

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN**

**NORMA E010 – HUANUCO PERÚ, 2022**

LINEA DE INVESTIGACIÓN: ESTRUCTURAS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

TESISTA:

Calderón Quispe, Emelec Robert

ASESOR:

Ing. Torres Ramírez, Moisés Edgard

HUÁNUCO – PERÚ

2022

Este trabajo va dedicado a mis padres que con su esfuerzo y dedicación supieron educarme, a los docentes de la universidad que con sus sabias enseñanzas hicieron que esta investigación sea posible realizarse, a mis compañeros y amigos de la facultad de ingeniería civil y arquitectura que hicieron que sea más fácil la vida universitaria.

## **Agradecimiento**

Un agradecimiento muy especial al Ing. Moisés Edgard Torres Ramírez quien a través de su apoyo y asesoramiento como especialista en el área de estructuras hizo que la presente investigación sea una realidad.

Agradezco al Ing. Carlos Córdova Facundo y al Ing. Carlos Villanueva Villar por ser guía en el área metodológica y apoyar en la redacción de la presente investigación.

Agradezco al Ing. Robin y al Ing. Kevin, técnicos del laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNHEVAL, por el apoyo para los ensayos realizados en la presente investigación.

Agradezco a mis colegas y amigos que alguna manera contribuyó con sus buenos deseos para concluir la presente investigación.

## Resumen

En la actualidad la madera es uno de los materiales más usados en la industria de la construcción en diversos países, pero en nuestro medio se observa que todavía la mayoría de las construcciones se realizan con concreto armado y albañilería esto debido a que desconocen las propiedades físicas y mecánicas de la madera y su comportamiento en distintos ejes de su plano, por ser un material anisotrópico.

La presente investigación denominada “LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUANUCO PERÚ, 2022”, tiene como objetivo determinar el grupo según la Norma E 010 como madera estructural al pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco, para ello se determinó la densidad básica, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad del pino radiata, las muestras se obtuvieron del centro comercial Promart de la ciudad de Huánuco, se realizaron 20 ensayos para determinar la densidad básica y 30 ensayos a flexión con vigas de 40mm x 75mm x 1350mm en la maquina universal.

Los resultados que se obtuvieron con el procesamiento de datos es el siguiente:

La densidad básica de la especie pino radiata es de 0.42 gr/cm<sup>3</sup>, el esfuerzo admisible a flexión es de 10.60 MPa, el módulo de elasticidad mínimo es de 7,700.62 MPa y el módulo de elasticidad promedio es de 11,366.34 MPa; comparando los valores obtenidos de acuerdo a los requisitos y procedimiento que establece la Norma E010 podemos afirmar que la especie pino radiata comercializada en la ciudad de Huánuco se encuentra en el grupo C.

La especie pino radiata comercializado en la ciudad de Huánuco es una madera estructural de baja resistencia, con los cual los proyectistas y calculistas estructurales puedan hacer uso de la especie en elementos estructurales a diversas solicitaciones de carga con los valores que establece la norma para los distintos comportamientos de cada uno de los elementos de la estructura en análisis.

## Summary

At present, wood is one of the most used materials in the construction industry in various countries, but in our environment, it is observed that most of the constructions are still made with reinforced concrete and masonry, due to the fact that they do not know the physical and mechanical properties of wood and its behavior in different axes of its plane, as it is an anisotropic material.

The present investigation called "THE RADIATA PINE WOOD AND ITS STRUCTURAL GROUPING ACCORDING TO STANDARD E010 - HUÁNUCO PERU, 2022", aims to determine the group according to Standard E 010 as radiata pine structural wood marketed in the city of Huánuco, for this purpose, determined the basic density, the flexural strength and the modulus of elasticity of the radiata pine, the samples were obtained from the Promart shopping center in the city of Huánuco, 20 tests were carried out to determine the basic density and 30 flexural tests with steel beams. 40mm x 75mm x 1350mm on the universal machine.

The results obtained with the data processing are as follows:

The basic density of the radiata pine species is 0.42 gr/cm<sup>3</sup>, the allowable bending stress is 10.60 MPa, the minimum modulus of elasticity is 7,700.62 MPa and the average modulus of elasticity is 11,366.34 MPa; Comparing the values obtained according to the requirements and procedure established by the E010 Standard, we can affirm that the radiata pine species marketed in the city of Huánuco is in group C.

The radiata pine species marketed in the city of Huánuco is a low-resistance structural wood, with which structural designers and calculators can make use of the species in structural elements at various load solicitations with the values established by the standard for the different behaviors of each of the elements of the structure under analysis.

## Índice

CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	10
1.1    Fundamentación del Problema de Investigación.....	10
1.2    Formulación del Problema de Investigación General y Específicos .....	11
1.3    Formulación del Objetivo General y Específicos .....	12
1.4    Justificación .....	12
1.5    Limitaciones.....	13
1.6    Formulación de Hipótesis General y Específicas .....	14
1.7    Variables.....	15
1.8    Definición Teórica y Operacionalización de Variables .....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1    Antecedentes.....	17
2.2    Bases Teóricas.....	20
2.2.1    Propiedades Físicas .....	20
2.2.2    Propiedades Mecánicas .....	21
2.2.3    Propiedades Elásticas.....	25
2.2.4    Agrupamiento de madera según la Norma E010.....	27
2.3    Bases Conceptuales.....	29
2.4    Bases Epistemológicas, Filosóficas o Antropológicas.....	31
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....	33
3.1    Ámbito.....	33
3.2    Población .....	33
3.3    Muestra.....	33
3.4    Nivel y tipo de estudio .....	33
3.5    Diseño de investigación .....	34
3.6    Métodos, técnicas e instrumentos.....	34
3.7    Validación y confiabilidad del instrumento .....	35

3.8	Procedimiento.....	35
3.9	Tabulación y análisis de datos .....	36
3.10	Consideraciones éticas .....	36
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....		37
4.1	Densidad básica .....	37
4.2	Propiedades elásticas del pino radiata .....	38
4.2.1	<i>Módulo de elasticidad</i> .....	39
4.2.2	<i>Módulo de elasticidad mínimo</i> .....	74
4.2.3	<i>Módulo de elasticidad promedio</i> .....	75
4.3	Resistencia a la flexión.....	76
4.3.1	<i>Esfuerzo básico</i> .....	79
4.3.2	<i>Esfuerzo admisible a la flexión</i> .....	80
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....		82
5.1	Densidad básica .....	82
5.2	Módulo de elasticidad.....	82
5.3	Resistencia a la flexión.....	83
CONCLUSIONES.....		84
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS.....		85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA.....		86
ANEXOS.....		87
9.1	Matriz de consistencia .....	87
9.2	Panel Fotográfico .....	88
9.2.1	<i>Ensayos de Densidad Básica</i> .....	88
9.2.2	<i>Ensayos a Flexión</i> .....	91

## Introducción

Las propiedades físicas, mecánicas y elásticas de la especie de madera pino radiata comercializada en la ciudad de Huánuco de la misma región, hace posible que diversos elementos estructurales puedan trabajar como vigas, columnas, armaduras, tijerales, correas y entre otros elementos que se encuentran bajo distintas solicitaciones de esfuerzos. La falta de información sobre el comportamiento de la madera y los esfuerzos admisibles ha hecho que se limita su uso para fines estructurales y más por el contrario solo se usa en carpintería para la fabricación de muebles, es por ello que la presente investigación titulada “LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUANUCO PERÚ, 2022” nos ayuda a conocer mejor los esfuerzos a flexión de dicha especie.

Con la presente investigación, se pretende lograr los siguientes objetivos:

- Determinar el grupo según la Norma E 010 como madera estructural al pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco.
- Hallar la densidad básica en g/cm<sup>3</sup> del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco.
- Calcular el módulo de elasticidad del pino radiata del comercializadas en la ciudad de Huánuco.
- Determinar el esfuerzo admisible a flexión del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco.

La presente tesis está dividida en cinco (5) capítulos de los cuales cada capítulo se describe como sigue:

El primer capítulo, presenta el problema de investigación, en el que se fundamenta la razón de la investigación; la formulación del problema; se plantea los objetivos; se realiza la justificación teoría, normativa, práctica y social; se plantean los posibles resultados que se conocen como hipótesis; la definición teórica y la operacionalización de las variables.



El segundo capítulo, es el marco teórico en el que se describen los antecedentes locales, nacionales e internacionales; se sustentan las bases teóricas; las bases conceptuales y las bases epistemológicas.

En el tercer capítulo, es la metodología de la investigación, en el que se define el ámbito de estudio, la población, la selección de la muestra, se describe el nivel y tipo de investigación, se define el diseño de investigación, los métodos, técnicas e instrumentos, se presenta la validación y confiabilidad del instrumento, se realiza el procedimiento, la tabulación y análisis de datos.

En el cuarto capítulo, son los resultados de la investigación, se presenta el análisis de los cálculos para la obtención de la densidad básica, la resistencia a la flexión, el esfuerzo admisible a la flexión y las propiedades elásticas del pino radiata (módulo de elasticidad mínimo y promedio).

En el quinto capítulo se muestran la discusión de la investigación, aquí comparamos los resultados obtenidos en el capítulo IV y la hipótesis planteadas, con el que finalmente podemos llegar a las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

En la parte final se presentan las conclusiones, las recomendaciones y las referencias bibliográficas de la investigación.

## CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Fundamentación del Problema de Investigación

La madera es uno de los principales materiales más utilizados dentro de la construcción desde el encofrado de una columna, en pisos de madera machihembrada, en uso de tijerales, siendo la madera uno de los recursos renovables que posee adecuadas propiedades mecánicas con el transcurso del tiempo al perder agua, sin embargo, la información de las propiedades físico mecánicas de maderas comercializadas en la ciudad de Huánuco son muy poco conocidas, por lo que en la presente investigación estudiaremos a una de las especies comercializadas en la ciudad de Huánuco.

La madera posee algunos beneficios, ayuda a combatir el cambio climático con su uso correcto, almacena carbono, es muy buena para la salud, es resistente, es un buen aislador y genera ahorro de energía; conociendo estos beneficios de la madera nos interesa conocer las propiedades físicas y mecánicas del pino radiata que es una de las especies de madera comercializada en la ciudad de Huánuco.

La madera posee muchas ventajas en la construcción como la fácil obtención; menor costo en comparación con los metales; se labra con facilidad; gran resistencia a la compresión, tracción y cortante; su baja densidad; y es muy mala para la conducción de la electricidad y el calor. Todo esto hace la importancia de conocer al pino radiata, una de las especies comercializadas en Huánuco.

Como referente internacional de esta situación tenemos que, en Chile se propuso determinar la resistencia de postes de pino radiata, para ello realizaron ensayos normalizados de 315 postes y de 8500 probetas libres de defectos, los ensayos realizados fueron en tres estados diferentes verde, seco e impregnado; pudiendo determinar que la tensión admisible de flexión de postes en estado seco aumenta en un 16% con respecto a postes en estado verde, y que la misma tensión disminuye en un 25% en postes preservados a vacío y presión, frente a postes secos sin preservar. (Campos, 1989)

De igual manera, el diario Chileno la Tribuna recientemente menciona que el uso de la madera en la ingeniería de la construcción genera un ahorro que va desde el 22% al

61%, según expertos de la Asociación de Ingeniería en Madera (APA- The Engineered Wood Association), quienes señalan que su uso para la industria comenzó a recuperarse en 2021 y prevén un incremento en su consumo para 2022, por los ahorros económicos y energéticos que genera como material constructivo.

Con referencia a este especie de la madera, cabe señalar qué, el pino radiata es de origen californiano que es aprovechado para la producción de madera o pasta de papel por su rápido crecimiento, eso debido a que no es muy conocida sus propiedades físicas y mecánicas que pudieran proporcionar los comercializadores de estos productos para el uso como elemento estructural, por lo que con la presente investigación busca proporcionar valores para los diseños estructurales.

En este caso particular, el pino radiata tiene una densidad de  $450 \text{ kg/m}^3$  a 12% de contenido de humedad, una contracción volumétrica de 11%, y es una madera no susceptible al colapso. Tiene una dureza de 200 kg, su resistencia a la flexión estática es de 65 MPa, a la compresión de 37 MPa y al cizalle de 7 MPa (Diaz-vaz, Potable, Juacidas, & Devlieger, 2002). Sin embargo, estos valores deben ser corroboradas en nuestro medio local para tener mejores resultados en los diseños estructurales de acuerdo a la Norma E 010 "Madera".

Ahora bien, para el diseño estructural con madera es necesario conocer las propiedades mecánicas de acuerdo a la dirección de la fibra (perpendicular o paralela), pero, para tener una mejor confiabilidad de estos resultados es mejor agruparlas de acuerdo a los lineamientos de la Norma E 010 "Madera" y determinar los esfuerzo admisibles de acuerdo como indica dicha norma.

## **1.2 Formulación del Problema de Investigación General y Específicos**

### ***Problema General***

¿A qué grupo de la norma E 010 pertenece el pino radiata como madera estructural comercializado en la ciudad de Huánuco?

### ***Problema Específico N°1***

¿Cuánto es la densidad básica en g/cm<sup>3</sup> del pino radiata del comercializadas en Huánuco?

**Problema Específico N°2**

¿Cuál es el valor del módulo de elasticidad del pino radiata comercializadas en la ciudad Huánuco?

**Problema Específico N°3**

¿Cuál es el esfuerzo admisible a flexión del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco?

**1.3 Formulación del Objetivo General y Específicos**

**Objetivo General**

Determinar el grupo según la Norma E 010 como madera estructural al pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco.

**Objetivo Específico N°1**

Hallar la densidad básica en g/cm<sup>3</sup> del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco.

**Objetivo Específico N°2**

Calcular el módulo de elasticidad del pino radiata del comercializadas en la ciudad de Huánuco.

**Objetivo Específico N°3**

Determinar el esfuerzo admisible a flexión del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco.

**1.4 Justificación**

La presente investigación se justifica en los siguientes:

**Justificación teórica y normativa**

Existen varios estudios que se realizaron con diversos tipos de maderas peruanas para poder medir las propiedades físico mecánicas de estas, sin embargo, existe muy pocos estudios de la especie pino radiata por lo que estos resultados van a proporcionar una ayuda para agrupar dentro de la Norma E010 y poder contribuir al diseñador estructural.

### ***Justificación práctica***

Los resultados de la investigación permitirán que se use la especie pino radiata como material de construcción y elemento estructural, además está puede ser alternativa a remplazar a maderas comerciales que se encuentran en peligro de extinción.

### ***Justificación social***

Los resultados de esta investigación podrán servir a los diseñadores estructurales, a los comerciantes, a los contratistas, y carpinteros relacionados con trabajos con madera. También esta investigación será de utilidad a las personas quienes desean conocer las propiedades de la especie pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco, finalmente este estudio servirá para que se use a la madera como material de construcción y elemento estructural en edificaciones.

## **1.5 Limitaciones**

### ***En los antecedentes***

No se tiene problema en cuanto a los antecedentes, las bibliografías encontradas ayudan a lograr el objetivo de la investigación. Se cuenta con diferentes autores como, Ordoñez y Patricia que realizó la investigación de “Estructuras de madera aplicada al sector de la construcción en el Perú”, de igual manera existe un libro muy difundido que es el “Manual de diseño para maderas del grupo andino”, sin embargo, a nivel local no se cuentan con estudios similares a la investigación relacionado con propiedades físicas y mecánicas del pino radiata, pero sí de otras especies que ayudan a lograr a resolver el planteamiento del problema.

No se realizaron ensayos como resistencia a la compresión paralela a la fibra, resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, resistencia al corte paralelo a la fibra porque con la presente investigación se propone incorporar a la especie pino radiata a los grupos establecidos según la Norma E 010 la cual se realizará conociendo los valores de la

densidad básica promedio, los valores del módulo de elasticidad mínimo y promedio y el esfuerzo admisible a flexión de acuerdo a la norma ITINTEC 251.

### ***En la muestra***

Para la muestra de estudio la Norma ITINTEC 251.107 establece que se ensaye vigas a escala natural proveniente por lo menos de 5 árboles por especie, esto es difícil de cumplir ya que no se cuenta con árboles de la especie del pino radiata en la ciudad para poder estudiarlas, solo maderas aserradas provenientes de Chile que es comercializado por PROMART.

### ***Factores externos***

La situación actual del COVID 19 ha restringido el uso del ingreso a las aulas de las universidades, las pruebas que se necesitan en la presente investigación son para la propiedad física, como la densidad básica; para las propiedades resistentes, el ensayo a la flexión; estos pueden ser unas limitantes, sin embargo, se pretende realizar los ensayos respectivos en laboratorios particulares que cuenten con certificado de calibración de los equipos a usar, lo cual representa también una limitante económica debido a los costos de estos laboratorios.

## **1.6 Formulación de Hipótesis General y Específicas**

### ***Hipótesis General***

El pino radiata comercializado en la ciudad de Huánuco se encuentra agrupado en el grupo C según la Norma E 010.

### ***Hipótesis Específica N°1***

La densidad básica del pino radiata del comercializadas en la ciudad de Huánuco, es mayor a  $0.40 \text{ g/cm}^3$  y menor a  $0.55 \text{ g/cm}^3$ .

### ***Hipótesis Específica N°2***

El módulo de elasticidad del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco, se encuentra dentro del rango de 5,394 y 8,826 MPa.

### ***Hipótesis Específica N°3***

Los esfuerzos admisibles del pino radiata del comercializadas en la ciudad de Huánuco pertenecen al grupo C según la Norma E.010.

### **1.7 Variables**

En la presente investigación podemos encontrar las siguientes variables:

- La especie de madera pino radiata y;
- La norma E 010.

La Tabla 1 muestra el cuadro de operacionalización de variables donde se describe la variable, la definición operacional, la dimensión, los indicadores, la unidad, el tipo de variable, la escala y la técnica e instrumento de recolección de datos.

## 1.8 Definición Teórica y Operacionalización de Variables

**Tabla 1**

*LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUANUCO PERÚ, 2022*

<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala</b>	<b>Técnica/Instrumento</b>
Pino radiata	Conocer las propiedades físicas y mecánicas del pino radiata.	Densidad básica (DB)	peso seco/ volumen verde.	$g/cm^3$	Cuantitativa	Nominal continua	Ensayos de laboratorio
		Módulo de elasticidad a flexión	Resistencia	$Kg/cm^2$	Cuantitativa	Nominal continua	Fórmula matemática
		Esfuerzo admisible a flexión	Capacidad del pino radiata a resistir fuerzas externas.	$Kg/cm^2$	Cuantitativa	Nominal continua	Equipo de compresión neumático y formatos de laboratorio
Clasificación de madera estructural con la norma E-010	Los grupos según la Norma E010 depende de la densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzo admisible a flexión.	Grupo A	Mayor resistencia		Cualitativa		De los resultados obtenidos
		Grupo B	Mediana resistencia		Cualitativa		De los resultados obtenidos
		Grupo C	Baja resistencia		Cualitativa		De los resultados obtenidos



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### *A Nivel Internacional*

La sociedad española de ciencias forestales (2017) en el séptimo congreso en la ciudad de Cataluña España expusieron los valores obtenidos de las propiedades físico mecánicas del pinus pinaster y pinus radiata de Cataluña llegando a la conclusión:

- La densidad para el pino radiata es de  $629.49 \text{ kg/m}^3$  clasificada como pesada;
- La contracción volumétrica obtenida es del 11.02% de clasificación media;
- El coeficiente de contracción volumétrica de 0.37%;
- La resistencia a la compresión axial de  $445.69 \text{ kg/cm}^2$  y;
- La resistencia a la flexión estática de  $812.90 \text{ kg/cm}^2$ .

Las conclusiones que obtuvieron acerca del pino radiata es que presenta baja densidad y propiedades mecánicas más resistentes comparadas con el duramente y albura del pinus pinaster, es la mejor madera en España por su resistencia a flexión y compresión axial, también menciona que por sus características el pino radiata al ser procesada industrialmente podría obtener mayor calidad en sus productos.

Si bien en la exposición del congreso descrito anterior su objetivo era conocer las propiedades físicas y mecánicas de las diferentes especies forestales comercializada en Cataluña que resulte más competitiva frente a la madera exportada de Europa, nos aporta valores obtenidos con la especie pino radiata que se espera llegar en nuestra presente investigación.

#### *A Nivel Nacional*

Chura & Muchica (2021) realizaron una investigación en Puno donde tuvieron como objetivo determinar la factibilidad del pino radiata para la fabricación de tijerales tipo Howe, donde hallaron las propiedades físicas y mecánicas de dicha especie de acuerdo a la Norma E010 obteniendo el valor de la densidad básica de  $0.45 \text{ g/cm}^3$ , un contenido de

humedad de 27.25%, el módulo de elasticidad mínima de 54,549.61 kg/cm<sup>2</sup> y 76,601.80 kg/cm<sup>2</sup> el módulo de elasticidad promedio, obteniendo que el pino radiata no se encuentra clasificado en ningún grupo de la Norma E 010 por lo que recomiendan crear grupos similares a la norma chilena, sin embargo concluyen que debido a sus propiedades que presenta puede resultar útil para la fabricación de elementos estructurales. Así mismo el pino radiata presenta gran cantidad de nudos, alabeos por lo que el 44% de sus muestras fueron rechazadas.

En la Universidad Católica del Perú Ordoñez & Lugo (2016) realizaron un estudio con el objetivo de promover a la madera como material de construcción y probando buenos resultados a ensayos mecánicos y sísmico, para ello uso el pino radiata, obteniendo los siguientes resultados:

- La densidad básica promedio obtenido es de 0.35 g/cm<sup>3</sup> luego de realizar el ensayo con un espécimen sumergido en agua durante 24, 48 y 72 horas para alcanzar un contenido de humedad aproximado de 30%;
- La resistencia a la compresión promedio paralela a la fibra obtenido fue de 280.6 kg/cm<sup>2</sup> luego de haber realizado 3 ensayos con especímenes de 20cm x 5cm x 5cm con una velocidad de aplicación de carga a 0.60mm por minuto;
- La resistencia a la compresión perpendicular a la fibra obtenida fue de 83.5 kg/cm<sup>2</sup> después de haber realizado 3 ensayos con especímenes de 15cm x 5cm x 5cm;
- La resistencia al corte paralelo a la fibra promedio obtenida es de 70.9 kg/cm<sup>2</sup> luego de haber realizado 3 ensayos en especímenes de 5.6cm x 4.9cm x 5cm con una velocidad de aplicación de carga de 0.60mm por minuto;
- La resistencia a la flexión promedio que obtuvieron es de 589.0 kg/cm<sup>2</sup> después de haber realizado 3 ensayos en especímenes de 4.8cm de ancho x 5cm de altura y 75.9cm de largo y

- El módulo de elasticidad promedio que obtuvieron es igual a 6,936 MPa de los 3 ensayos realizados a la resistencia a flexión, clasificando así la resistencia y esfuerzos en el Grupo "C" según la NTP E.010 Madera, sin embargo, cabe resaltar que la cantidad de muestras no son suficiente para que garanticen la confiabilidad de los resultados.

Los valores obtenidos en el párrafo anterior nos ayudaran a comparar nuestra hipótesis específica N°03, el cual el pino radiata comercializada en la ciudad de Huánuco es perteneciente al grupo C por los resultados obtenidos.

Bueno (2017) en la escuela académica de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Cajamarca en su tesis que tiene como objetivo específico determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera, utilizando las normas técnicas peruanas pudo determinar siguientes conclusiones:

- La densidad básica promedio de la madera utilizada es de 0.396 g/cm<sup>3</sup>;
- El esfuerzo al corte con pegamento es mayor que esfuerzo al corte sin pegamento;
- El módulo de elasticidad promedio de la madera utilizada es de 54,941.59 kg/cm<sup>2</sup>;
- La madera ensayada registra un contenido de humedad desde el 3% hasta el 16%, según sea las dimensiones de los ensayos. (p. 76)

La tesis anterior descrita busca hallar el porcentaje de diferencia entre la resistencia a la flexión de vigas macizas, laminadas, encoladas y pretensadas, tipo sandwich, utilizando madera pino radita, sin embargo esto nos ayudará a comparar los valores encontrados en nuestra presente investigación.

Bueno (2017) En la Universidad Nacional de Cajamarca, desarrolla una investigación donde compara la resistencia a flexión entre vigas de madera macizas y laminadas, encoladas y prensadas de pino radiata para ello primeramente selecciona arboles de la zona para seguidamente realizar la habilitación de la madera para su

preparación de vigas laminadas y encoladas con pegamento cola ultra, concluyendo que las vigas laminadas encoladas tienen 53% de incremento en la resistencia a la flexión con respecto a las vigas macizas, por lo que recomienda construir vigas laminadas encoladas de grandes dimensiones para resistir solicitudes de cargas considerables.

Meza (2010) en la Universidad Nacional de Ingeniería realiza la investigación con el objetivo de clasificar al pino radiata de la zona de Cajamarca y promover el crecimiento del mercado de esta especie, por lo que realizó ensayo de vigas de tamaño natural y probetas obteniendo un módulo de elasticidad promedio de 84 290,90 kg/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad mínimo de 58 624,26 kg/cm<sup>2</sup> con un contenido de humedad de 21.14%, también la densidad básica que obtiene es de 0.43 g/cm<sup>3</sup>. Concluyendo que esta especie no se encuentra en ninguno de los grupos según la clasificación de la Norma E.010, por lo que recomienda que es necesario añadir otro grupo para este tipo de especies que poseen menor resistencia.

### ***A Nivel Local***

No se encuentran investigaciones relacionadas a las propiedades físicas y mecánicas del pino radiata en la región de Huánuco el cual es mencionada en el ítem 1.5.1. limitaciones.

## **2.2 Bases Teóricas**

### ***2.2.1 Propiedades Físicas***

En cuanto a las propiedades físicas que son características de la madera podemos encontrar el Contenido de Humedad, Cambios Dimensionales, Densidad y peso específico, Expansión y Conductividad Térmica y Transmisión y absorción del sonido. (PADT-REFORT, 1984)

Si embargo consideramos que para determinar la clasificación estructural del pino radiata en la Norma E 010 es importante estudiar 2 propiedades que son fundamentales en el comportamiento mecánico y elástico de la madera como son el contenido de humedad y la densidad básica.

### 2.2.1.1 Contenido de Humedad

El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino define al contenido de Humedad como el agua que contiene la madera bajo las tres formas: agua libre, agua higroscópica y agua de constitución. El agua libre se encuentra dentro de las cavidades celulares. El agua higroscópica se encuentra contenida en las paredes celulares. El agua de constitución se encuentra formando parte integrante de la estructura molecular.

