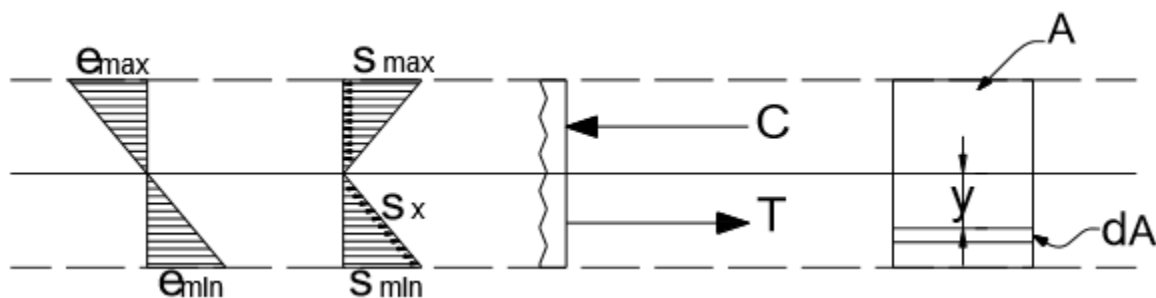
De la ley de Hooke:

$$\sigma_x = E_e = \frac{E y}{r}$$

Según la ecuación, las tensiones normales aumentan en proporción directa a la separación del eje neutro. En el eje neutro, son nulas, y en las fibras, son las más alejadas de él.

### Figura 13

*Distribución de esfuerzos en flexión*



*Nota.* En la figura, se aprecia el esquema de esfuerzos y desplazamientos que ocurre en una viga, obtenida de Gonzales (s.f).

En la ecuación, aún  $r$  es desconocida por la falta de fuerzas axiales



$$\sum F_x = 0$$

$$\int_A dF = N = 0$$

$$dF = \sigma dA = \frac{E y}{r} dA$$

De la ecuación  $E/r$  es diferente de cero, por lo tanto:

$$\int_A y dA = 0$$

Para ello, es necesario que el núcleo de la sección transversal esté a un lugar donde se emplea el sistema de coordenadas (dado que es igual al centro de gravedad en todo caso sean vigas homogéneas). Es decir, que su eje centroide de la viga y el neutro estén alineados.

La estática también tiene que conseguir el equilibrio de momentos y fuerzas.

$$\sum M = 0$$

$$\int_A dF y = M$$

$$dF = \sigma dA = \frac{E y}{r} dA$$

$$M = \frac{E}{r} \int_A y^2 dA = \frac{E I}{r}$$

Donde "I" es el momento de inercia de la sección.

$$\sigma = \frac{M y}{I}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} * c}{I}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot c}{I}$$

Donde:

El esfuerzo de flexión está representado por  $\sigma_{\max}$ . El momento mayor es  $M_{\max}$  en la sección de análisis. C es la separación entre la fibra investigada y el eje neutro. I es el símbolo del momento de inercia con respecto al eje neutro. "Mmax" solo está influenciado por el tipo de viga y el tipo de carga. Mientras que "C" e "I" dependen únicamente de su sección transversal de la viga.

### **Resistencia a flexión**

Para su desarrollo, la secuencia a seguir es: i) Todo lo mencionado anteriormente. ii) A continuación, Se colocan bloques de carga en dos puntos a un tercio de la envergadura después de montar las vigas sobre rodillos y placas de apoyo a una distancia de 18 veces el peralte. Además, se aplicarán soportes o arriostramientos a las paredes laterales según sea necesario para evitar las cargas de torsión. Una vez iniciada la aplicación de la carga inicial, se aplicará una carga de velocidad constante; la velocidad de carga no deberá superar  $2 \times 10^{-3}$  h mm. La pendiente carga-deformación se mide a un desplazamiento de la cabeza de  $60 \times 10^{-3}$  h mm desde el inicio de la aplicación de la carga. Esta deformación se medirá en el centro de la viga y se registrará a intervalos regulares para calcular el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión. El proceso para determinar el módulo de cizalladura o la rigidez es el mismo que para la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad; una vez montada, la carga se suministra a una velocidad constante y no debe superar el límite proporcional hasta un desplazamiento de la cabeza de  $120 \times 10^{-3}$  h mm. La velocidad de carga tampoco debe ser superior a  $2 \times 10^{-4}$

h mm/s, siendo h el peralte de la viga en mm. A su vez, esta deformación se mide en el centro de luz. iv) Posteriormente se procesa los datos teniendo en consideración las siguientes expresiones.

El esfuerzo máximo a la flexión se calcula de la siguiente manera:

$$f_u = \frac{a \cdot F_u}{2Z} \quad (2)$$

Donde:

a = La separación entre el punto de carga y el punto de apoyo de la viga en (mm).

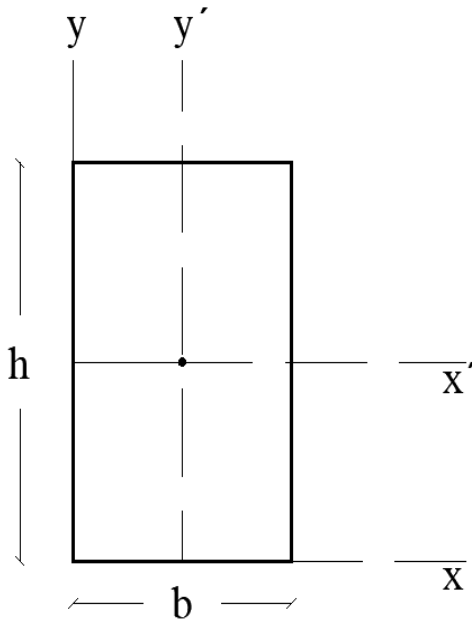
La tercera mitad de la luz en la tesis, que corresponde a los valores mostrados en los gráficos anteriores para probetas de 25, 50 y 75 años, es la distancia entre el punto de carga y el punto de apoyo, tal como se especifica en las normas nacionales de construcción, norma E-010.

$F_u$  = Carga máxima en (N).

Z = Módulo de la sección.

Resultado de la ecuación al remplazar los datos de la ecuación:

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max} \cdot a \cdot h/2}{\frac{b \cdot h^3}{12}} = \frac{F_{\max} \cdot a}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = f_u = \frac{a \cdot F_u}{2Z}$$

**Figura 14***Sección de viga*

$$Z_{x'} = \frac{b * h^2}{6}$$

*Nota.* En la figura, se aprecia la sección de la viga por la cual se encontrará el módulo de la sección con respecto al eje x.

Donde:

$Z_{x'}$  = Módulo de sección en el eje X' (eje centroídal) en (mm<sup>3</sup>).

b = Base o ancho de la sección en (mm).

h = Altura de la sección en (mm).

**Resistencia admisible a la flexión**

De acuerdo con el manual de diseño PADT-REFORT del Acuerdo de Cartagena para madera del grupo altoandino, la resistencia admisible a la flexión se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{F.C * F.T}{F.S * F.D.C} * \text{Esfuerzo básico} \quad (3)$$

Para la flexión, tenemos lo siguiente de acuerdo con el PADT-REFORT del grupo andino y el manual de diseño N.T.P 351.107 para madera:

FC= Coeficiente de reducción por calidad, igual a 0.80

FT= Coeficiente de reducción por tamaño, igual a 0.90

FS= Coeficiente de servicio p seguridad, igual a 2.0

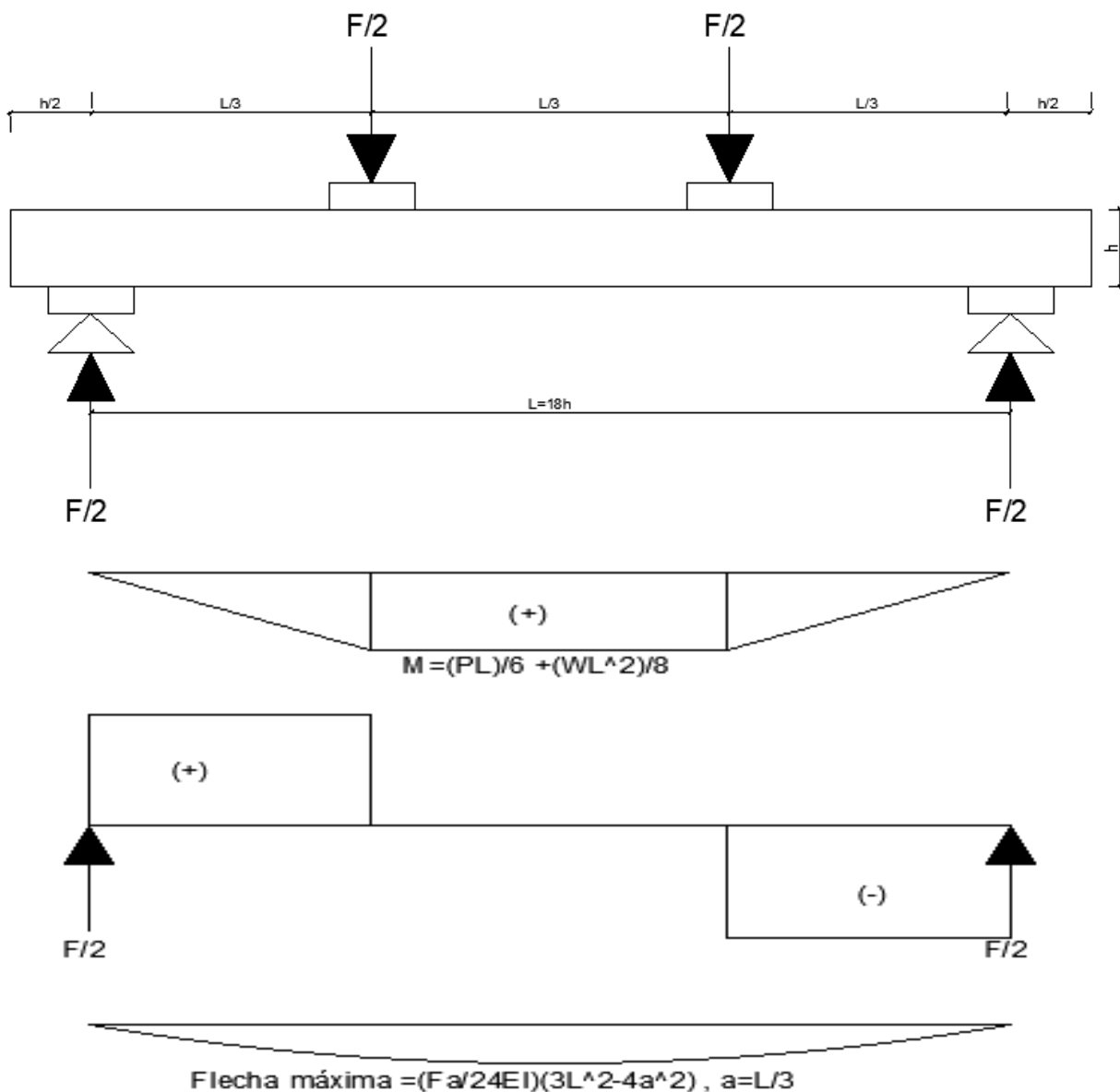
FDC= Coeficiente de duración de carga, igual a 1.15

$f_{\text{basico,m}}$  = Esfuerzo básico en flexión (MPa)

$f_{\text{basico,m}}$  = Tensión básica en flexión, también denominada tensión de rotura en (MPa); las tensiones máximas obtenidas en los ensayos de los distintos especímenes para una misma variedad se ordenan de menor a mayor, se numeran y se anota el valor asociado al número de orden que corresponde al 5% del número total de ensayos. Esta cifra se toma para que coincida con el umbral de exclusión del 5% (percentil 5) (N.T.P 251.107, 2017).

Figure 15

Esquema de ensayo de flexión



Nota. En la figura, se aprecia la viga reposada sobre dos apoyos en los extremos móviles las cuales hará que se regule las dimensiones, la viga tendrá una dimensión o una luz en relación a su altura  $L=18h$ , donde  $h$  es la altura de la viga, para luego posteriormente someter con dos fuerzas que están repartidas en partes iguales para luego registrar la deflexión que ejerce dichas fuerzas, acoplada de la N.T.P 251.107 (2017).

### **2.2.2. Determinación del módulo de elasticidad en vigas de madera**

Hasta un límite proporcional, donde se detiene la deformación elástica, la deformación plástica continúa hasta la fractura. Los factores que especifican sus propiedades elásticas son el módulo elástico, el módulo de cizalladura y el módulo de Poisson. Con tres módulos elásticos y módulos de cizalladura dirigidos y orientados según sus tres ejes ortogonales, la madera es un material ortotrópico (las características mecánicas o térmicas son distintas e independientes en las tres direcciones ortogonales). Ordóñez (2016).

El procedimiento para la realización de este objetivo es lo mismo descrito para carga máxima soportada hasta el momento situado en laboratorio y realizar la prueba hasta su procesamiento de datos. En seguida, se ilustran los cálculos utilizados para determinar el módulo de elasticidad de las especies en estudio de acuerdo con la prueba de flexión.

#### **2.2.2.1. Módulo de elasticidad**

Una vez iniciado el proceso de exposición a la carga, se mide la pendiente de la relación carga-deformación sobre un desplazamiento de la cabeza de  $60 \times 10^{-3} h$  mm/s, y se calcula el módulo de elasticidad de la siguiente manera:

$$E_m = \frac{a \cdot l^2}{16 \cdot I} \left( \frac{\Delta F}{\Delta W} \right) \quad (4)$$

Donde:

$E_m$ = Módulo de elasticidad (MPa).

$a$ = Distancia entre el punto de carga y el punto de apoyo en la viga (mm).

$l_1$ = Luz para determinar el módulo de elasticidad (mm).

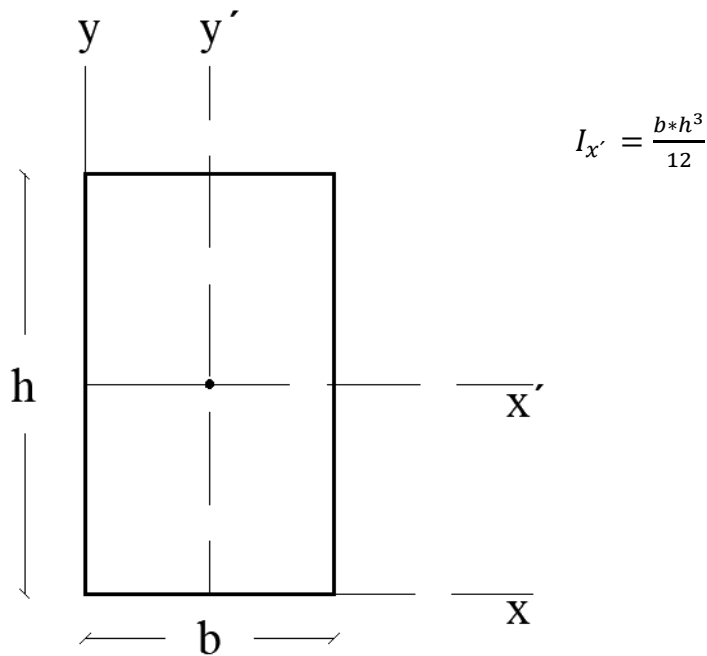
$\Delta_F$ = Incremento de carga por debajo el límite proporcional (N).

$\Delta_W$ = Deformación bajo incremento de carga (mm).

$I$  = Momento de inercia de la sección, determinado de su dimensión actual ( $mm^4$ ).

### Figura 16

*Sección de la viga para el módulo de elasticidad*



*Nota.* En la figura, se tiene la sección de la madera para su correspondiente cálculo.

Donde:

$I_{X'}$  = Momento de inercia de la sección en el eje  $X'$  (eje central) en ( $mm^3$ ).



b = Base o ancho de la sección en (mm).

h = Altura de la sección en (mm).

#### **2.2.2.2. Módulo de elasticidad mínimo**

Se presentan los módulos de elasticidad de menor a mayores determinados por ensayos realizados en varias vigas de la misma especie, tomándose el valor igual al número total de vigas después del 5%. Este resultado se considera el mínimo que corresponde al umbral de exclusión de 5 (percentil 5).

### **2.3. Marco conceptual**

**Madera:** Es material de la naturaleza que esta constituida en su mayor parte por un cuerpo duro o tronco, de origen vegetativo perteneciente a la clase de las plantas de ramas grandes, arbustivas (Cartagena, 1984).

**Madera de *eucalipto globulus*:** Es una planta elevada de estatura alta, que mide los 70 m de altura con un diámetro de 2m, generalmente, estos arboles alcanzan estas dimensiones siendo de mayor edad, aisladas, pero cuando son forestadas o cultivadas se desarrollan poco pues en esto se cortan para su aprovechamiento. Se caracteriza con facilidad por su capa, que se desprende después de estar colgadas por mucho tiempo, acaban de caer por efectos de viento y gravedad, dejando libre a la madera de color blanco, plateada, azulada-pruinosa (PAD, 1980, p. 6)

**Resistencia a flexión en madera:** La tensión, en el límite de proporcionalidad, la tensión última y el módulo de elasticidad vienen determinados por la resistencia de la viga a una carga puntual aplicada en el centro de la luz. (Cartagena, 1984).

**Módulo de elasticidad:** El grado de rigidez de un material está representado por su módulo de elasticidad, que se calcula dividiendo su tensión unitaria por la deformación unitaria correspondiente. (Cartagena, 1984).

**Vivienda rural:** Se refiere a un cierto estilo de arquitectura doméstica vinculada a lógicas de agricultura y ganadería a pequeña escala centradas principalmente en el autoconsumo, con excedentes que son más o menos una alternativa a las lógicas del capitalismo en términos de comercialización o intercambio a través de diversas formas. (Tomasi, 2021).

**Edad de la madera:** A partir de los patrones de variación axial y radial de la madera y de las características de la zona, madera juvenil y madura, se puede determinar el turno de corte en función de la propiedad a mejorar y del destino final del producto a obtener.. (Cobas, et al , 2014).

**Humedad en la madera:** Es el grado de agua que tiene el material la cual hace que se mantenga húmeda, esta generalmente esta en el corazón de la madera esta hace que sea más pesante. (NEC, 2014, p. 8).

**Secado de la madera:** Es el trabajo que consiste en hacer perder la humedad ala madera, se puede desarrollar de dos muy conocidas maneras: de manera natural y artificial, natural cuando por acciones termicas caloríficas pierde su humedad al estar expuesta al sol mientras la artificial se somete a secar en horno elevando su temperatura.(Casas, et al., 2011).

**Viga de madera:** Elemento estructural horizontal que esta sometida a esfuerzos horizontales a flexión por razones de peso o refuerzo o composición de material, la cual hace que el elemento soporte pesos de la estructura (peso propio, losa, tabiquería, techo, cobertura) permitiendo que esta no colapse. (Rodas, 2014, p. 21)

**Madera aserrada:** Es aquella madera que esta siendo industrializada en las diferentes formas y medidas las cuales seran usadas en cualquier tipo de construcción u otra. (Casas, et al., 2011).

**Madera estructural:** Es aquel material que es capaz de soportar las condiciones de peso de una determinada estructura, estas se caracterizan por ser resistentes a flexión y compresión, por ello, su densidad no debe ser menor a 0.4 g/cm<sup>3</sup>. (NEC, 2014).

## Capítulo III

### Metodología de la investigación

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. *Hipótesis general*

La madera de *eucalyptus globulus* a mayor edad es más resistente a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022.

##### 3.1.2. *Hipótesis específicas:*

1. La madera de *eucalyptus globulus* a mayor edad soporta mejor la carga máxima a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.
2. La madera *eucalyptus globulus*, a mayor edad, es más resistente a esfuerzo admisible en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.

3. La madera *eucalyptus globulus* a mayor edad tiene menor módulo de elasticidad en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.

### **3.2. Método**

#### **3.2.1. Método de la investigación**

Según el método de trabajo esta investigación es inductivo, la cual según Prieto (2017). La investigación inductiva es un método que se basa a encontrar el objetivo a partir de premisas la cual no nos lleva a una certeza absoluta que utiliza principios como leyes y métodos de lo observado. Por lo tanto, esta investigación es inductivo debido a su gran análisis de principios y métodos guías y reglamentos que están establecidos en el marco teórico las cuales son estudios para encontrar la resistencia a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus*.

Según su orientación esta investigación es aplicada, la cual según Vargas (2008). la investigación aplicada es aquella que busca conocer la realidad de un determinado objeto, aplicando todo el conocimiento para la práctica. Por lo tanto, esta investigación será aplicada ya que se utilizará métodos empíricos ya establecidos que están descritas en el marco teórico que con ella está concerniente a conseguir nuevos conocimientos las cuales permitan solucionar los problemas.

Según el enfoque esta investigación es cuantitativa, la cual, según Hernández, Fernández & Baptista (2014), la presente investigación se relaciona al enfoque en realizar un conjunto de procesos sistemáticos donde parte de una idea, establece limitación y se va al objetivo, establece hipotesis y variables. Para su probación de la investigación utiliza métodos estadísticos y numéricos que facilite su probación de su

problema. La investigación que se realizará será de manera cuantitativa ya que en ella trabajaremos con métodos estadísticos y numéricos las cuales nos permitirán realizar un análisis de los datos obtenidos para luego interpretarlos.

Según la recolección de datos para esta investigación es prolectiva, la cual según Feinstein (1996), la información que se recogerá con criterios establecidos por el investigador con fines de establecer su correcto proceso al investigar, después de haber planificado las distintas metodologías. Esta recolección de información consiste recolectar información paralelamente según se desarrolla la investigación por lo general paralelo a los estudios o pruebas en que se obtendrá según los criterios establecidos de acuerdo a manuales o guías que nos lleven a realizar lo que se busca en el objetivo.

### **3.3. Tipo de investigación**

Según el tipo la investigación es aplicativo, la cual, según Arispe, et al (2020) define como aquella que hace se basa en seleccionar a través del conocimiento científico, los procedimientos (metodologías, tecnologías y protocolos) que a base de ellas puede contribuir una necesidad definida, práctica y específica. La investigación es aplicada ya que se utilizará métodos, procedimientos que ya se encuentran establecidas y descritas en el marco teórico que con ella esta concerniente a conseguir nuevos conocimientos las cuales permitan solucionar los problemas.

### **3.4. Nivel de investigación**

Según el nivel la investigación es descriptivo, la cual según Cazau (2006) define como aquella que hace selección a las variables la cual mide cada una de ellas individualmente con el objetivo de describirlas los comportamientos, características de las variables. La investigación, según su nivel, es descriptiva ya que esta nos intenta

describir por qué ocurre, describiendo las variables a las cuales mide cada una de ellas separadamente.