El contenido de humedad (CH) es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhidra, como se muestra en la ecuación (1).

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

### 2.2.1.2 Densidad Básica (DB)

El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino define que la densidad básica es la relación entre el peso seco al horno (PSH) y el volumen verde (VV), como se muestra en la ecuación (2).

$$DB = \frac{PSH}{VV} \quad (2)$$

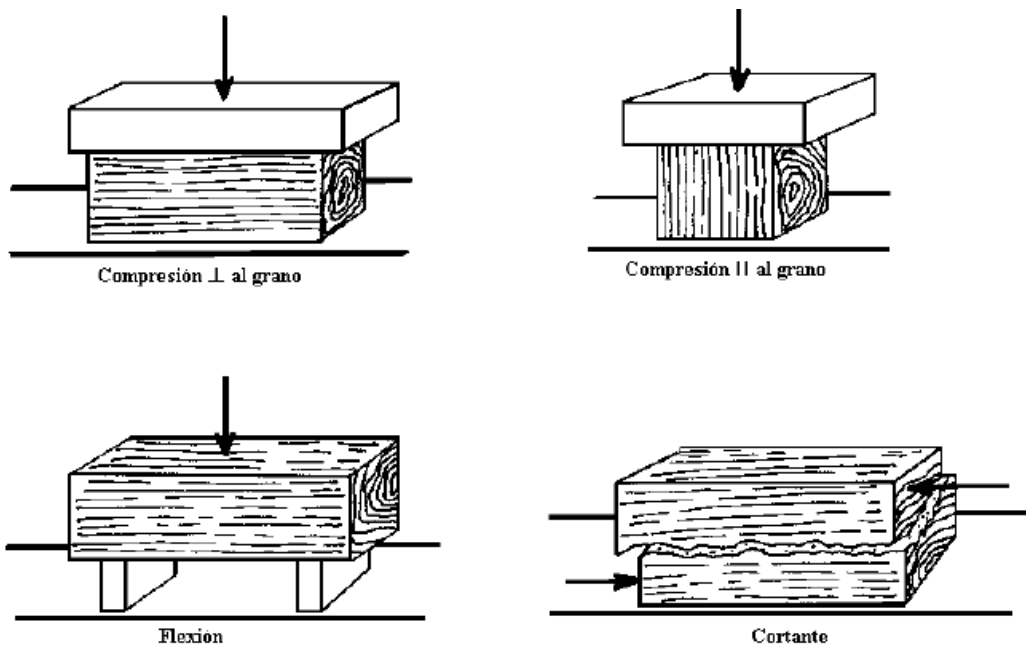
La densidad básica determina sus características principales de una especie, es la que se usa con frecuencia y son estables en una especie.

## 2.2.2 Propiedades Mecánicas

Gómez Domínguez, considera que las propiedades mecánicas que son mas importantes que muestran el comportamiento de la madera es la resistencia a la compresión, resistencia al corte y la resistencia a la flexión, estas pruebas requieren probetas libres de defectos y perfectamente elaboradas, dichas pruebas se realizan siguiendo la norma ASTM D-255. La figura (1) muestra los ensayos a realizar para determinar las propiedades mecánicas del pino radiata.

### Figura 1

## Resistencia a Compresión, Corte y Flexión de la Madera

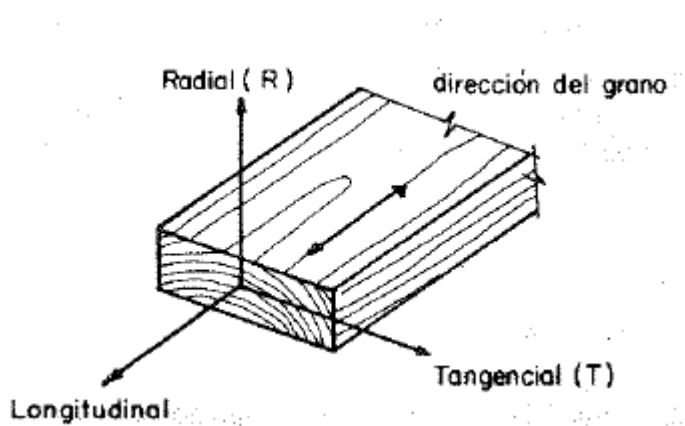


*Nota.* El gráfico representa los ensayos para determinar las propiedades resistentes de la madera, Adaptado de Evaluación de la Resistencia a Compresión, Corte y Flexión de la Madera (p. 168), por Gómez.

El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino definen las siguientes propiedades resistentes de la madera según la dirección de la fibra como muestra la Figura 2.

### Figura 2

*Direcciones ortogonales de la madera*



Fuente: Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (p.1-21)

### **2.2.2.1 Resistencia a la Compresión Paralela**

PADT – REFORT (1984) menciona que se puede aproximar la resistencia a la compresión paralela a la fibra como la mitad de la resistencia a la tracción. Estos valores de compresión se encuentran entre 100 y 900 kg/cm<sup>2</sup> en especímenes que se encuentran libre de defecto en madera tropicales.

### **2.2.2.2 Resistencia a la Compresión Perpendicular**

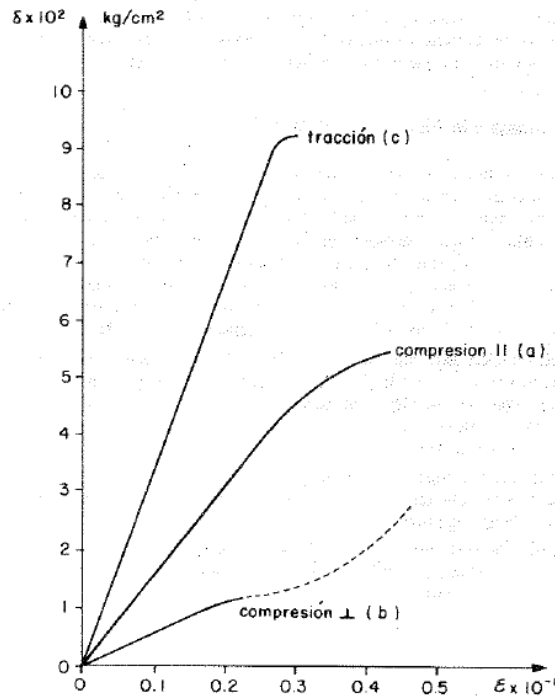
PADT – REFORT (1984) menciona que cuando la madera esta aplicada fuerzas de compresión perpendicular a su eje longitudinal las cavidades se comprimen sin que se pueda notar la falla asiendo que la densidad se incremente por la reducción del volumen, sin embargo, esta resistencia es inferior a la compresión paralela, tal como se muestra en la Figura 3 b, se estima que se puede aproximar entre 1/4 a 1/5 del esfuerzo en compresión paralela.

### **2.2.2.3 Resistencia a la Tracción**

PADT – REFORT (1984) menciona que una forma de aproximar la resistencia a la tracción de la madera en especímenes libre de defectos es duplicando la resistencia a la compresión paralela conocida. El valor de rotura que se encuentran estos valores es entre 500 y 1500 kg/cm<sup>2</sup>. En la figura 3 se puede observar el comportamiento mediante la curva esfuerzo deformación, donde se aprecia que la rotura es de manera brusca.

### **Figura 3**

*Curva de esfuerzo – deformación para maderas latifoliadas*



*Nota.* Adaptado de Curvas esfuerzo – deformación para maderas latifoliadas (p. 1-23), por Grupo Andino.

#### 2.2.2.4 Resistencia al Corte

PADT – REFORT (1984) menciona que:

Los elementos que se encuentran sometidos a flexión presentan también esfuerzos de corte o cizallamiento. La madera al no ser homogénea y que debido a la dirección de sus fibras presentan diferentes resistencias al corte en cada eje perpendicular y paralelo a sus fibras, siendo la mayor resistencia perpendicular a sus fibras y la de menor resistencia paralela a sus fibras, por la lignina que es el cementante de sus fibras, una forma de relacionar estas resistencias es de 3 a 4 veces su valor. En especímenes el esfuerzo de rotura se encuentra entre 25 y 200 kg/cm<sup>2</sup>, del mismo modo el esfuerzo de corte es mayor en la dirección radial que en la dirección tangencial.

#### 2.2.2.5 Resistencia a la Flexión Paralela al Grano

La resistencia a la flexión es la capacidad que tiene el elemento de resistir fuerzas transversales.

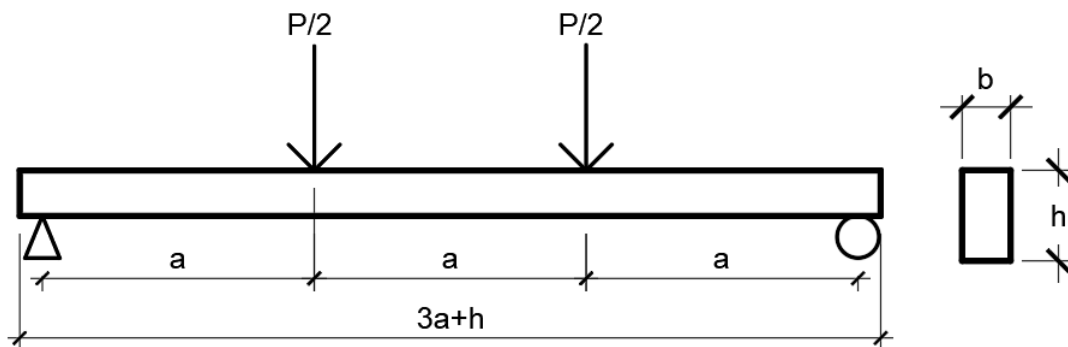


Ordoñez & Lugo (2016) mencionan que la madera al ser sometido a flexión en la zona de compresión es la que inicia la falla presentando así deformaciones considerables y que el eje neutro se encuentre mas cerca a la zona de tracción, aumentando así las deformaciones y haciendo que al final se produzca la falla por tensión.

PADT – REFORT (1984) aproxima que la resistencia a la flexión promedio se encuentran entre 200 y 1700 kg/cm<sup>2</sup> para especímenes libre de defectos, que estos valores varían de acuerdo a la densidad y al contenido de humedad.

**Figura 4**

*Especímen para ensayo de flexión estática*

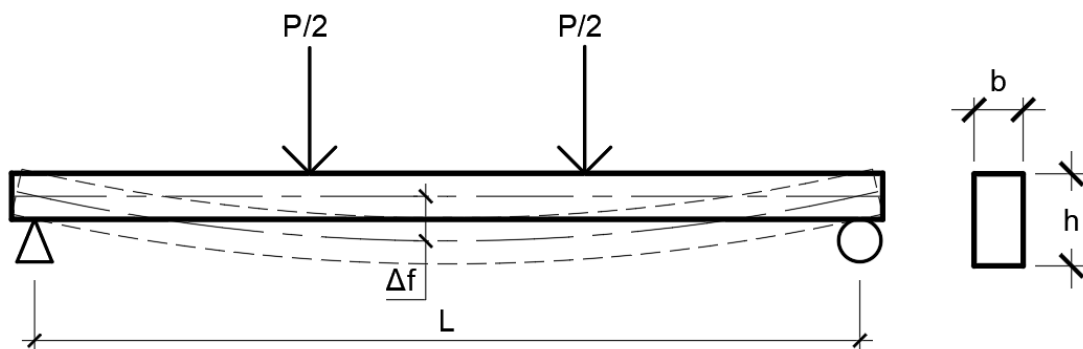


### 2.2.3 Propiedades Elásticas

El módulo elástico, el módulo de corte y el módulo de Poisson determinan las propiedades elásticas de un material.

**Figura 5**

*Ensayo de una viga a flexión y corte*



### 2.2.3.1 Módulo de Elasticidad (MOE)

PADT – REFORT (1984) definen que una forma de calcular es de la pendiente en la zona elástica de la curva esfuerzo vs deformación del ensayo de compresión paralela y otra forma de calcular es por ensayos de resistencia a la flexión como se muestra en Figura 5. Usualmente se toma el MOE en flexión estática ya que esta es menor comparada con MOE en compresión y que generalmente para su dimensionamiento de elementos se tiene en cuenta las deflexiones por flexión. Ordoñez & Lugo (2016) La ecuación (3)(11) es la fórmula matemática con la cual es posible hallar el MOE para viga simplemente apoyada con una carga puntual aplicada al centro de la luz;

$$E_f = \frac{P \times L^3}{\Delta \times 4 \times a \times h^3} \quad (3)$$

Donde:

P: Fuerza aplicada para un incremento de deformación  $\Delta$ .

$\Delta$ : Incremento de la deformación para una variación de carga P.

L: Largo del elemento.

a: base de la sección del elemento.

h: peralte o altura de la sección del elemento.

La Norma Técnica Peruana 251.107 establece que la fórmula para hallar el módulo de elasticidad en flexión estática para una viga simplemente apoyada y con dos cargas aplicadas como se muestra en la figura 4.

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w} \quad (4)$$

Donde:

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

$l_1$ : luz para determinar el módulo de elasticidad, en milímetros (mm).

$\Delta F$ : Incremento de carga por debajo del límite proporcional, en Newtons (N).

I: Momento de inercia de la sección respecto a su eje horizontal del centro de gravedad, en milímetros a la cuarta potencia (mm<sup>4</sup>).

Δw: Deformación bajo incremento de carga, en milímetros (mm).

Em: Módulo de elasticidad en Mega Pascales (MPa).

### **2.2.3.2 Módulo de Corte**

Ordoñez & Lugo (2016) menciona que la madera por ser un material ortotrópico posee distintos módulos de corte, por lo que se puede aproximar que para madera coníferas el módulo de corte radial es 10% del módulo de corte tangencial y que para madera latifoliadas es de 40% debido a su alta densidad. (p.18)

Para encontrar el módulo de corte se tiene la siguiente ecuación;

$$G = \frac{E}{2 \times (1 + \nu)} \quad (5)$$

Donde:

E= módulo de elasticidad

ν= módulo de Poisson

### **2.2.3.3 Módulo de Poisson**

El coeficiente de Poisson es constante elástica de un material, se mide cuando un material es sometido a una fuerza de tracción y esta sufre estiramiento en la dirección de la aplicación de la fuerza y estrechamiento en dirección perpendicular a la fibra, esta relación de deformaciones se conoce como módulo de Poisson.

PADT – REFORT (1984) menciona que la madera tiene 6 módulos de Poisson debido a que las deformaciones son diferentes en cada una de las direcciones (longitudinal, radial y tangencial), también el valor se encuentra entre 0.325 a 0.40 para maderas coníferas de densidad de 0.5 gr/cm<sup>3</sup>.

## **2.2.4 Agrupamiento de madera según la Norma E010**

El artículo 6 de la Norma E 010 menciona los siguiente requisitos y procedimientos a seguir para la Incorporación de especies a los grupos A, B y C:

- Se realizará sobre la base de la densidad del núcleo y la resistencia mecánica de extensos ensayos de flexión de vigas.
- Identificación de especies vegetales y descripción anatómica de las muestras de madera que se realizaron
- Se deben probar un mínimo de 30 vigas de al menos 5 plantas para cada especie.
- Determinamos el valor de la densidad básica promedio de la especie, y comparamos con los valores dados por la norma como muestra la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Clasificación según su densidad básica de la madera.*

Grupo	Densidad básica (gr/cm <sup>3</sup> )
A	Mayor que 0.71
B	Entre 0.56 a 0.70
C	Entre 0.40 a 0.55

Fuente: NTP E010

- Se determina el valor del modulo de elasticidad promedio y mínimo; y el valor del esfuerzo admisible a flexión, ensayadas de acuerdo a la norma ITINTEC 251.107 con los requisitos de la norma ITINTEC 251.104 de vigas de tamaño natural, para después comparar con los valores de artículo 5.2.2. de la Norma E 010 tal como se muestra en la Tabla 3.
- Con los valores obtenidos en el párrafo precedente se compara con el grupo que se obtuvo con el agrupamiento según la densidad básica, si los valores de resistencia y rigidez son mayores del grupo se clasificaran en el mismo grupo, si son mucho más resistentes pasaran a clasificar en un grupo superior, si por el contrario es menor se clasificara en un grupo inferior.

**Tabla 3**

*Agrupamiento de madera estructural según propiedades mecánicas NTP E010.*

Grupo	Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Flexión	Tracción Paralela ft	Compresión Paralela fc//	Compresión Perpendicular f'c	Corte Paralelo fv
A	20.6 (210)	14.2 (145)	14.2 (145)	3.9 (40)	1.5 (15)
B	14.7 (150)	10.3 (105)	10.8 (110)	2.7 (28)	1.2 (12)
C	9.8 (100)	7.3 (75)	7.8 (80)	1.5 (15)	0.8 (8)

Fuente: NTP E010

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

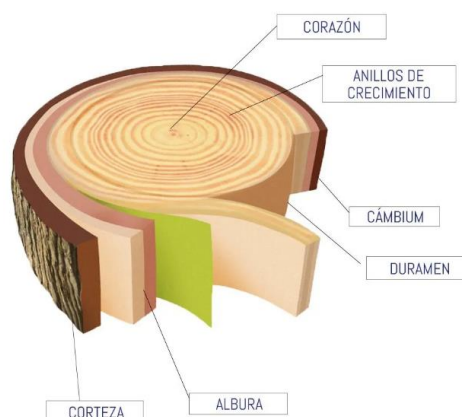
Fuente: NTP E010

### 2.3 Bases Conceptuales

Los conceptos que debemos tener en cuenta para el desarrollo de la presente investigación se basan en la norma E.010 Madera (2006), que define las siguientes palabras:

**Albura.** – Parte exterior de la madera ubicado entre el duramen y la corteza, su función principal es conducir el agua de las raíces a las hojas, es menos resistente que el duramen.

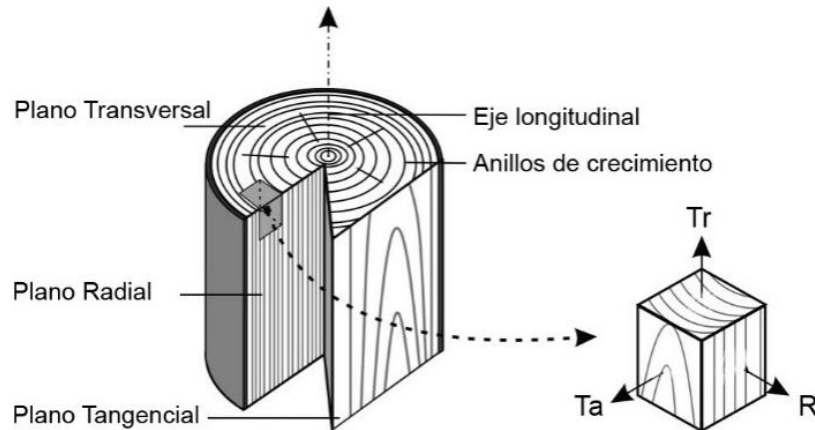
**Figura 6.** Estructura macroscópica de la madera



Fuente: <https://madererasantafe.com>

**Anisotropía.** – Es una propiedad de la madera por poseer propiedades físicas y mecánicas diferentes en distintas en dirección axial, radial y tangencial.

**Figura 7.** Estructura de la madera en sus tres planos



Fuente: <https://www.researchgate.net>

**Aserrado.** – Es el proceso que se realiza para la obtención de bloques o tablones rectangulares de distintas medidas, el corte se realiza con sierras circulares, cintas y otros equipos de carpintería.

**Duramen.** – Es la zona que interna de la madera que se encuentra rodeada por la albura, de color oscuro y mayor resistencia comparada con la albura.



Fuente: <https://www.sabermas.umich.mx/>

**Espesor.** – Es la menor medida en una sección transversal rectangular de una madera aserrada.

**Habilitar.** – Es la acción que se realiza a los bloques de madera cortando y escuadrando la pieza en forma longitudinal hasta obtener las medidas deseadas del elemento.

**Luz.** – Es la distancia horizontal medida entre las caras interiores de dos apoyos.

**Madera.** – Es un material ortotrópico ubicado debajo de la corteza, compuesto por fibras celulares llamado lignina.

**Madera estructural.** – Es el elemento que se usa para soportar distintos tipos de esfuerzos gracias a sus características mecánicas y elásticas.

**Viga.** – Elemento normalmente de forma horizontal, pocas veces inclinado, que trabaja en dos pilares, su función es soportar cargas de gravedad y principalmente están sometidas a esfuerzos de flexión.

El ingeniero Genaro Delgado Contreras en su libro resistencia de materiales menciona los siguiente conceptos básicos:

**Tracción y Compresión.** – Son fuerzas que actúan perpendicularmente al plano sobre el que actúan. Las fuerzas de tensión se usan para estirar un cuerpo con dos cargas de igual magnitud, misma dirección y distintos sentidos, en cambio la compresión es la fuerza que se opone el cuerpo a ser aplastado, las cargas que actúan es de sentido inverso que la tensión.

**Homogeneidad.** – Sus propiedades de un material son iguales en distintos puntos.

**Continuidad.** – El material no contiene vacíos en distintos puntos a lo largo de una dirección.

**Isotropía.** – El material presenta propiedades son iguales en indistintamente de su dirección de análisis.

**Resistencia última.** – Es el máximo esfuerzo que puede alcanzar un elemento antes de que llegar a la falla.

## 2.4 Bases Epistemológicas, Filosóficas o Antropológicas

“Las bases epistemológicas son parte del paradigma científico hegemónico, que son aceptadas como un conjunto de operaciones comunes entre practicantes de la conciencia convencional (Imershin, 1977)”.

Las bases epistemológicas son pautas, protocolos para poder corroborar la legitimidad de creencias generales provenientes de protocolos y elementos praxeológicos de disciplinas particulares, mas no es una disciplina especifica. (Gómez & Ríos, 2014)

En nuestra investigación, las bases epistemológicas se sustentarán en el paradigma del positivismo por pertenecer al enfoque cuantitativo de acuerdo a la Tabla 1, operacionalización de variables y la prueba de las hipótesis planteada. Tal como indica Ricoy (2006) indica que el “paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico”. Las ciencias naturales y físicas están adoptadas al paradigma positivista como un modelo de investigación que se caracterizan por la existencia de un mundo real con un conocimiento de modo empírico basado en procedimientos adecuados donde prima el conocimiento por la razón. (p. 16)



## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Ámbito**

Según lo expuesto en el ítem 1.1. de la presente tesis, la investigación que desarrollamos se realiza en la ciudad de Huánuco, por lo que el ámbito geográfico que se limita el presente documento es en el distrito de Huánuco, en la provincia y región del mismo nombre.

Los objetivos de estudio que se plantean en el numeral 1.3 se determina buscar las propiedades físicas y mecánicas del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco durante el presente año, por lo que el ámbito temporal del presente estudio se limita en el año 2022.

### **3.2 Población**

Según el planteamiento del problema, podemos determinar que nuestra población es toda la madera de la especie pino radiata comercializada en la ciudad de Huánuco.

### **3.3 Muestra**

La técnica de muestreo que se usa es la no probabilística – accidental por lo que las probetas preparadas en una carpintería. La cantidad de probetas a ensayar es 30 tal como indica la Norma ITINTEC 251.107 para ensayos a flexión y 20 muestras para los ensayos de densidad básica.

### **3.4 Nivel y tipo de estudio**

#### ***Nivel***

Ya que el propósito de nuestra investigación es describir las propiedades físicas y mecánicas de la especie pino radiata comercializada en la ciudad de Huánuco, se plante alcanzar el nivel descriptivo porque pretendemos conocer propiedades y características de un grupo de objeto determinado, únicamente se debe recoger información de la variable de estudio (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 92).

Si pretendemos alcanzar el nivel descriptivo de la misma manera también podemos llegar al nivel exploratorio, tal como manifiesta Hernández, Fernández, & Baptista (2014) los estudios exploratorios se desarrollan cuando el tema es poco estudiado, en la revisión

literaria se encontró distintas ideas al problema de estudio, por lo que es necesario indagar más a profundidad de nuevas perspectivas.

### ***Tipo***

La investigación que pretendemos abarcar es la de tipo aplicada, porque solo se busca la aplicación de los conocimientos, así como se describe en la problemática de estudio (numeral 1.1).

Tamayo (2004) define que el tipo de investigación aplicada se basa en aportes y descubrimientos ya existentes, este tipo de investigación se encuentra ligado a una investigación básica, no se desarrollan nuevas teorías, mas al contrario su aplicación es de teorías existentes a problemas concretos en circunstancias concretas (p. 43).

### **3.5 Diseño de investigación**

El diseño de esta investigación es no experimental, porque no se pretende manipular intencional las variables de nuestra investigación, tal como describe Hernández , Fernández , & Baptista (2014);

En un estudio no experimental no se manipulan deliberadamente las variables independientes por el contrario solo se observa situaciones existentes sobre un contexto natural, no se tiene control sobre las variables tampoco influir sobre ellas. (p. 152)

La perspectiva temporal de nuestra investigación es transversal porque la recolección de datos se realizarán en momento único (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

### **3.6 Métodos, técnicas e instrumentos**

#### ***Método***

El desarrollo de la presente investigación aplicará el método deductivo, porque se basan en generalizaciones ya establecidas, de leyes y principios destinados a resolver la problemática planteada, lo que determina nuestra investigación cuantitativo.

#### ***Técnica***

La presente investigación aplicará para el registro y medición de los datos será mediante la observación durante el desarrollo del experimento. Así como se describe;

“La recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías”. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 252)

### ***Instrumento***

Cómo la técnica a usar es la observación, el instrumento que se empleará serán lápiz y papel para rellenar formatos de los resultados encontrados durante el experimento, también se usará cámara fotográfica para evidenciar los resultados obtenidos.

### **3.7 Validación y confiabilidad del instrumento**

La validación y confiabilidad del instrumento se basan en la calibración de los equipos de laboratorio de geotecnia y estructuras de la facultad de civil y arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

### **3.8 Procedimiento**

Con el diseño, técnica e instrumentos establecidos en el ítem anterior, podemos plantear el siguiente procedimiento que será dividida en tres fases;

#### ***Fase I.***

En esta etapa se ubicarán a los comercializadoras de la especie pino radiata, seguidamente se harán las compras, para después proceder a elaborar las probetas para su ensayo respectivo.

#### ***Fase II.***

Se realizarán ensayos para determinar las propiedades físico – mecánicas de la especie pino radiata en la maquina universal, y se anotarán en formatos establecidos por los responsables del ensayo.

Se realizarán las comparaciones con los resultados obtenidos de los ensayos con la Tabla 3 para realizar la propuesta de incorporar a un grupo de madera estructural dentro de la Norma E010.

#### ***Fase III.***

Se realizarán el procesamiento de los datos obtenidos en la fase II, para finalmente presentar los resultados de acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar en nuestra presente investigación.

### **3.9 Tabulación y análisis de datos**

Se usarán las hojas Excel para la tabulación, análisis y evaluación de los datos cuantitativos recogidos de acuerdo a los objetivos planteados en el numeral 1.3, se presentarán los resultados en cuadros, tablas de datos y gráficos estadísticos.

### **3.10 Consideraciones éticas**

La presente investigación se realizará con el apoyo de los comercializadores de la especie pino radiata en la ciudad de Huánuco, de acuerdo a nuestros objetivos planteados no se pretende involucrar a personas que laboran en la venta de dicho producto, únicamente nuestro objeto de estudio es la madera, por lo que no se llegará a causar molestias en el desarrollo de la investigación.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Densidad básica

Con la metodología descrita en el capítulo III, determinamos la densidad básica de la madera pino radiata de acuerdo a la NTP 251.011 "Método para determinar la densidad básica" donde establece los pasos a seguir para determinar la densidad de la madera con distintos contenidos de humedad.

Las 20 probetas fueron preparadas de 3cm por 3cm de sección transversal y 10cm de longitud. Los instrumentos que se usaron fueron la balanza con precisión, la probeta milimétrica con precisión para determinar el volumen mediante el método de inmersión.

La densidad básica se halla como la relación como el peso de la probeta anhidra y el volumen saturado en unidades de g/cm<sup>3</sup>.

Las 20 muestras fueron saturadas en agua durante 48 horas para obtener el volumen verde.

**Tabla 4**

Cálculo de la densidad básica de la madera pino radiata

Nro.	Identificación	Volumen Inicial (ml)	Volumen final (ml)	Volumen verde (ml)	Peso seco (gr)	Densidad Básica (gr/cm <sup>3</sup> )
1	DB1	400	500	100	35.8	0.36
2	DB2	395	495	100	42.0	0.42
3	DB3	395	495	100	46.9	0.47
4	DB4	395	494	99	37.1	0.38
5	DB5	395	494	99	43.2	0.44
6	DB6	392	492	100	35.2	0.35
7	DB7	392	491	99	48.3	0.49
8	DB8	389	491	102	47.2	0.46
9	DB9	387	489	102	41.8	0.41
10	DB10	385	485	100	45.0	0.45
11	DB11	384	487.5	103.5	40.5	0.39
12	DB12	384	485	101	39.4	0.39
13	DB13	383	484	101	40.7	0.40
14	DB14	381	482	101	40.5	0.40
15	DB15	380	478.5	98.5	49.7	0.50
16	DB16	379	480	101	38.8	0.38
17	DB17	377	478	101	44.7	0.44
18	DB18	376	478	102	39.0	0.38

Nro.	Identificación	Volumen Inicial (ml)	Volumen final (ml)	Volumen verde (ml)	Peso seco (gr)	Densidad Básica (gr/cm <sup>3</sup> )
19	DB19	375	477	102	40.5	0.40
20	DB20	374	476	102	44.9	0.44
Promedio =						0.42
Desviación estándar =						0.04
Coeficiente de variación =						0.10

La primera columna es el ítem de muestra ensayada.

La segunda columna es la identificación de la muestra ensayada.

La tercera columna es la cantidad de agua que tiene la probeta antes de sumergir la muestra saturada.

La cuarta columna es el agua desplazada con la muestra sumergida por completo dentro de la probeta milimétrica.

La quinta columna es la diferencia entre el volumen final (cuarta columna) y el volumen inicial (tercera columna).

La sexta columna es el peso seco, la cual se obtiene sometiendo la muestra saturada al secado al horno con temperatura gradual que va desde 40°C a 103°C en un tiempo de 48 horas.

La séptima columna es la densidad básica obtenida de cada una de las muestras.

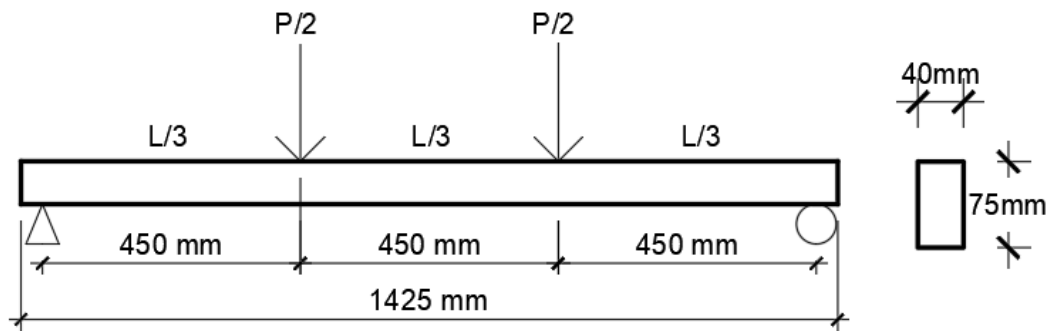
Finalmente obtenemos la densidad básica promedio de 0.42 gr/cm<sup>3</sup>, para una desviación estándar de 0.04 gr/cm<sup>3</sup> y un coeficiente de variación de 0.10.

#### **4.2 Propiedades elásticas del pino radiata**

Según el planteamiento metodológico planteado se realizaron ensayos a flexión en la maquina universal del laboratorio de estructuras de la escuela académica profesional de ingeniería civil de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Las muestras a escala natural son de 40mm de base, 75mm de altura de la sección rectangular, 1425mm de largo y la distancia entre apoyos es de 1350mm, las dos cargas que se aplica son a 1/3 de la distancia entre apoyos de ambos extremos, como se muestra en la figura 6.

**Figura 8**

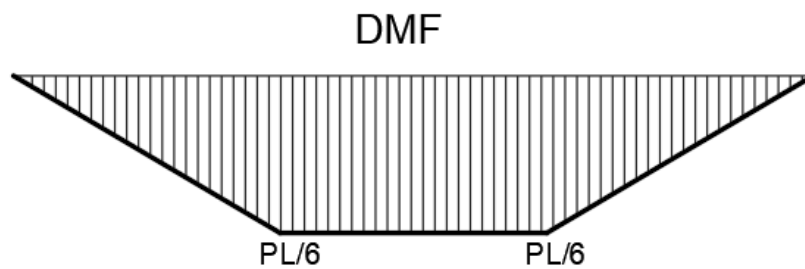
Detalle de aplicación de cargas sobre las muestras.



Este tipo de aplicación de carga es para obtener mayores momentos flectores en la parte central de la viga y un esfuerzo cortante nulo como muestra la siguiente figura 7 y figura 8.

**Figura 9**

Diagrama de momento flector de la viga.



**Figura 10**

Diagrama de fuerza cortante de la viga.



#### 4.2.1 Módulo de elasticidad

Para determinar el módulo de elasticidad, la pendiente de la curva Carga Vs Deformación se mide sobre un desplazamiento de cabezal de 4.5 mm/min de iniciada la aplicación de la carga, donde el módulo de elasticidad se calcula con la siguiente ecuación

:

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w} \quad (6)$$

$a$  = distancia entre el punto de carga y el punto de apoyo en la viga, en milímetros, (450mm para nuestro caso).

$l_1$  = luz para determinar el módulo de elasticidad, en milímetros, (1350mm para nuestro caso).

$\Delta F$  = incremento de carga por debajo del límite proporcional, en Newtons.

$I$  = momento de inercia de la sección respecto al eje x, en mm<sup>4</sup>.

$\Delta w$  = Deformación bajo incremento de carga, en milímetros.

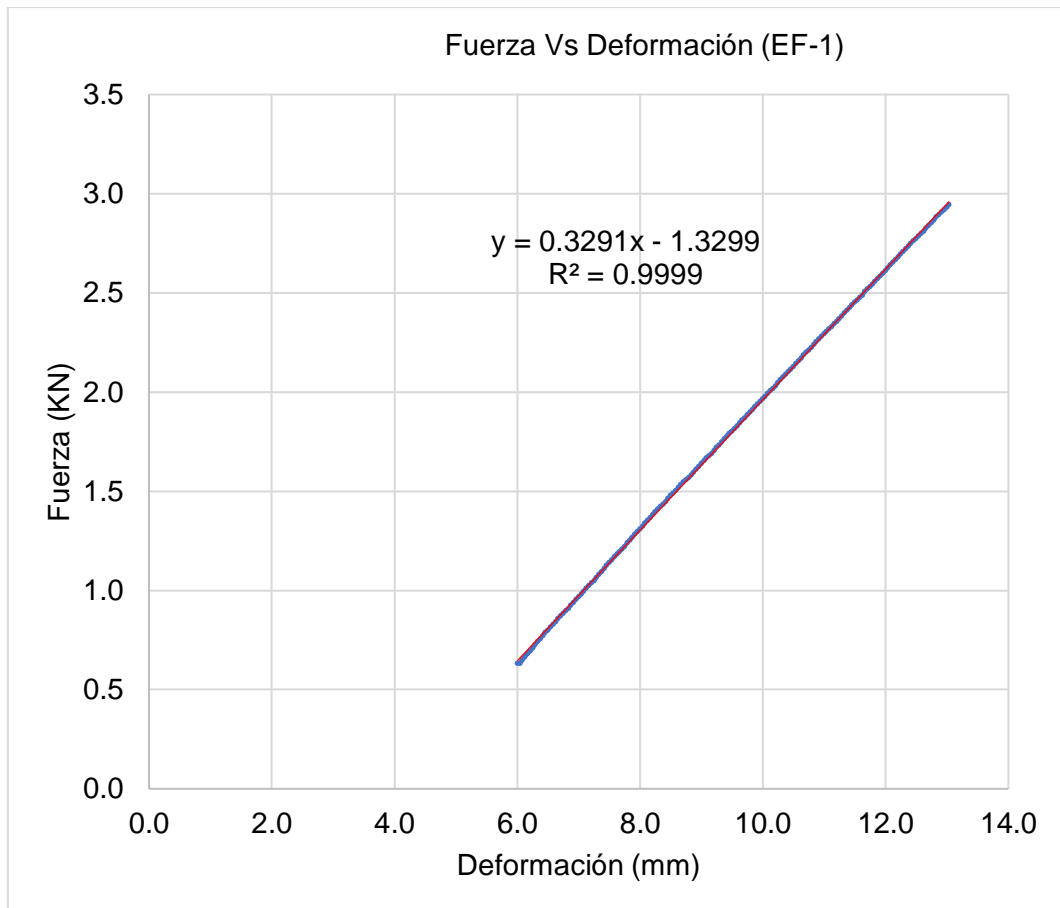
$E_m$  = módulo de elasticidad, en MPa.

#### **4.2.1.1 Muestra EF-1**

#### **Figura 11**

Curva Carga Vs Deformación para el Espécimen N°1.





Donde:

La línea azul representa la Curva Carga– Deformación

La línea roja representa la Curva Carga– Deformación ajustada a una recta.

En la Figura 11, observamos la curva Carga – Deformación de la probeta 01, bajo un desplazamiento de cabezal de 4.5 mm/min, desde el instante de contacto del cabezal con la probeta, en donde:

$$60 \times 10^{-3} \text{ h m} \frac{\text{m}}{\text{min}} = 60 \times 10^{-3} \times 75 = 4.5 \text{ mm/min}$$

La curva Carga – Deformación fue ajustada a una recta para poder obtener una ecuación constante:

$$y = 0.329.1x - 1.3299$$

Donde “x” es la deformación que sufre la probeta para un incremento de carga “y”, derivando la ecuación obtenemos:

$$dy = 0.3291dx$$

$$\frac{dy}{dx} = 0.3291$$

$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3291 \frac{KN}{mm} = 3291 N/mm$$

El módulo de inercia de una sección rectangular esta dado por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (7)$$

Donde:

I= módulo de inercia de la sección transversal respecto al eje x, en milímetros a la cuarta potencia (mm<sup>4</sup>).

b= base de la sección transversal de la muestra, en milímetros (mm).

h= altura de la sección transversal de la muestra, en milímetros (mm).

Reemplazando los valores para la muestra EF-1 para el módulo de inercia, obtenemos:

$$I = \frac{(40mm) \times (75mm)^3}{12} = 1406250 \text{ mm}^4$$

Finalmente, para obtener el módulo de elasticidad a flexión reemplazamos en la ecuación (11) de la presente investigación tenemos:

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1406250mm^4} \times 329.1 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 11,995.70 \text{ MPa}$$

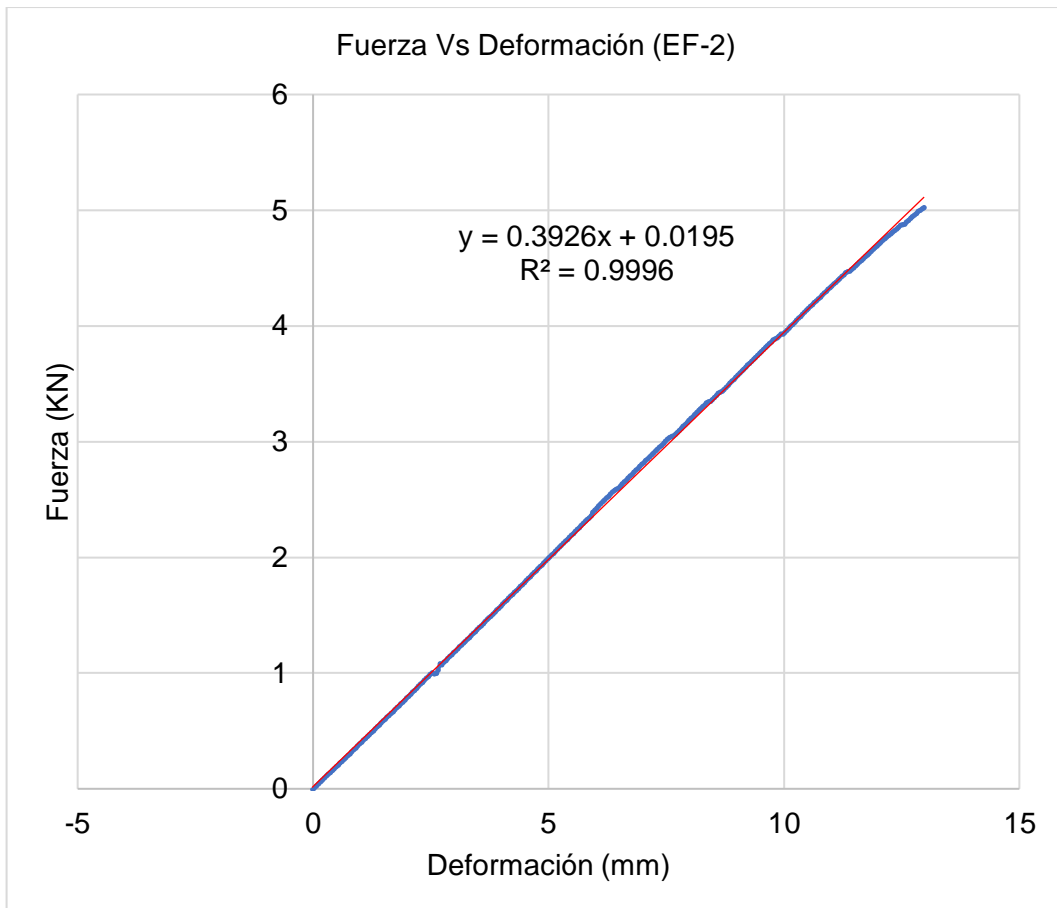
Prosiguiendo de la misma forma se obtiene los demás módulos de elasticidad para los 30 ensayos de flexión estática.

#### 4.2.1.2 Muestra EF-2

Siguiendo los mismos pasos descritos para la muestra EF-1, obtenemos el módulo de elasticidad para la muestra EF-2.

#### Figura 12

Curva Carga Vs Deformación para el Espécimen N°02



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3926 \frac{KN}{mm} = 392.6 N/mm$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

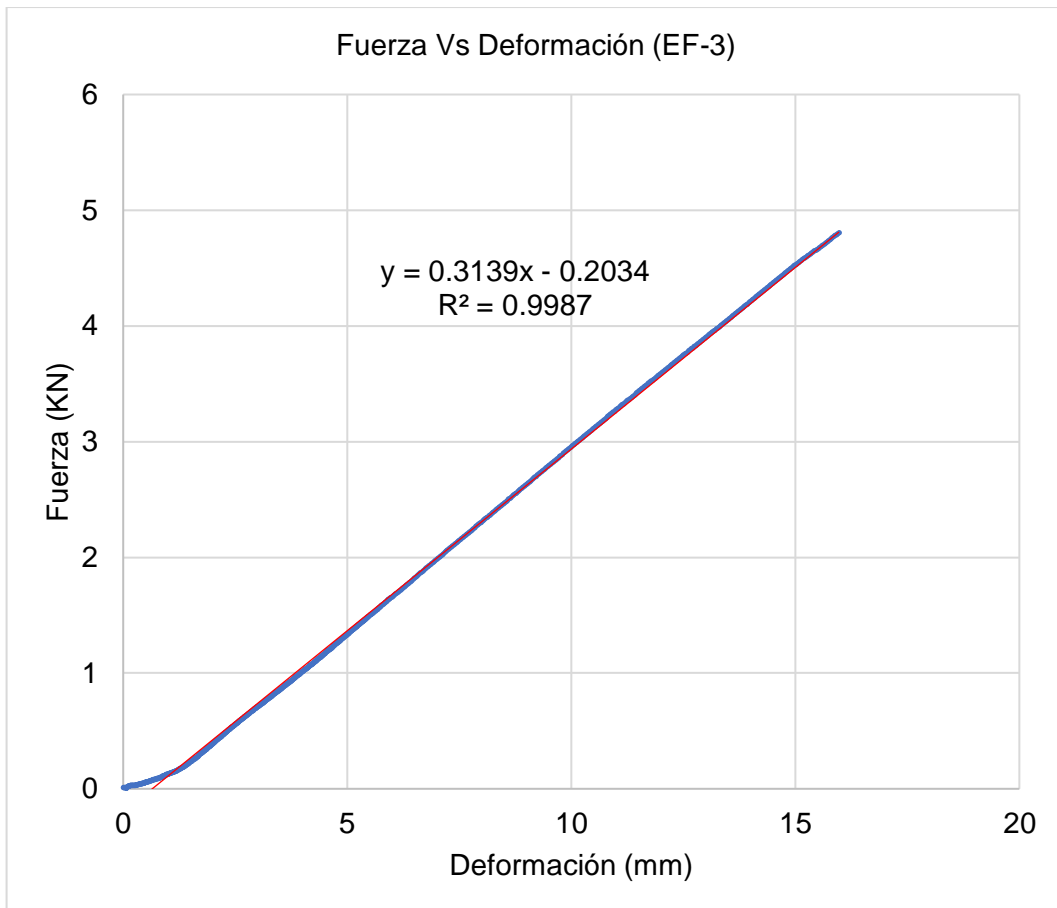
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1406250mm^4} \times 392.6 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 14,310.27 MPa$$

#### 4.2.1.3 Muestra EF-3

**Figura 13**

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°3



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3139 \frac{KN}{mm} = 313.9 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

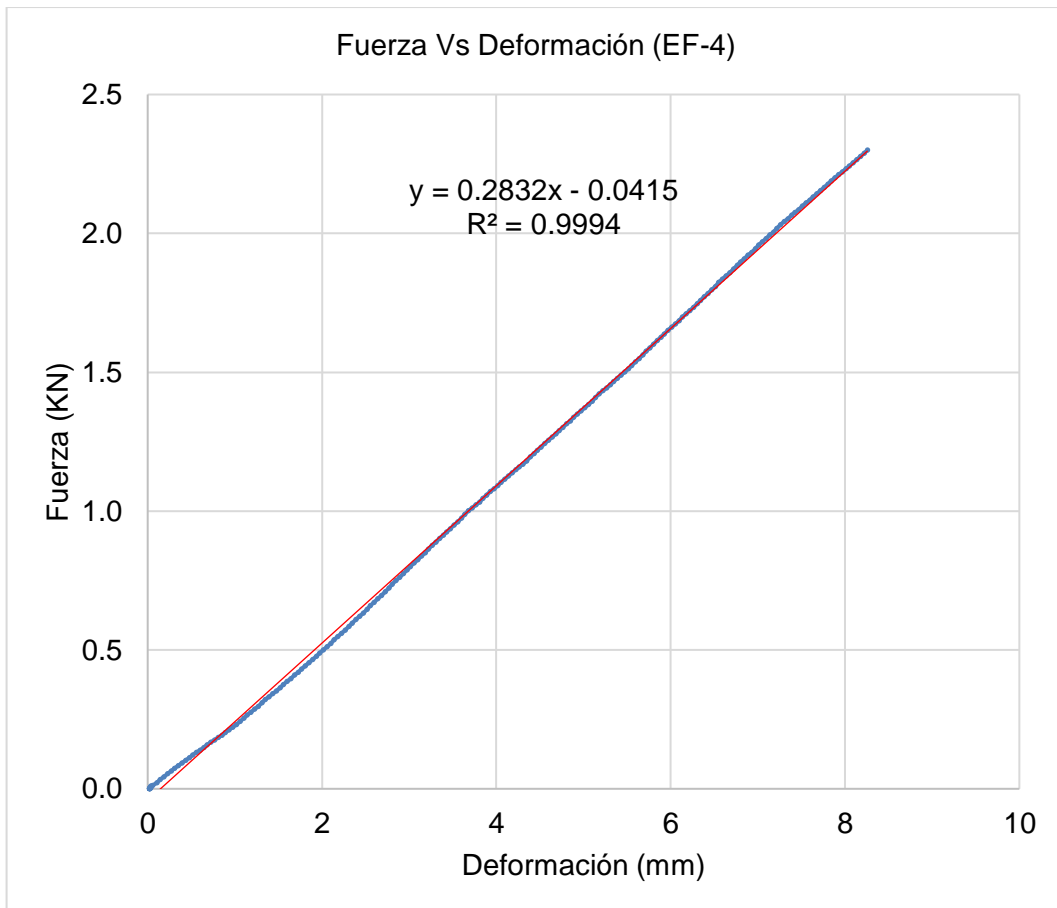
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 313.9 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 11621.27 MPa$$

#### 4.2.1.4 Muestra EF-4

**Figura 14**

Curva Carga Vs Deformación para el Espécimen N°4



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.2832 \frac{KN}{mm} = 283.2 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

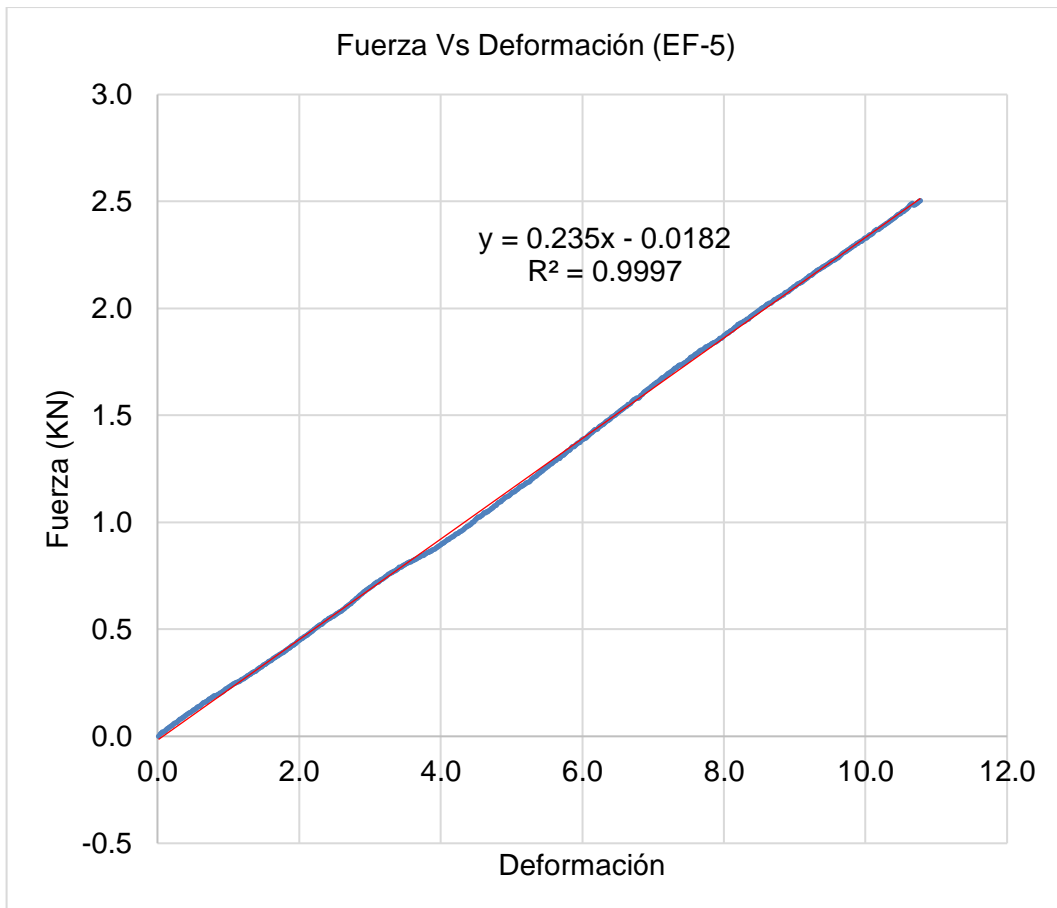
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 283.2 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 10070.87 MPa$$

#### 4.2.1.5 Muestra EF-5

**Figura 15**

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen EF-5



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.235 \frac{KN}{mm} = 235 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