### **3.5. Diseño de investigación**

Según el diseño la investigación es experimental, la cual según Arias (2006) la investigación experimental es un desarrollo que trata de establecer sus condiciones modificando al objeto, para observar su comportamiento o reacción desarrollando un ensayo. La investigación es de diseño experimental, en las cuales a la madera tendremos que someter a una fuerza para ver su resistencia a flexión en vigas de madera de diferentes edades que están detalladas en el marco teórico condicionando o manipulando sus características o condiciones.

### **3.6. Operacionalización de la variable**

Variable dependiente: resistencia a flexión (y).

Variable independiente: madera de eucalipto de diferentes edades (x).

Tabla 1

## Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>						
Resistencia a flexión en vigas de madera <i>eucalyptus globulus</i>	Es la capacidad que tiene la madera de soportar fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje antes de agrietarse o romperse. (Rodas, 2014, pág. 42)	consiste en medir la deformación provocada por una carga aplicada en dos puntos del pórtico de flexión interior a L/3, que se aplica transversalmente a la dirección longitudinal de la viga. (Sotomayor, 2015)	-Resistencia a la flexión (f'm)	-Carga y respuesta	-(MPa, kgf/cm <sup>2</sup> )	- Formato para ensayo a flexión estática
			- Análisis del módulo de elasticidad.	-Edad de la madera	-(Años)	- Formato de identificación de datos de campo del árbol.
			-Tipo de viga (rectangular de longitud > 1.2m)	-Contenido de humedad	-(%)	
				-Sección	-(cm)	- Formato de identificación de datos de campo de la troza
				-Área	-(cm <sup>2</sup> )	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>						
Madera <i>Eucalyptus globulus</i> de diferentes edades	De acuerdo con la propiedad a mejorar y el uso previsto del producto a adquirir, el turno de corte puede definirse utilizando los patrones de variación axial y radial de las propiedades de la madera y la zona, madera juvenil y madura. (Cobas, et al , 2014).	para establecer la edad de un árbol en los subtrópicos y los trópicos. Hoy en día, para estimar la edad de los árboles tropicales y subtropicales se combinan el recuento de los anillos de crecimiento y el análisis de la anatomía de la madera. (Cobas, et al, 2014, pág.24)	25,50,75 Edades		-(Años)	



### 3.7. Población, muestra y muestreo

#### 3.7.1. Población

Sobre la población Chaudhuri (2018), debido a las limitaciones de tiempo y recursos, a menudo no es factible evaluar la población completa, por lo que es necesario trabajar con una sección "muestra" de la población. Se trata de un grupo de instancias que comparten una serie de criterios y están situadas en un lugar determinado. Para la investigación está dada por las maderas de *eucalypto globulus* de la comunidad de Chapimarca- sector Pucaorqo.

#### 3.7.2. Muestra

Para la investigación la selección de la muestra fue de manera no probabilística por conveniencia donde según Hernández, Fernández & Baptista (2014), menciona que esta metodología se trata de que cualquiera pueda ser elegida la muestra, de acuerdo a la adaptación y criterio del investigador. Razón a ello se eligió un árbol de cada edad por las siguientes razones: a que las demás arboles no son representativas para ser evaluadas por tener menor a 20 años de edad, por facilidades de traslado y acceso a plantas de 75 años que es muy escasa.

Posteriormente, se calculará el tamaño de la muestra a ser utilizada, con el apoyo de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \quad (5)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado.

$N= 3$  = Tamaño de población.

$Z= 1.96$  = Parámetro estadístico de acuerdo a nivel de confianza de 95%

$e = 3\%$  = Error de estimación aceptado a máximo.

$p= 50\%$  = Probabilidad que ocurra el evento

$q= (1-p) = 50\%$  = Probabilidad que un no ocurra.

Al realizar el remplazo a la ecuación anterior el resultado es  $n =3$ , razón a que este número indica el menor, para el trabajo estableceremos 4 unidades.

Para la investigación, es un conjunto de maderas de *eucalyptus globulus* de Chuquibambilla, especialmente de la comunidad Chapimarca por conveniencia las cuales pueden ser elegidas de manera que estas sean por conveniencia, para ello, cantidad a considerarse será de 4 probetas para cada prueba, por edad de la madera en 25,50,75 años y para diferentes tamaños de vigas con las cuales se realizarán todas las pruebas que se requiere, las cuales se mencionan en el marco teórico que suman un total de 36 probetas, esta dependerá del grado de precisión que se requiera.

**Tabla 2**

*Cantidad de muestras a ser estudiadas por edad*

Pruebas	25 años	50 años	75 años	Total	Probetas
Resistencia a flexión en viga de 1.5m	4	4	4	12	
Resistencia a flexión en viga de 2.5m	4	4	4	12	36
Resistencia a flexión en viga de 3.5m	4	4	4	12	

*Nota:* El número de muestras utilizadas es de 4 probetas para las edades de 25, 50,75 años con las cuales se realizará las pruebas de resistencia a flexión en 1.5m, 2.5m, 3.5m, dando como resultado de 36 probetas.

### **3.7.3. Muestreo**

El muestreo no corresponde para la investigación, según el tipo de investigación.

## **3.8. Técnicas e instrumentos**

### **3.8.1. Técnicas e instrumentos empleados en la investigación**

La colección se basa en herramientas estandarizadas. Es la misma en todos los casos. Los datos se recogen mediante observación, medición y documentación. Se emplean instrumentos que han sido probados y ajustados en el pasado, o se crean otros nuevos basados en una revisión de la literatura. Existen categorías o posibilidades de respuesta preestablecidas para las preguntas, bienes o indicadores que se utilizan. (Hernández et al, 2014, p.12).

#### **3.8.1.1. Técnicas**

La técnica empleada fue la observación. Según Arispe, et al (2020), con la observación directa se registra y valida de manera ordenada las cualidades de lo observado, permitiendo al investigador reconocer que instrumento de guía o campo utilizar. Razón a ello los instrumentos a utilizar están detalladas en la tabla N° 3 las cuales nos ayudarán a identificar desde el momento de corte hasta la prueba.

#### **3.8.1.2. Instrumentos**

Herramienta que el investigador utiliza para llevar un registro de la información o los datos relativos a las variables consideradas. (Hernández et al. 2014).

La siguiente lista de herramientas o formatos de pruebas de laboratorio se ofrece como referencia:

**Tabla 3**

*Instrumentos de uso*

Prueba e identificación	Herramienta empleada
Determinación de flexión	Formato de ensayo de flexión
Identificación de datos de campo del árbol	Formato para la identificación de datos de campo del árbol
Identificación de datos de campo de la troza	Formato para la identificación de datos de campo de la troza

*Nota:* Se muestra los instrumentos empleados para el desarrollo de la investigación.

Cada formato de recolección de datos se realizó de acuerdo a norma técnica peruana correspondiente a cada prueba, las cuales fueron validadas por cinco profesionales expertos y de amplia experiencia en el tema.

**Tabla 4**

*Profesionales expertos validadores de los instrumentos*

Nombres y apellidos	Profesión	Colegiatura	Ocupación
Ing. Hólguez Cayo Baca	Ing. Civil	79811	Docente universitario
Mag. Marco Antonio Gálvez Quintana	Ing. Civil	182975	Docente universitario
Ing. Mauro Samuel Altamirano Camacho	Ing. Civil	82125	Docente universitario
Dra. Sandra Salazar Palomino	Matemáticas		Docente universitario
Mag. Eliana Ortega Menzala	Arquitecta	8760	Docente universitario

*Nota:* Se muestra la relación de profesionales expertos que validaron los instrumentos que fueron utilizados en la investigación.

Además, se evaluó la fiabilidad del instrumento utilizando el alfa de Cronbach estadísticas de acuerdo con este procedimiento, que, según Celina & Campo (2005), el alfa de Cronbach es, en otras palabras, la media de las correlaciones entre los componentes de un instrumento. Este coeficiente también puede considerarse como el grado en que cada ítem contiene un constructor, concepto o elemento medido. El coeficiente alfa de Cronbach debe ser como mínimo de 0,70 para considerarse aceptable; cualquier valor inferior supone un bajo nivel de consistencia interna de la escala utilizada. Por otra parte, el valor más alto previsto es 0,90; por encima de este valor, se cree que existe redundancia o duplicación.

$$\alpha = \left( \frac{k}{k-1} \right) \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right) \quad (6)$$

Donde:

$S_i^2$  es la varianza del ítem  $i$ ,  $S_t^2$  es la varianza de los valores totales observados,  $k$  es el número de preguntas o ítems.

Realizando la prueba de fiabilidad, el alfa de Cronbach es de 0.923, para un número de elementos de 36 pruebas. La cual hace que nuestro instrumento de recolección de datos es fiable.

### **3.9. Consideraciones éticas**

Los datos utilizados fueron tratados con la mayor lealtad, formalidad y honestidad en la indagación utilizando muestras recogidas en el campo para la construcción de la posterior tesis. La investigación realizada es original, y no es una copia de trabajos anteriores realizados o comparables ofrecidos por alguna persona real o jurídica. Cabe

destacar que las referencias a otros escritores fueron debidamente reconocidas en el estudio que se siguió, por lo que ninguna información de fuentes impresas, digitales o en línea fue tomada como trabajo original mío.

Es crucial recordar que durante el desarrollo de la investigación se garantizó la protección del medio ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos y los procesos ecológicos frente a cualquier impacto negativo, y que ya se han evaluado los riesgos para la salud del público en general y los efectos negativos de los organismos modificados genéticamente. Al controlar el acceso a los recursos genéticos y defender los conocimientos tradicionales, también garantizo la soberanía del legado genético.

### 3.10. Procesamiento estadístico

#### 3.10.1. Prueba de normalidad

Según Novales (2010), menciona que, la prueba de Shapiro – Wilk se emplea para comprobar la normalidad cuando el tamaño de muestra es menor a 50, y posteriormente realizar el cálculo de la media y varianza muestral. Una vez prevista la prueba Shapiro – Wilk planteamos que nuestras variables provienen de una distribución normal, de las cuales el resultado fue:

**Tabla 5**

*Prueba de Shapiro - Wilk*

"Shapiro – Wilk"	
Hipótesis	$H_0$ : La variable resistencia a flexión proviene de una distribución normal $H_1$ : La variable resistencia a flexión no proviene de una distribución normal
Significancia	$\alpha = 0.05$
Valor calculado	0.909
P - valor	P= 0.207
Decisión	Si $p > \alpha$ , entonces aceptamos $H_0$ , caso contrario aceptamos $H_1$ 0.922 > 0.05, esto implica que debemos aceptarlo $H_0$
Conclusión	La variable resistencia a flexión proviene de una distribución normal

*Nota:* En la tabla, se muestra de comprobación de que la variable resistencia a flexión proviene de una distribución normal.

Comprobada que la población es normal, entonces, se puede decir que utilizaremos pruebas paramétricas que nos ayuden a elegir la prueba estadística para poder comprobar las hipótesis planteadas, según Flores, et al. (2017), indica que; para comparar  $\geq 3$  grupos de objetivo de estudio, que sus variables y distribución sean cuantitativas y de distribución normal, que el tipo de muestra sea relacionado, entonces, la prueba que se recomienda es el análisis de varianza ANOVA.

La evaluación de afirmaciones o declaraciones relativas a valores estadísticos de la población, o parámetros, es el objetivo fundamental de las pruebas de hipótesis, a veces denominadas pruebas de significación. Según se determine el análisis estadístico, las hipótesis pueden expresarse de forma lógica o adecuada para ser rechazadas. (Martínez, 2012).

Para esta investigación se tuvo en cuenta la hipótesis nula y alternativa. Cada una tiene una aplicabilidad diferente en función de la hipótesis que se investigue; a continuación, se ilustra la diferencia entre ambas hipótesis.

**Hipótesis nula**  $H_0: [\mu_x = \mu_y]$ : “es aquella por la cual se hace la negación de lo afirmado en la hipótesis.

**Hipótesis alterna**  $H_a: [\mu_x > \mu_y], [\mu_x < \mu_y], [\mu_x \neq \mu_y]$ : es aquella que indica enunciados contrarios a la de la hipótesis nula.

Para comparar las medias de los dos conjuntos de muestras, utilizamos la distribución normal estándar, se utilizaron pruebas estadísticas paramétricas para confirmar las hipótesis nulas.

### **3.10.2. Pasos a realizar para las pruebas de hipótesis**

A continuación, se explica detalladamente cómo se desarrolló la prueba de hipótesis recomendada. Es importante destacar que todas las hipótesis se examinaron utilizando la viga de madera de *eucalyptus globulus* completamente formada.

#### **Proposición de la hipótesis**

$H_a$ : La madera de *eucalyptus globulus* a mayor edad es más resistente a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022.

$H_0$ : La madera de *eucalyptus globulus* a mayor edad es igual la resistencia a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022.

De la misma forma, se planteará para las hipótesis específicas, que se encuentran detalladas en la prueba de hipótesis.

#### **Especificación del nivel de significancia**

La investigación tiene en cuenta un nivel de significación o error del 5% con un valor  $\alpha$  de 0,05, que denota la posibilidad de error.

#### **Cálculo de los valores críticos y de prueba**



Para ello, se toma en consideración la distribución normal estándar porque puede utilizarse para describir la naturaleza aleatoria de muchos procesos humanos. El estadístico se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Media global: } \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n} \quad (7)$$

$$\text{Varianza total: } \text{SCT} = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{\bar{X}})^2 \quad (8)$$

$$\text{Varianza intragrupos: } \text{SCD} = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad (9)$$

$$\text{Varianza Intergrupos: } \text{SCE} = \sum_{j=1}^K (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2 n_j \quad (10)$$

Donde:

$n_j$ : el tamaño de la muestra y la media;  $x_{ij}$ : el  $i$ -ésimo valor de la  $j$ -ésima muestra. La razón entre ellos se distribuye según una  $F$  de Snedecor con  $K-1$  grados de libertad en el numerador y  $N-K$  grados de libertad en el denominador cuando la hipótesis nula es cierta.  $\text{SCE}/K-1$  y  $\text{SCD}/n-K$  son dos estimadores insesgados de la varianza poblacional cuando la hipótesis nula es correcta. Como resultado, si  $H_0$  es correcta, se anticipa que la relación entre las dos estimaciones será cercana a 1, por lo que  $H_0$  será refutada si la relación se desvía mucho de 1. Y posteriormente evaluar dicha diferencia entre las diferentes edades con la prueba de Tukey.

$$W_{ij} = q^* \sqrt{\frac{\text{CME}}{2(r_i + r_j)}} \quad (11)$$

$W_{ij}$  es comparador de las pares  $ij$ ,  $q$  es el valor de la tabla Tukey correspondiente a los grados de libertad y error,  $\text{CME}$  es la potencia del error,  $r_i$  y  $r_j$  son las repeticiones

mientras que la  $q$  se coloca de forma parecida a  $F$  con los grados de libertad se disponen horizontalmente, mientras de error se disponen verticalmente. Solo se muestran tablas para niveles de significación del 5% y del 1%.

### **Toma de decisión y conclusión**

Tras el cálculo estadístico para obtener los resultados y el nivel de significación sugerido, se procede a elegir si se acepta o rechaza la hipótesis nula.

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Resultado del objetivo general

Determinación de la resistencia a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.

Las vigas de madera de *Eucalyptus globulus* de las siguientes dimensiones se deformó en la máquina universal de acuerdo a lo indicado en las bases teóricas sugeridas. Los especímenes eran vigas a escala real para las edades de 25, 50 y 75 años.

**Tabla 6**

*Dimensiones de las vigas a ser ensayadas*

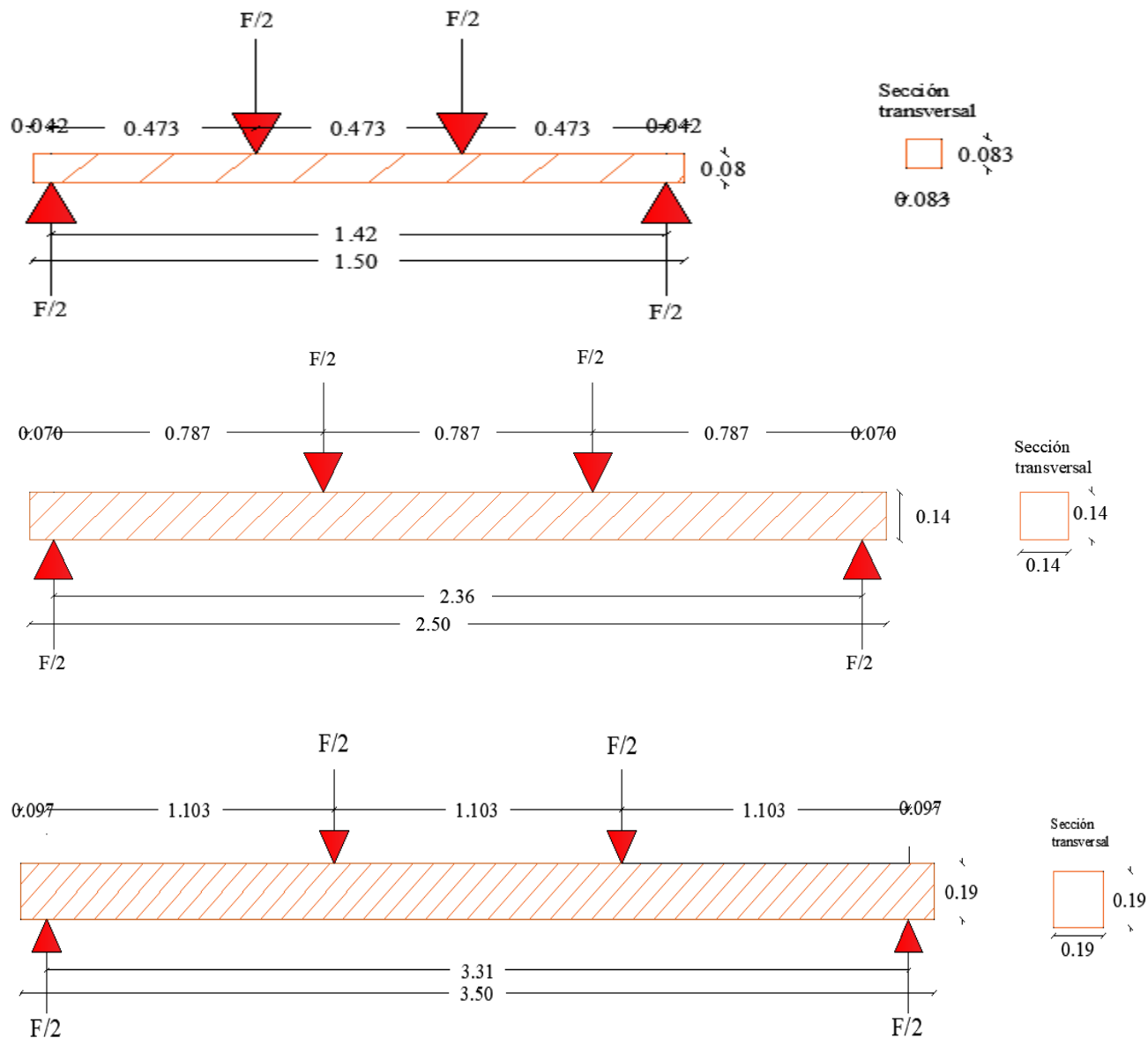
N° de vigas	Altura (mm)	Base (mm)	Longitud (mm)
4	83	83	1500
4	140	140	2500
4	194	194	3500

*Nota:* Se muestra las dimensiones de las vigas a ser ensayadas de diferentes edades planteados en la investigación.

Asimismo, su aplicación de cargas tal como se muestra en las siguientes gráficas:

**Figura 17**

*Especificaciones de las cargas aplicadas a las vigas*

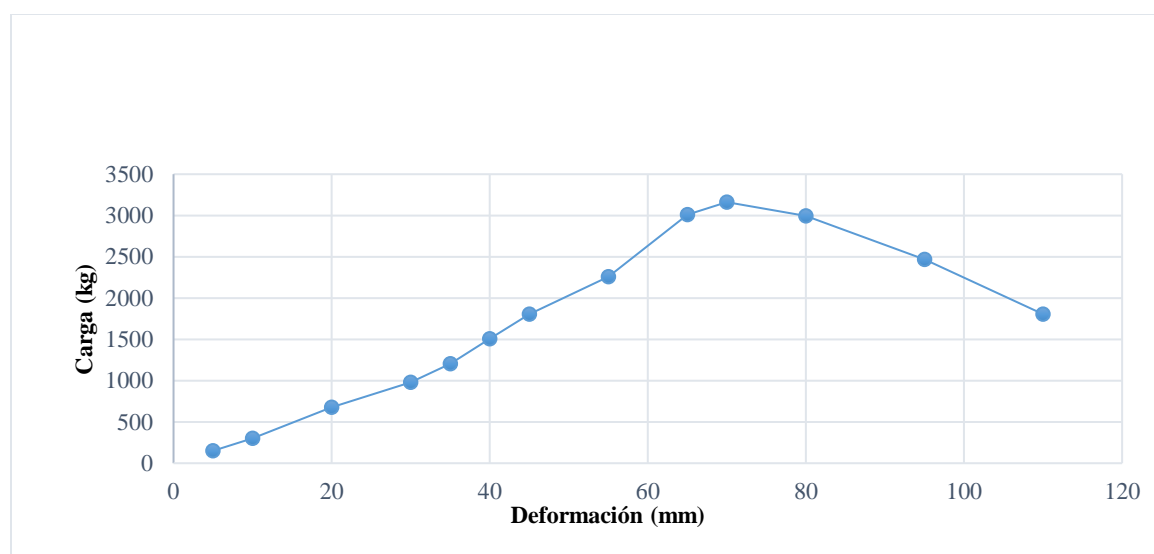


*Nota:* Se muestra las dimensiones a ser aplicadas las cargas en las vigas a escala a ser ensayadas de diferentes edades planteados en la investigación.

Una vez establecida la carga máxima soportada y determinada los esfuerzos admisibles a flexión en vigas de madera, así mismo determinada el módulo de elasticidad en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades, se tiene:

### Figura 18

*Curva carga vs deformación de la viga 25-1-1*



*Nota:* En la figura, se muestra la curva que adopta la viga una vez sometida a una carga, en la cual se evidencia que mientras aumenta la carga también va aumentando la deformación llegando hasta un punto máximo donde va a sufrir una falla, este comportamiento que adopta las vigas de madera eucalyptus globulus de las diferentes edades y dimensiones se logra visualizar en el anexo 3.