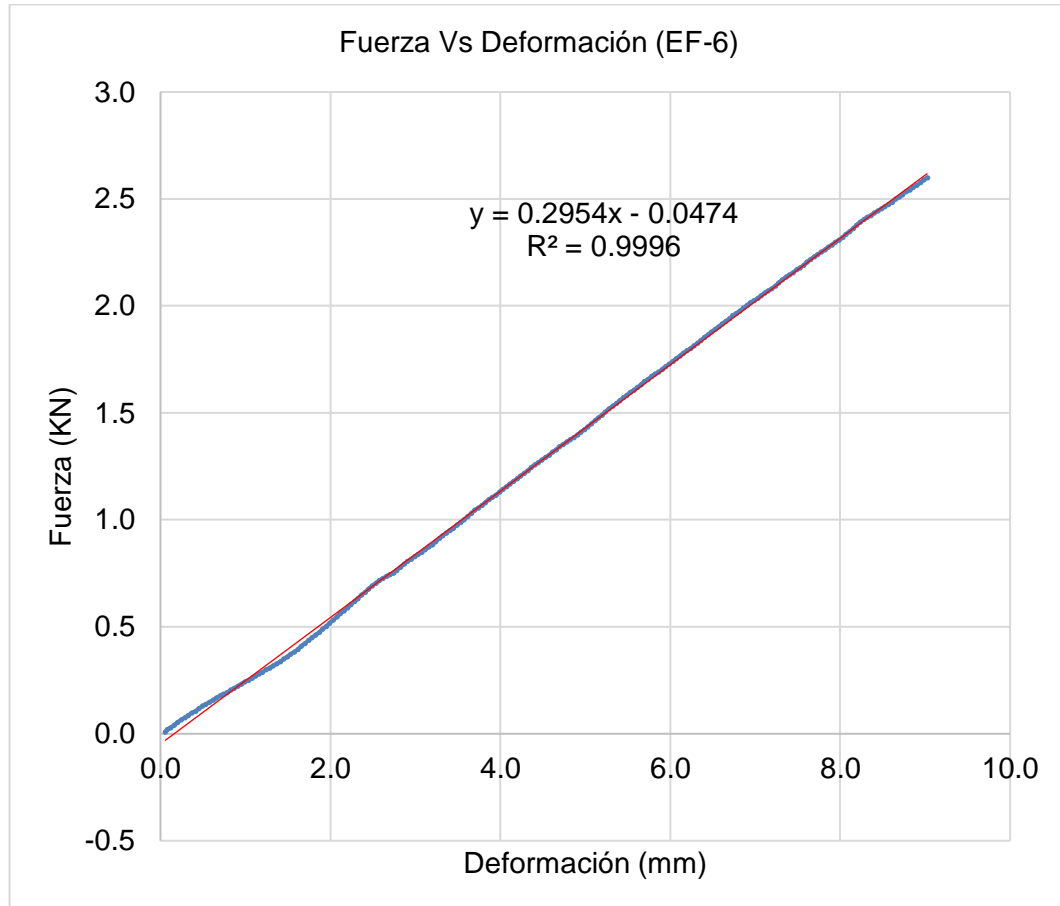
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 235 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 8356.83 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.6 Muestra EF-6

Figura 16

Curva Fuerza Vs Deformación para el Especimen N°6



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.2954 \frac{KN}{mm} = 295.4 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

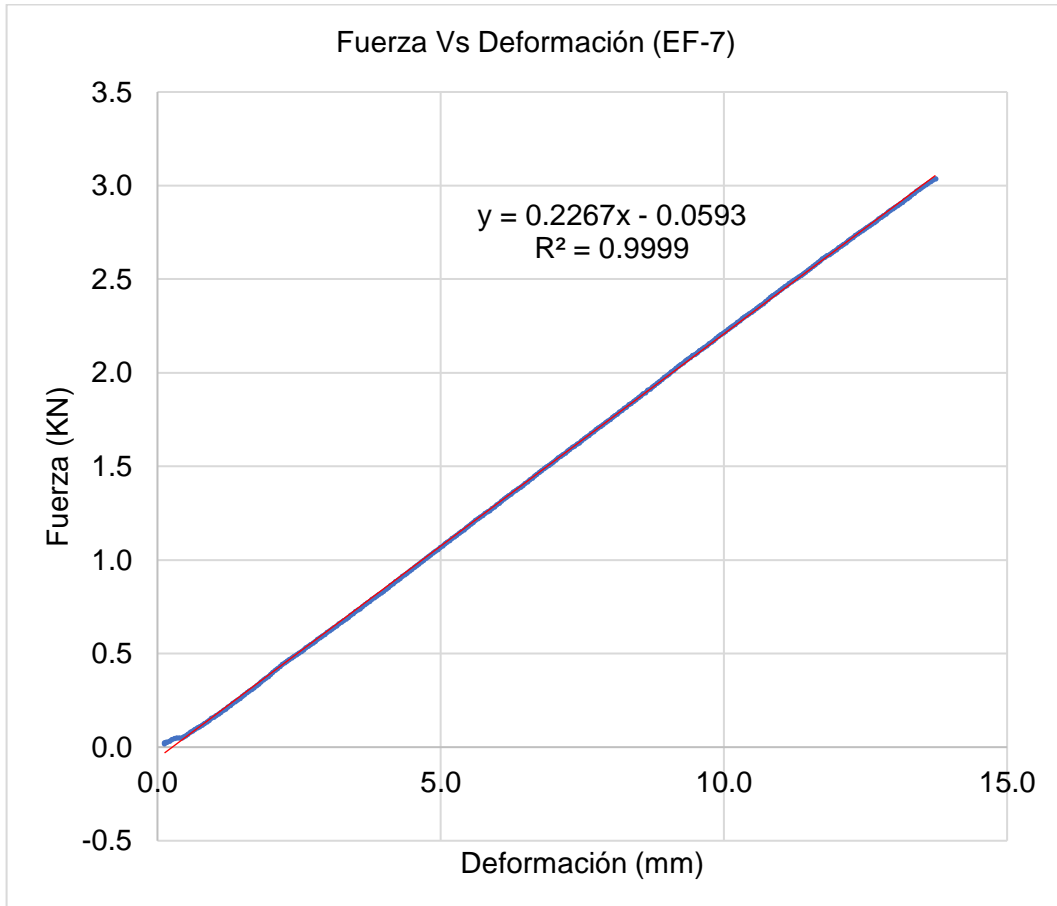
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 295.4 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 10936.36 MPa$$

#### 4.2.1.7 Muestra EF-7

Figura 17

Curva Fuerza Vs Deformación para el Especimen N°7



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.2267 \frac{KN}{mm} = 226.7 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 226.7 \frac{N}{mm}$$

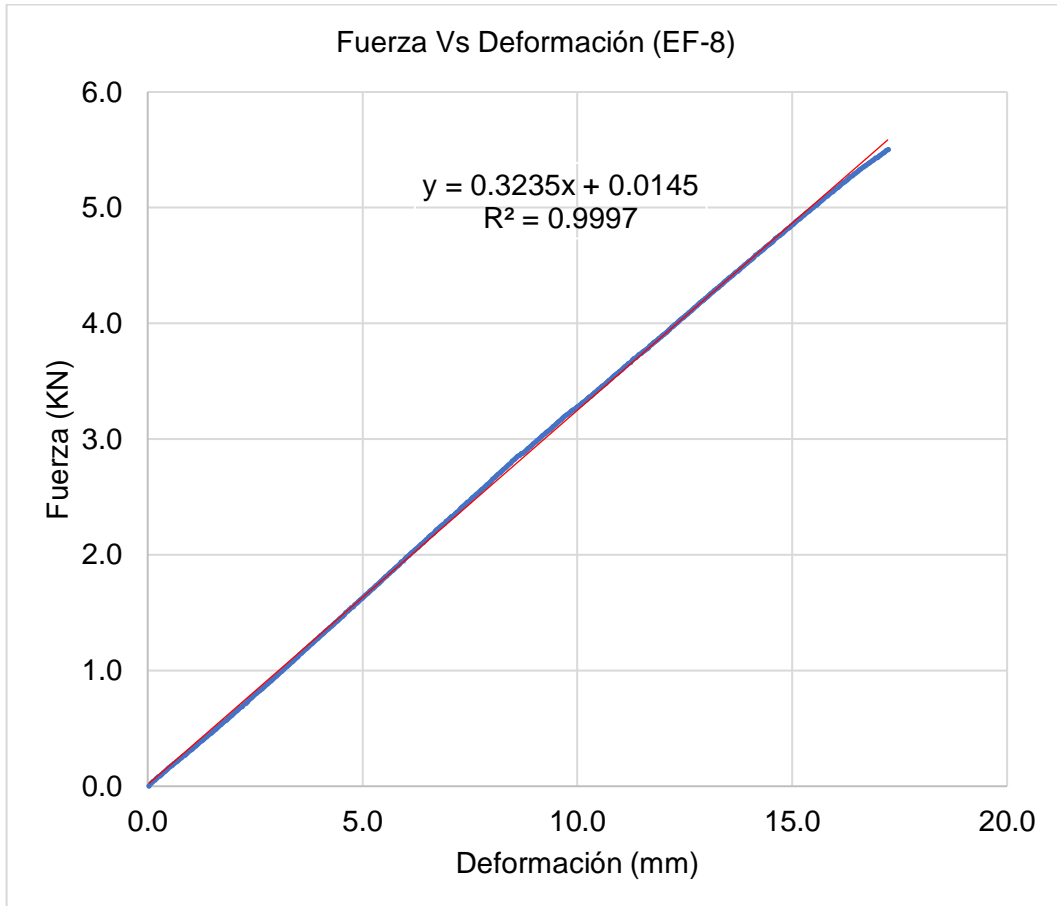
$$E_m = 8061.67 MPa$$



#### 4.2.1.8 Muestra EF-8

Figura 18

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°8



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3235 \frac{KN}{mm} = 323.5 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

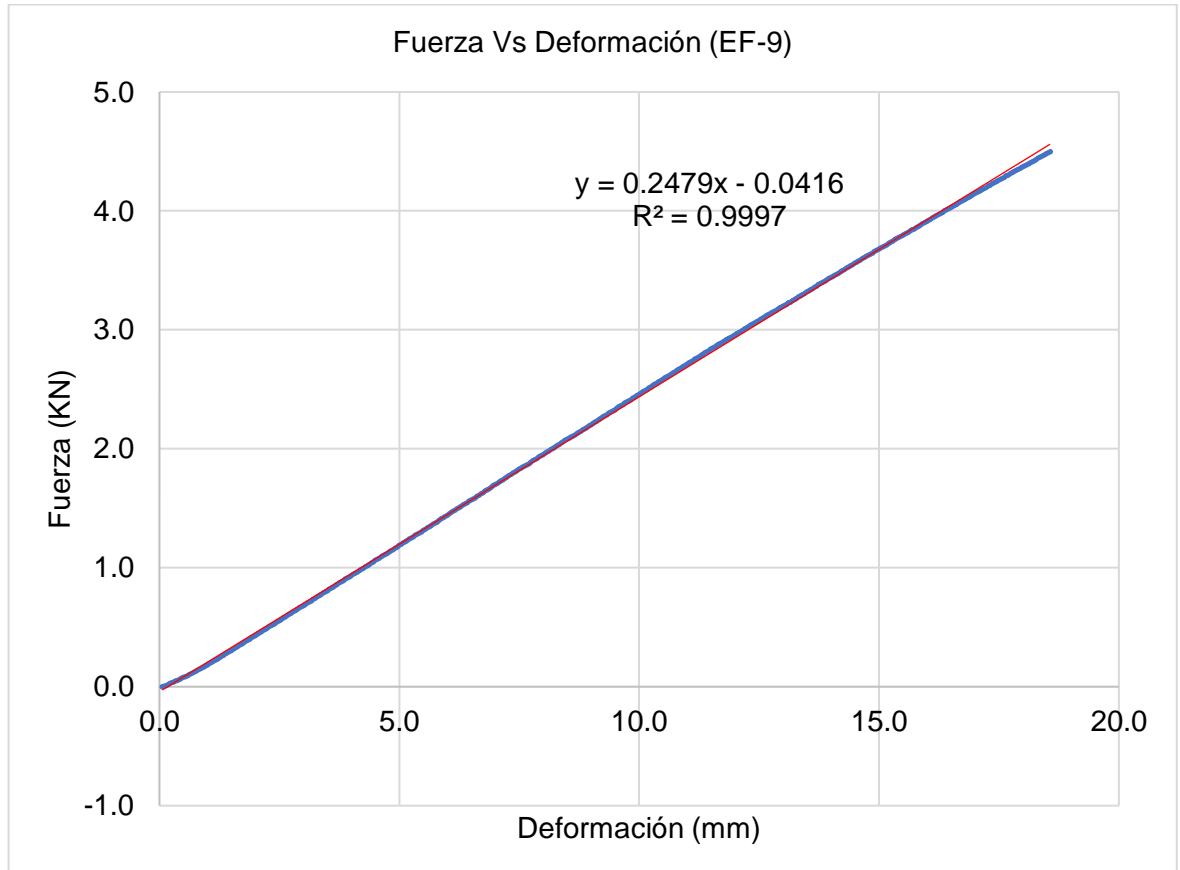
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 323.5 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 11503.98 MPa$$

#### 4.2.1.9 Muestra EF-9

Figura 19

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°9



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.2479 \frac{KN}{mm} = 247.9 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

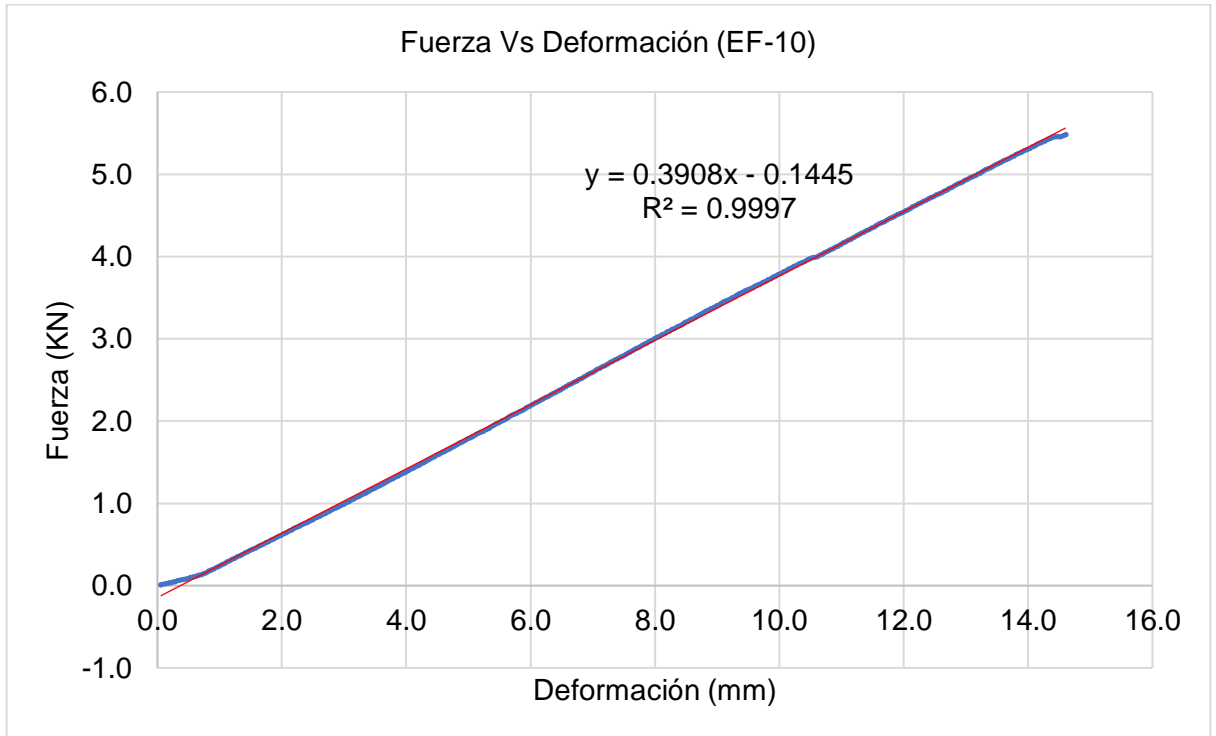
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 247.9 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 8815.57 MPa$$

#### 4.2.1.10 Muestra EF-10

Figura 20

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°10



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3908 \frac{KN}{mm} = 390.8 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

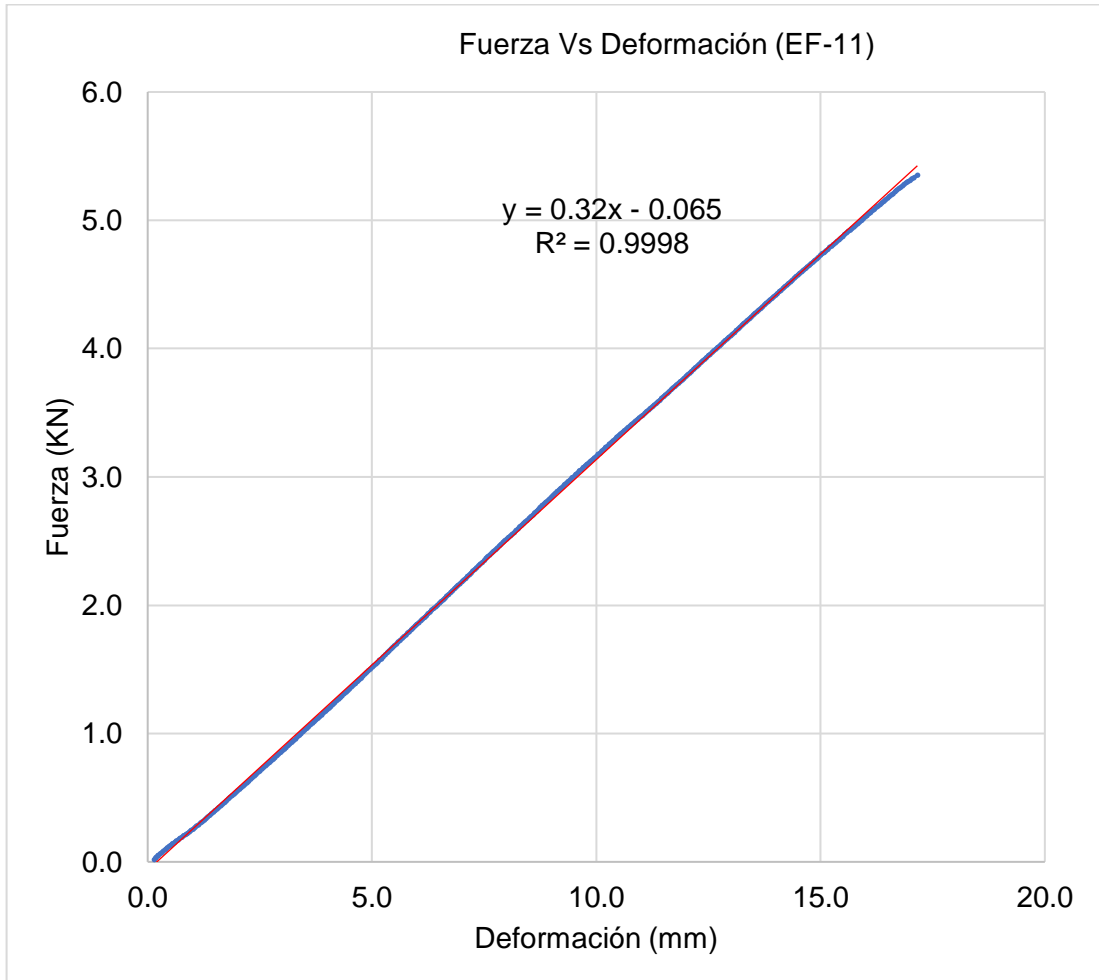
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 390.8 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 14468.28 MPa$$

#### 4.2.1.11 Muestra EF-11

Figura 21

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°11



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.32 \frac{KN}{mm} = 320 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

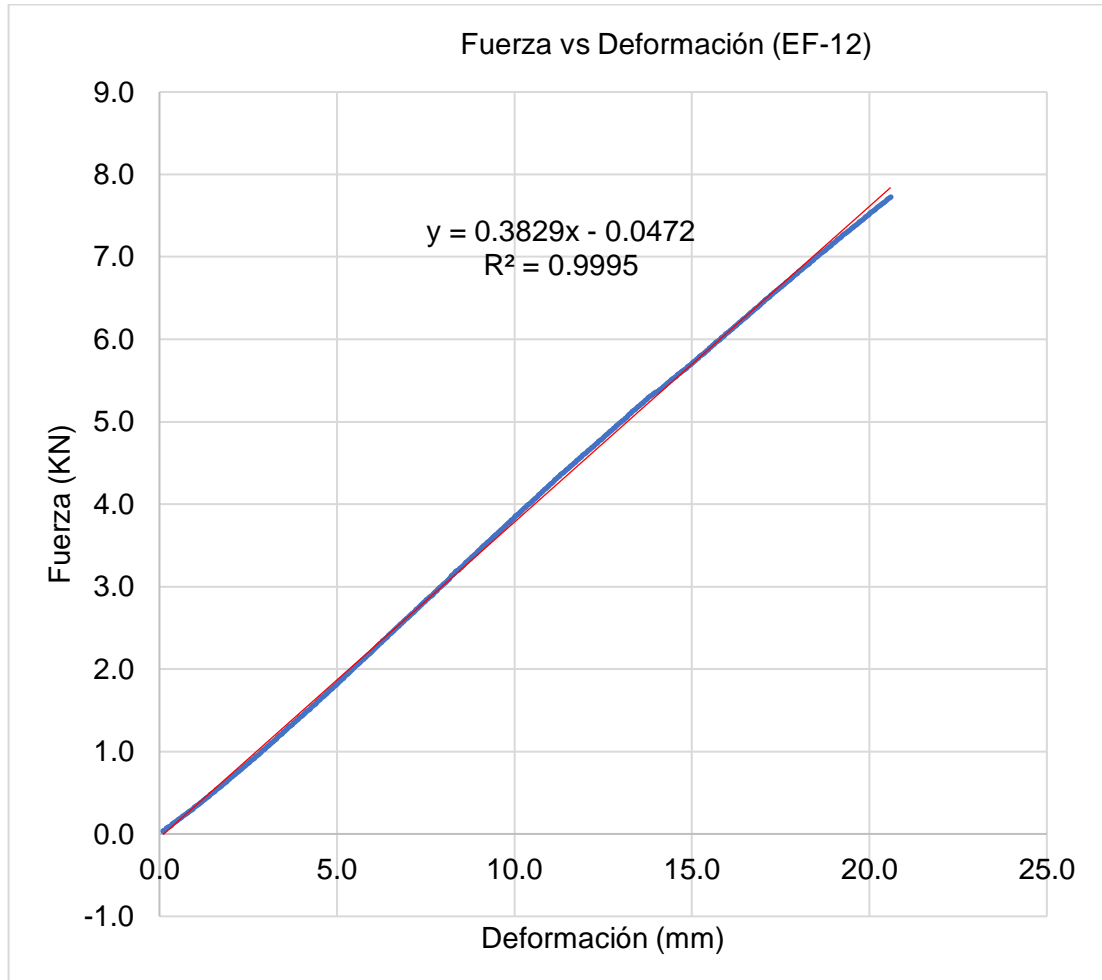
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 320 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 11847.11 MPa$$

#### 4.2.1.12 Muestra EF-12

Figura 22

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°12



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3829 \frac{KN}{mm} = 382.9 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

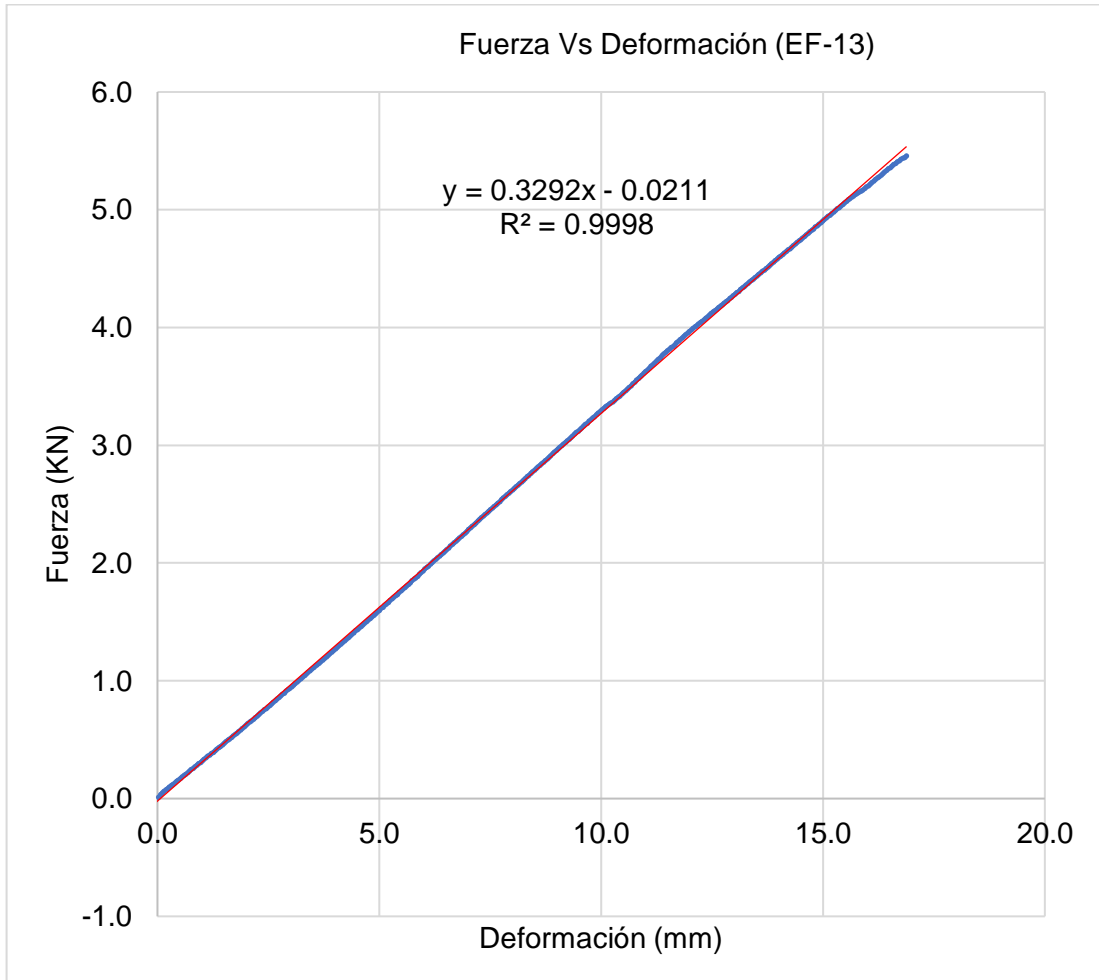
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 382.9 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 14175.80 MPa$$

#### 4.2.1.13 Muestra EF-13

Figura 23

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°13



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3292 \frac{KN}{mm} = 329.2 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

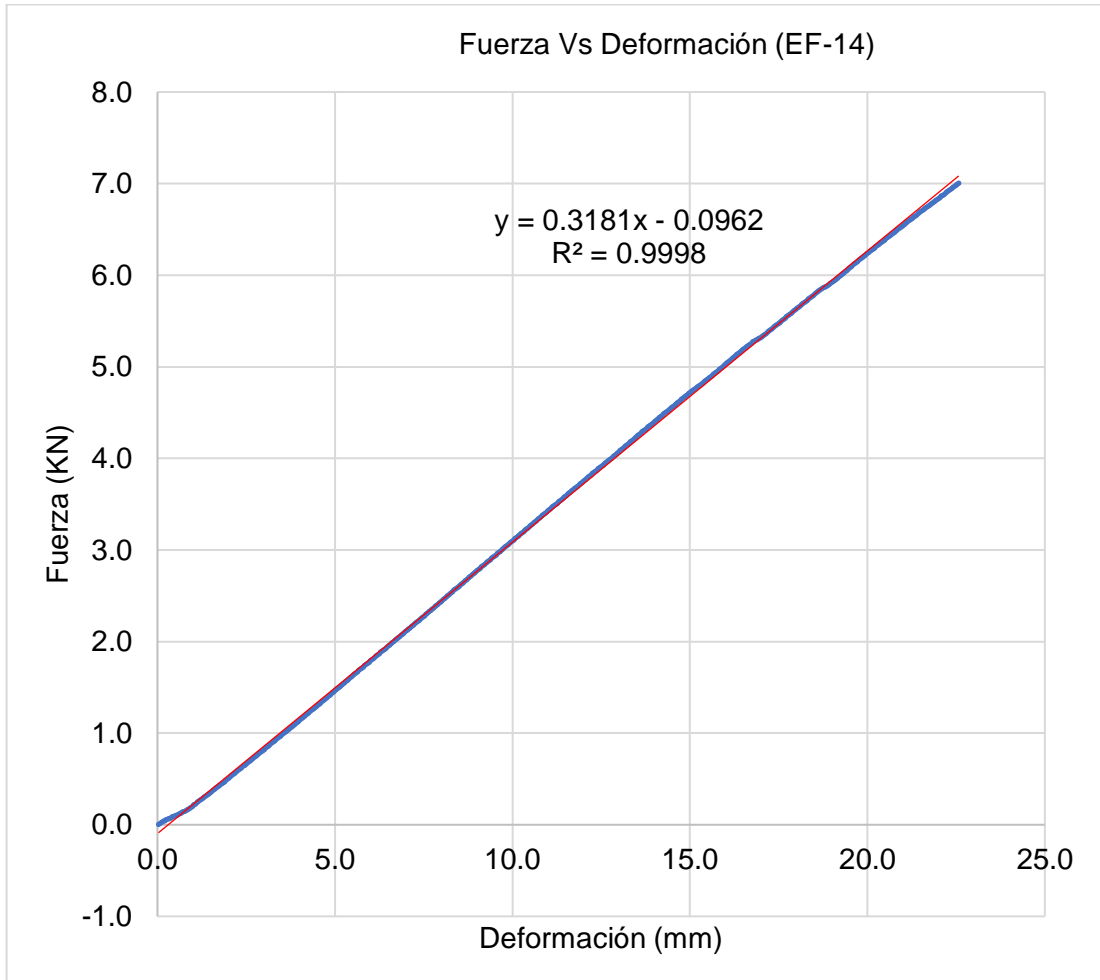
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 329.2 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 11706.67 MPa$$

#### 4.2.1.14 Muestra EF-14

Figura 24

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°14



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3181 \frac{KN}{mm} = 3181.1 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

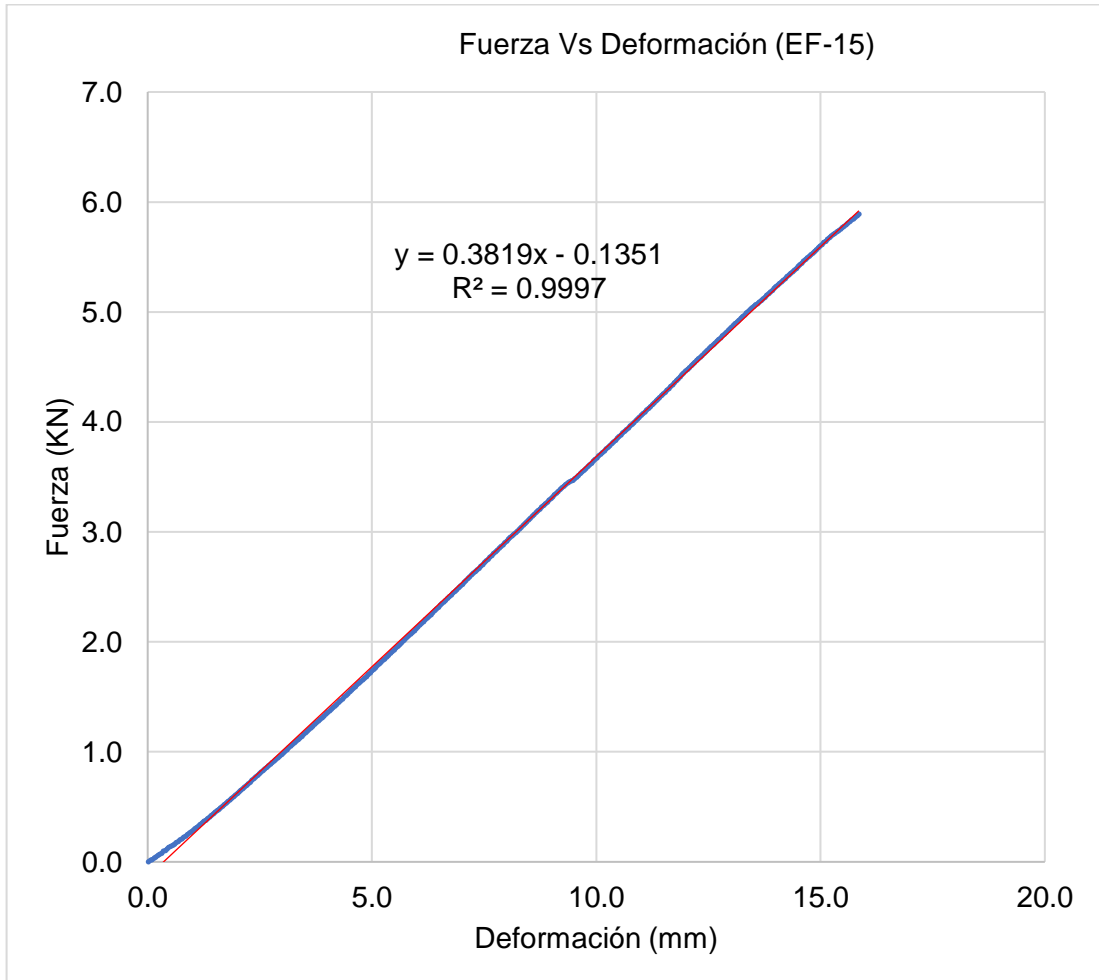
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 3181.1 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 11776.76 MPa$$

#### 4.2.1.15 Muestra EF-15

Figura 25

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°15



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3819 \frac{KN}{mm} = 381.9 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 381.9 \frac{N}{mm}$$

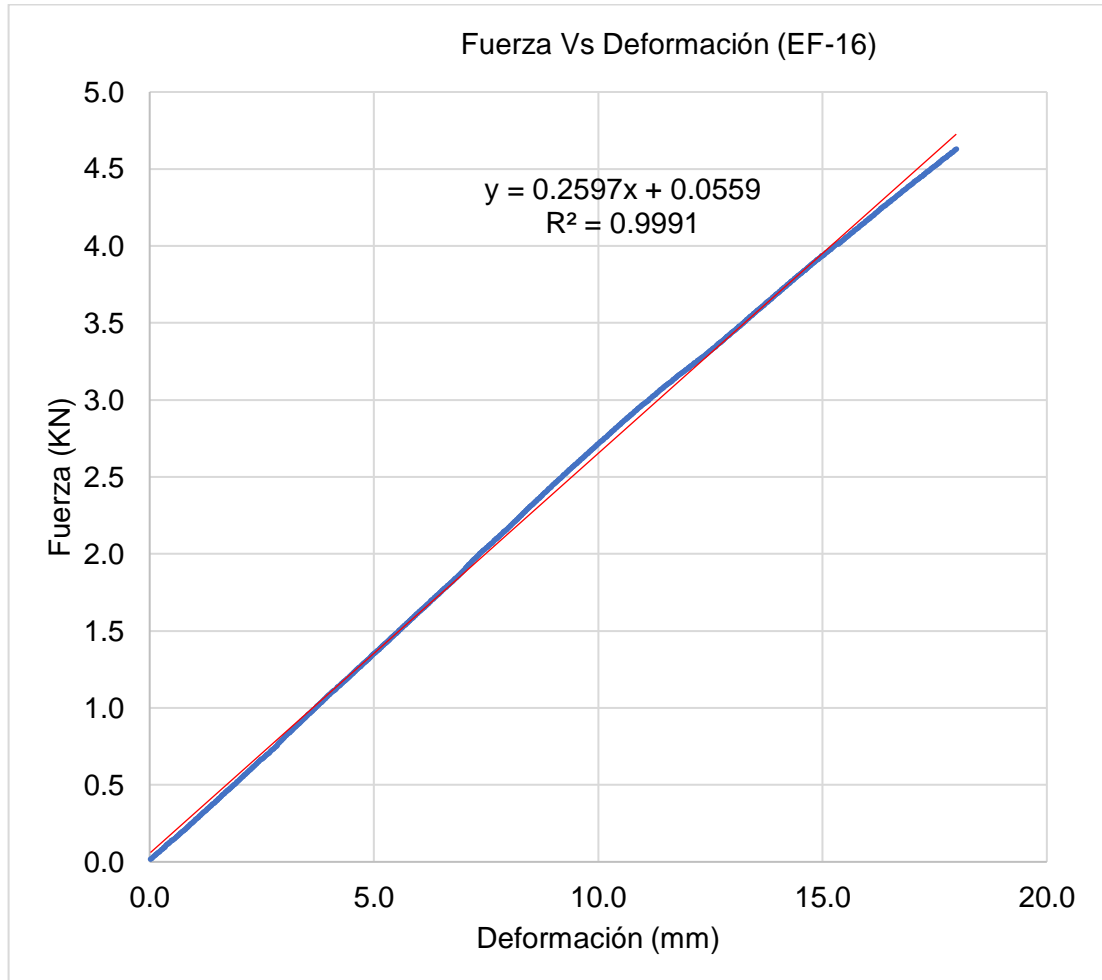
$$E_m = 13580.74 MPa$$



#### 4.2.1.16 Muestra EF-16

Figura 26

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°16



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.2597 \frac{KN}{mm} = 259.7 N/mm$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 mm^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

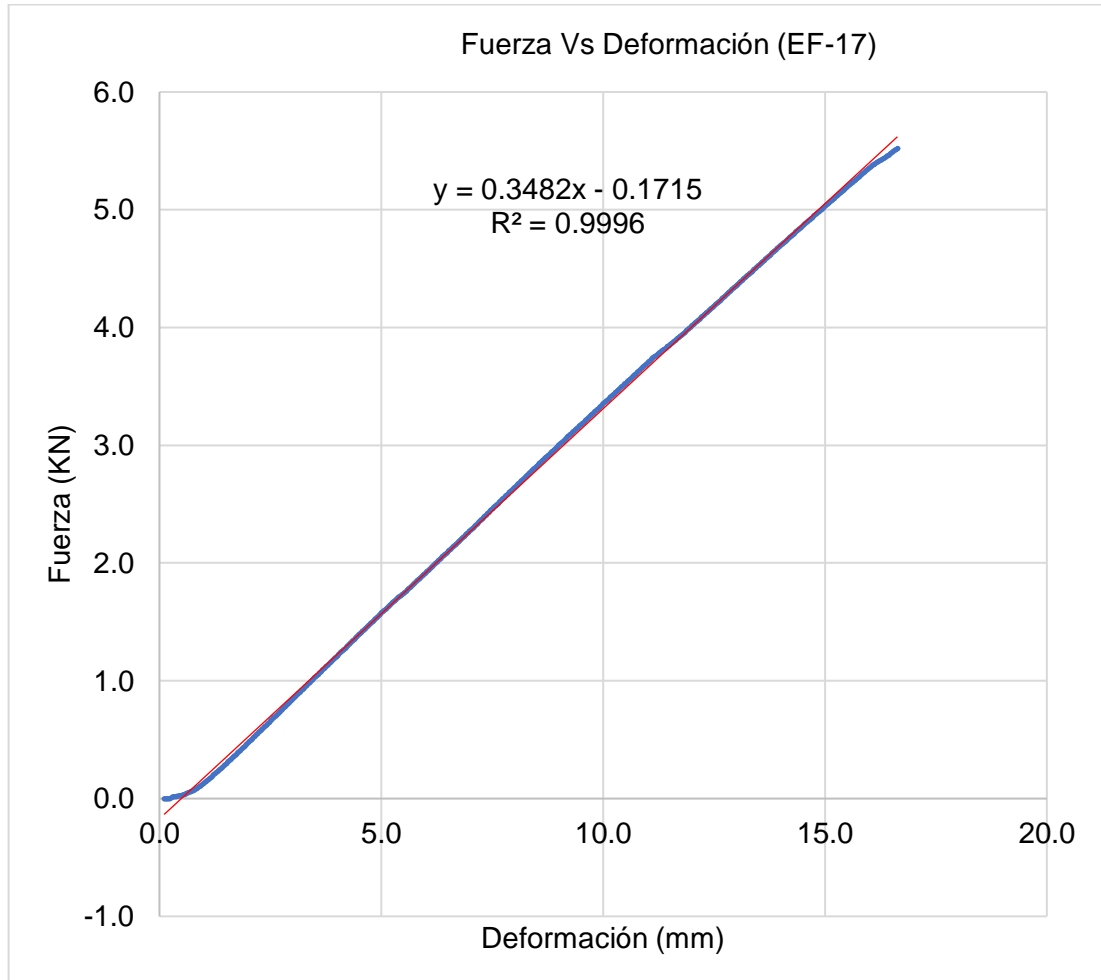
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 259.7 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 9614.67 MPa$$

#### 4.2.1.17 Muestra EF-17

Figura 27

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°17



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3482 \frac{KN}{mm} = 348.2 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

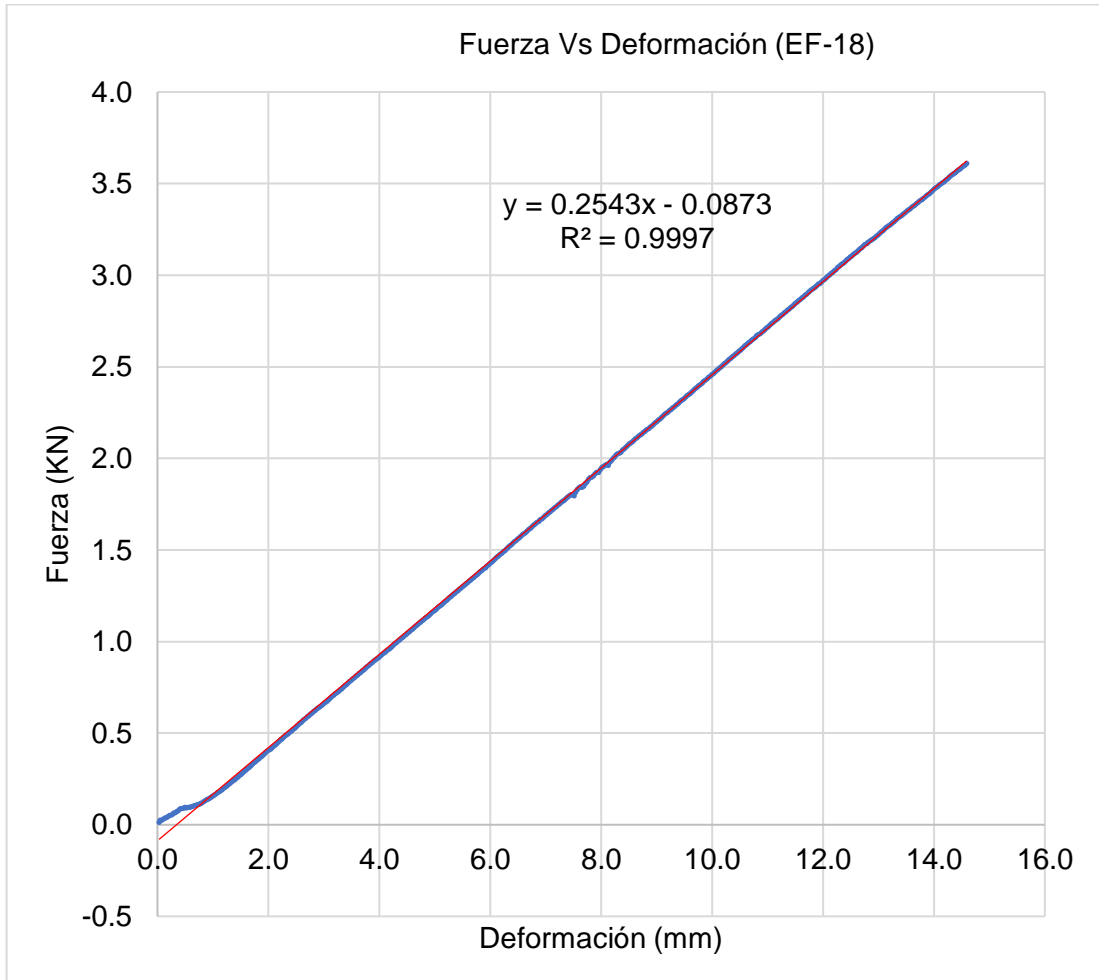
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 348.2 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 12891.13 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.18 Muestra EF-18

Figura 28

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°18



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.2543 \frac{KN}{mm} = 254.3 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

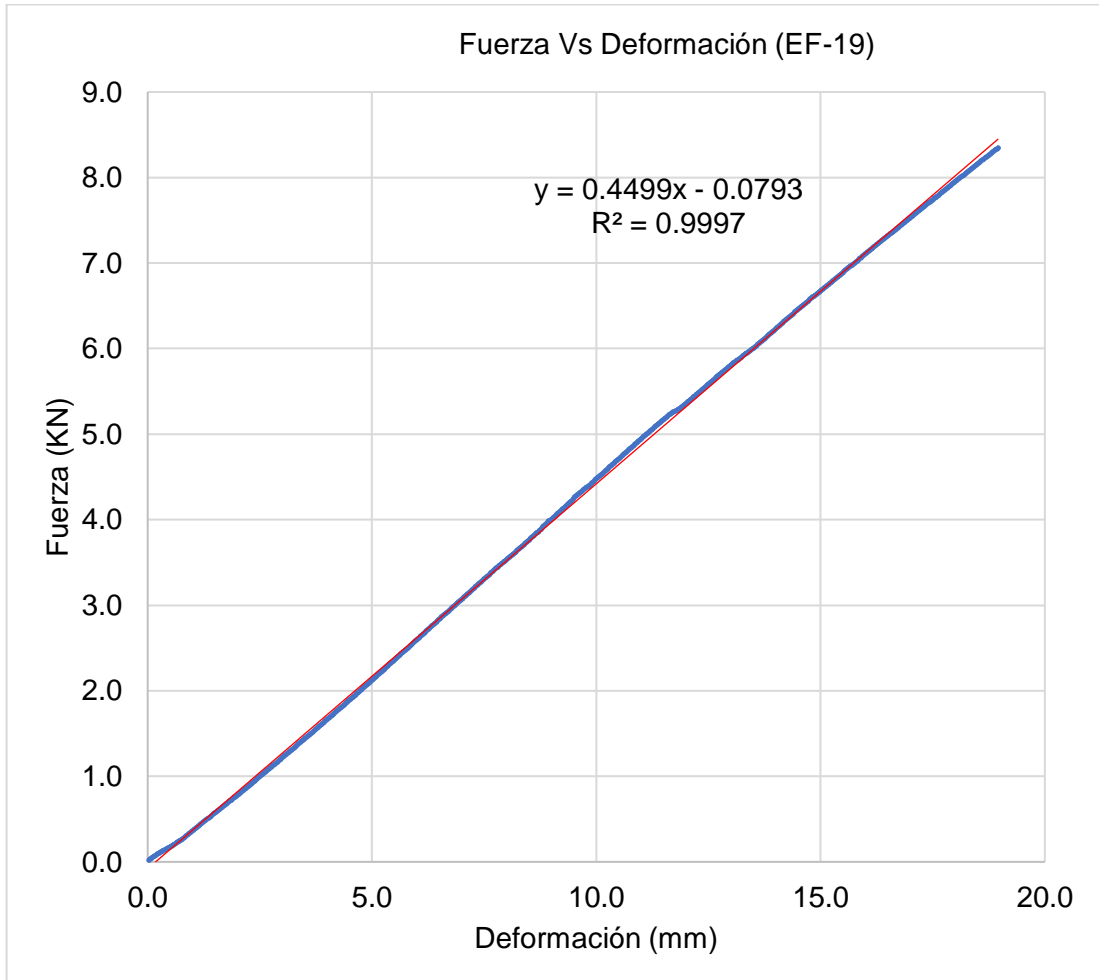
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 254.3 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 9414.75 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.19 Muestra EF-19

Figura 29

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°19



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.4499 \frac{KN}{mm} = 449.9 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

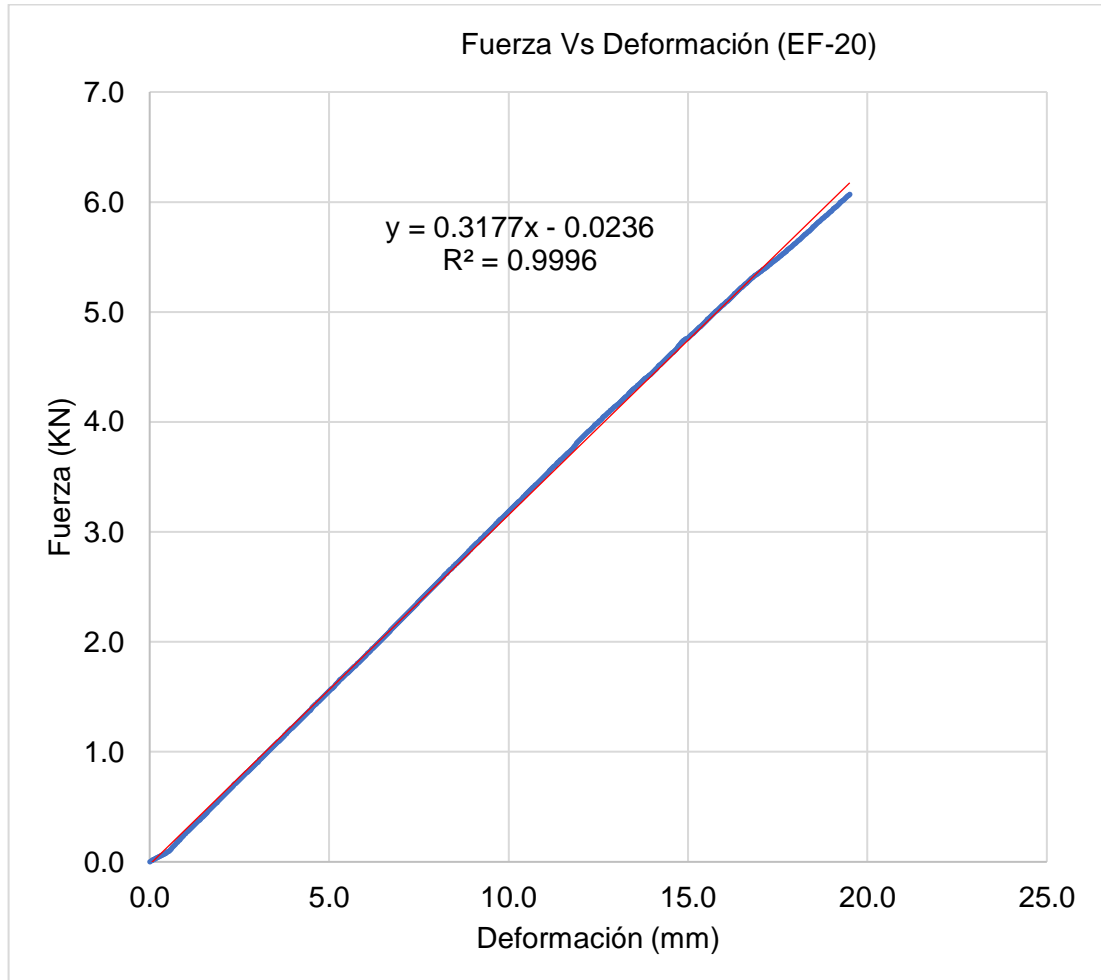
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 449.9 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 16656.29 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.20 Muestra EF-20

Figura 30

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°20



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3177 \frac{KN}{mm} = 317.7 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