Tabla 7

## Cálculo de resistencia a flexión por viga

Probeta	Ancho (mm)	Alto (m)	Carga máxima soportada (kg)	Carga máxima soportada (N)	Desplazamiento total del cabezal (mm)	Desplazamiento antes de contacto (mm)	Deflexión máxima (mm) a rotura	Módulo de sección	Resistencia flexión (MPa)	Resistencia a la flexión promedio por edad (MPa)
Madera de <i>eucalyptus globulus</i> de 25 años										
25-1-1	83	83	4441.26	43568.75	104	4.98	99.02	95297.83	108.12	
25-1-2	83	83	4215.43	41353.39	72	4.98	67.02	95297.83	102.63	
25-1-3	83	83	3763.78	36922.67	69	4.98	64.02	95297.83	91.63	94.84
25-1-4	83	83	3161.57	31015.04	98	4.98	93.02	95297.83	76.97	
25-2-1	140	140	6022.05	59076.27	76.5	8.4	68.1	457333.33	50.83	
25-2-2	140	140	10538.58	103383.47	93	8.4	84.6	457333.33	88.95	
25-2-3	140	140	5946.77	58337.82	114.5	8.4	106.1	457333.33	50.20	62.74
25-2-4	140	140	7226.45	70891.52	80	8.4	71.6	457333.33	61.00	
25-3-1	190	190	13097.95	128490.89	110	11.4	98.6	1143166.67	61.99	
25-3-2	190	190	8731.97	85660.59	95	11.4	83.6	1143166.67	41.33	
25-3-3	190	190	11742.99	115198.73	105	11.4	93.6	1143166.67	55.58	50.59
25-3-4	190	190	9183.62	90091.31	100	11.4	88.6	1143166.67	43.46	
Madera de <i>eucalyptus globulus</i> de 50 años										
50-1-1	83	83	4667.09	45784.11	82	4.98	77.02	95297.83	113.62	
50-1-2	83	83	4817.64	47261.02	73	4.98	68.02	95297.83	117.29	
50-1-3	83	83	4215.43	41353.39	62	4.98	57.02	95297.83	102.63	102.63
50-1-4	83	83	3161.57	31015.04	84	4.98	79.02	95297.83	76.97	
50-2-1	140	140	11742.99	115198.73	74.5	8.4	66.1	457333.33	99.12	
50-2-2	140	140	10237.48	100429.66	75	8.4	66.6	457333.33	86.41	
50-2-3	140	140	8430.86	82706.78	75	8.4	66.6	457333.33	71.16	79.42
50-2-4	140	140	7226.45	70891.52	132	8.4	123.6	457333.33	61.00	
50-3-1	190	190	9484.72	93045.12	98	11.4	86.6	1143166.67	44.89	
50-3-2	190	190	16861.73	165413.55	95	11.4	83.6	1143166.67	79.80	
50-3-3	190	190	10237.48	100429.66	105	11.4	93.6	1143166.67	48.45	55.93
50-3-4	190	190	10689.13	104860.38	92	11.4	80.6	1143166.67	50.59	
Madera de <i>eucalyptus globulus</i> de 75 años										
75-1-1	83	83	4064.88	39876.48	96	4.98	91.02	95297.83	98.96	
75-1-2	83	83	4365.98	42830.30	87	4.98	82.02	95297.83	106.29	
75-1-3	83	83	3763.78	36922.67	65	4.98	60.02	95297.83	91.63	103.54
75-1-4	83	83	4817.64	47261.02	80	4.98	75.02	95297.83	117.29	
75-2-1	140	140	10388.03	101906.56	118	8.4	109.6	457333.33	87.68	
75-2-2	140	140	9334.17	91568.22	153	8.4	144.6	457333.33	78.79	
75-2-3	140	140	10086.93	98952.75	138	8.4	129.6	457333.33	85.14	82.28
75-2-4	140	140	9183.62	90091.31	134	8.4	125.6	457333.33	77.52	
75-3-1	190	190	11893.54	116675.63	120	11.4	108.6	1143166.67	56.29	
75-3-2	190	190	14754.01	144736.86	125	11.4	113.6	1143166.67	69.83	
75-3-3	190	190	13399.05	131444.70	130	11.4	118.6	1143166.67	63.41	61.28
75-3-4	190	190	11742.99	115198.73	100	11.4	88.6	1143166.67	55.58	
Resistencia a la flexión promedio										
Para 25 años = 69.39 MPa										
Para 50 años = 79.33 MPa										
Para 75 años = 82.37 MPa										

Nota: Se muestra el resultado de las resistencias a flexión de las vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades y diferentes medidas que fueron planteados para la investigación.

En la tabla 7, se muestra que, en primera columna se muestran las maderas correspondientes a la edad, en la segunda se muestra la codificación de las vigas, que está en relación a su edad – longitud de medida (1 para 1.50m), (2 para 2.50m), (3 para 3.5m) – cantidad, la quinta, la sexta, el valor de la carga máxima que puede soportar la viga en newtons (N). La novena muestra la deformación máxima de la viga en milímetros, que se calcula deduciendo todo el desplazamiento del cabezal hasta el fallo, en la décima, con el desplazamiento inicial hasta el instante de contacto con la viga, la resistencia a la flexión de cada viga se muestra en (MPa) en la décima columna, que también muestra el valor del módulo de sección en (mm<sup>3</sup>). La resistencia media a la flexión de la viga se muestra en (MPa) en la duodécima columna, que también muestra las dimensiones y la edad de la viga (MPa). De la misma forma se puede apreciar la resistencia a la flexión promedio de las 12 vigas por cada edad, en este caso es de 69.39 MPa para la madera de 25 años, 79.33 MPa para madera de 50 años, 82.37 MPa para madera de 76 años.

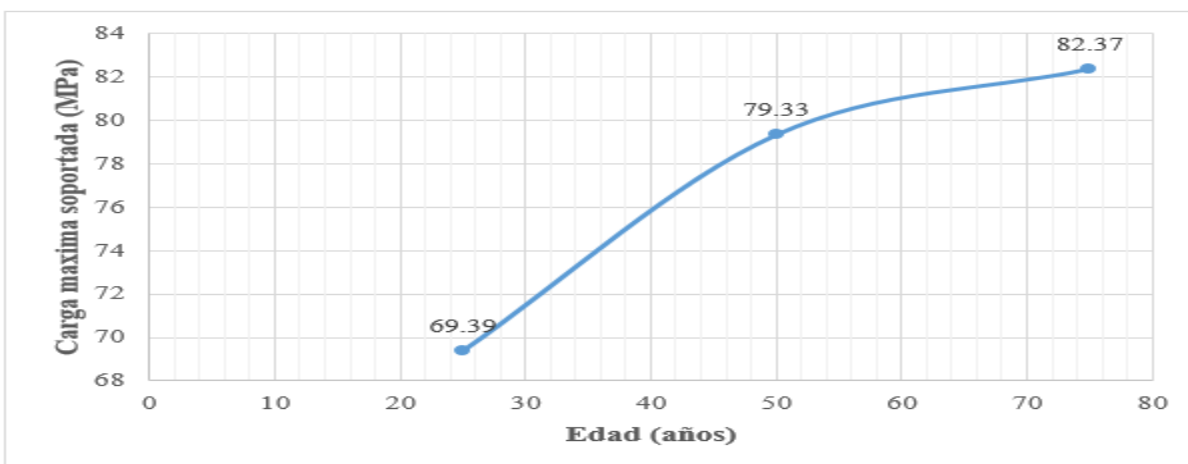
Resistencia a flexión para vigas de madera de 25 años= 69.39 MPa

Resistencia a flexión para vigas de madera de 50 años= 79.33 MPa

Resistencia a flexión para vigas de madera de 75 años= 82.37 MPa

**Figura 19**

*Carga máxima soportada a flexión vs la edad de la madera.*



Nota: En la figura, se muestra la curva que adopta crecientemente la carga máxima soportada con respecto a la edad de 25, 50, 75 años de madera eucalyptus globulus, cuanto más edad tiene la madera suele a resistir a grandes cargas máximas.

#### **4.1.2. Resultado del objetivo específico 1**

Establecer la carga máxima soportada a flexión en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.

**Tabla 8**

*Carga máxima soportada a flexión por las vigas a diferentes edades*

Descripción	Dimensiones (mm)	Carga máxima soportada a flexión en vigas de madera (N)		
		25 años	50 años	75 años
Viga de 1.50 m	83x83x1500	38214.96	41353.39	41722.62
Viga de 2.50 m	140x140x2500	72922.27	92306.67	95629.71
Viga de 3.50 m	190x190x3500	104860.38	115937.18	127013.98

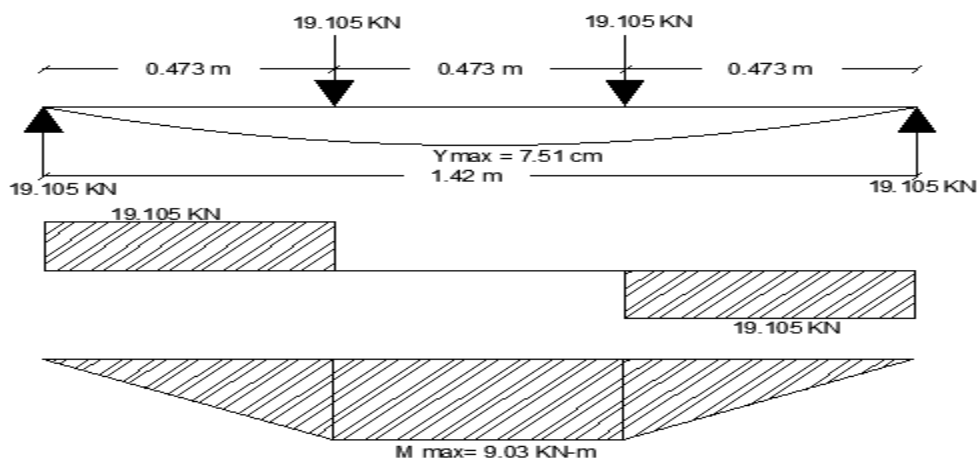


*Nota:* En la tabla, se muestra el promedio de la carga máxima soportada con respecto a la edad de 25, 50, 75 años de madera eucalyptus globulus, para vigas de 1.50 m, 2.50 m, 3.50 m.

Asimismo, se tiene las deformaciones máximas que se da en la viga una vez expuestas a las cargas máximas y determinadas el módulo de elasticidad en cada edad de la madera eucalyptus globulus, asimismo, teniendo en cuenta las diferentes dimensiones que se manejó durante el desarrollo de la investigación.

### Figura 20

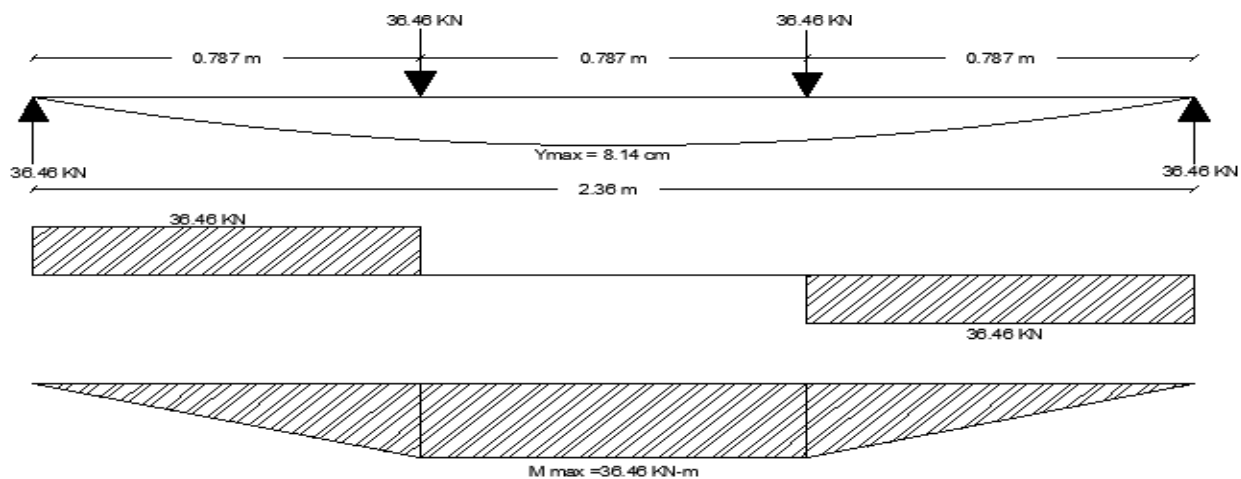
*Deformación en vigas de luz 1.42m de madera de 25 años*



*Nota:* En la figura, se muestra que para vigas de luz de 1.42 m con aplicación de cargas máximas de 19.105 kN, la deformación máxima que presentan es de 7.51 cm.

**Figura 21**

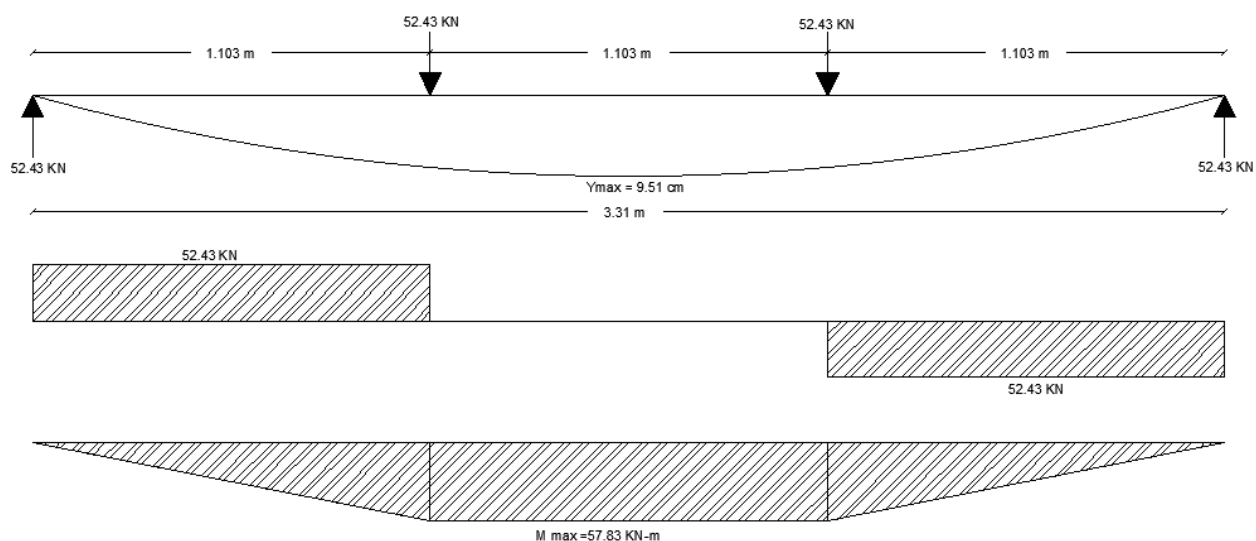
*Deformación en vigas de luz de 2.36m de madera de 25 años*



*Nota:* En la figura, se muestra que para vigas de luz de 2.36 m con aplicación de cargas máximas de 36.46 kN, la deformación máxima que presentan es de 8.14 cm.

**Figura 22**

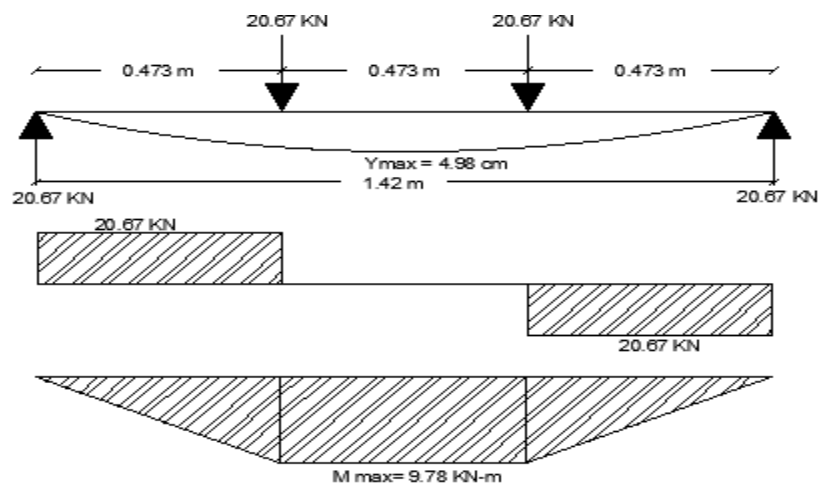
*Deformación en vigas de luz de 3.31m de madera de 25 años*



*Nota:* En la figura, se muestra que para vigas de luz de 3.31 m con aplicación de cargas máximas de 52.43 kN, la deformación máxima que presentan es de 9.51 cm.

**Figura 23**

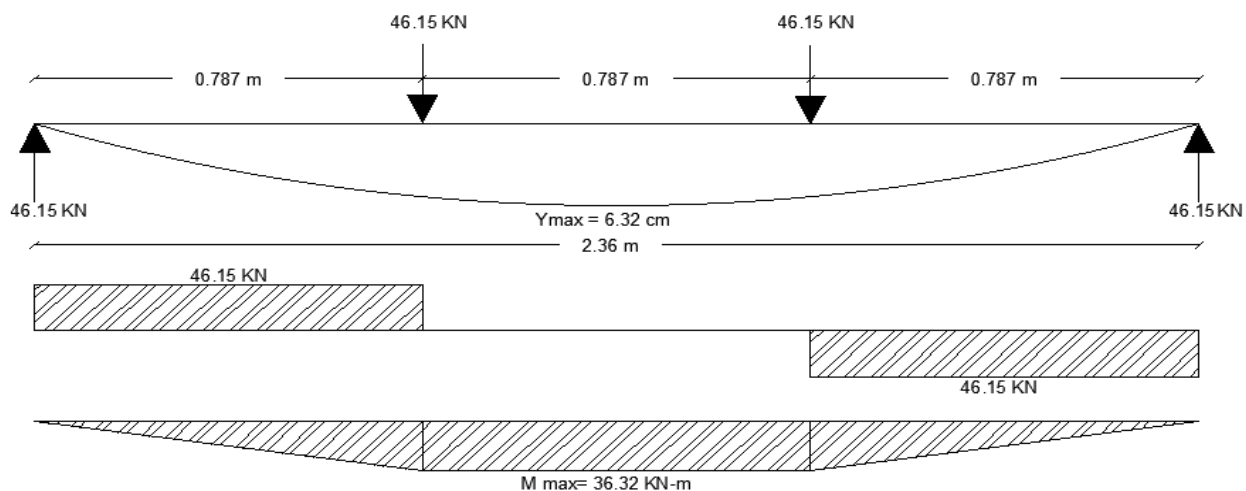
*Deformación en vigas de luz 1.42m de madera de 50 años*



*Nota:* En las figuras, se muestra que para vigas de luz de 1.42 m con aplicación de cargas máximas de 20.67 kN, la deformación máxima que presentan es de 4.98 cm.

**Figura 24**

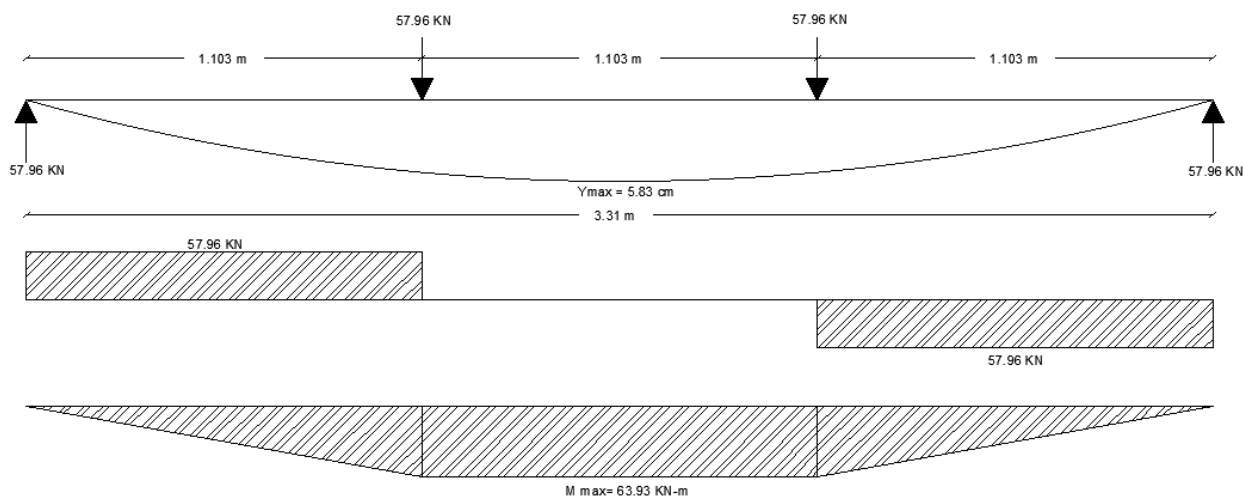
*Deformación en vigas de luz de 2.36m de madera de 50 años*



*Nota:* En la figura, se muestra que para vigas de luz de 2.36 m con aplicación de cargas máximas de 46.15 kN, la deformación máxima que presentan es de 6.32 cm.

**Figura 25**

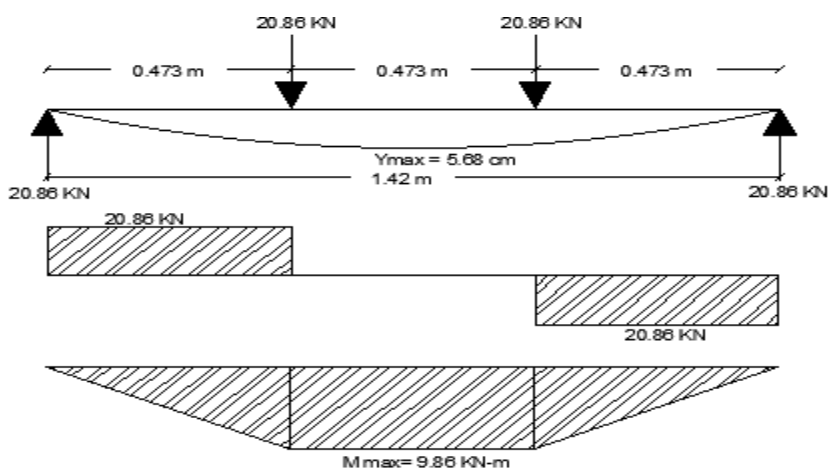
*Deformación en vigas de luz de 3.31m de madera de 50 años*



*Nota:* En la figura, se muestra que para vigas de luz de 3.31 m con aplicación de cargas máximas de 57.96 kN, la deformación máxima que se presentan de 5.83 cm.

**Figura 26**

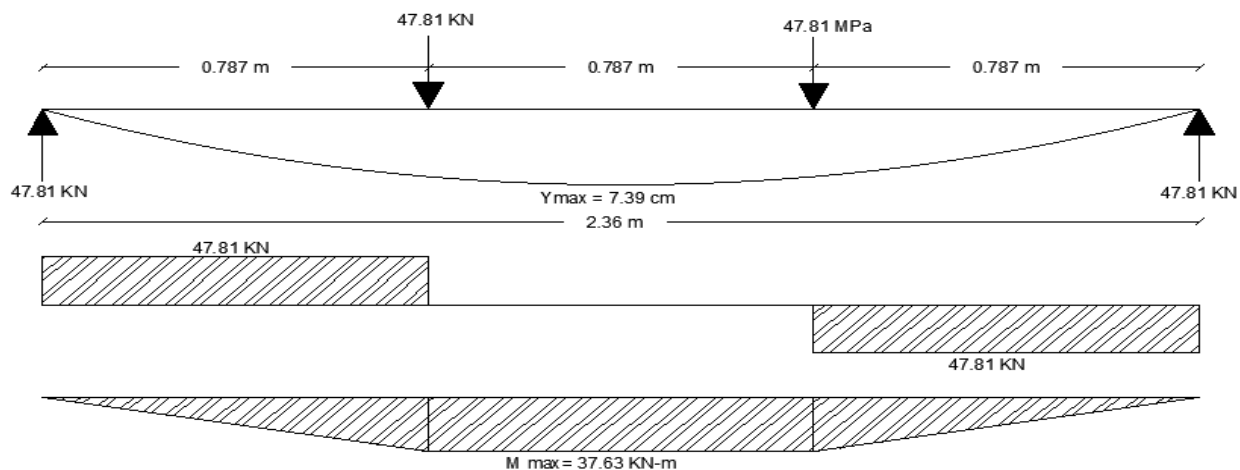
*Deformación en vigas de luz 1.42m de madera de 75 años*



*Nota:* En las figuras, se muestra que para vigas de luz de 3.31 m con aplicación de cargas máximas de 20.86 kN, las deformaciones máximas que presentan son de 5.68 cm.

**Figura 27**

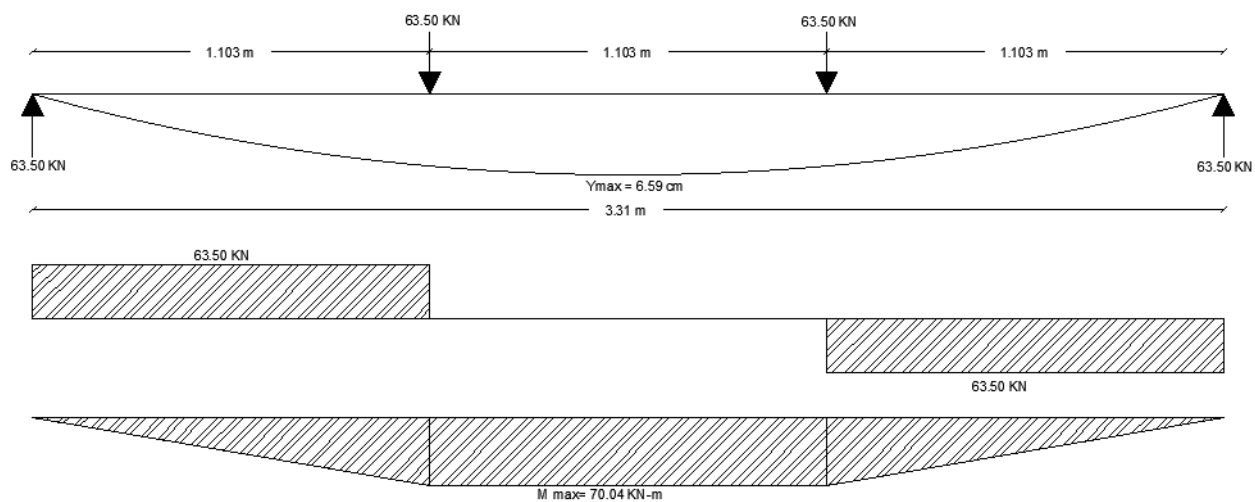
*Deformación en vigas de luz de 2.36m de madera de 75 años*



*Nota:* En la figura, se muestra que para vigas de luz de 2.36 m con aplicación de cargas máximas de 47.81 kN, la deformación máxima que presentan es de 7.39 cm.

**Figura 28**

*Deformación en vigas de luz de 3.31m de madera de 75 años*



*Nota:* En la figura, se muestra que para vigas de luz de 3.31 m con aplicación de cargas máximas de 63.50 kN, la deformación máxima que presentan es de 6.59 cm.

### 4.1.3. Resultado del objetivo específico 2

Determinación del esfuerzo admisible a flexión en vigas de madera *eucalytus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.

**Tabla 9**

*Reordenamiento de esfuerzos máximos por edad.*

N°	Resistencia a flexión		
	25 años (MPa)	50 años (MPa)	75 años (MPa)
1	41.32539657	44.88793076	55.57553332
2	43.46291709	48.45046495	56.28804016
3	50.19518367	50.58798546	63.41310853
4	50.83056574	60.99667889	69.82567007
5	55.57553332	71.16279204	77.51661276
6	60.99667889	76.96982251	78.7873769
7	61.98809486	79.8007658	85.14119762
8	76.96982251	86.41196176	87.68272591
9	88.95349005	99.1196032	91.63074109
10	91.63074109	102.62643	98.96120037
11	102.62643	113.6221189	106.2916597
12	108.1242745	117.2873486	117.2873486

*Nota:* Se muestra los esfuerzos máximos de menor a mayor de madera *Eucalyptus Globulus* de 25,50,75 años de edad.

La tabla también muestra los resultados de resistencia a la flexión para cada viga, que se calcularon en la duodécima columna de la Tabla 7, reordenados de menor a mayor y numerados, centrándose en el valor que corresponde al número de orden que es igual al 5% del número total de vigas, en este caso, el 5% de 12, lo que arroja un resultado de 0,60. Al redondear el número a un valor entero, se obtiene un resultado de 1, que se considera el valor mínimo que corresponde a:

$$\text{Esfuerzo básico (5\% para madera de 25 años)} = 41.325 \text{ MPa}$$

Esfuerzo básico (5% para madera de 50 años) = 44.887 MPa

Esfuerzo básico (5% para madera de 75 años) = 55.575 MPa

Por lo tanto, aplicando la ecuación (3), correspondiente a esfuerzo admisible las cuales están en función del esfuerzo básico y factores como: calidad, tamaño, seguridad y duración de carga.

$$\text{Esfuerzo admisible (25 años)} = \frac{0.8 \cdot 0.9}{2.0 \cdot 1.15} * 41.325$$

$$\text{Esfuerzo admisible (50 años)} = \frac{0.8 \cdot 0.9}{2.0 \cdot 1.15} * 44.887$$

$$\text{Esfuerzo admisible (75 años)} = \frac{0.8 \cdot 0.9}{2.0 \cdot 1.15} * 55.575$$

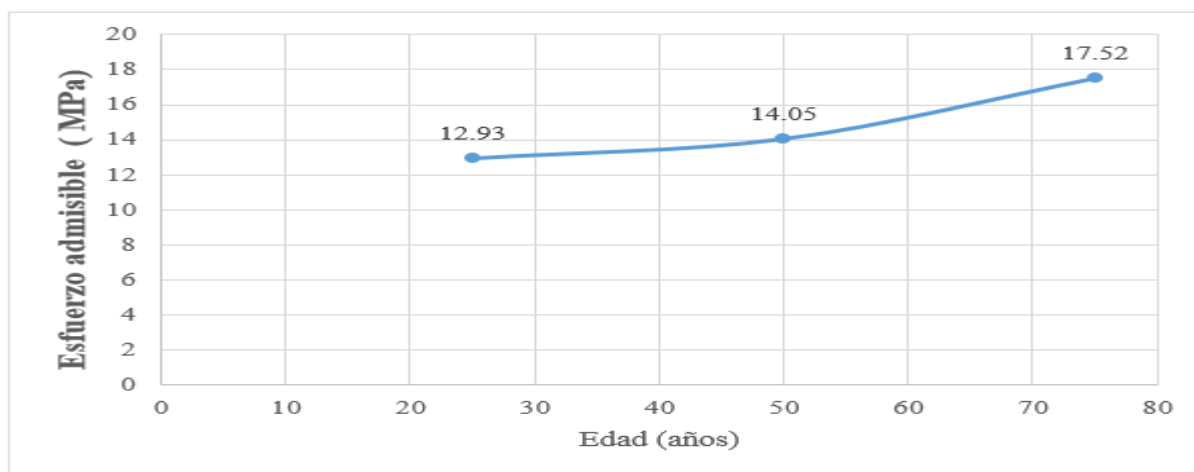
Esfuerzo admisible para vigas de madera de 25 años= 12.93 MPa

Esfuerzo admisible para vigas de madera de 50 años= 14.05 MPa

Esfuerzo admisible para vigas de madera de 75 años= 17.52 MPa

## Figura 29

*Esfuerzo admisible a flexión vs edad de la madera*



*Nota:* En la figura, se muestra la curva que adopta el esfuerzo admisible a flexión con respecto a la edad de 25, 50, 75 años de madera *eucalyptus globulus*, cuanto más edad tiene la madera tiende a responder mejor a esfuerzos admisibles.

### 4.1.4. Resultado del objetivo específico 3

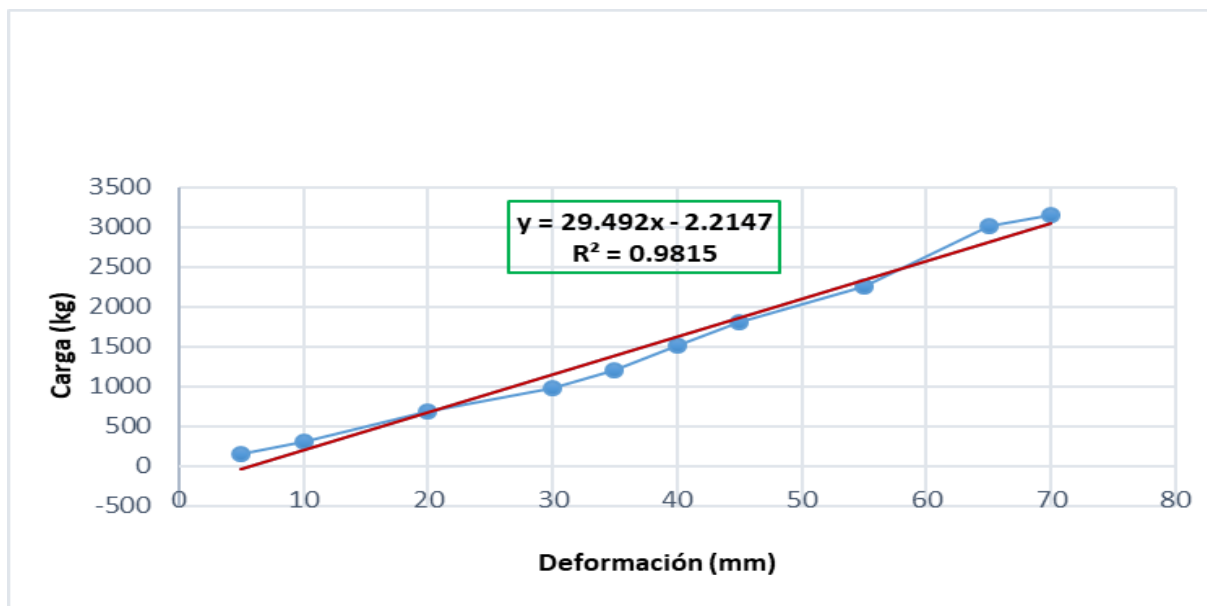
Determinación del módulo de elasticidad en viga de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.

**Para la viga 25 -1-1**

## Figura 30

*Carga - Deformación de la viga 25-1-1*





Nota. Se muestra en la figura la carga vs deformación de la viga, de la misma forma la recta acoplada con su respectiva ecuación de la cual se obtendrá el módulo de elasticidad de la viga de madera *eucalyptus globulus*.

De la figura:

- Curva carga – deformación
- Curva carga deformación ajustada a una recta

Se puede visualizar la curva carga – deformación de la viga 25-1-1, con respecto a un desplazamiento de cabezal de  $60 \times 10^{-3} \text{ h mm/s}$ , desde el momento de contacto del cabezal con la viga, en donde:

$$60 \times 10^{-3} \text{ h mm/s} = 60 \times 10^{-3} (48.4) = 4.980 \text{ mm/s}$$

Para obtener una ecuación constante, la curva carga-deformación se acoplo a una línea recta:

$$Y = 29.492x - 2.2147$$

Si derivamos la ecuación de la situación en la que "x" representa la deformación que experimenta la viga con un incremento de carga "y", obtenemos:

$$dy = 29.492dx$$

$$dy/dx = 29.492$$

$$\rightarrow \frac{\Delta F}{\Delta W} = 29.492 \text{ kg/mm} = 289.317 \text{ N/mm}$$

De las mismas formas, se procede a calcular para todas las vigas de acuerdo al anexo 4, donde se puede apreciar las curvas acopladas a una recta, dando como resultado lo siguiente:

**Tabla 10**

*Incremento de carga en relación a una deformación*

Descripción de la viga	$\frac{\Delta F}{\Delta W}$ en (kg/mm)	$\frac{\Delta F}{\Delta W}$ en (N/mm)
25-1-1	29.492	289.317
25-1-2	78.328	768.398
25-1-3	55.15	541.022
25-1-4	50.793	498.279
25-2-1	70.858	695.117
25-2-2	99.791	978.950
25-2-3	72.128	707.576
25-2-4	69.266	679.499
25-3-1	63.661	624.514
25-3-2	59.89	587.521
25-3-3	55.64	545.828
25-3-4	121.86	1195.447
50-1-1	80.606	790.745
50-1-2	91.036	893.063
50-1-3	88.74	870.539
50-1-4	66.718	654.504
50-2-1	171.67	1684.083
50-2-2	141.56	1388.704
50-2-3	109.76	1076.746
50-2-4	147.18	1443.836
50-3-1	115.71	1135.115

50-3-2	117.93	1156.893
50-3-3	116.29	1140.805
50-3-4	111.72	1095.973
75-1-1	63.805	625.927
75-1-2	64.691	634.619
75-1-3	77.357	758.872
75-1-4	92.338	905.836
75-2-1	135.05	1324.841
75-2-2	115.65	1134.527
75-2-3	135.57	1329.942
75-2-4	126.13	1237.335
75-3-1	81.018	794.787
75-3-2	114.48	1123.049
75-3-3	83.168	815.878
75-3-4	102.38	1004.348

Nota: Se muestra el incremento de carga frente a una deformación que fue obtenida de la curva acoplada a una recta, de cual se obtendrá el módulo de elasticidad de las vigas.

**Tabla 11**

*Cálculo del módulo de elasticidad durante la flexión*

Probeta	Ancho (mm)	Alto (mm)	l1 (mm)	a (mm)	Desplazamiento de cabezal (60x10 <sup>-3</sup> h mm/s)	Momento de inercia (mm)	Incremento de carga F con respecto a una deformación W $\Delta F/\Delta W$ (kg/mm)	Incremento de carga F con respecto a una deformación W $\Delta F/\Delta W$ (N/mm)	Módulo de elasticidad en flexión estática Em (Mpa)	Módulo de elasticidad promedio por edad (Mpa)
<i>Madera de eucalyptus glubulus de 25 años</i>										
25-1-1	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	29.492	289.317	4360.738	
25-1-2	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	78.328	768.398	11581.712	
25-1-3	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	55.15	541.022	8154.573	7901.841
25-1-4	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	50.793	498.279	7510.340	
25-2-1	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	70.858	695.117	5948.477	
25-2-2	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	99.791	978.950	8377.380	
25-2-3	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	72.128	707.576	6055.092	6548.945
25-2-4	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	69.266	679.499	5814.829	
25-3-1	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	63.661	624.514	4343.310	
25-3-2	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	59.89	587.521	4086.031	
25-3-3	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	55.64	545.828	3796.072	5134.846
25-3-4	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	121.86	1195.447	8313.972	
<i>Madera de eucalyptus glubulus de 50 años</i>										
50-1-1	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	80.606	790.745	11918.541	
50-1-2	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	91.036	893.063	13460.739	
50-1-3	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	88.74	870.539	13121.248	12091.392
50-1-4	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	66.718	654.504	9865.038	
50-2-1	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	171.67	1684.083	14411.569	
50-2-2	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	141.56	1388.704	11883.857	
50-2-3	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	109.76	1076.746	9214.271	11966.337
50-2-4	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	147.18	1443.836	12355.652	
50-3-1	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	115.71	1135.115	7894.384	

50-3-2	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	117.93	1156.893	8045.845	
50-3-3	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	116.29	1140.805	7933.955	7874.087
50-3-4	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	111.72	1095.973	7622.164	
<i>Madera de eucalyptus glubulus de 75 años</i>										
75-1-1	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	63.805	625.927	9434.317	
75-1-2	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	64.691	634.619	9565.322	
75-1-3	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	77.357	758.872	11438.138	11022.758
75-1-4	83	83	1420	473	4.98	3954860.083	92.338	905.836	13653.255	
75-2-1	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	135.05	1324.841	11337.347	
75-2-2	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	115.65	1134.527	9708.732	
75-2-3	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	135.57	1329.942	11381.001	10753.900
75-2-4	140	140	2360	787	8.4	32013333.33	126.13	1237.335	10588.520	
75-3-1	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	81.018	794.787	5527.502	
75-3-2	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	114.48	1123.049	7810.467	
75-3-3	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	83.168	815.878	5674.187	6499.273
75-3-4	190	190	3310	1103	11.4	108600833.3	102.38	1004.348	6984.937	
Módulo de elasticidad										
Para 25 años = 6528.544 MPa										
Para 50 años = 10643.939 MPa										
Para 75 años = 9425.310 MPa										

*Nota:* En la siguiente tabla, se puede apreciar los cálculos correspondientes para encontrar el módulo de elasticidad por cada edad de madera.

→ Módulo de elasticidad promedio (25 años) = 6528.54

→ Módulo de elasticidad promedio (50 años) = 10643.93

→ Módulo de elasticidad promedio (75 años) = 9425.31

En la tabla 11, se puede apreciar que, en la segunda columna se muestra la codificación de las vigas, que está en relación a su edad – tipo por su medida – cantidad, la quinta columna muestra la luz libre entre apoyos de las vigas en (mm), la sexta columna muestra la longitud de separación de las fuerzas aplicadas a las vigas en milímetros (mm), la séptima columna muestra el desplazamiento de la cabeza igual a  $60 \times 10^{-3} h$  mm/s desde el momento de contacto de la cabeza con la viga donde h es la altura real de la viga, la octava columna muestra el valor de momento de inercia de la sección en (mm<sup>4</sup>), El incremento de carga F en términos de una deformación W en (kg/mm) en el noveno, el incremento de carga F en términos de una deformación W en (N/mm) en el décimo, en la doceava columna, se aprecia el valor del módulo de

elasticidad promedio por cada viga en (MPa), de la misma forma en la tabla se puede apreciar el módulo de elasticidad promedio, el cual es determinada el promedio de las 12 vigas por cada edad, en este caso es de; para 25 años es de 6528.54 MPa, para 50 años es de 10643.93 MPa, para 75 años es de 9425.31 MPa.

**Tabla 12**

*Reordenamiento del módulo de elasticidad por edad*

N°	25 años de edad (MPa)	Módulo de elasticidad para 50 años de edad (MPa)	75 años de edad (MPa)
1	3796.07241	7622.16409	5527.5017
2	4086.03121	7894.38424	5674.18674
3	4343.30995	7933.95508	6984.93698
4	4360.73761	8045.84507	7810.46675
5	5814.82936	9214.27065	9434.31654
6	5948.47658	9865.03771	9565.32202
7	6055.09214	11883.8571	9708.73179
8	7510.33995	11918.5412	10588.52
9	8154.57343	12355.6519	11337.3474
10	8313.97168	13121.2483	11381.001
11	8377.38049	13460.7388	11438.1385
12	11581.7122	14411.5693	13653.2548

*Nota:* En la tabla, se muestra el reordenamiento de los valores de módulo de elasticidad de menor a mayor para 25,50,75 años de edad de madera.

Esta tabla muestra los valores del módulo de elasticidad para cada viga, calculados en la undécima columna de la tabla 10, reordenados de menor a mayor, y numerados en orden igual al 5% de las 12 vigas. Este cálculo arroja un resultado de 0,60, que redondeado a un número entero es 1, y este valor se considera el mínimo como parte del límite de exclusión del 5% o percentil 5°, que se considera el módulo de elasticidad mínimo por N.T.P. 251.107, resultando como:

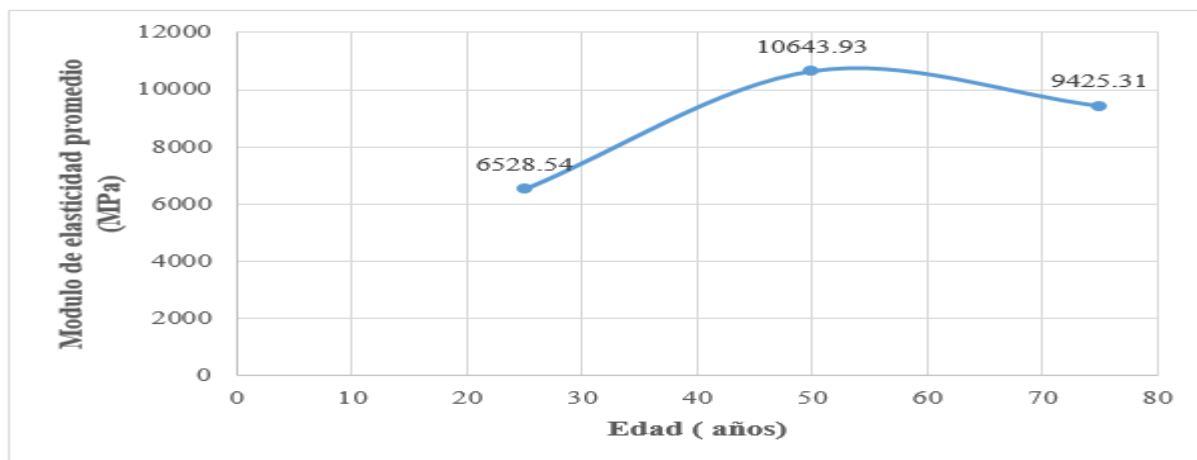
→ Módulo de elasticidad mínimo (25 años) = 3796.07

→ Modulo de elasticidad mínimo (50 años) = 7622.16

→ Modulo de elasticidad mínimo (75 años) = 5527.50

**Figura 31**

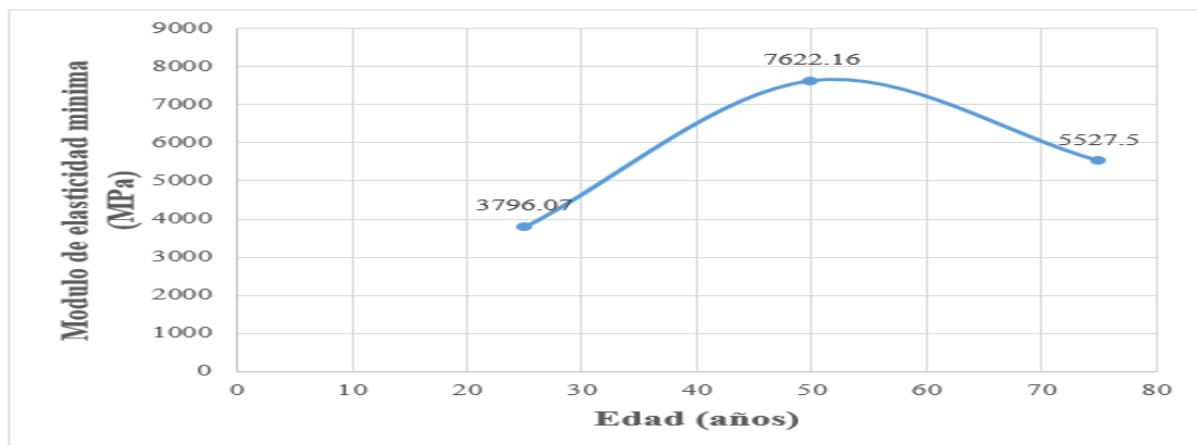
*Módulo de elasticidad promedio vs edad de la madera*



*Nota:* En la figura, se muestra la curva que adopta el módulo de elasticidad promedio con respecto a la edad de 25, 50, 75 años de madera eucalyptus globulus, la madera hasta los 50 – 55 años aproximadamente suele tener mayor módulo de elasticidad, posterior a ello suele disminuir el módulo de elasticidad.