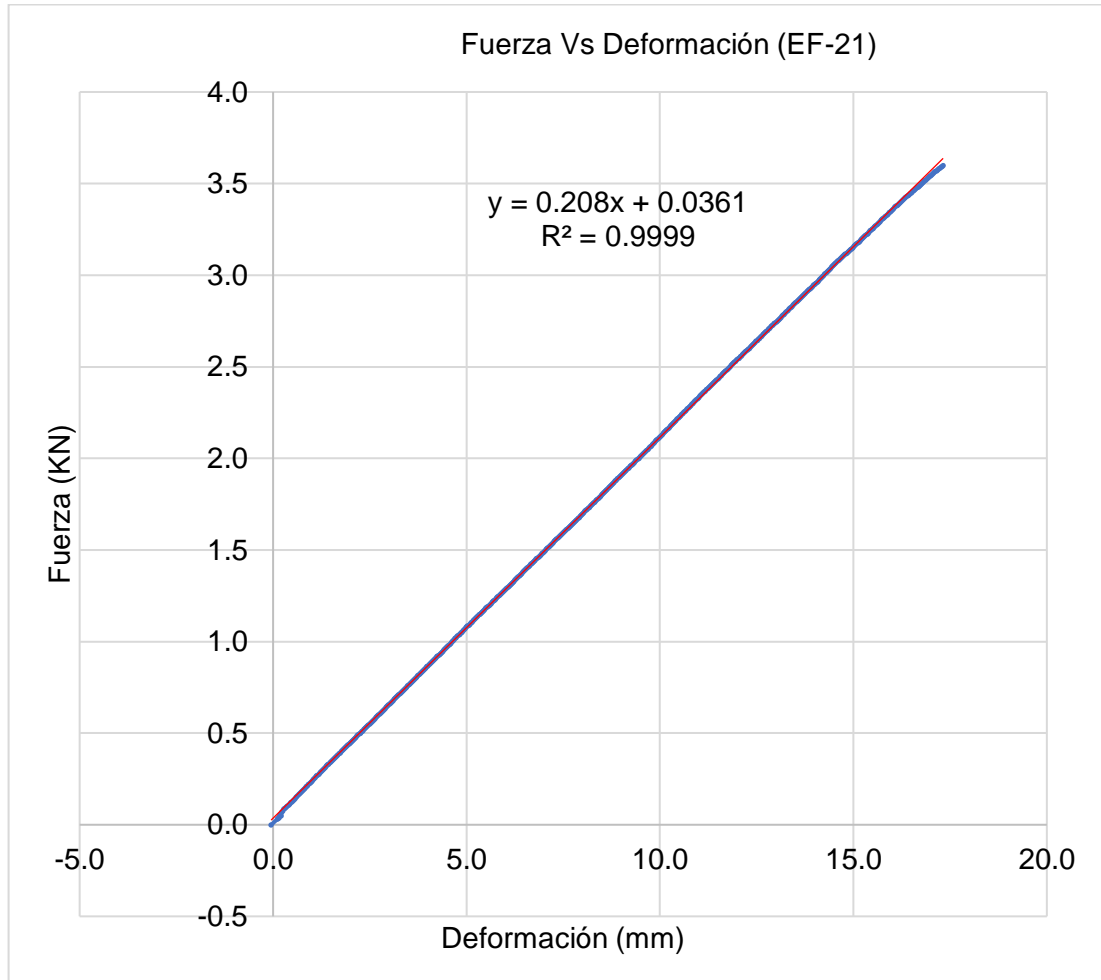
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 317.7 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 11761.96MPa$$

#### 4.2.1.21 Muestra EF-21

Figura 31

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°21



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.208 \frac{KN}{mm} = 208 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

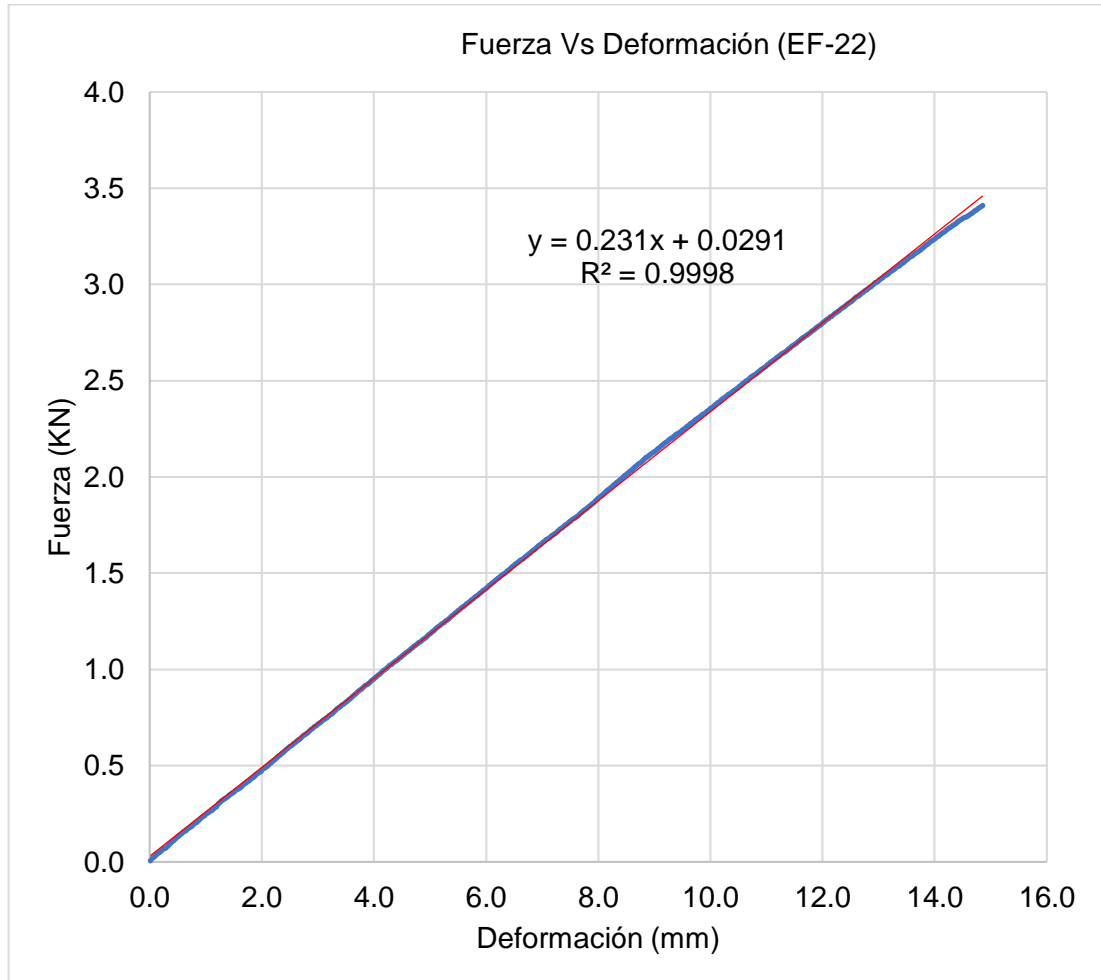
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 208 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 7700.62 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.22 Muestra EF-22

Figura 32

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°22



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.231 \frac{KN}{mm} = 231 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

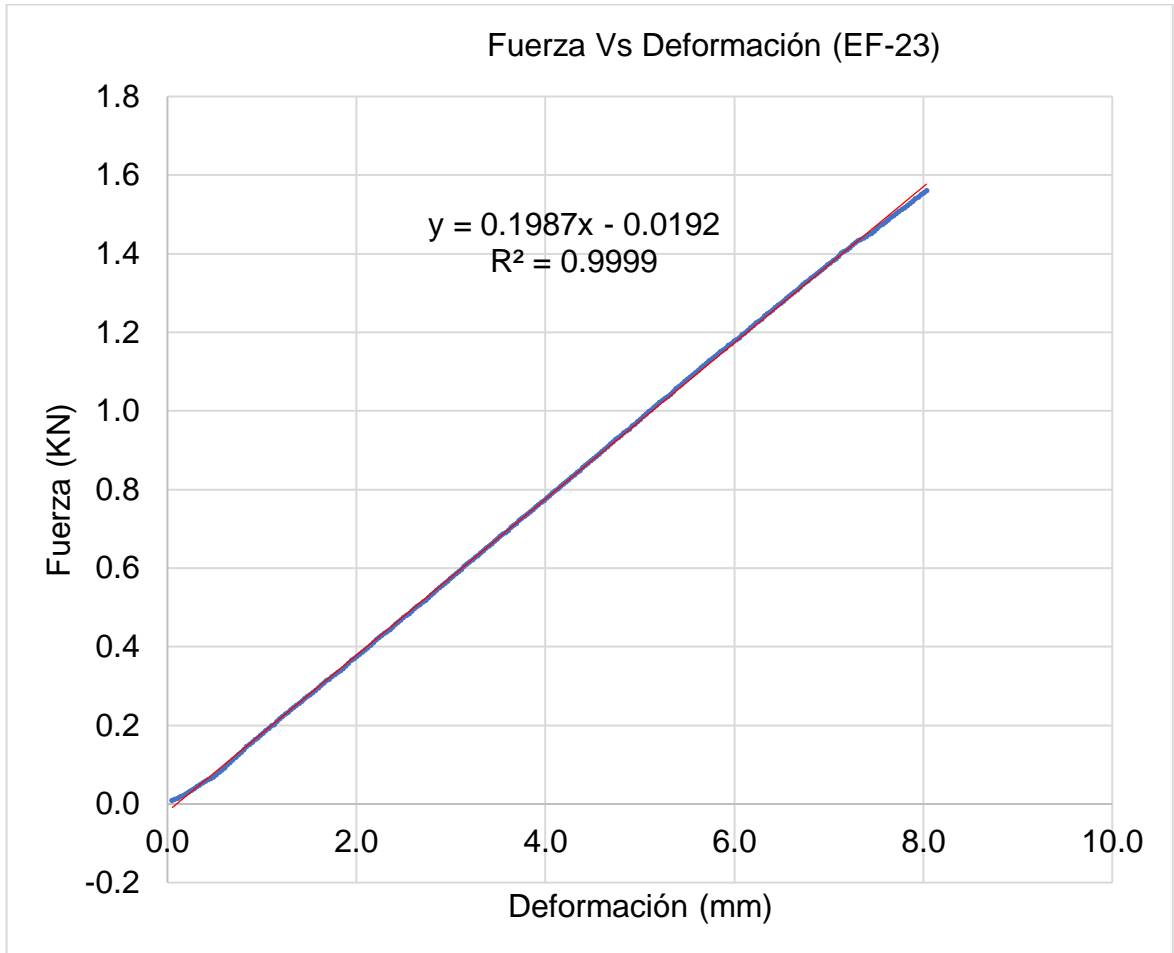
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 231 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 8552.13 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.23 Muestra EF-23

Figura 33

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°23



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3105 \frac{KN}{mm} = 310.5 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 310.5 \frac{N}{mm}$$

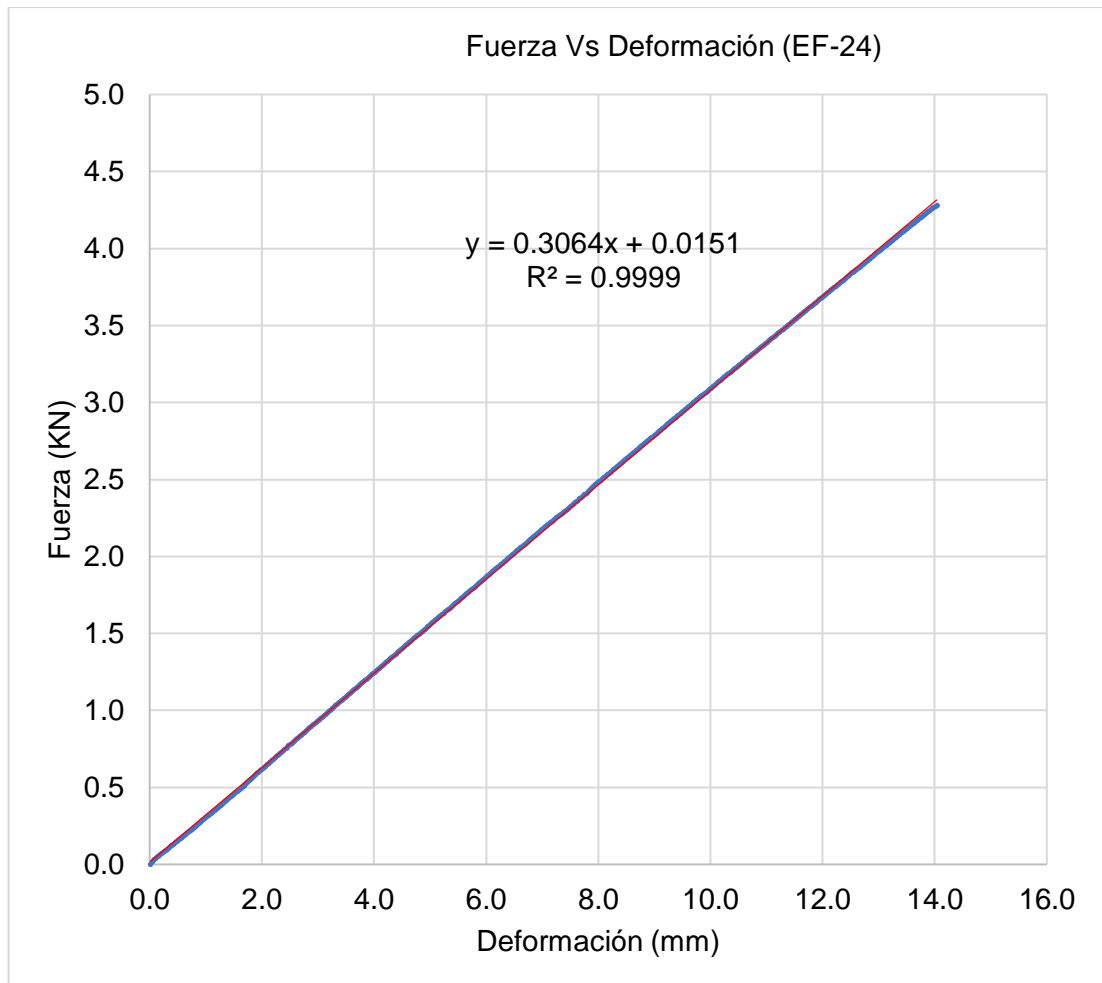
$$E_m = 11495.40 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.24 Muestra EF-24

Figura 34

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°24





$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3064 \frac{KN}{mm} = 306.4 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

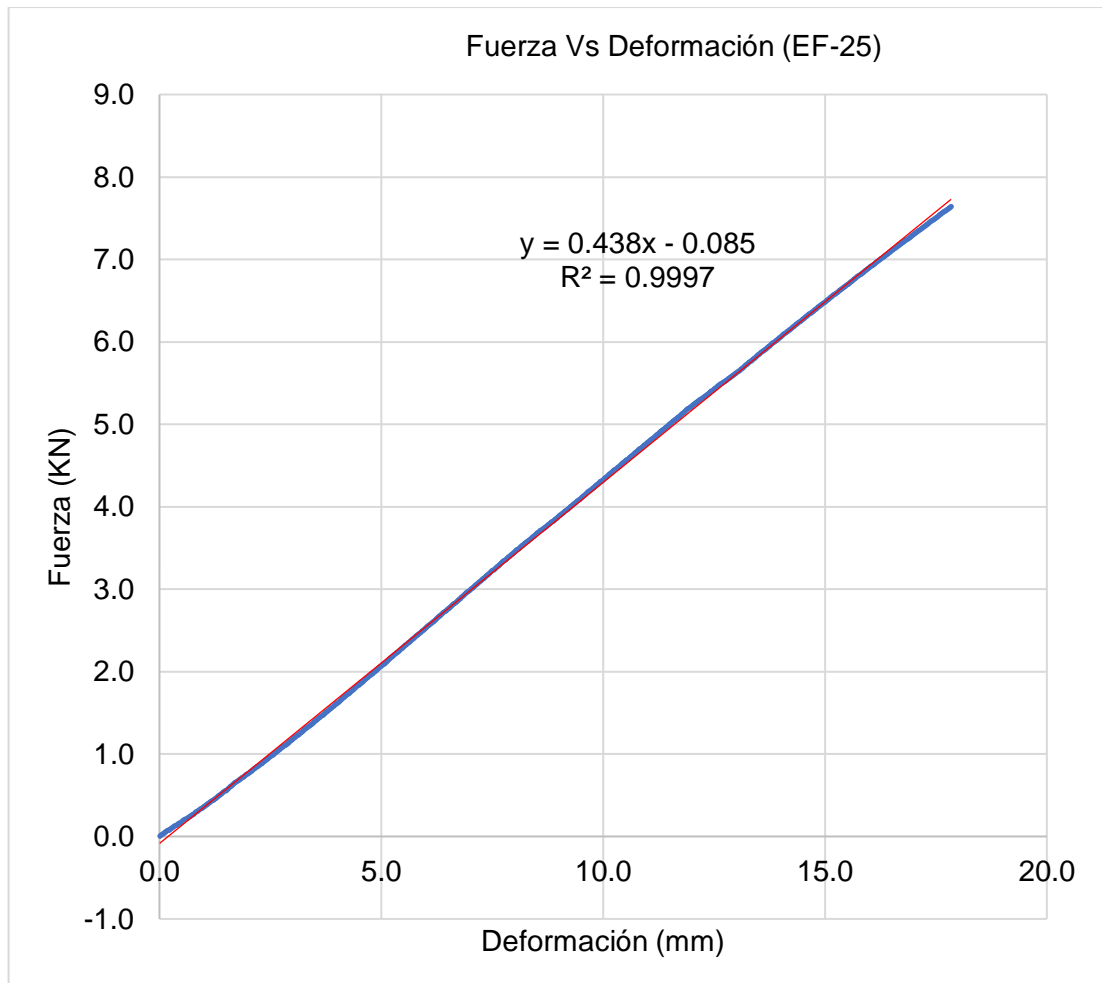
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 306.4 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 11343.60MPa$$

#### 4.2.1.25 Muestra EF-25

**Figura 35**

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°25



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.438 \frac{KN}{mm} = 438 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

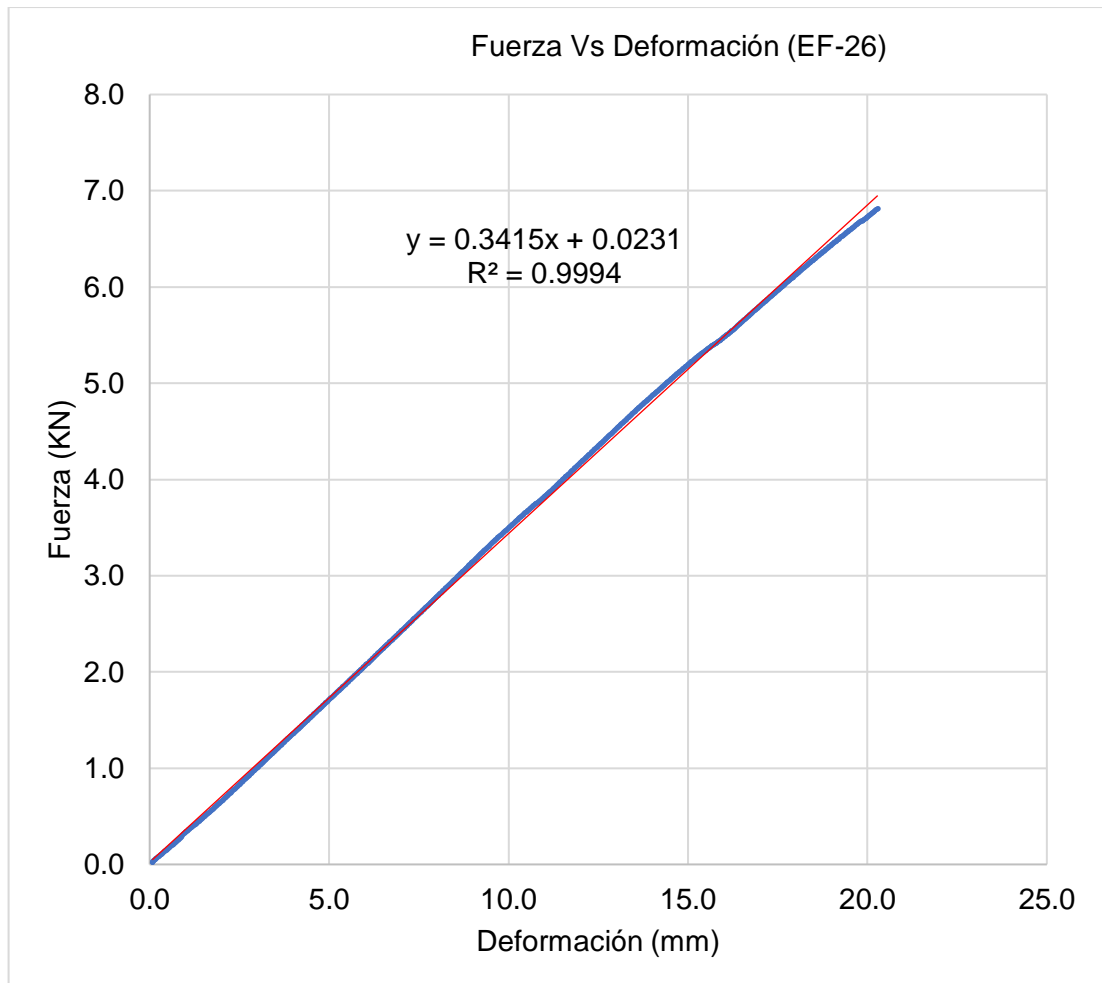
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 438 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 16215.73 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.26 Muestra EF-26

**Figura 36**

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°26



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3415 \frac{KN}{mm} = 341.5 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

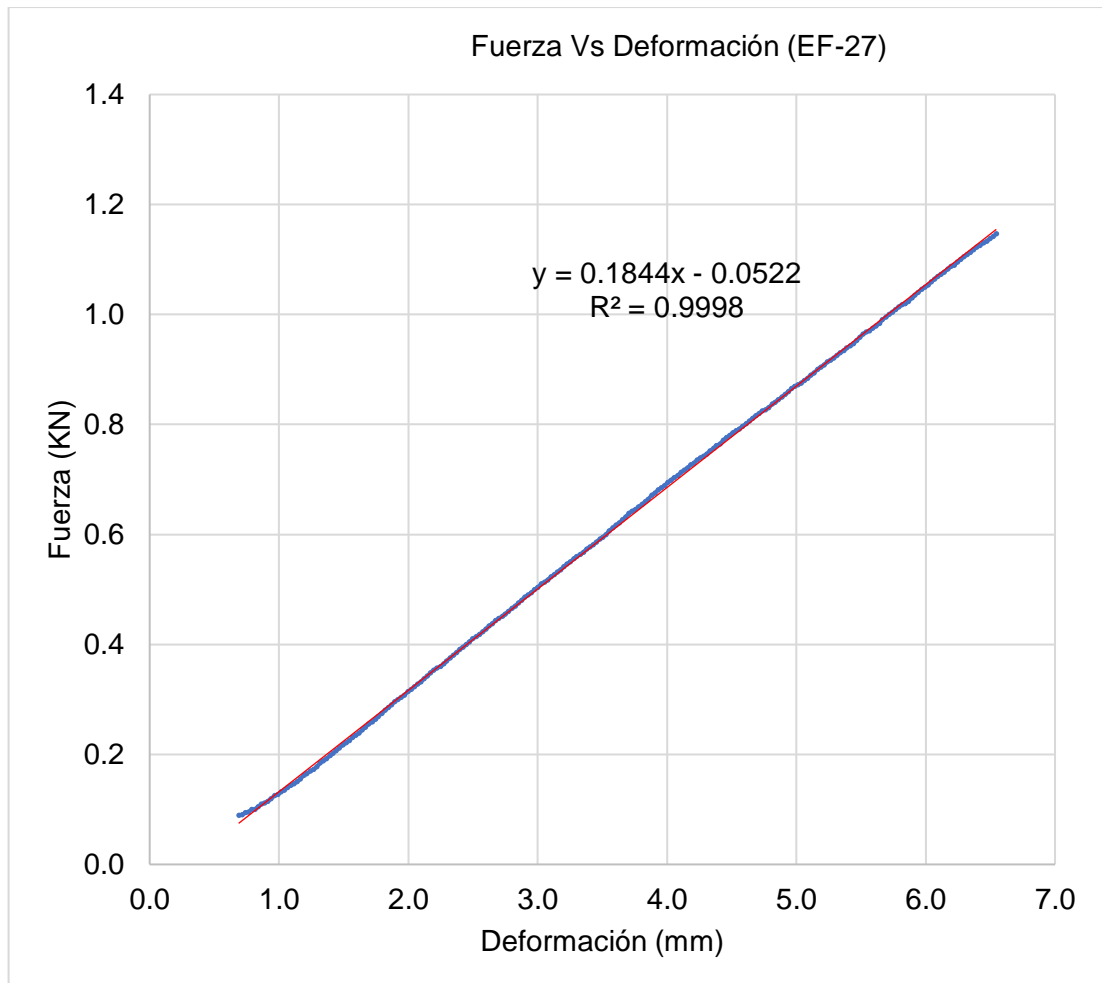
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 341.5 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 12643.08 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.27 Muestra EF-27

**Figura 37**

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°27



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.1844 \frac{KN}{mm} = 184.4 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.33 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

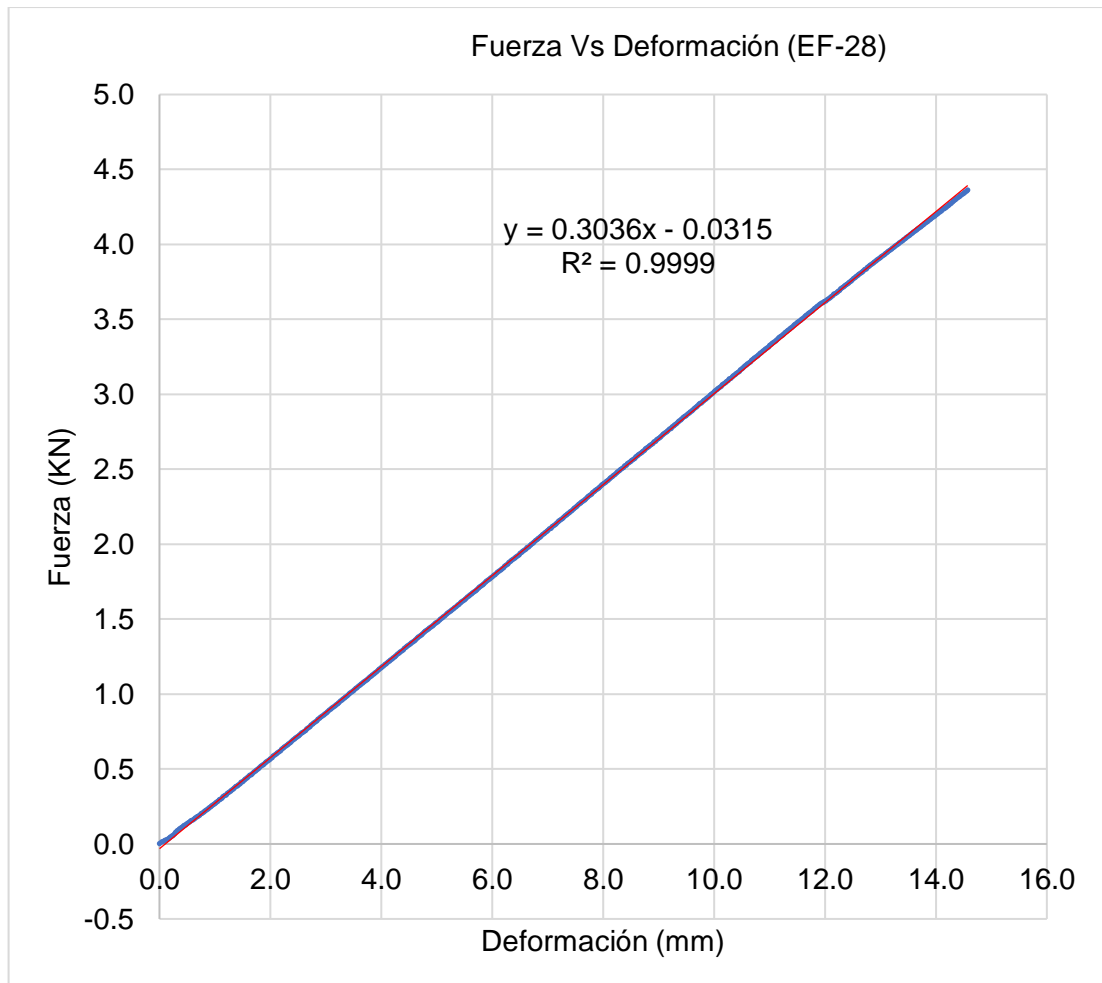
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.33mm^4} \times 184.4 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 6826.89 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.28 Muestra EF-28