**Figura 32**

*Módulo de elasticidad mínima vs edad de la madera*



*Nota:* En la figura, se muestra la curva que adopta el módulo de elasticidad mínima con respecto a la edad de 25, 50, 75 años de madera eucalyptus globulus, la madera hasta los 50 a 55 años aproximadamente suele tener mayor módulo de elasticidad mínima, posterior a ello suele disminuir el módulo de elasticidad mínima.

## **4.2. Discusión de los resultados**

### **4.2.1. Discusión de resultados hipótesis general**

Para la resistencia a flexión en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades se tiene; para vigas de madera de 25 años es de 69.39 MPa, para 50 años es de 79.33 MPa y para 75 años se tiene 82.37 MPa. En su investigación Espinoza (2018), obtuvo como resistencia a flexión promedio de 194.21 kg/cm<sup>2</sup> (19.05 MPa), esta diferencia se podría darse por que no se consideró madera de suficiente edad.

### **4.2.2. Discusión de resultados hipótesis específica 1**

Para vigas de madera de 25 años, la carga máxima soportada a flexión; para una luz de 1.42 m, 2.36 y 3.31 es de 38.21 KN, 72.92 KN, 104.86 KN. También para vigas de madera de 50 años la carga máxima soportada es de: para una luz de 1.42 m, 2.36 m,

3.31 m es de 41.35 KN, 92.20 KN, 115.93 KN. De igual forma para vigas de madera de 75 años la carga máxima soportada a flexión es de; para una luz de 1.42 m, 2.36 y 3.31 es de 41.72 KN, 95.62 KN, 127.01 KN. En su investigación López y Rosas (2016), determino que carga máxima soportada flexión es de 13.36 KN, esta diferencia puede darse por que se utilizó madera de diferentes condiciones de humedad y de diferentes dimensiones de las probetas.

#### **4.2.3. *Discusión de resultados hipótesis específica 2***

Para vigas de madera de 25 años, el esfuerzo admisible a flexión es de 12.93 MPa, vigas de madera de 50 años el esfuerzo admisible es de 14.05 MPa y para vigas de madera de 75 años el esfuerzo admisible es de 17.52 MPa. En su investigación Espinoza (2018), en su trabajo de investigación se trabajó con 2 árboles de 10,25,40,55 años de edad; donde obtuvo como resultado de 194.21 kg/cm<sup>2</sup> (19.05 MPa) el promedio de diferencia por cada edad. Evidenciaron que a mayor edad la resistencia a flexión va aumentando. Esta diferencia se podría darse por la utilización de maderas de diferentes edades, asimismo por la condición en que se encuentre frente a la humedad.

#### **4.2.4. *Discusión de resultados hipótesis específica 3***

En lo que concierne al módulo de elasticidad, se obtuvo para las vigas de 25 años el módulo de elasticidad mínimo de 3796.07 MPa, para las vigas de 50 años el módulo de elasticidad de 7622.16 MPa y para 75 años de 5527.50 MPa. se refleja que mientras tenga más edad la madera va disminuyendo el esfuerzo admisible a flexión. En su investigación desarrollada por Del Peso y Loaiza (2016), determinó el módulo de elasticidad mediante ensayos de flexión donde obtuvo como resultado para maderas de



eucalypto globulus en condición natural es 30208.1473 kg/cm<sup>2</sup> y en condición seca es de 24045.7640 kg/cm<sup>2</sup>.

En lo que concierne al módulo de elasticidad promedio, se obtuvo para las vigas de 25 años el módulo de elasticidad de 6528.54 MPa, para las vigas de 50 años el módulo de elasticidad de 10643.93 MPa y para 75 años de 9425.31 MPa. Espinoza (2018), en su trabajo de investigación se trabajó con 2 árboles de 10,25,40,55 años de edad; donde obtuvo como resultado de 1114609.66 kg/cm<sup>2</sup> el promedio por edad. Evidenciaron que tiene una buena elasticidad, mientras va cambiando las edades, a mayor edad la elasticidad es menor, esta disparidad entre ellas se podría darse por la utilización de maderas de poca edad y de diferentes contenidos de humedad.

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### 4.3.1. Prueba de hipótesis general

**Tabla 13**

*Resultados de la hipótesis general*

Descripción	Carga máxima soportada a flexión en vigas		
	25 años	50 años	75 años
Planteamiento de hipótesis	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ La madera de <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad es menos resistente a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla. $H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ La madera de <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad es más resistente a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.		
Significancia	$\alpha = 0.05$		
Valor calculado	1.064		
"p" valor	0.042		
Decisión	Si $p < \alpha$ , $\Rightarrow$ Rechazamos $H_0$ y aceptamos la $H_a$ $0.042 < 0.05$ , esto implica que debemos aceptar $H_a$		
Conclusión	La madera de <i>eucalyptus globulus</i> mayor edad es más resistente a flexión en vigas. A la vez las edades tienen diferencia significativa, de lo cual se concluye que es mejor la resistencia a flexión en vigas a mayor edad.		

*Nota:* Resultados estadísticos planteados para la hipótesis general para la resistencia a flexión en vigas de madera.

#### 4.3.2. Prueba de hipótesis específica 1

**Tabla 14**

*Resultados de la hipótesis específica 1*

Descripción	Carga máxima soportada a flexión en vigas		
	25 años	50 años	75 años
Planteamiento de hipótesis	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ La madera de eucalyptus globulus a mayor edad no soporta mejor la carga máxima a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla. $H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ La madera de eucalyptus globulus a mayor edad soporta mejor la carga máxima a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.		
Significancia	$\alpha = 0.05$		
Valor calculado	1.064		
"p" valor	0.032		
Decisión	Si $p < \alpha$ , $\Rightarrow$ Rechazamos $H_0$ y aceptamos la $H_a$ $0.032 < 0.05$ , esto implica que debemos aceptar $H_a$		
Conclusión	La madera de eucalyptus globulus a mayor edad soporta mejor la carga máxima a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla. A la vez las edades tienen diferencia significativa, de lo cual se concluye que es mejor mientras pasas la edad de las maderas frente a flexión en vigas.		

*Nota:* Resultados estadísticos planteados para la hipótesis 1 para la carga máxima soportada a flexión en vigas de madera.

#### 4.3.3. Prueba de hipótesis específica 2

**Tabla 15**

*Resultados de la hipótesis específica 2*

Descripción	Esfuerzo admisible a flexión en vigas de madera		
	25 años	50 años	75 años
Planteamiento de hipótesis	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ La madera eucalytus globulus a mayor edad no es más resistente a esfuerzo admisible en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla. $H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ La madera eucalytus globulus a mayor edad es más resistente a esfuerzo admisible en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.		

Significancia	$\alpha = 0.05$
Valor calculado	3.423
"p" valor	0.024
Decisión	Si $p < \alpha$ , $\Rightarrow$ Rechazamos $H_0$ y aceptamos la $H_a$ 0.024 < 0.05, esto implica que debemos aceptar $H_a$
Conclusión	La madera <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad es más resistente a esfuerzo admisible en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla. A la vez las edades tienen una diferencia significativa.

*Nota:* Resultados estadísticos planteados para la hipótesis 2 para el esfuerzo admisible en vigas de madera *eucalyptus globulus*.

#### 4.3.4. Prueba de hipótesis específica 3

**Tabla 16**

*Resultados de la hipótesis específica 3*

Descripción	Módulo de elasticidad en vigas de madera		
	25 años	50 años	75 años
Planteamiento de hipótesis	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ La madera <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad tiene mayor módulo de elasticidad en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.		
	$H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ La madera <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad tiene menor módulo de elasticidad en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.		
Significancia	$\alpha = 0.05$		
Valor calculado	19.019		
"p" valor	0.001		
Decisión	Si $p < \alpha$ , $\Rightarrow$ Rechazamos $H_0$ y aceptamos la $H_a$ 0.001 < 0.05, esto implica que debemos aceptar $H_a$		
Conclusión	La madera <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad tiene menor módulo de elasticidad en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla. A la vez tienen una diferencia significativa frente mientras más edad tenga el módulo de elasticidad aumenta.		

*Nota:* Resultados estadísticos planteados para la hipótesis 3 para el módulo de elasticidad en vigas de madera.

### Conclusiones

De acuerdo a los propósitos planteados y resultados obtenidos en la investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se tiene la conclusión general, donde la resistencia a la flexión en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales es para 25 años 69.39 MPa, de 50 años 79.33 MPa, de 75 años 82.37 MPa, evidenciando que influye la edad de la madera en su resistencia a flexión, en consecuencia, se acepta la hipótesis alterna planteada en la tabla 13.
2. Asimismo, la conclusión del objetivo específico 1 se tiene, que para las cargas máximas soportadas a flexión mostradas en la tabla 8; mientras, la madera sea de mayor edad estas tendrán mejor respuesta a cargas máximas, pero lo contrario ocurre con las deflexiones en luces mayores, confirmando que las deflexiones se encuentran fuera de lo admisible por la norma E-010.
3. También, la conclusión del objetivo específico 2 se tiene, que el esfuerzo admisible a flexión en vigas es siendo al 5% de exclusión o 5° percentil lo siguiente: para madera de 25 años 12.93 MPa, para madera de 50 años 14.05 MPa, para madera de 75 años 17.52 MPa, verificando su buen comportamiento frente a esfuerzos de flexión, dicha característica hace que sea un material de construcción para elementos estructurales que trabajen a flexión.
4. Finalmente, la conclusión del objetivo 3 se tiene, que el módulo de elasticidad promedio, siendo al 5% de exclusión o 5° percentil lo siguiente: para madera de 25 años 6528.54 MPa, para madera de 50 años 10643.93 MPa, para madera de 75 años 9425.31 MPa, verificando que dicho elasticidad suele disminuir después de alcanzar a los 50 años de edad y módulo de elasticidad

mínima, siendo al 5% de exclusión o 5° percentil lo siguiente: para madera de 25 años 3796.07 MPa, para madera de 50 años 7622.16 MPa, para madera de 75 años 5527.50 MPa, para posteriormente sufrir la viga una falla las cuales se evidenciaron en su mayor parte fue de tensión simple, en algunas por tensión de grano concentrado.

## Recomendaciones

1. Considerando en resultado del objetivo general, la resistencia a flexión en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades, se recomienda realizar investigaciones adicionando algún aditivo que pueda mejorar la resistencia a flexión y ampliar su tiempo de servicio.
2. Del resultado específico 1, la carga máxima soportada a flexión en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades, se recomienda realizar investigaciones con aplicación de cargas distintos al tercio de la luz, pueden situarse a la mitad o a cuarta parte de la luz.
3. Del resultado específico 2, el esfuerzo admisible en vigas de madera eucalyptus globulus de diferentes edades, se recomienda realizar investigaciones en edades diferentes a 25, 50 y 75 años por presencia de gran extensión de recurso forestal de eucalyptus globulus.
4. Del resultado específico 3, el módulo de elasticidad de vigas de madera eucalytus globulus de diferentes edades, se recomienda realizar investigación en diferentes dimensiones, secciones y estado de humedad de vigas para sus múltiples usos.

### Bibliografía

- Álvarez Risco, A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*. Lima. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%C3%A9mica%20%20%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%C3%B3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Ananias M, R. (1993). *Física de la madera. Departamento de Ingeniería en Maderas*. Chile: Universidad del BIO-BIO. Obtenido de [http://ananias.ubb.cl/datos\\_personales.htm](http://ananias.ubb.cl/datos_personales.htm)
- Arce Gómez, C. (2009). *Plagio y derechos de autor*. Costa Rica. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3431255>
- Arias Odón, F. (2006). *El proyecto de investigación* (6 ed.). Caracas: Episteme. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)
- Arispe Alburquerque, C. M., Yangali Vicente, J. S., Guerrero Bejarano, M. A., Losada de Bonilla, O. R., Acuña Gamboa, L. A., & Orellano Sacramento, C. (2020). *La investigación científica* (Primera edición ed.). Guayaquil, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador.

Barón Díaz , L. (2010). *Confiabilidad y validez de constructo del instrumento*. Bogotá:

Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de

<http://bdigital.unal.edu.co/3806/1/539351.2011.pdf>

Barreto Castañeda, J. S. (2018). *Estudio de propiedades físico mecánicas ( corte y*

*flexión ) de la especie de maderateca ( tectona grandis ) en el sistema de*

*laminado estructural*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11895/josesediellarretocata>

[%C3%B1eda.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11895/josesediellarretocata)

Barreto del Castillo, W. E., & Arbaiza Mendoza, C. E. (2011). *Manual de diseño y*

*fabricación de vigas compuestas en maderas* (Vol. 2da). Lima, Perú: Biblioteca

Nacional del Perú. Obtenido de

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1459470/16%20Dise%C3%B1o%](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1459470/16%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20Vigas%20compuestas%20en%20madera.pdf.pdf)

[20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20Vigas%20compuestas%20en%20madera.](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1459470/16%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20Vigas%20compuestas%20en%20madera.pdf.pdf)

[pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1459470/16%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20Vigas%20compuestas%20en%20madera.pdf.pdf)

Barrueta Marcellini, A. G. (2018). *Determinación de la resistencia a la flexión en vigas*

*de la madera tornillo comercializada en el distrito de Huánuco, provincia de*

*Huánuco, Huánuco -2017*. Huánuco, Perú: Universidad Nacional Hermelio

Valdizan de Huánuco. Obtenido de

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE\\_8b37ce987f2d1f8251f9845ad](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_8b37ce987f2d1f8251f9845ad)

[13d6e62](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_8b37ce987f2d1f8251f9845ad)

Borja Suárez, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*.

Chiclayo. Obtenido de <https://docer.com.ar/doc/c8sc1v>



- C., H. (2011). *Introductions: Doing it Right*. In 'Developing a Eucalypt Resource: Learning From Australia and Elsewhere'. New Zelanda: University of Canterbury.
- Canizales Velásquez, P. A., & Aguirre Calderon, O. A. (2018). *Determinación de la edad en especies maderables del trópico y subtrópico*. Nuevo León: CIENCIAUANL. Obtenido de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=7633>
- Casas, A., Escalante, L., Espinoza, E., Camero, J., & Vilca, M. (2011). *La madera: elemento, producto, material y variedad*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Cazau, P. (2006). *Introducción a la investigación en ciencias sociales*. Buenos Aires. Obtenido de <https://scholar.google.com/citations?user=arrGfIQAAAAJ&hl=es>
- Celina Oviedo, H., & Campo Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista colombiana de psiquiatria*, 9. Recuperado el 28 de marzo de 2005, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v34n4/v34n4a09.pdf>
- Cobas, A. C., Área, M. C., & Monteoliva, S. (2014). *Patrones de variación de la densidad de la madera y morfometría celular de Salix babylonica para la determinación de la edad de transición entre madera juvenil y madura* (Vol. 16). Chile. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/maderas/v16n3/aop2714.pdf>
- Córdova, Z. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial*. Lima: Moshera S.R.L.
- Crisóstomo, J. D. (2018). *Propiedades físicas y las medidas de las maderas*. Cofinanciado por el programa Erasmus+ de la Unión Europea.

De la O, S. y. (2016). *Anatomía y propiedades físicas de la madera primera y tercera corta de eucalyptus globulus labill-Huanchar- Concepción*. Huancayo.

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*. cusco.

Donoso Solís, G. J. (2016). *Producción de vigas de madera laminada encolada de alta capacidad resistente mediante la utilización de la madera aserrada de pino radiata clasificada mecánicamente*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Obtenido de

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139888/Produccion-de-vigas-de-madera-laminada-encolada-de-alta-capacidad-resistente-mediante-la.pdf>

Espina , A. (2006). *Densidad básica de la madera de eucalyptus globulusen dos sitios en Chile*. Valdivia. Obtenido de

<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/4805>

Espinosa, A., & Salazar, A. (2011). *Propiedades físico- mecánicas de uniones clavadas y emprenadas, sometidas a compresión, con madera tipo A, tipo B, tipo C: Guayacán, eucalipto y fernansanchez; para el diseño estructural de la cubierta del proyecto casa montufar 623 ( Fonsal)*. Sangolqui. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/3549>

Espinoza Tarrillo, G. G. (2018). *Estudio de la influencia de la edad del arbol en las propiedades mecanicas de la madera eucalipto en el distrito Bambamarca,.*

- Cajamarca. Obtenido de  
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2998342>
- Feinstein, A. (1996). *Diseños de la investigación*. Chicago. Obtenido de  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2011/im111k.pdf>
- Flores Ruiz, E., Miranda Novales, M. G., & Villasis Kever, M. A. (2017). El protocolo de investigación VI: Como elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Alegría México*, 7. Recuperado el 12 de 09 de 2017, de  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-91902017000300364&script=sci\\_abstract&lng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-91902017000300364&script=sci_abstract&lng=es)
- Garcés , M., Palaguachi, M., Proaño, S., & Rodríguez, E. (2019). *Proyecto de investigación, ciencia y tecnología*. Ambato. Obtenido de  
[https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1356&context=abya\\_yala](https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1356&context=abya_yala)
- Giraldo, D. L., Nieto, V. M., Sarmiento, M., & Nuno, B. (2014). *Estimación indirecta de la densidad de la madera mediante el uso de la pilodyn en la selecciones de clones de eucalyptus pellitas*. Colombia forestal. Recuperado el 03 de 07 de 2014, de  
<http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n2/v17n2a05.pdf>
- Guzmán Gómez, A. F. (2017). *Estudio del comportamiento mecánico (flexión) en vigas de madera reutilizada unidas con pino radiata (pinus radiata) para uso estructural*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63704/1032461853.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*.

México: Mc Graw Hill. Obtenido de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Holmes, B. (2017). *Direct observation*. Luxembourg. Obtenido de

<https://rauterberg.employee.id.tue.nl/lecturenotes/UFTdirectobservation.pdf>

INEI. (2017). Obtenido de <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

International Network for bamboo and rattan. (1999). *Laboratory manual on testing methods for determination of physical and mechanical properties of bamboo*.

Imbar.

Kollmann, F. (1959). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/1471/147117764008.pdf>

López, J., & Rozas, J. (2016). *Análisis de la resistencia en relación al contenido de*

*humedad para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos a flexión usando madera de eucalipto globulus de la provincia de Acomayo*. Cusco.

Obtenido de <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/723>

López, O., Rojas, H., Gonzales, R., & Conejos, J. (1989). *Manual del grupo andino para*

*el secado de maderas*. Lima: Cabajal s.a. Obtenido de

<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1379>

- M. Toller, F. (2011). *Propiedad intelectual en trabajos y plagio en trabajos académicos y profesionales*. Buenos aires. Recuperado el 12 de 2011, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3785208>
- Macedo Alquicira, I. (2018). *Diseño y determinacion de flexión estática en piezas estructurales de madera*. Morelia, Michoacan: Universidad Michocana de San Nicolas de Hidalgo. Obtenido de [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB\\_UMICH/227/1/FIT-ECMA-M-2018-0831.pdf](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/227/1/FIT-ECMA-M-2018-0831.pdf)
- Martínez, J. E., & Siza, J. (2009). *Propiedades físico- mecánicas del eucalipto y aplicación al diseño estructural de uan vivienda parte de una granja integral ubicada en el IASA*. Sangolqui. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/2050>
- Mendoza, R. (2015). *Anatomía y propiedades físicas de la madera de eucalyptus urugrandis H.B.K.* Pasco. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3510>
- Meyer, C., & Miller, D. (2015). *Zero Deforestation Zones: The Case for Linking Deforestation-Free Supply Chain Initiatives and Jurisdictional REDD+*. Washington: Taylor & Francis.
- Miranda, A. (2013). *Plagiarism and ethics of scientific research*. Santiago. Recuperado el 08 de 2017, de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34372013000200016](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34372013000200016)

- NEC. (2014). *Estructuras de madera*. Ecuador. Obtenido de <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec8.pdf>
- Novales Cinca, A. (2010). *Análisis de regresión*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf>
- NTP 251-010. (2014). *Métodos para determinar el contenido de humedad*. Lima. Obtenido de <https://www.deperu.com/normas-tecnicas/NTP-251-010.html>
- NTP-251.011. (2014). *Método para determinar la densidad*. Lima. Obtenido de <https://www.deperu.com/normas-tecnicas/NTP-251-010.html>
- NTP-251.017. (2014). *Método para la determinación de la flexión estática*. Lima. Obtenido de <https://www.deperu.com/normas-tecnicas/NTP-251-010.html>
- Pad Refor. (1980). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Obtenido de <https://www.comunidadandina.org/biblioteca-andinoteca/manual-de-diseno-para-maderas-del-grupo-andino/>
- Píter, J. (2003). *Clasificación por resistencia de la madera aserrada como material estructural. desarrollo de un método para el eucalipto grandis de Argentina*. La plata. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1344>
- Portal, L. (2010). *Ensayo del grano de 35 especies forestales proveniente de la provincia de Tambopata, región Madre de Dios- Perú*. Puerto Maldonado. Obtenido de <https://1library.co/document/zwoow47y-ensayo-del-grano-35-especies-forestales-madre-dios-peru-2.html>

- Prieto, B. (2017). *Usos de los métodos deductivos e inductivos para aumenta la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales*. Colombia. Obtenido de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuacont/article/view/23681>
- Rodas, H. (2014). *Estructuras 1 :Apuntes de clase*. Cuenca. Recuperado el 2014, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=693803>
- Rodríguez Ojeda, L. (2007). *Probabilidad y estadística básica para ingenieros*. Guayaquil, Ecuador: Instituto de Ciencias Matematicas Escuela Superior Politecnica del Litoral, ESPOL.
- Samaniego Arauco, A. (2009). *Historia del eucalipto en el Valle del Mantaro*. Lima: Ecoandino.
- Sánchez Dahua, J. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (eucalyptus ), provenientes de la provincia de Tangurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la norma Ecuatoriana de la construccion 2015 (NEC 2015)*. Ambato, Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33541/1/Tesis%20I.%20C.%201523%20-%20S%C3%A1nchez%20Dahua%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf>
- Sotomayor castellanos, J. R. (2015). *Comportamiento en flexión estática de vigas de madera antigua de Picea abies ( 7 ed.)*. Morelia, México: Nova scientia . Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052015000100012&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000100012&lang=es)

Tomasi, J. (2021). *Vivienda rural campesino - Indígena*. Argentina: Universidad Nacional de Jujuy.

Vargas, Z. (2008). *La investigación aplicada*. San José-Costa Rica. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

Vicente, R. (2007). *Estudio de la madera eucalipto saligna para uso estructural, y su influencia a nivel local y regional*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Obtenido de

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_18b2b1693238288bea5438027ca2ac8a/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_18b2b1693238288bea5438027ca2ac8a/Details)



## Anexos

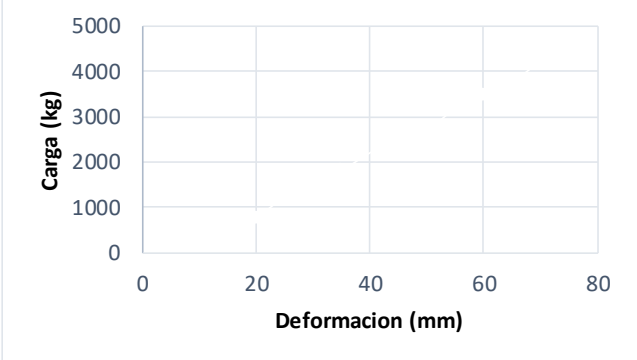
### **Anexo 1:** Matriz de consistencia

Tesis: Resistencia a flexión en vigas de madera *eucalyptus globulus* de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022.

PROBLEMA PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTE	INDICADOR	INSTRUMENTO
¿cuál es la resistencia a la flexión en vigas de madera <i>eucalyptus glóbulus</i> de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022.?	Determinar la resistencia a la flexión en vigas de madera <i>eucalyptus glóbulus</i> de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022.	La madera de <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad es más resistente a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla, Grau – Apurímac, 2022.	Madera <i>eucalyptus globulus</i> de diferentes edades	-Años -Sección (mm)	- Formato para la identificación de datos de campo del árbol
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPOTESIS ESPECÍFICO	DEPENDIENTE		- Formato para la identificación de datos de campo de la troza según
¿cuál es la carga máxima soportada a flexión por las vigas de madera <i>eucalyptus globulus</i> de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.	Establecer la carga máxima soportada a flexión en vigas de madera <i>eucalyptus globulus</i> de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.	La madera de <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad soporta mejor la carga máxima a flexión en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.		- Carga respuesta	- Formato para el ensayo de flexión estática
¿cuál es el módulo de elasticidad de vigas de madera <i>eucalyptus globulus</i> de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla?	Determinar el módulo de elasticidad en viga de madera <i>eucalyptus globulus</i> de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.	La madera <i>eucalytus globulus</i> a mayor edad es más resistente a esfuerzo admisible en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.	Resistencia a flexión en vigas de madera	(MPa) - Edad de madera (años)	
¿Cuál es el esfuerzo admisible a flexión de las vigas de madera <i>eucalytus globulus</i> de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla?	Establecer el esfuerzo admisible a flexión en vigas de madera <i>eucalytus globulus</i> de diferentes edades para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.	La madera <i>eucalyptus globulus</i> a mayor edad tiene menor módulo de elasticidad en vigas para la construcción de viviendas rurales en Chuquibambilla.	<i>eucalyptus globulus</i>	-Contenido de humedad (%)	

## Anexo 2

### Formato de validación de instrumentos

Nombre comun: Eucalipto Nombre científico: Eucalyptus globulus Familia:.....		N° de Arbol:..... Muestra N°:..... Procedencia:.....	
DATOS PARA EL CENTRO DE COMPUTO		CONDICION	CARGA (Kg)      DEFORMACION (mm)
DISTANCIA ENTRE APOYOS:.....		SECA AL AIRE:.....	1 .....
LUZ TOTAL:.....		SATURADA:.....	2 .....
PERALTE:.....		<b>DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	3 .....
BASE:.....			4 .....
		PESO ( ):.....	5 .....
		PESO SECO ( ):.....	6 .....
		VOLUMEN ( ):.....	7 .....
		CONTENIDO DE HUMEDAD (%):.....	8 .....
<b>CARGA VS DEFORMACION</b> 			9 .....
			10 .....
			11 .....
			12 .....
			13 .....
			14 .....
			15 .....
			16 .....
			17 .....
			18 .....
			19 .....
			20 .....
<b>RESULTADOS AL CONTENIDO DE HUMEDAD ( N/mm2 )</b>			
ESFUERZO DE LAS FIBRAS AL LIMITE PROPORCIONAL:.....			
MODULO DE ELASTICIDAD.....			
<b>INFORMACION GENERAL</b>			
PROYECTO:			
EJECUTOR:			
FECHA:			

### Ficha de validación

Yo, HOLGUER CAYO BACA, CIP N° .....  
 de profesión ING. CIVIL, y ejerciendo actualmente como  
DOCENTE UNIVERSITARIO, en la empresa UTEA - SEDE  
ABANCAY, hago constar que he revisado con fines de validación  
 el instrumento diseñado por el investigador CAYTUIRO CARDENAS NELSON JESUS;  
 y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes  
 apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Item -Dimensión			X
Amplitud de contenidos		X	
Redacción de los items			X
Precisión de los items			X
Ortografía		X	
Presentación			X

En la ciudad de ABANCAY, a los días 10 del mes de Mayo, 2022



Firma del validador

Nombres y apellidos: HOLGUER CAYO BACA


DNI: 23933864

**ESCALA DE ACTITUDES HACIA LA INVESTIGACIÓN**  
**INSTRUMENTO: FICHA PARA EVALUACIÓN DE ENSAYOS**

Nombre: HOLGUER CAYO BACA Edad: 51 Genero: M  
 Profesión: ING. Civil CIP: 79811

Variable	N°	Item	Deficiente	Aceptable	Excelente
Resistencia a flexión en vigas de madera <i>eucalyptus globulus</i>	<b>Contenido de humedad</b>				
	1	Probeta N°			X
	2	Dimensiones			X
	3	Contenido de humedad de la madera <i>eucalyptus globulus</i>		X	
	<b>Flexión estática</b>				
	1	Probeta N°			X
	2	Dimensiones			X
	3	Fuerza de la máquina de ensayos universales			X
	4	Precisión del deflectómetro		X	
	5	Velocidad del ensayo		X	
6	Flexión estática de la madera de <i>eucalyptus globulus</i>		X		

En la ciudad de Arequiva, a los días 10 del mes de Mayo, 2022

  
 Firma del validador

Nombres y apellidos: HOLGUER CAYO BACA

DNI: 23933864

### Ficha de validación

Yo, Marco A. Gómez D., CIP N° 182975  
 de profesión Ing - Civil, y ejerciendo actualmente como  
Docente, en la empresa UTEA

....., hago constar que he revisado con fines de validación  
 el instrumento diseñado por el investigador CAYUIRO CARDENAS NELSON JESUS;  
 y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes  
 apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem -Dimensión			X
Amplitud de contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Precisión de los ítems			X
Ortografía			X
Presentación			X

En la ciudad de Abancay, a los días 15 del mes de Abril, 2022

Firma del validador

Nombres y apellidos:

DNI:

Marco A. Gómez D.  
44923575

**ESCALA DE ACTITUDES HACIA LA INVESTIGACIÓN**  
**INSTRUMENTO: FICHA PARA EVALUACIÓN DE ENSAYOS**

Nombre: Marco A. Gálvez Quintana Edad: 34 Genero: M  
 Profesión: Ingeniero Civil CIP: 182975

Variable	N°	Ítem	Deficiente	Aceptable	Excelente
Resistencia a flexión en vigas de madera <i>eucalyptus globulus</i>	<b>Contenido de humedad</b>				
	1	Probeta N°			X
	2	Dimensiones			X
	3	Contenido de humedad de la madera <i>eucalyptus globulus</i>			X
	<b>Flexión estática</b>				
	1	Probeta N°			X
	2	Dimensiones			X
	3	Fuerza de la máquina de ensayos universales			X
	4	Precisión del deflectometro			X
	5	Velocidad del ensayo			X
	6	Flexion estatica de la madera de <i>eucalyptus globulus</i>			X

En la ciudad de Albancaez, a los días 15 del mes de Abril, 2022



Firma del validador

Nombres y apellidos: Marco A. Gálvez Q.

DNI: 44923575

### Ficha de validación

Yo, Mauro Samuel Altamirano Camacho, CIP N° 82125 de profesión Ingeniero Civil, y ejerciendo actualmente como docente universitario, en la empresa UTEA – sede Abancay, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento diseñado por el investigador CAYTUIRO CARDENAS NELSON JESUS; y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Item -Dimensión		X	
Amplitud de contenidos		X	
Redacción de los items		X	
Precisión de los items		X	
Ortografía		X	
Presentación		X	

En la ciudad de Abancay a los 16 días del mes de noviembre del 2022

Firma del validador

Nombres y apellidos: Mauro Samuel Altamirano Camacho

DNI: 10060324



**ESCALA DE ACTITUDES HACIA LA INVESTIGACIÓN  
INSTRUMENTO: FICHA PARA EVALUACIÓN DE ENSAYOS**

Nombre: MAURO SAMUEL ALTAMIRANO CAMACHO Edad: 49 Genero: M  
Profesión: INGENIERO Civil CIP: 82125

Variable	N°	Ítem	Deficiente	Aceptable	Excelente
Resistencia a flexión en vigas de madera eucalyptus globulus	<b>Contenido de humedad</b>				
	1	Probeta N°		X	
	2	Dimensiones		X	
	3	Contenido de humedad de la madera <i>eucalyptus globulus</i>		X	
	<b>Flexión estática</b>				
	1	Probeta N°		X	
	2	Dimensiones		X	
	3	Fuerza de la máquina de ensayos universales		X	
	4	Precisión del deflectometro		X	
	5	Velocidad del ensayo		X	
	6	Flexion estatica de la madera de eucalyptus globulus		X	

En la ciudad de Abancay, a los días 16 del mes de NOVIEMBRE, 2022



Mauro S. Altamirano Camacho  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 82125

Firma del validador

Nombres y apellidos: Mauro Samuel Altamirano Camacho

DNI: 10060324

### Ficha de validación

Yo, SANDRA SALAZAR PALOMINO, CIP N° .....,  
 de profesión DR. MATEMÁTICAS, y ejerciendo actualmente como  
DOCENTE UNIVERSITARIO, en la empresa UTEA - SEDE  
ABANCAY, hago constar que he revisado con fines de validación  
 el instrumento diseñado por el investigador CAYTUIRO CARDENAS NELSON JESUS;  
 y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes  
 apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Item -Dimensión		X	
Amplitud de contenidos		X	
Redacción de los items			X
Precisión de los items			X
Ortografía		X	
Presentación			X

En la ciudad de ABANCAY a los días 18 del mes de ABRIL, 2022



Firma del validador

Nombres y apellidos: Sandra Salazar Palomino  
 DNI: 40986568

**ESCALA DE ACTITUDES HACIA LA INVESTIGACIÓN**  
**INSTRUMENTO: FICHA PARA EVALUACIÓN DE ENSAYOS**

Nombre: Sandra Salazar Palomino Edad: 41 Genero: F

Profesión: Doc. Matemáticas CIP: .....

Variable	N°	Item	Deficiente	Aceptable	Excelente
Resistencia a flexión en vigas de madera <i>eucalyptus globulus</i>	<b>Contenido de humedad</b>				
	1	Probeta N°		X	
	2	Dimensiones		X	
	3	Contenido de humedad de la madera <i>eucalyptus globulus</i>		X	
	<b>Flexión estática</b>				
	1	Probeta N°			X
	2	Dimensiones			X
	3	Fuerza de la máquina de ensayos universales			X
	4	Precisión del deflectómetro			X
	5	Velocidad del ensayo			X
6	Flexión estática de la madera de <i>eucalyptus globulus</i>			X	

En la ciudad de Abancay, a los días 18 del mes de Abril, 2022



Firma del validador

Nombres y apellidos: Sandra Salazar Palomino

DNI: 40986568

### Ficha de validación

Yo, Eliana Ortega Afenzala, CIP N° CAP. 8760  
 de profesión Arquitecta, y ejerciendo actualmente como  
Docente, en la empresa UTEA  
 hago constar que he revisado con fines de validación  
 el instrumento diseñado por el investigador CAYTUIRO CARDENAS NELSON JESUS;  
 y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes  
 apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Item -Dimensión			X
Amplitud de contenidos		X	
Redacción de los items		X	
Precisión de los items			X
Ortografía		X	
Presentación			X

En la ciudad de ABONAOY, a los días 16 del mes de Mayo, 2022



Firma del validador

Nombres y apellidos: Eliana Ortega Afenzala

DNI: 10274575

**ESCALA DE ACTITUDES HACIA LA INVESTIGACIÓN**  
**INSTRUMENTO: FICHA PARA EVALUACIÓN DE ENSAYOS**

Nombre: ELIANO ORTEGA MENZALO Edad: ..... Genero: F

Profesión: ARQUITECTA CIP: CAP. 8760

Variable	N°	Ítem	Deficiente	Aceptable	Excelente
Resistencia a flexión en vigas de madera <i>eucalyptus globulus</i>	<b>Contenido de humedad</b>				
	1	Probeta N°		X	
	2	Dimensiones		X	
	3	Contenido de humedad de la madera <i>eucalyptus globulus</i>			X
	<b>Flexión estática</b>				
	1	Probeta N°			X
	2	Dimensiones			X
	3	Fuerza de la máquina de ensayos universales			X
	4	Precisión del deflectometro			X
	5	Velocidad del ensayo			X
6	Flexion estatica de la madera de <i>eucalyptus globulus</i>			X	

En la ciudad de ABANCAY, a los días 16 del mes de Mayo, 2022



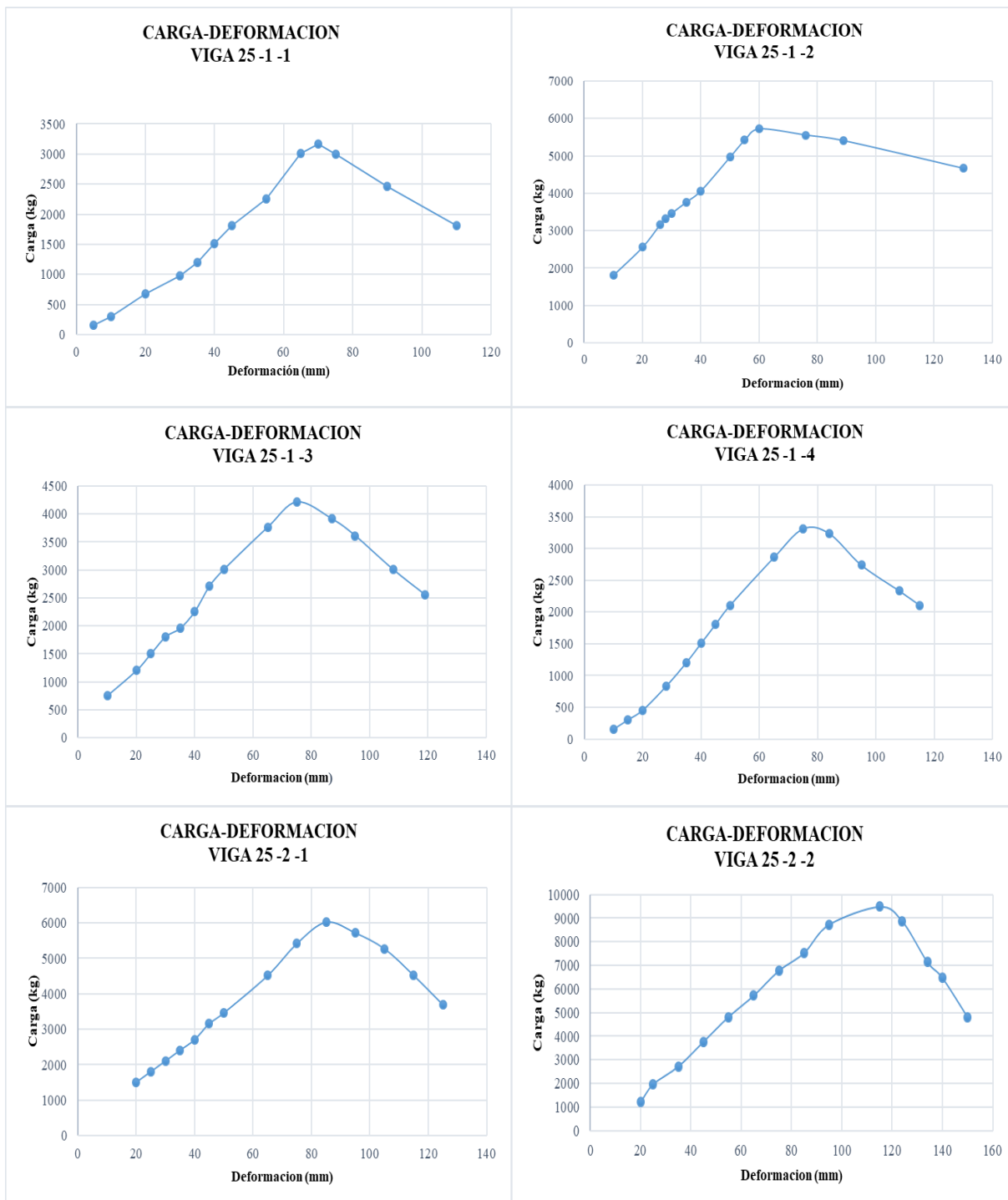
Firma del validador

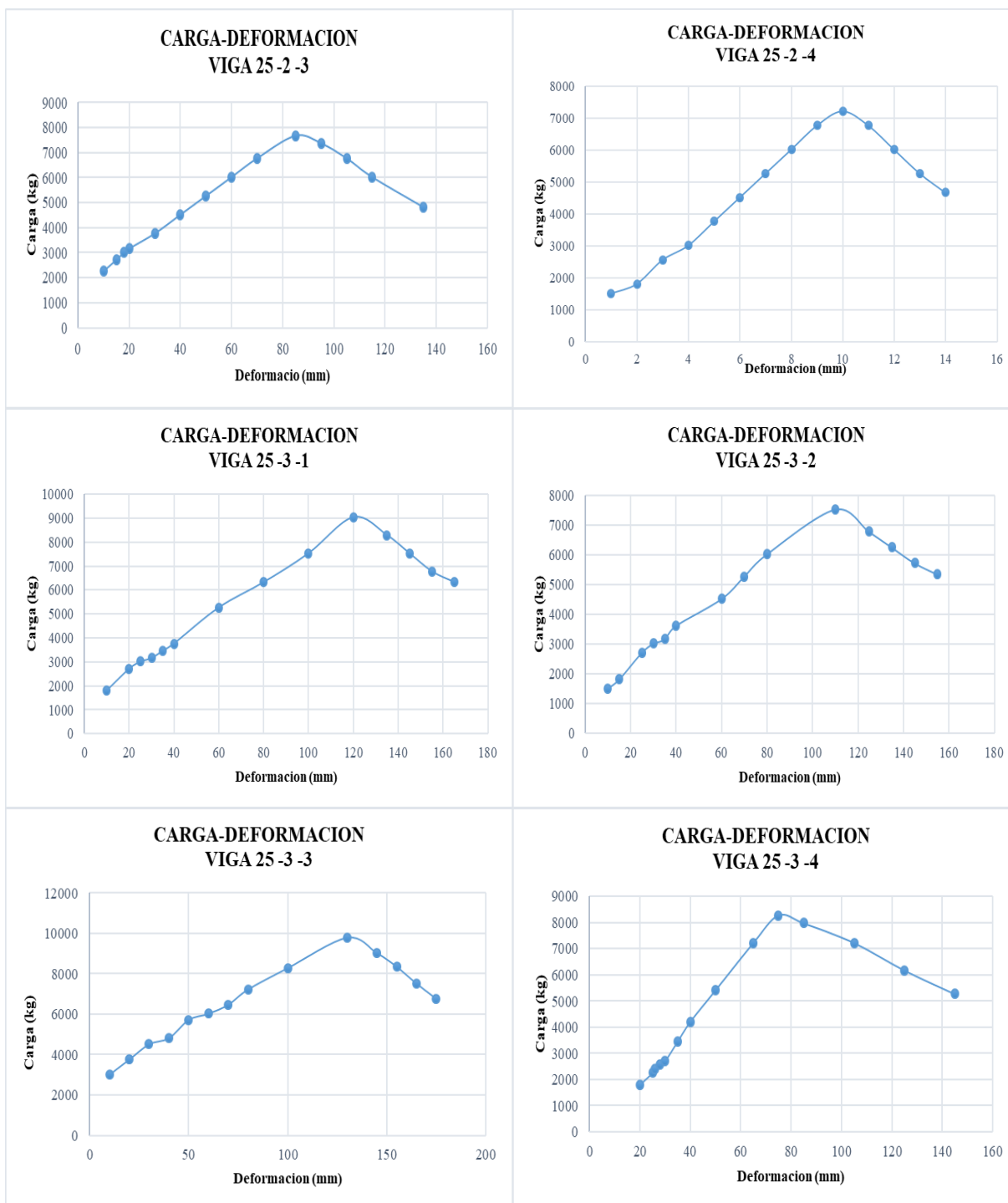
Nombres y apellidos: Eliana Ortega Menzalo