**Figura 38**

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°28



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.3036 \frac{KN}{mm} = 303.6 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

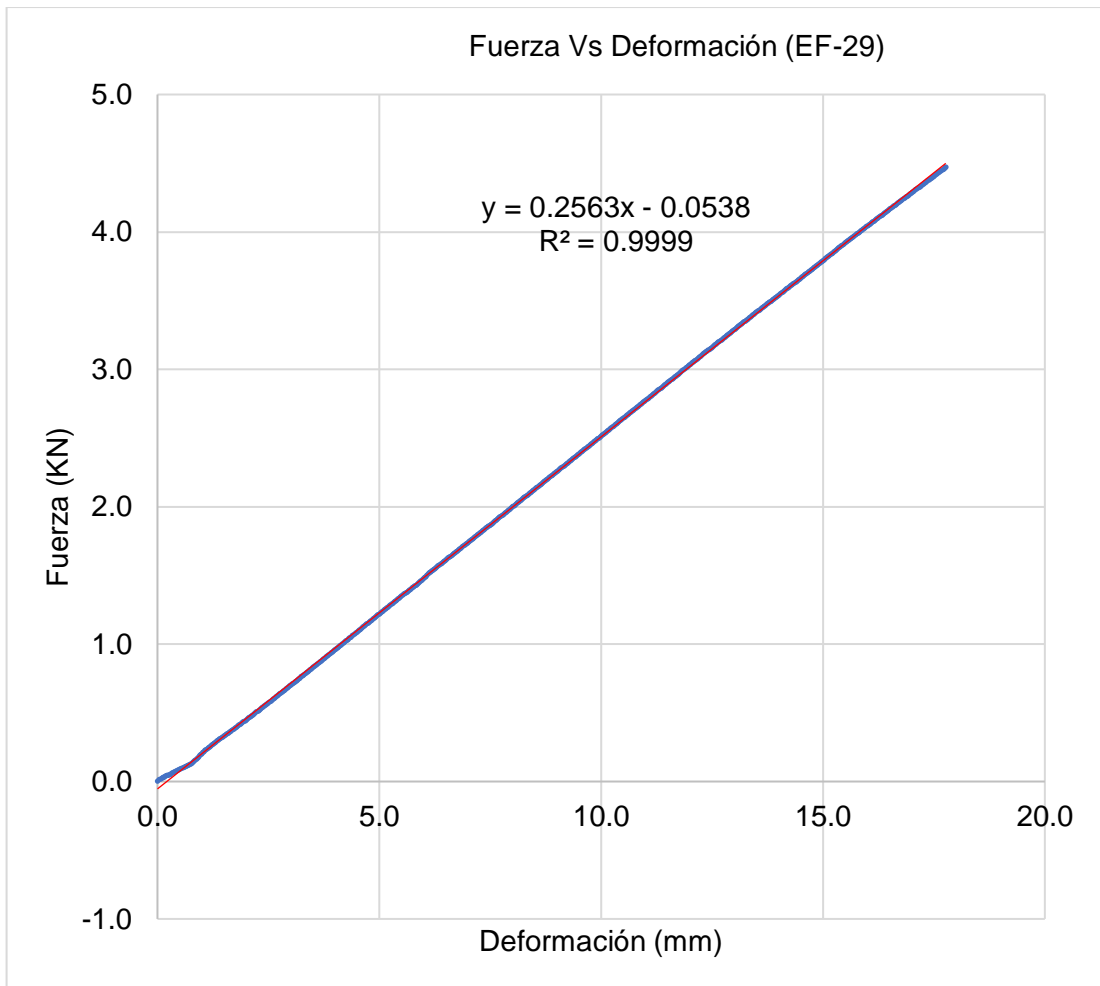
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 303.6 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 10796.31 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.29 Muestra EF-29

**Figura 39**

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°29



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.2563 \frac{KN}{mm} = 256.3 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (75mm)^3}{12} = 1441406.25 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

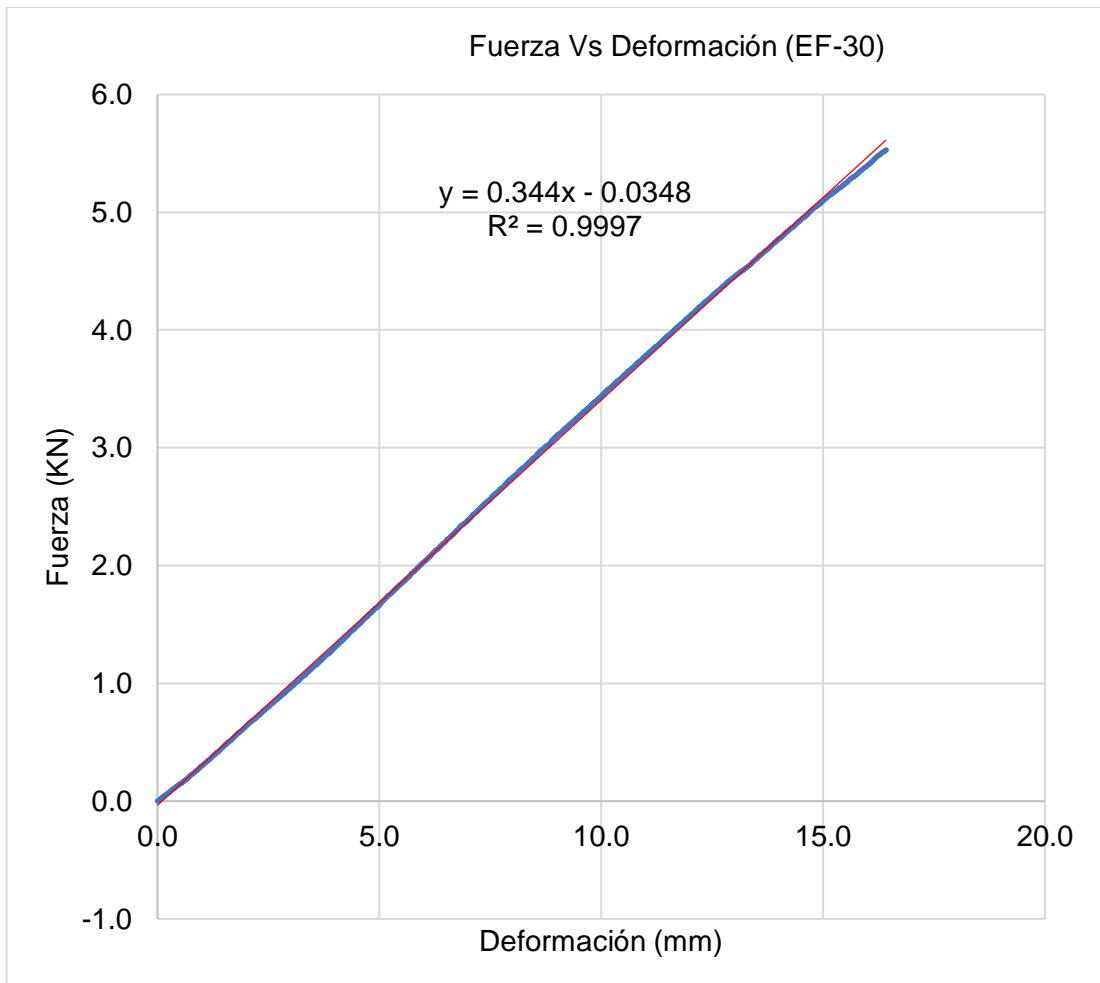
$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1441406.25mm^4} \times 256.3 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 9114.28 \text{ MPa}$$

#### 4.2.1.30 Muestra EF-30

**Figura 40**

Curva Fuerza Vs Deformación para el Espécimen N°30



$$\frac{\Delta F}{\Delta w} = 0.344 \frac{KN}{mm} = 344 \frac{N}{mm}$$

$$I = \frac{(41mm) \times (74mm)^3}{12} = 1384515.333 \text{ mm}^4$$

$$E_m = \frac{a \times l_1^2 \times \Delta F}{16 \times I \times \Delta w}$$

$$E_m = \frac{(450mm) \times (1350mm)^2}{16 \times 1384515.333mm^4} \times 344 \frac{N}{mm}$$

$$E_m = 12735.64 \text{ MPa}$$

De los 30 ensayos realizados obtenemos el siguiente resumen de cuadro:

**Tabla 5**

Cálculo del módulo de elasticidad en flexión estática

N°	Muestra	a (mm)	l1 (mm)	b(mm)	h(mm)	l(mm)	$\Delta F/\Delta W$ (N/mm)	Em (MPa)
1	EF-1	450	1,350	40	75	1,406,250.00	329.10	11,995.70
2	EF-2	450	1,350	40	75	1,406,250.00	392.60	14,310.27
3	EF-3	450	1,350	41	74	1,384,515.33	313.90	11,621.27
4	EF-4	450	1,350	41	75	1,441,406.25	283.20	10,070.87
5	EF-5	450	1,350	41	75	1,441,406.25	235.00	8,356.83
6	EF-6	450	1,350	41	74	1,384,515.33	295.40	10,936.36
7	EF-7	450	1,350	41	75	1,441,406.25	226.70	8,061.67
8	EF-8	450	1,350	41	75	1,441,406.25	323.50	11,503.98
9	EF-9	450	1,350	41	75	1,441,406.25	247.90	8,815.57
10	EF-10	450	1,350	41	74	1,384,515.33	390.80	14,468.28
11	EF-11	450	1,350	41	74	1,384,515.33	320.00	11,847.11
12	EF-12	450	1,350	41	74	1,384,515.33	382.90	14,175.80
13	EF-13	450	1,350	41	75	1,441,406.25	329.20	11,706.67
14	EF-14	450	1,350	41	74	1,384,515.33	318.10	11,776.76
15	EF-15	450	1,350	41	75	1,441,406.25	381.90	13,580.74
16	EF-16	450	1,350	41	74	1,384,515.33	259.70	9,614.67
17	EF-17	450	1,350	41	74	1,384,515.33	348.20	12,891.13
18	EF-18	450	1,350	41	74	1,384,515.33	254.30	9,414.75
19	EF-19	450	1,350	41	74	1,384,515.33	449.90	16,656.29
20	EF-20	450	1,350	41	74	1,384,515.33	317.70	11,761.96
21	EF-21	450	1,350	41	74	1,384,515.33	208.00	7,700.62
22	EF-22	450	1,350	41	74	1,384,515.33	231.00	8,552.13
23	EF-23	450	1,350	41	74	1,384,515.33	310.50	11,495.40
24	EF-24	450	1,350	41	74	1,384,515.33	306.40	11,343.60
25	EF-25	450	1,350	41	74	1,384,515.33	438.00	16,215.73
26	EF-26	450	1,350	41	74	1,384,515.33	341.50	12,643.08
27	EF-27	450	1,350	41	74	1,384,515.33	184.40	6,826.89
28	EF-28	450	1,350	41	75	1,441,406.25	303.60	10,796.31
29	EF-29	450	1,350	41	75	1,441,406.25	256.30	9,114.28
30	EF-30	450	1,350	41	74	1,384,515.33	344.00	12,735.64
Módulo de elasticidad promedio=								11,366.34

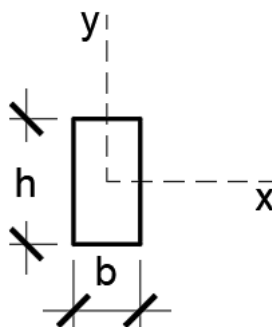


N° Muestra	a (mm)	l1 (mm)	b(mm)	h(mm)	l(mm)	$\frac{\Delta F}{\Delta W}$ (N/mm)	Em (MPa)
Desviación estándar=							2,436.57
Coeficiente de variación (CV)=							21.44%

- La primera columna es el número de muestra ensayada.
- La segunda columna es la codificación de la muestra ensayada.
- La tercera columna es la distancia del apoyo de la viga a la carga aplicada (a), que para nuestro caso es 450mm para todas las muestras.
- La cuarta columna es la distancia entre apoyos de la viga (l1), que para nuestro caso es 1350mm para todas las muestras.
- La quinta columna es la base de la sección transversal de la viga para cada muestra.
- La sexta columna es la altura de la sección transversal de la viga para cada muestra.
- La séptima columna es el módulo de inercia que se calcula de acuerdo a la ecuación de la figura 40.

**Figura 41**

Momento de inercia de una viga de sección rectangular.



$$I_x = \frac{b \times h^3}{12} \quad (8)$$

- En la octava columna, se presenta el incremento de carga F con respecto a una deformación w, en kilo Newton por milímetro, calculada de la derivación de la ecuación de la curva bajo un desplazamiento de cabezal 4.5 mm/min.
- En la novena columna, se presenta los valores del Módulo de Elasticidad determinado aplicando la ecuación 6, en Mega Pascales.

#### 4.2.2 Módulo de elasticidad mínimo

Los módulos de elasticidad obtenidos de los ensayos de los diferentes especímenes se ordenan de menor a mayor, enumerando y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del total de ensayos realizados. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión del 5 percentil.

Reordenando de menor a mayor el módulo de elasticidad mínimo obtenemos la Tabla 7.

**Tabla 6**

Orden del módulo de elasticidad de menor a mayor.

N°	Muestra	a (mm)	l1 (mm)	b(mm)	h(mm)	l(mm)	$\Delta F/\Delta W$ (N/mm)	Em (MPa)
27	EF-27	450	1,350	41	74	1,384,515.33	184.40	6,826.89
<u>21</u>	<u>EF-21</u>	<u>450</u>	<u>1,350</u>	<u>41</u>	<u>74</u>	<u>1,384,515.33</u>	<u>208.00</u>	<u>7,700.62</u>
7	EF-7	450	1,350	41	75	1,441,406.25	226.70	8,061.67
5	EF-5	450	1,350	41	75	1,441,406.25	235.00	8,356.83
22	EF-22	450	1,350	41	74	1,384,515.33	231.00	8,552.13
9	EF-9	450	1,350	41	75	1,441,406.25	247.90	8,815.57
29	EF-29	450	1,350	41	75	1,441,406.25	256.30	9,114.28
18	EF-18	450	1,350	41	74	1,384,515.33	254.30	9,414.75
16	EF-16	450	1,350	41	74	1,384,515.33	259.70	9,614.67
4	EF-4	450	1,350	41	75	1,441,406.25	283.20	10,070.87
28	EF-28	450	1,350	41	75	1,441,406.25	303.60	10,796.31
6	EF-6	450	1,350	41	74	1,384,515.33	295.40	10,936.36
24	EF-24	450	1,350	41	74	1,384,515.33	306.40	11,343.60
23	EF-23	450	1,350	41	74	1,384,515.33	310.50	11,495.40
8	EF-8	450	1,350	41	75	1,441,406.25	323.50	11,503.98

N°	Muestra	a (mm)	l1 (mm)	b(mm)	h(mm)	l(mm)	$\Delta F/\Delta W$ (N/mm)	Em (MPa)
3	EF-3	450	1,350	41	74	1,384,515.33	313.90	11,621.27
13	EF-13	450	1,350	41	75	1,441,406.25	329.20	11,706.67
20	EF-20	450	1,350	41	74	1,384,515.33	317.70	11,761.96
14	EF-14	450	1,350	41	74	1,384,515.33	318.10	11,776.76
11	EF-11	450	1,350	41	74	1,384,515.33	320.00	11,847.11
1	EF-1	450	1,350	40	75	1,406,250.00	329.10	11,995.70
26	EF-26	450	1,350	41	74	1,384,515.33	341.50	12,643.08
30	EF-30	450	1,350	41	74	1,384,515.33	344.00	12,735.64
17	EF-17	450	1,350	41	74	1,384,515.33	348.20	12,891.13
15	EF-15	450	1,350	41	75	1,441,406.25	381.90	13,580.74
12	EF-12	450	1,350	41	74	1,384,515.33	382.90	14,175.80
2	EF-2	450	1,350	40	75	1,406,250.00	392.60	14,310.27
10	EF-10	450	1,350	41	74	1,384,515.33	390.80	14,468.28
25	EF-25	450	1,350	41	74	1,384,515.33	438.00	16,215.73
19	EF-19	450	1,350	41	74	1,384,515.33	449.90	16,656.29

Elegimos el número de orden igual al 5% de 30 ensayos que es igual a 1.5, redondeando obtenemos el segundo valor que es 7,700.62 MPa como el módulo de elasticidad mínimo para la especie pino radiata de la ciudad de Huánuco.

#### **4.2.3 Módulo de elasticidad promedio**

En la tabla 5 también se presenta el módulo de elasticidad promedio, el cual es determinado como la suma de los módulos de elasticidad entre la cantidad de ensayos, siendo para nuestro caso igual a 11,366.34 MPa, para una variación estándar de 2,436.57 y un coeficiente de correlación de 21.44%.

### 4.3 Resistencia a la flexión

El esfuerzo máximo a flexión se calcula con la siguiente fórmula.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}y}{I} \quad (9)$$

Donde:

$\sigma_{max}$ = Esfuerzo máximo por flexión.

$M_{max}$ = Momento en la sección que se analiza.

$y$ = distancia de la fibra que se analiza al eje neutro.

$I$ = momento de inercia con respecto al eje neutro.

El momento en la sección ( $M_{max}$ ) depende únicamente del tipo de viga y del tipo de carga, mientras que los valores de “ $y$ ” e “ $I$ ” dependen de las medidas de la sección transversal de la viga.

Reemplazando valores en la ecuación (9) obtenemos que el esfuerzo a flexión de una viga es:

$$f_{m,u} = \frac{a \times F_u}{2 \times Z} \quad (10)$$

Donde:

$a$ = Distancia entre el punto de carga y el punto de apoyo de la viga, en milímetros.

$F_u$ = Carga máxima, en Newtons.

$Z$ = Módulo de sección, en milímetros cúbicos.

En el caso de la presente investigación, y de acuerdo a la NTP 251.107 planteamos una la luz de las probetas es 1350mm, con lo que la distancia del punto de carga al punto de apoyo ( $a$ ) es de 450mm, que es la tercera parte de la distancia entre los apoyos e igual para todos los especímenes.

**Tabla 7**

Cálculo de la resistencia a la flexión.

N°	Muestra	a (mm)	b (mm)	h (mm)	Fu (KN)	Z (mm <sup>3</sup> )	f <sub>m,u</sub> (MPa)
1	EF-1	450	40.00	75.00	5.10	37,500.00	30.60
2	EF-2	450	40.00	75.00	9.55	37,500.00	57.30

N°	Muestra	a (mm)	b (mm)	h (mm)	Fu (KN)	Z (mm <sup>3</sup> )	f <sub>m,u</sub> (MPa)
3	EF-3	450	41.00	74.00	7.60	37,419.33	45.70
4	EF-4	450	41.00	75.00	3.77	38,437.50	22.07
5	EF-5	450	41.00	75.00	2.93	38,437.50	17.15
6	EF-6	450	41.00	74.00	4.02	37,419.33	24.17
7	EF-7	450	41.00	75.00	3.80	38,437.50	22.24
8	EF-8	450	41.00	75.00	7.26	38,437.50	42.50
9	EF-9	450	41.00	75.00	7.84	38,437.50	45.89
10	EF-10	450	41.00	74.00	10.26	37,419.33	61.69
11	EF-11	450	41.00	74.00	9.67	37,419.33	58.15
12	EF-12	450	41.00	74.00	13.53	37,419.33	81.36
13	EF-13	450	41.00	75.00	9.65	38,437.50	56.49
14	EF-14	450	41.00	74.00	11.42	37,419.33	68.67
15	EF-15	450	41.00	75.00	10.85	38,437.50	63.51
16	EF-16	450	41.00	74.00	7.16	37,419.33	43.05
17	EF-17	450	41.00	74.00	9.44	37,419.33	56.76
18	EF-18	450	41.00	74.00	6.00	37,419.33	36.08
19	EF-19	450	41.00	74.00	14.16	37,419.33	85.14
20	EF-20	450	41.00	74.00	10.85	37,419.33	65.24
21	EF-21	450	41.00	74.00	6.34	37,419.33	38.12
22	EF-22	450	41.00	74.00	5.63	37,419.33	33.85
23	EF-23	450	41.00	74.00	1.71	37,419.33	10.28
24	EF-24	450	41.00	74.00	6.42	37,419.33	38.60
25	EF-25	450	41.00	74.00	13.44	37,419.33	80.81
26	EF-26	450	41.00	74.00	11.04	37,419.33	66.38
27	EF-27	450	41.00	74.00	1.99	37,419.33	11.97
28	EF-28	450	41.00	75.00	7.35	38,437.50	43.02
29	EF-29	450	41.00	75.00	7.22	38,437.50	42.26
30	EF-30	450	41.00	74.00	9.92	37,419.33	59.65
Esfuerzo a la flexión promedio=							46.96
Desviación estándar=							20.03
Coeficiente de variación (CV)=							42.65%

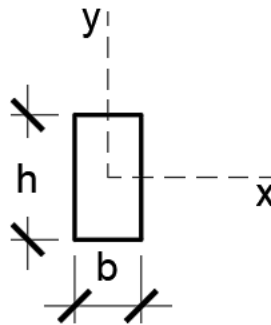
En la Tabla 7 se muestra lo siguiente:

- En la primera columna podemos observar el número de espécimen ensayado,

- la segunda columna es la identificación de la muestra para el ensayo.
- La tercera columna muestra la distancia del punto de carga al punto de apoyo (a), en milímetros.
- La cuarta columna es la base de la sección de la muestra, en milímetros.
- La quinta columna es la altura de la sección de la muestra, en milímetros.
- La sexta columna es la carga máxima que soporta la muestra después del ensayo, en KN.
- En la séptima columna es el módulo de sección respecto al eje central horizontal (Eje x) de la sección de la muestra como se muestra en la Figura 42, en milímetros.

**Figura 42**

Módulo de sección de la viga



$$Z = \frac{b \times h^2}{6} \quad (11)$$

Donde:

Z=Módulo de sección respecto el eje x (eje central), en milímetros cúbicos.

b= base o ancho de sección, en milímetros.

h= altura de sección, en milímetros.

- En la octava columna, se presenta la Resistencia a la Flexión por probeta, en MPa, calculada a través de la formula (10) multiplicada por 1000 para convertir la carga de Kilo Newton a Newton.

En la tabla 4 se presenta también la resistencia promedio a la flexión, el cual es determinado como el promedio de los 30 especímenes que para nuestro caso es de 46.96 Newtons, para una desviación estándar de 20.03 obteniendo un coeficiente de variación de 42.65%.

#### 4.3.1 Esfuerzo básico

Los esfuerzos máximos obtenidos de los ensayos de las diferentes probetas para una misma especie se ordenan de menor a mayor, se numera y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del número total de ensayos. Este valor se considera como el correspondiente al límite de exclusión del 5% (N.T.P 251.107).

**Tabla 8**

Ordenamiento de tabla de menor a mayor de los resultados de la resistencia a flexión.

N°	Muestra	a (mm)	b (mm)	h (mm)	Fu (KN)	S (mm <sup>3</sup> )	f <sub>m,u</sub> (Mpa)
1	EF-1	450	40.00	75.00	5.10	37,500.00	30.60
<u>22</u>	<u>EF-22</u>	<u>450</u>	<u>41.00</u>	<u>74.00</u>	<u>5.63</u>	<u>37,419.33</u>	<u>33.85</u>
7	EF-7	450	41.00	75.00	6.04	38,437.50	35.36
5	EF-5	450	41.00	75.00	6.14	38,437.50	35.94
18	EF-18	450	41.00	74.00	6.00	37,419.33	36.08
23	EF-23	450	41.00	74.00	6.10	37,419.33	36.68
27	EF-27	450	41.00	74.00	6.26	37,419.33	37.64
21	EF-21	450	41.00	74.00	6.34	37,419.33	38.12
24	EF-24	450	41.00	74.00	6.42	37,419.33	38.60
4	EF-4	450	41.00	75.00	6.61	38,437.50	38.69
6	EF-6	450	41.00	74.00	6.95	37,419.33	41.79
29	EF-29	450	41.00	75.00	7.22	38,437.50	42.26
8	EF-8	450	41.00	75.00	7.26	38,437.50	42.50
28	EF-28	450	41.00	75.00	7.35	38,437.50	43.02
16	EF-16	450	41.00	74.00	7.16	37,419.33	43.05
3	EF-3	450	41.00	74.00	7.60	37,419.33	45.70
9	EF-9	450	41.00	75.00	7.84	38,437.50	45.89
13	EF-13	450	41.00	75.00	9.65	38,437.50	56.49
17	EF-17	450	41.00	74.00	9.44	37,419.33	56.76
2	EF-2	450	40.00	75.00	9.55	37,500.00	57.30

N°	Muestra	a (mm)	b (mm)	h (mm)	Fu (KN)	S (mm <sup>3</sup> )	fm,u (Mpa)
11	EF-11	450	41.00	74.00	9.67	37,419.33	58.15
30	EF-30	450	41.00	74.00	9.92	37,419.33	59.65
10	EF-10	450	41.00	74.00	10.26	37,419.33	61.69
15	EF-15	450	41.00	75.00	10.85	38,437.50	63.51
20	EF-20	450	41.00	74.00	10.85	37,419.33	65.24
26	EF-26	450	41.00	74.00	11.04	37,419.33	66.38
14	EF-14	450	41.00	74.00	11.42	37,419.33	68.67
25	EF-25	450	41.00	74.00	13.44	37,419.33	80.81
12	EF-12	450	41.00	74.00	13.53	37,419.33	81.36
19	EF-19	450	41.00	74.00	14.16	37,419.33	85.14

En la tabla 8 observamos los valores de la Resistencia a la Flexión ordenada de menor a mayor y numerada, subrayando el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del número total de ensayos, en nuestro caso sería el 5% de 30, igual a 1.5, redondeándose a 2, este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión del 5% o 5 percentil, considerado como el esfuerzo básico por la Norma Técnica Peruana N.T.P 251.107, con lo que:

$$\text{Esfuerzo básico} = 33.85 \text{ MPa}$$

#### 4.3.2 Esfuerzo admisible a la flexión

El esfuerzo admisible a la flexión se calcula de acuerdo a la Norma E 010:

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times \text{Esfuerzo básico} \quad (12)$$

Donde:

FC=Coeficiente de reducción por calidad (defectos).