DNI: 10274575

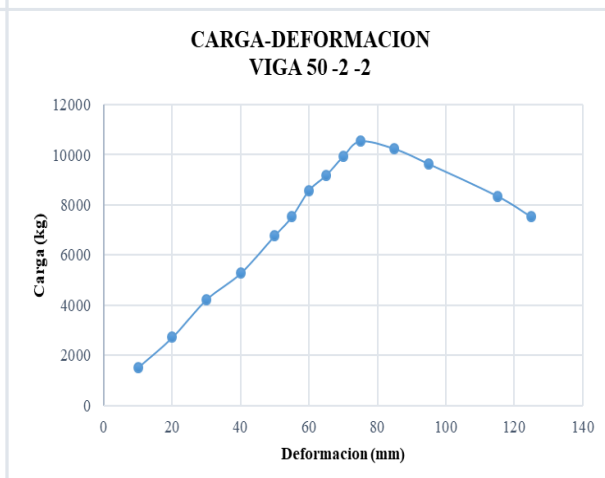
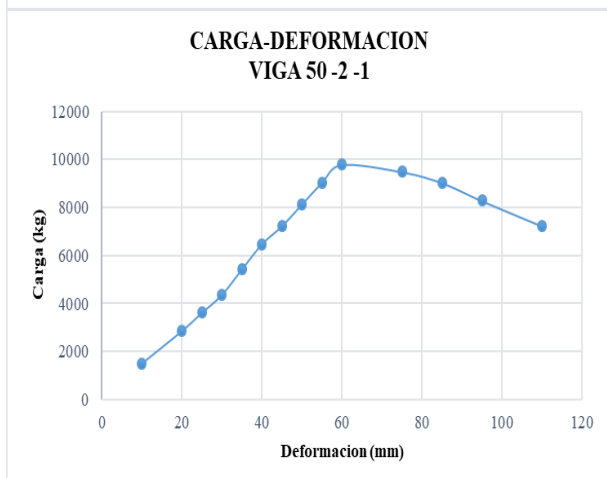
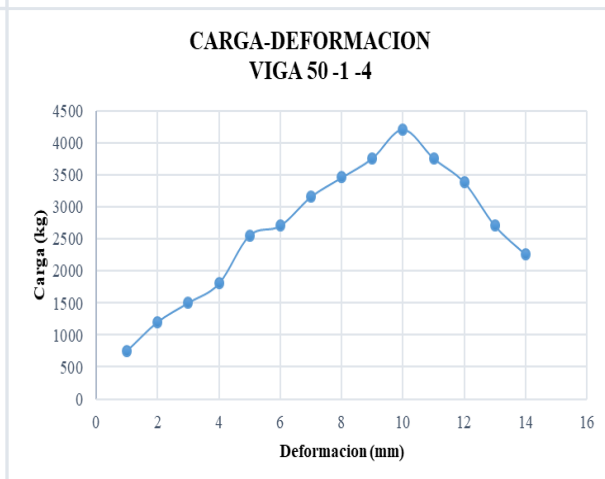
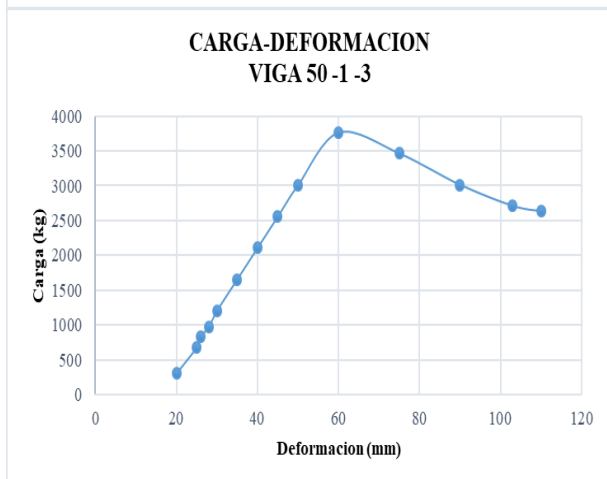
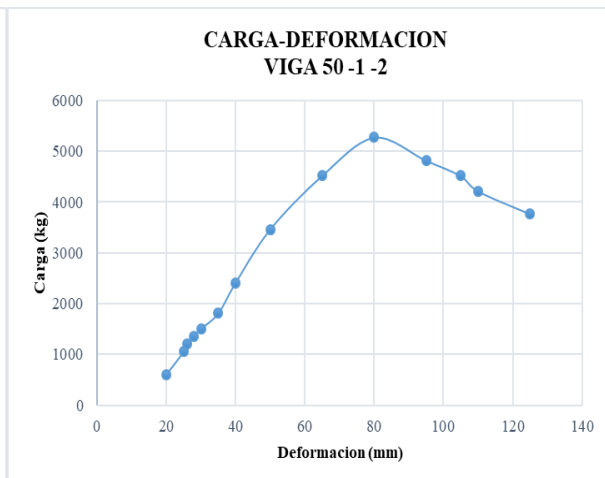
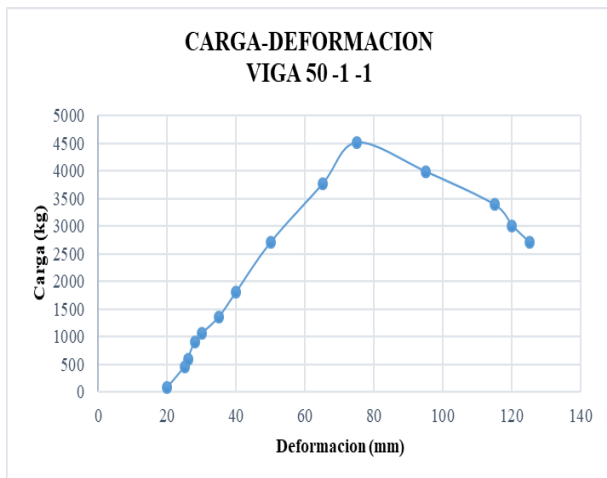
### Anexo 3

#### Grafica de cargas vs deformacion de vigas hasta su estado de falla

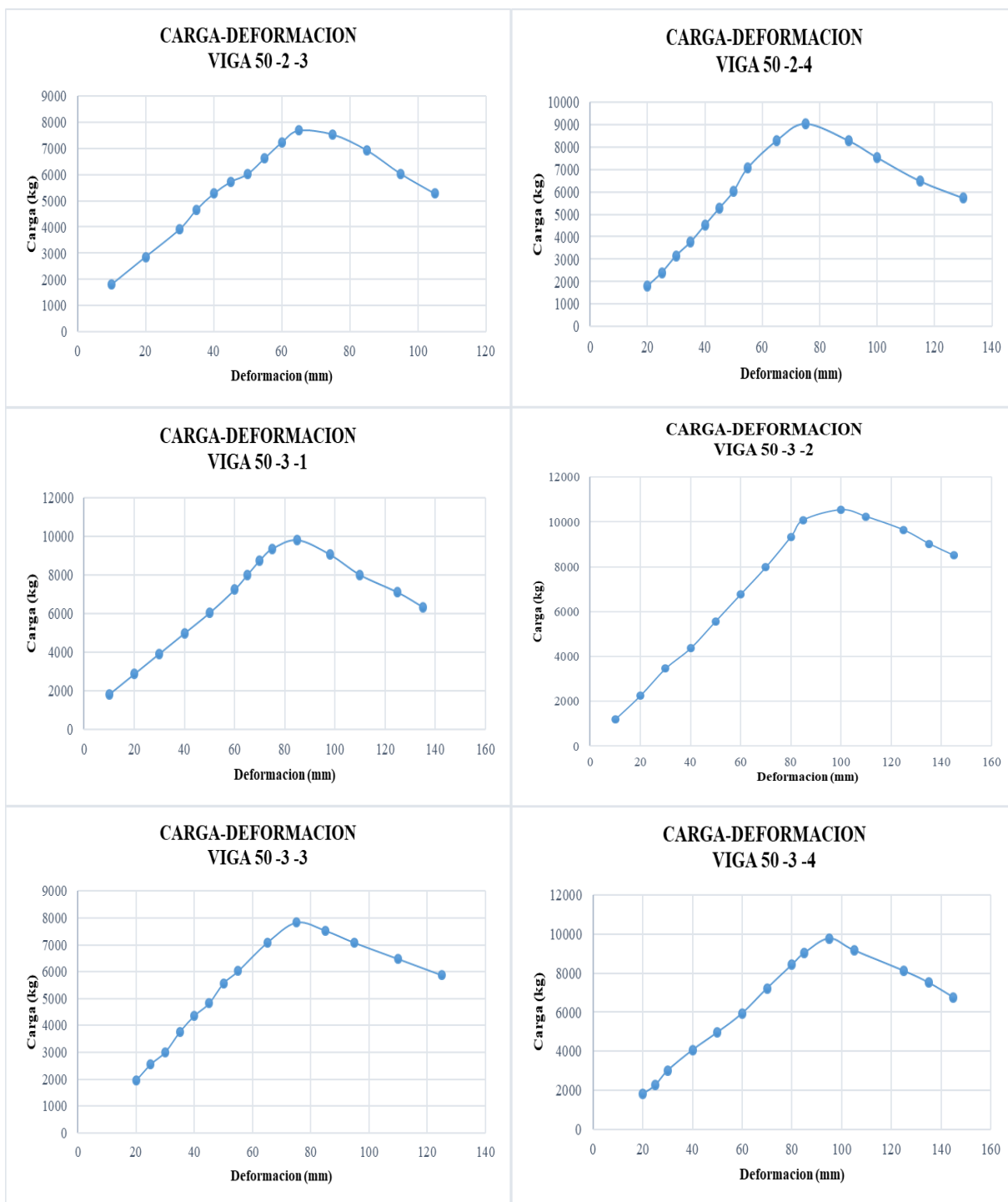




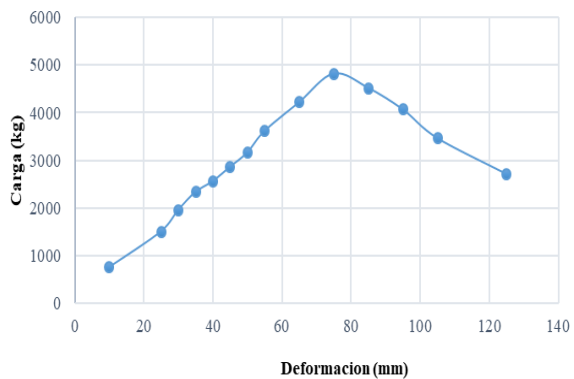




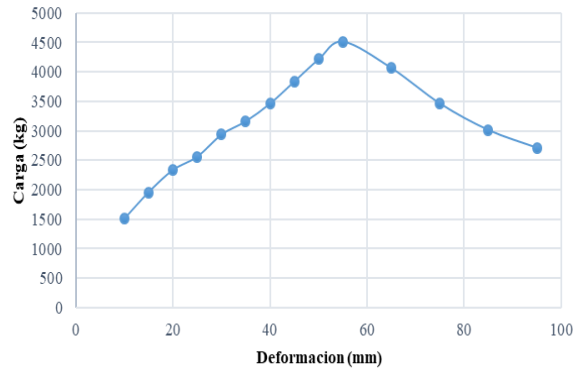




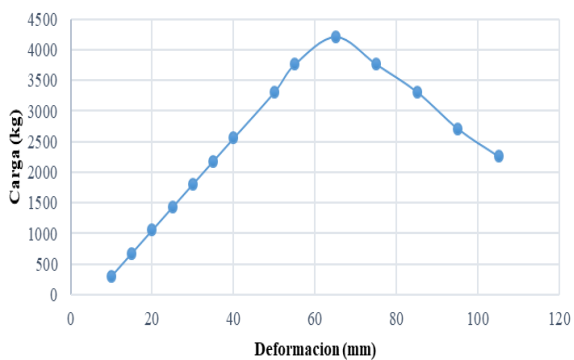
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-1-1**



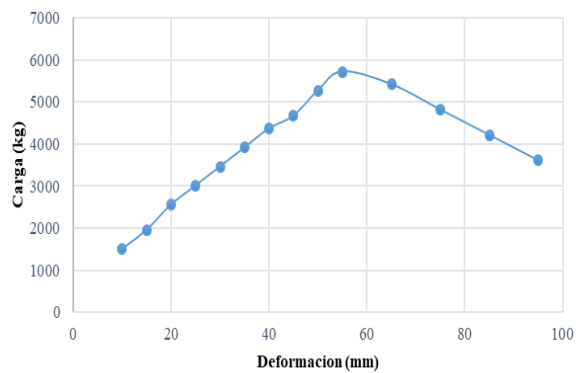
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-1-2**



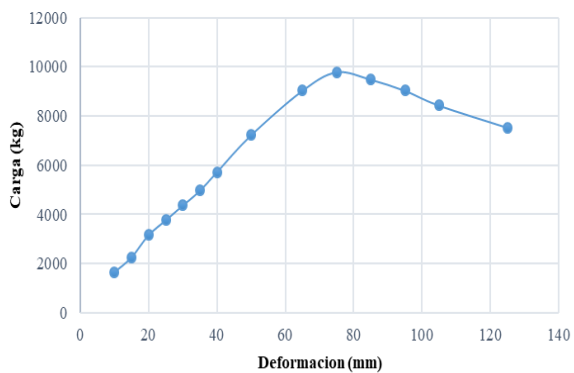
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-1-3**



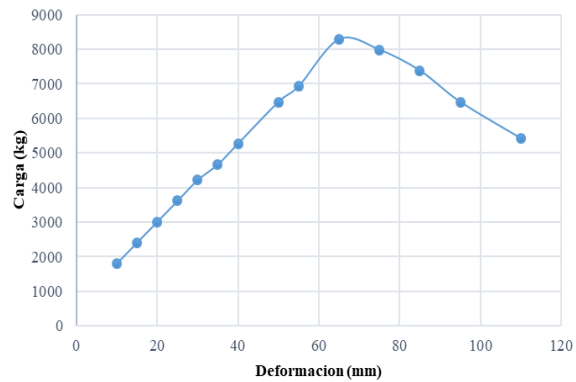
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-1-4**



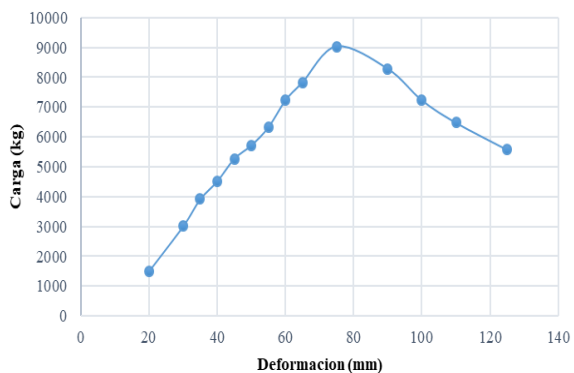
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-2-1**



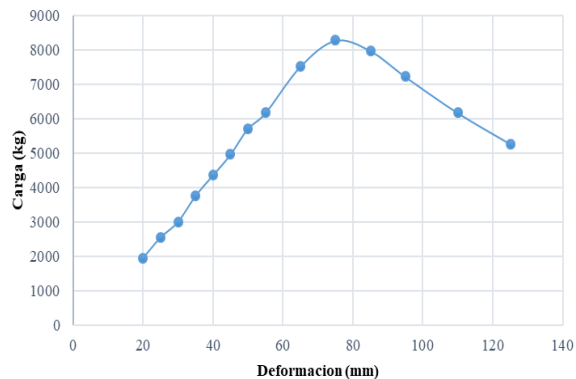
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-2-2**



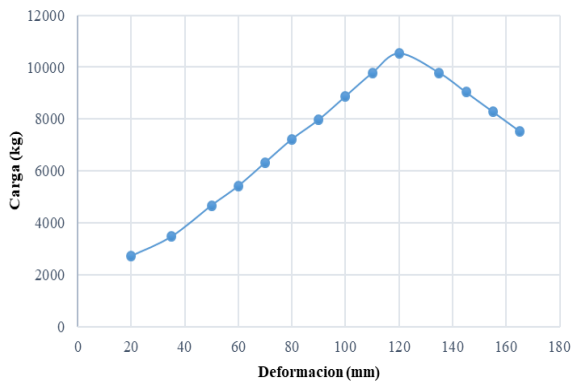
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-2-3**



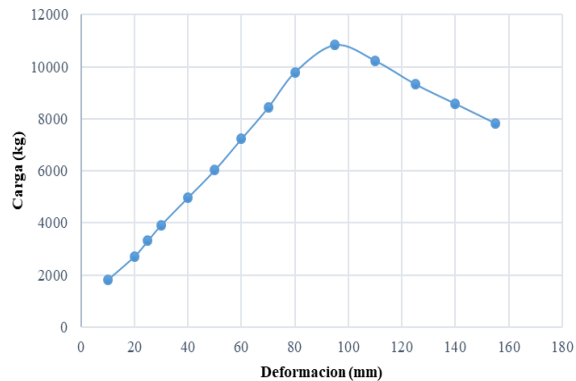
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-2-4**



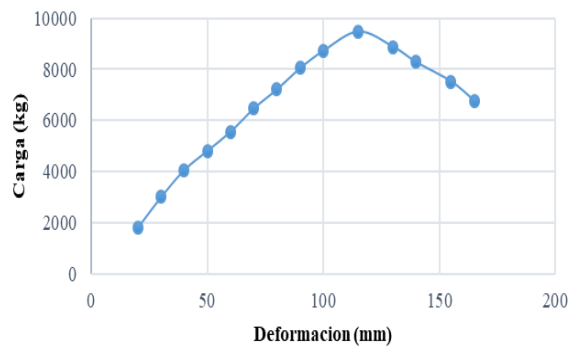
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-3-1**



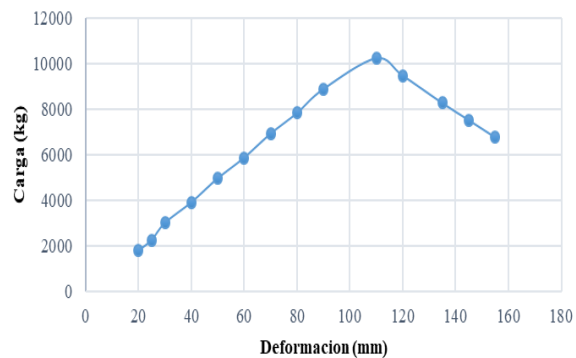
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-3-2**