FT=Coeficiente de reducción por tamaño,  $(50/h)^{1/9}$  (h en mm)

FS= Coeficiente de seguridad.

FDC= Coeficiente de duración de carga

Los coeficientes considerados para determinar los esfuerzos admisibles a flexión según la norma E010 son FC=0.80, FT=0.90, FS=2.00 y FDC=1.15.



En donde según N.T.P 251.107, el esfuerzo admisible a la flexión tiene la siguiente formula:

$$f_{adm.m} = \frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times f_{básico.m} \quad (13)$$

Donde:

$f_{básico.m}$  = Esfuerzo básico en flexión, en MPa (N/mm<sup>2</sup>);

Por lo tanto, aplicando la ecuación 13 y los valores de los coeficientes considerados según la norma E 010 obtenemos:

$$f_{adm.m} = \frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times f_{básico.m}$$

$$f_{adm.m} = \frac{0.80 \times 0.90}{2.00 \times 1.15} \times 33.85$$

$$f_{adm.m} = 10.60 \text{ MPa}$$

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

### 5.1 Densidad básica

De los resultados obtenidos de la densidad básica se obtuvo que la madera pino radiata en la ciudad de Huánuco es de 0.42 gr/cm<sup>3</sup>, comparando con el cuadro 5.2.1 de la Norma E 010 podemos agrupar provisionalmente al pino en el grupo C.

**Tabla 9**

Agrupación estructural preliminar del pino radiata según su densidad básica.

Grupo	Densidad básica (gr/cm <sup>3</sup> )
A	≥ 0.71
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55
Resultados	Clasificación C

### 5.2 Módulo de elasticidad

Se observó que la falla se concentra en la parte central del espécimen, con los cálculos realizados se pudo determinar que el módulo de elasticidad promedio es de 11,366.34 MPa y el módulo de elasticidad mínimo tiene un valor de 7,700.62 MPa, por lo que se puede decir que la madera tiene un comportamiento bastante elástico.

Según los resultados del módulo de elasticidad el pino radiata se encuentra dentro de la grupo B.

**Tabla 10**

Agrupación estructural del pino radiata según su módulo de elasticidad.

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

Grupo	Modulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	
	E mínimo	E promedio
Resultados	Clasificación B	Clasificación B

### 5.3 Resistencia a la flexión

El esfuerzo admisible a flexión obtenido de los 30 ensayos es de 10.60 MPa para maderas que cumplen con la norma de clasificación visual de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 251.104, por lo que podemos agrupar al pino radiata en grupo C según su resistencia como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11**

Agrupación estructural del pino radiata según su Esfuerzo Admisible a Flexión.

Grupo	Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
	Flexión fm
A	20.6 (210)
B	14.7 (150)
C	9.8 (100)
Resultados	Clasificación C

Según los resultados del módulo de elasticidad mínimo, promedio y el esfuerzo admisible a flexión afirmamos que la madera pino radiata se clasifica en el grupo C de acuerdo con los lineamientos de la Norma E 010, Norma Técnica Peruana 251.104, Norma Técnica Peruana 251.107 y Norma Técnica Peruana 251.011.

## CONCLUSIONES

- Se determinó que la madera pino radiata comercializada en la ciudad de Huánuco pertenece al grupo C de acuerdo a la Norma E 010 Madera del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- La densidad básica del pino radiata comercializada en la ciudad de Huánuco es de 0.42 g/cm<sup>3</sup>.
- El módulo de elasticidad promedio y el módulo de elasticidad mínimo del pino radiata comercializado en la ciudad de Huánuco es de 11,366.34 MPa y 7,700.62 MPa respectivamente.
- El esfuerzo admisible a flexión del pino radiata comercializado en la ciudad de Huánuco es de 10.60 MPa.
- Se concluye que la madera pino radiata comercializado en la ciudad de Huánuco es de baja resistencia de acuerdo a la Norma E010 Madera.
- Los resultados obtenidos son confiables debido a que los ensayos se realizaron en el laboratorio de estructuras y geotecnia de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

## RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

- Se recomienda el uso del pino radiata como madera estructural, siempre que cumplan con la clasificación visual según la NTP 251.104, para la construcción de edificaciones prefabricadas y carpintería de madera ya que es una madera que posee características aceptables dentro de la Norma E010.
- Se recomienda realizar los ensayos en laboratorios certificados para obtener resultados confiables y de acuerdo al procedimiento que establece la Norma E 010 para la agrupación como madera estructural.
- Se recomienda como futuras líneas de investigación como es la variación de la resistencia a la flexión respecto de su contenido de humedad del pino radiata comercializado en la ciudad de Huánuco.
- Se recomienda como futuras líneas de investigación el comportamiento a flexión de madera laminada de la especie pino radiata comercializado en la ciudad de Huánuco.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Bueno Valera, J. R. (2017). Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre vigas macizas y vigas laminadas, encoladas y prensadas, tipo sándwich utilizando madera de pino radiata, en Cajamarca.
- Bueno, J. R. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a la flexión entre vigas macizas y vigas laminadas, encoladas y presnsadas, tipo sándquich utilizando madera de pino radiata, en Cajamarca.*
- Chura Quispe, N. S., & Muchica Sillo, J. (2021). Factibilidad del uso de la madera Pinus radiata como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno.
- Díaz-vaz, J., Potable, H., Juacidas, R., & Devlieger, F. (2002). *Maderas comercializadas de Chile* (Tercera edición ed.).
- Gómez Domínguez, J. (s.f.). *Materiales de Construcción*. Monterrey.
- Gómez, L. F., & Ríos, O. L. (2014). *Las Bases Epistemológicas de la Ciencia Moderna Convencional*. Bogotá, Colombia.
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
- Ordoñez García, P. K., Lugo Chávez, Y. K., & Zegarra Ciquero, L. A. (2016). *Estructuras de Madera Aplicadas al Sector de la Construcción en el Perú*. Lima.
- PADT-REFORT. (1984). *Manual del Diseño para Maderas del Grupo Andino*. Lima: Junta de Acuerdo de Cartagena.
- Ricoy, C. (2006). *Contribución sobre los paradigmas de investigación*.
- Sociedad Española de Ciencias Forestales. (2017). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera de pinus pinaster y pinus radiata de Cataluña*. España.
- Tamayo Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica* (cuarta edición ed.). México: Limusa.

## ANEXOS

### 9.1 Matriz de consistencia

**Tabla 12**

*MATRIZ DE CONSISTENCIA: LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUÁNUCO PERÚ, 2022*

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGÍA
<b>Problema General</b> ¿A qué grupo de la norma E 010 pertenece el pino radiata como madera estructural comercializado en la ciudad de Huánuco, 2022?	Determinar el grupo según la Norma E 010 como madera estructural al pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco, 2022.	El pino radiata comercializado en la ciudad de Huánuco se encuentra en el grupo C como madera estructural según la Norma E 010.	Enfoque; Cuantitativo
<b>Problema Específico 1</b> ¿Cuánto es la densidad básica en g/cm <sup>3</sup> del pino radiata del comercializadas en Huánuco, 2022?	Hallar la densidad básica en g/cm <sup>3</sup> del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco, 2022.	La densidad básica del pino radiata del comercializadas en la ciudad de Huánuco, es mayor a 0.40 g/cm <sup>3</sup> y menor a 0.55 g/cm <sup>3</sup> .	Tipo; Aplicada  Nivel; Descriptivo
<b>Problema Específico 2</b> ¿Cuál es el valor del módulo de elasticidad del pino radiata comercializadas en la ciudad Huánuco, 2022?	Calcular el módulo de elasticidad del pino radiata del comercializadas en la ciudad de Huánuco, 2022.	El módulo de elasticidad del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco, se encuentra dentro del rango de 5,394 y 8,826 MPa.	Diseño; No experimental
<b>Problema Específico 3</b> ¿Cuál es el esfuerzo admisible a flexión del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco, 2022?	Determinar el esfuerzo admisible a flexión del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco, 2022.	Los esfuerzos admisibles del pino radiata comercializadas en la ciudad de Huánuco pertenecen al grupo C según la Norma E.010.	Muestreo; No probabilística

## 9.2 Panel Fotográfico

### 9.2.1 Ensayos de Densidad Básica

**Imagen 1.** Saturación por 48 horas de las muestras de madera de 3cm x 3cm x 10cm.



**Imagen 2.** Peso de las muestras saturadas.





**Imagen 3.** Determinación del volumen de la muestra DB-14 por el método de inmersión.



**Imagen 4.** Determinación del volumen de la muestra DB-04.



**Imagen 5.** Peso de la muestra seca al horno.



**Imagen 6.** Peso de la muestra seca al horno DB-06.



### 9.2.2 Ensayos a Flexión

**Imagen 7.** Muestra EF-1 de sección transversal de 40mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 5.10 KN y un desplazamiento del cabezal de 20.36mm.



**Imagen 8.** Muestra EF-1 de sección transversal de 40mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 9.55 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 28.84mm.





**Imagen 9.** Muestra EF-3 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 7.60 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 26.49mm.



**Imagen 10.** Muestra EF-4 de sección transversal de 41mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 6.61 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 23.47mm.



**Imagen 11.** Muestra EF-5 de sección transversal de 41mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 6.14 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 26.21mm.



**Imagen 12.** Muestra EF-6 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 6.95 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 23.53mm.



**Imagen 13.** Muestra EF-7 de sección transversal de 41mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 6.04 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 23.53mm.



**Imagen 14.** Muestra EF-8 de sección transversal de 41mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 7.26 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 27.47mm.





**Imagen 15.** Muestra EF-9 de sección transversal de 41mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 7.84 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 37.17mm.



**Imagen 16.** Muestra EF-10 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 10.26 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 29.71mm.



**Imagen 17.** Muestra EF-11 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 9.67 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 36.89mm.



**Imagen 18.** Muestra EF-12 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 13.53 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 59.96mm.





**Imagen 19.** Muestra EF-13 de sección transversal de 41mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 9.65 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 37.04mm.



**Imagen 20.** Muestra EF-14 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 11.42 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 36.89mm.



**Imagen 21.** Muestra EF-15 de sección transversal de 41mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 10.85 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 31.98mm.



**Imagen 22.** Muestra EF-16 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 7.16 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 33.88mm.



**Imagen 23.** Muestra EF-17 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 9.44KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 32.05mm.

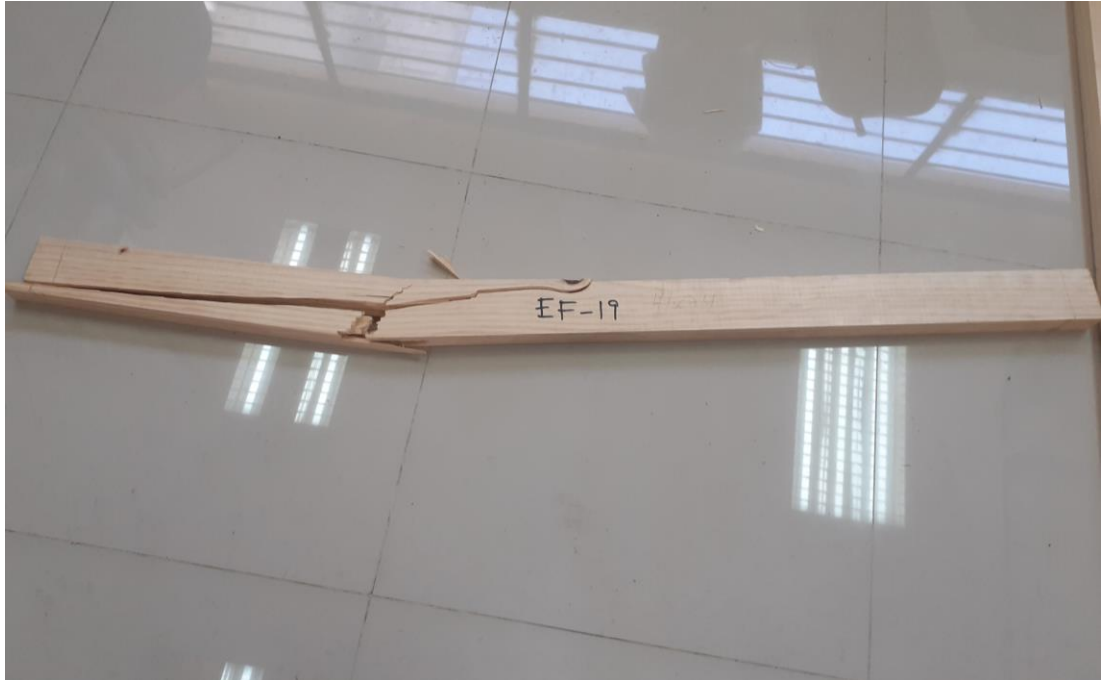


**Imagen 24.** Muestra EF-18 de sección transversal de 41 mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 6.00 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 25.34mm.

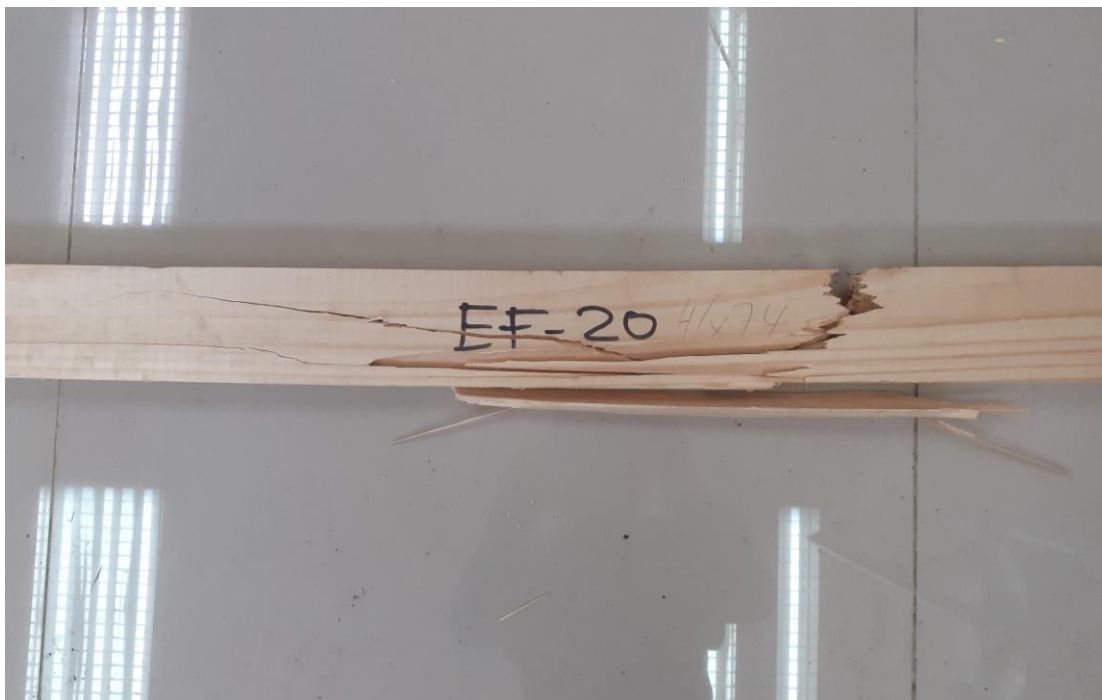




**Imagen 25.** Muestra EF-19 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 14.16 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 38.45mm.



**Imagen 26.** Muestra EF-20 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 10.85 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 43.81mm.



**Imagen 27.** Muestra EF-21 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 6.34KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 34.69mm.



**Imagen 28.** Muestra EF-22 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 5.63 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 27.29mm.



**Imagen 29.** Muestra EF-23 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 6.10KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 30.71mm.



**Imagen 30.** Muestra EF-24 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 6.42 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 22.02mm.





**Imagen 31.** Muestra EF-25 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 13.44 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 38.06mm.



**Imagen 32.** Muestra EF-26 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 11.04 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 41.38mm.



**Imagen 33.** Muestra EF-27 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 5.91 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 32.04mm.



**Imagen 34.** Muestra EF-28 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 7.35 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 25.71mm.





**Imagen 35.** Muestra EF-29 de sección transversal de 41mm de base y 75mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 7.22 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 31.29mm.



**Imagen 36.** Muestra EF-30 de sección transversal de 41mm de base y 74mm de altura, donde se obtuvo una resistencia máxima de 9.92 KN y un desplazamiento máximo de cabezal de 33.09mm.





## RESOLUCIÓN VIRTUAL N°1321-2022-UNHEVAL-FICA-D

Cayhuayna, 19 diciembre 2022

**VISTO:** La solicitud virtual enviada por correo, de fecha 13.DIC.2022, del Bachiller de Ingeniería Civil **EMELEC ROBERT CALDERÓN QUISPE**, pidiendo fecha y hora para sustentación de Tesis elaborado en el **PROFI**;

### CONSIDERANDO:

Que, con solicitud virtual enviada por correo, de fecha 13.DIC.2022, del bachiller de Ingeniería Civil **EMELEC ROBERT CALDERÓN QUISPE**, pidiendo fecha y hora para sustentación de Tesis titulada: LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUANUCO PERÚ, 2022, elaborado en el **PROFI**;

Que, con Resolución Virtual N° 1196-2022-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 18.NOV.2022, se designa Comisión de Revisión y Evaluación de Tesis elaborado en el **PROFI** a los docentes: PRESIDENTE Mg. Ing. Jorge Zevallos Huaranga, SECRETARIO Mg. Ing. Luis Fernando Narro Jara, VOCAL Mg. Ing. Earle Tangoa Bernardo, ACCESITARIO Mg. Ing. Ever Osorio Flores; como jurados revisores del Proyecto de tesis del Bachiller de Ingeniería Civil **EMELEC ROBERT CALDERÓN QUISPE**;

Que, con OFICIO N° 76-2022 revisionTESIS-emelec calderon Quispe-Jzh, del Mg. Ing. Jorge Zevallos Huaranga, CARTA N° 092-2022/Mg.LFNJ O del Mg. Ing. Luis Fernando Narro Jara e INFORME N° 028 - 2022-ETB-UNHEVAL-FICA-HCO del Mg. Ing. Earle Tangoa Bernardo, dan la conformidad a la tesis elaborado en el **PROFI** del bachiller de Ingeniería Civil **EMELEC ROBERT CALDERÓN QUISPE**;

Que, mediante Resolución Consejo Universitario N° 3412 – 2022 – UNHEVAL, de fecha 24 de octubre del 2022 en el Capítulo IV – Título III – Tesis – Art. 44° Una vez que los miembros de Jurado de Tesis informen al Decano acerca de la suficiencia del trabajo de tesis para su sustentación, el interesado presentará una solicitud dirigida al Decano pidiendo se fije lugar, fecha y hora para el acto de sustentación...;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano por Ley Universitaria N° 30220 y por el Estatuto de la UNHEVAL;

### SE RESUELVE:

- 1° **SEÑALAR** Fecha y hora para la sustentación virtual de la tesis titulada: LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUANUCO PERÚ, 2022, elaborado en el **PROFI** del bachiller de Ingeniería Civil **EMELEC ROBERT CALDERÓN QUISPE**, para el **martes 20 diciembre 2022 a horas 18.00 pm**, manera virtual, aula 201 de la FICyA por los considerandos anotados.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
Dr. Víctor Manuel Goicochea Vargas  
DECANO

c.c.  
Jurados, Interesado, Archivo  
VGV/Sec.



**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL DE TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 20 días del mes de diciembre de 2022, siendo las 18:00 horas, se dará cumplimiento a la Resolución Virtual N° 1196-2022-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la comisión de revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N° 1321-2022-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 19 de diciembre de 2022 (Fijando fecha y hora de sustentación virtual de tesis), de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N° 3412-2022-UNHEVAL (Titulo III - Aprobación de Trabajos de Investigación, Tesis, Tesis Proyectual..., en Acto Público Presencial o Virtual art. 77) y Resolución Consejo Universitario N° 2939-2022-UNHEVAL (se programe la sustentación de tesis de Pregrado de Manera Presencial), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de la Tesis Titulada: **"LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUANUCO PERÚ, 2022"**, para optar el Título de Ingeniero Civil, por el Bachiller **EMELEC ROBERT CALDERON QUISPE** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, a través de la plataforma virtual del Cisco Webex Meetings.

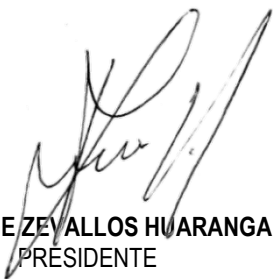
Finalizado el acto de sustentación virtual de tesis, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DICTAMEN</b>	<b>NOTA</b>	<b>CALIFICATIVO</b>
<b>CALDERON QUISPE EMELEC ROBERT</b>	Aprobado	15	Bueno

Dándose por finalizado dicho acto a las 19:25 horas, del mismo día 20 de diciembre de 2022 con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES: .....

.....

  
**JORGE ZEVALLOS HUARANGA**  
 PRESIDENTE

  
**LUIS FERNANDO NARRO JARA**  
 SECRETARIO

  
**EARLE TANGOA BERNARDO**  
 VOCAL

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

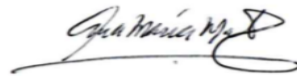
**N°099-2022- DI/FICA**

La directora de investigación de la Facultad de ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco

**HACE CONSTAR** que:

La Tesis titulada **“LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUANUCO PERÚ, 2022”**, del (os) Bachiller (s) en Ingeniería Civil **EMELEC ROBERT CALDERÓN QUISPE**, Cuenta con un índice de similitud del 25 % verificable en el Reporte de Originalidad del software antiplagio Turnitin. Luego del análisis se concluye que, cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio, por lo expuesto la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 35% establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Huánuco, 27 de diciembre del 2022



.....  
Dra. Ana María Matos Ramírez  
Directora de Investigación FICA



NOMBRE DEL TRABAJO

**2. Tesis - Agrupamiento estructural pino radiata.pdf**

---

RECUENTO DE PALABRAS

**17467 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**80068 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**104 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 21, 2022 11:59 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 21, 2022 12:00 PM GMT-5**

---

**● 25% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 22% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

### 1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

<b>Pregrado</b>	X	<b>Segunda Especialidad</b>		<b>Posgrado:</b>	Maestría		Doctorado
-----------------	---	-----------------------------	--	------------------	----------	--	-----------

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

<b>Facultad</b>	INGENIERIA CIVÍL Y ARQUITECTURA
<b>Escuela Profesional</b>	INGENIERIA CIVÍL
<b>Carrera Profesional</b>	INGENIERIA CIVÍL
<b>Grado que otorga</b>	
<b>Título que otorga</b>	INGENIERO CIVÍL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

<b>Facultad</b>	-----
<b>Nombre del programa</b>	-----
<b>Título que Otorga</b>	-----

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

<b>Nombre del Programa de estudio</b>	-----
<b>Grado que otorga</b>	-----

### 2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

<b>Apellidos y Nombres:</b>	CALDERON QUISPE, EMELEC ROBERT						
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	X	Pasaporte		C.E.		<b>Nro. de Celular:</b> 967752211
<b>Nro. de Documento:</b>	73636387				<b>Correo Electrónico:</b>	Emelec_rcq@hotmail.com	

### 3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos** según **DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

<b>¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?:</b> (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO
<b>Apellidos y Nombres:</b>	TORRES RAMIREZ MOISES EDGARD		<b>ORCID ID:</b> 0000-0002-1036-7573
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	X	<b>Nro. de documento:</b> 22494112

### 4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres** completos según **DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

<b>Presidente:</b>	ZEBALLOS HUARANGA, JORGE
<b>Secretario:</b>	NARRO JARA, LUIS FERNANDO
<b>Vocal:</b>	TANGO BERNARDO, EARLE
<b>Accesitario</b>	OSORIO FLORES, EVER

### 5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

<b>a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado:</b> (Ingrese el título tal y como está registrado en el <b>Acta de Sustentación</b> )
LA MADERA PINO RADIATA Y SU AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NORMA E010 – HUANUCO PERU, 2022.
<b>b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de:</b> (tal y como está registrado en <b>SUNEDU</b> )
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
<b>c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.</b>

- d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
- e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
- f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
- g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
- h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

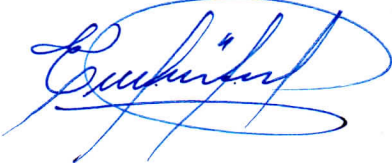

**6. Datos del Documento Digital a Publicar:** *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

<b>Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación:</b> <i>(Verifique la Información en el Acta de Sustentación)</i>				2022
<b>Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional:</b> <i>(Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)</i>	<b>Tesis</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Tesis Formato Artículo</b>	<input type="checkbox"/>
	<b>Trabajo de Investigación</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Trabajo de Suficiencia Profesional</b>	<input type="checkbox"/>
	<b>Trabajo Académico</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Otros</b> <i>(especifique modalidad)</i>	<input type="checkbox"/>
<b>Palabras Clave:</b> <i>(solo se requieren 3 palabras)</i>	RADIATA		FLEXION	MODULO
<b>Tipo de Acceso:</b> <i>(Marque con X según corresponda)</i>	<b>Acceso Abierto</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Condición Cerrada (*)</b>	<input type="checkbox"/>
	<b>Con Periodo de Embargo (*)</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Fecha de Fin de Embargo:</b>	
<b>¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora?</b> <i>(ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):</i>				SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> X
<b>Información de la Agencia Patrocinadora:</b>				

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

### 7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
<b>Apellidos y Nombres:</b>	CALDERON QUISPE, EMELEC ROBERT	<b>Huella Digital</b>
<b>DNI:</b>	73636387	
<b>Fecha: 23 DE DICIEMBRE DEL 2022</b>		

### Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una **X** en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.