**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-3-3**

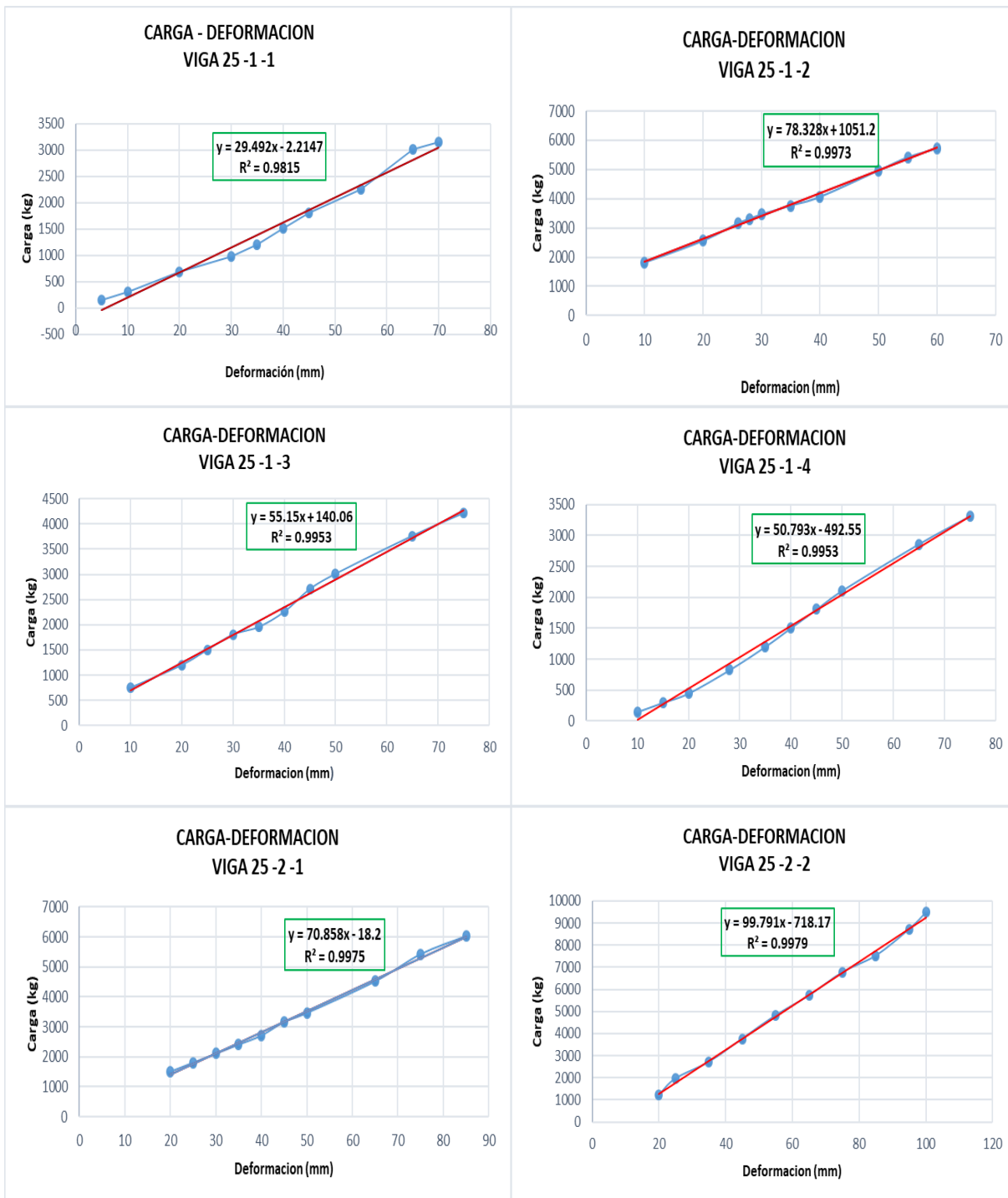


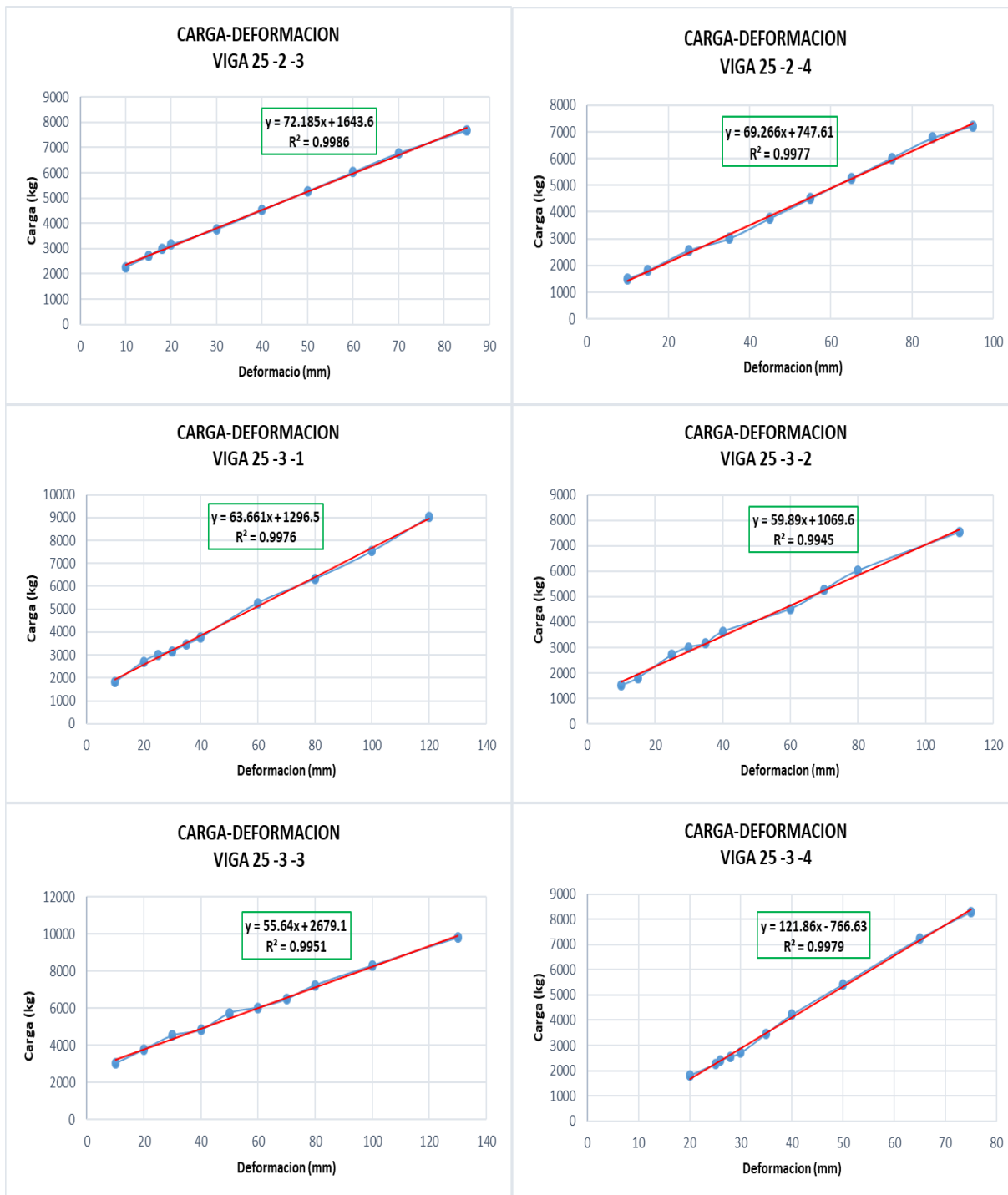
**CARGA-DEFORMACION  
VIGA 75-3-4**

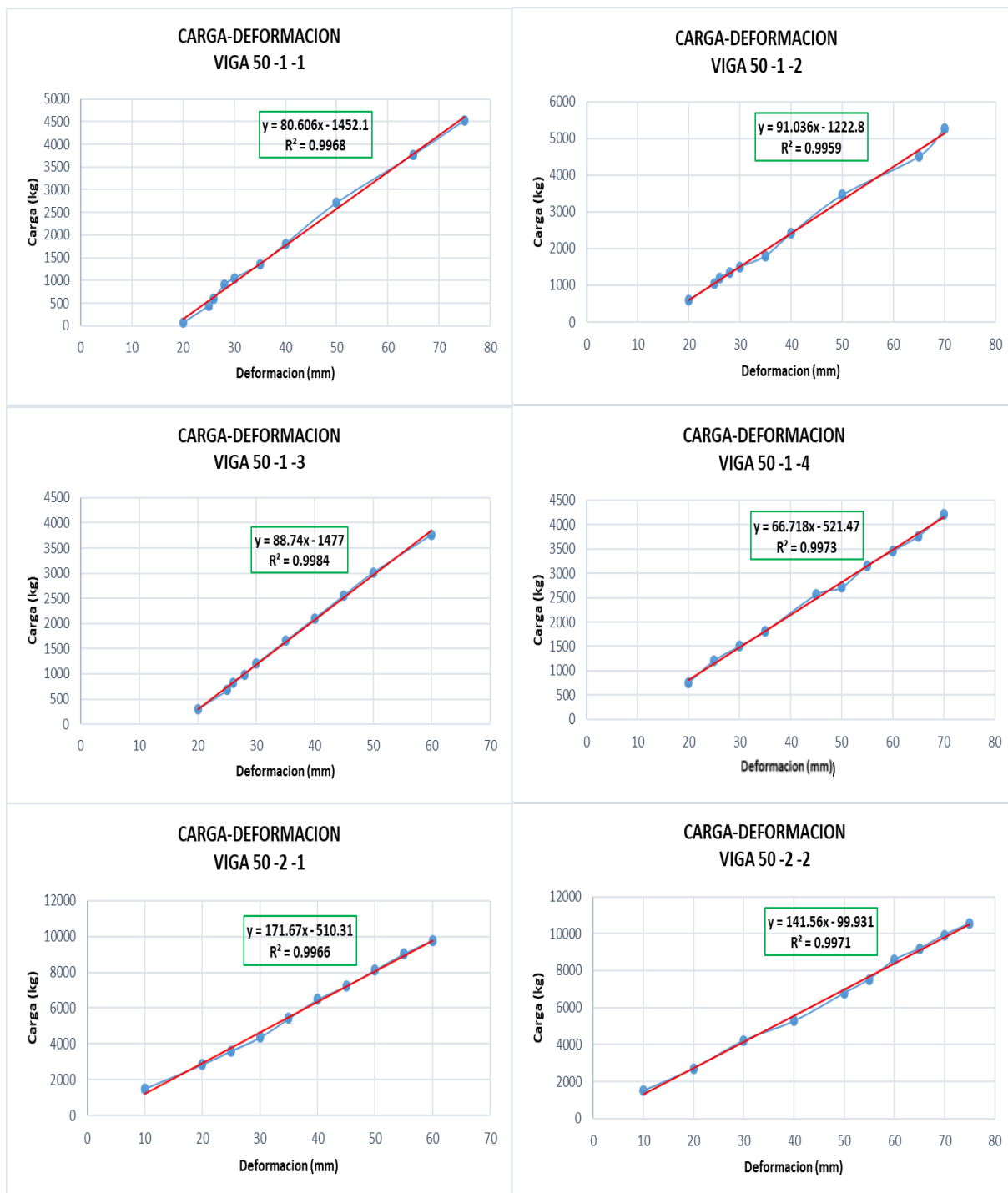


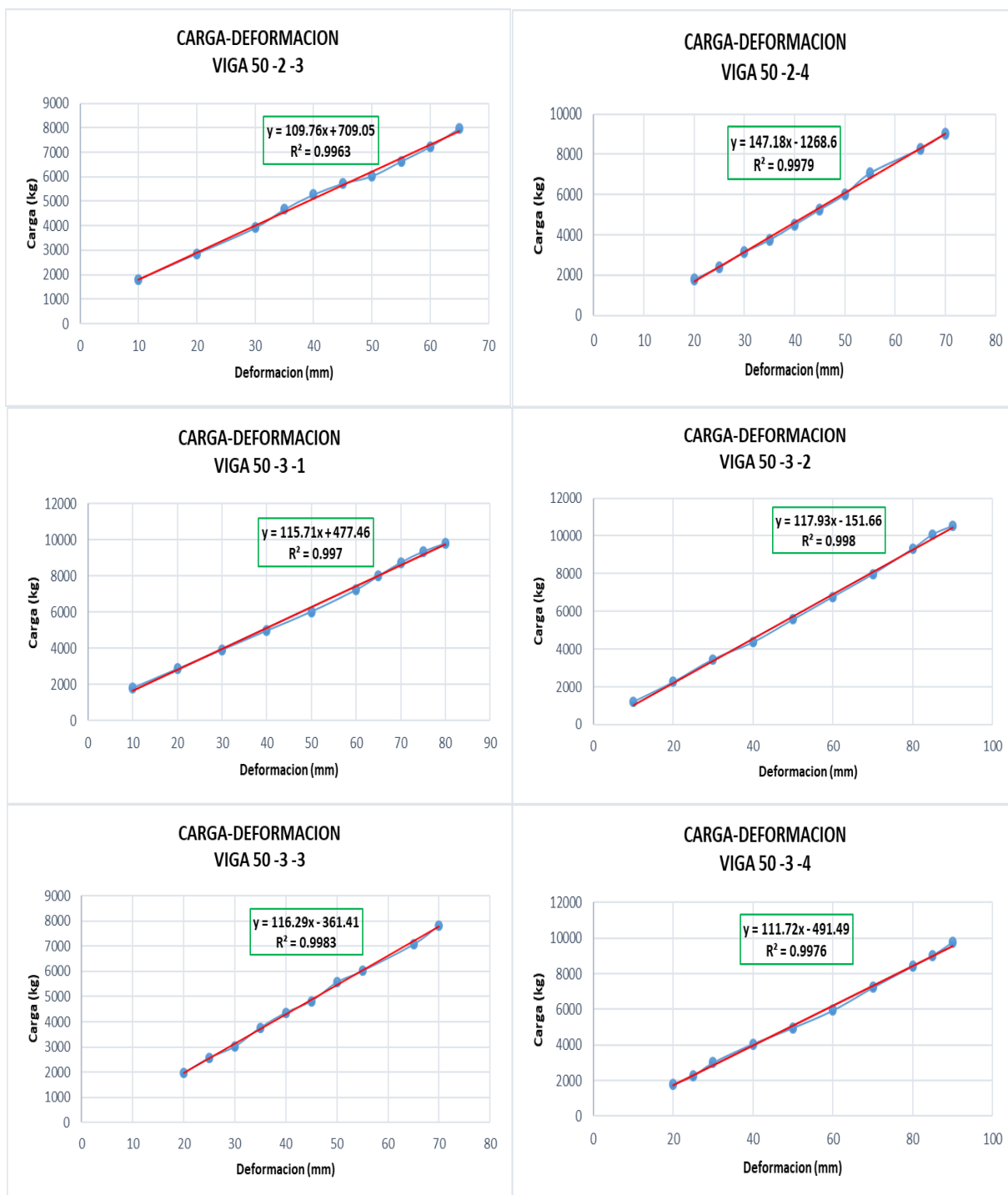
## Anexo 4

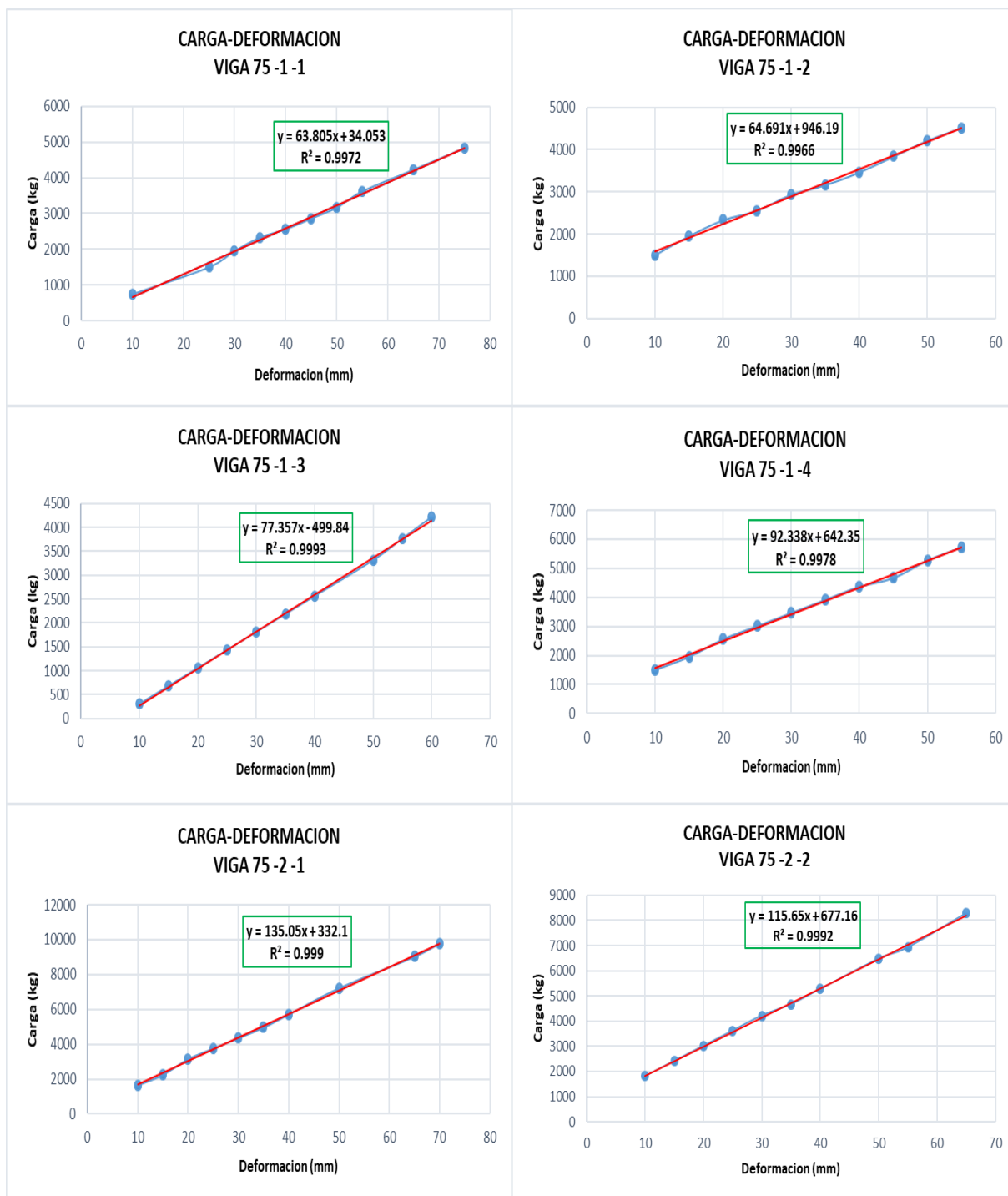
## Grafica de cargas vs deformacion de las vigas



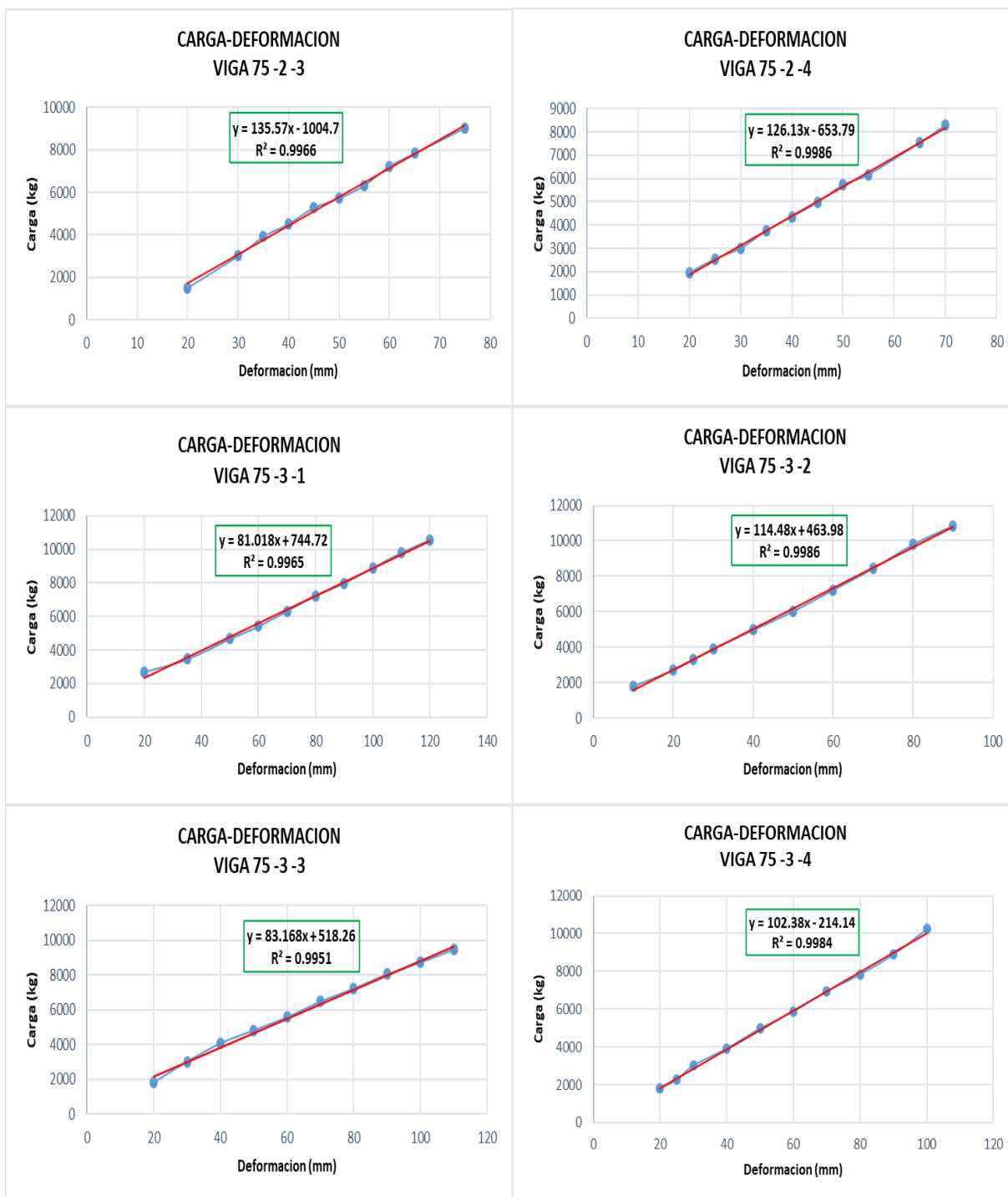












**Anexo 5**

*Aserramiento de madera a base de motosierra*

**Anexo 6**

*Planeamiento para cortar madera de 75 años*





**Anexo 7**

*Cortado de las vigas con las secciones establecidas*

**Anexo 8**

*Acoplamiento de laboratorio para la prueba a realizarse*





**Anexo 9**

*Puesta en marcha las pruebas*

**Anexo 10**

*Registro de deflexiones y presión sometida y fallas*



## Anexo 11

*Deflexión máxima antes de la rotura*



## Anexo 12

*Momento de rotura de la viga*





**Anexo 13**

*Vigas después de ser realizadas las pruebas*

**Anexo 14**

*Certificado de calibración del manómetro*

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****TC-03464-2022**

PROFORMA : 8972A Fecha de emisión: 2022-03-03

SOLICITANTE : EDDISON VILLARROEL HUILLCA  
DIRECCIÓN :**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MANÓMETRO ANALÓGICO**Marca : WEIZZ  
Modelo : No Indica  
N° de Serie : No Indica  
Intervalo de Indicación : 0 psi a 5 000 psi  
Resolución : 100 psi  
N° de Parte : No Indica  
Identificación : No Indica  
Clase de Exactitud : 1,6  
Ubicación : No Indica  
Fecha de Calibración : 2022-03-02

TEST &amp; CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST &amp; CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Laboratorio de TEST &amp; CONTROL S.A.C.

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

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración de instrumentos de medición de presión relativa se basa en el método de comparación directa; el cual consiste en comparar la indicación del instrumento bajo calibración contra la indicación de presión de un patrón, ambos conectados en línea a una fuente de generación de presión según procedimiento PC-004 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05 %F.S.". Tercera Edición - Agosto 2019. DM-INACAL.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	20,9 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	69,2 %	68,9 %
Presión Atmosférica	1 002,9 hPa	1 002,7 hPa

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST &amp; CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

Certificado de Calibración  
 TC-03464-2022

**TRAZABILIDAD**

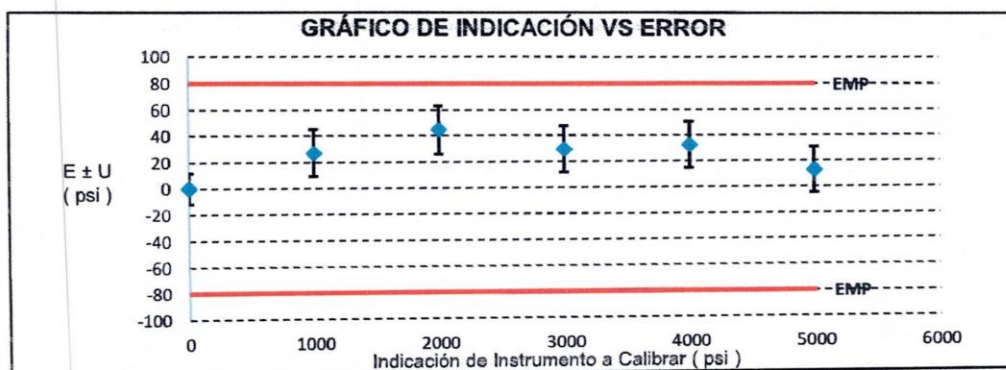
Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrón de Referencia del DM-INACAL	Manómetro Digital 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP - C - 051 - 2021 Mayo 2021

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Indicación del Instrumento a Calibrar		Error de Indicación E ( psi )	Error de Histéresis ( psi )	Incertidumbre U ( psi )
( kPa )	( psi )			
0	0	0,0	0,0	11,8
6895	1 000	27,2	11,6	17,9
13790	2 000	44,7	12,3	18,6
20684	3 000	29,5	11,6	17,9
27579	4 000	32,5	11,6	17,9
34474	5 000	13,0	11,6	17,9

Máximo Error Absoluto de Indicación:	44,7	psi
Máximo Error Absoluto de Histéresis:	10,1	psi

El error máximo permitido para el manómetro de 0 psi a 5 000 psi de clase de exactitud 1,6 es de  $\pm 80$  psi.


**OBSERVACIONES**

Para una mejor aproximación del instrumento bajo calibración, se subdividió la resolución en 5 partes.  
 Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO





