

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

**Influencia del refuerzo con fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto Abancay – Apurímac – 2024**

Asesor:

Ing. Gamarra Mota, Rubén

Autor:

Gonzales Gutiérrez, Noe

Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2026



# Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 011

En la ciudad de Abancay, a los diecisiete días del mes de abril del 2026, siendo las 03:00 Pm horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0134-2026- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 14 de abril del 2026, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Mag. Américo ROLDAN JUÁREZ
Dictaminante :	Mag. VERIOSCA HERRERA PONCE
Replicante :	Ph.D. Abbon Alex VASQUEZ RAMÍREZ

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis  Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

**Influencia del refuerzo con fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto, Abancay-Apurímac 2024.**

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

**Br: GONZALES GUTIERREZ, Noe**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad  
(Unanimidad o Mayoría) (\*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
GONZALES GUTIERREZ, Noe	Aprobado

Siendo las 04:29 pm horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mag. Américo ROLDAN JUÁREZ

Dictaminante: Mag. VERIOSCA HERRERA PONCE

Replicante: Ph.D. Abbon Alex VASQUEZ RAMÍREZ

Abancay 24 de abril del 2026

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 006

(\*) Mayoría: Dos integrantes del Jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del Jurado aprueban o desaprueban; Art. 18 RGGAT.  
(\*\*) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES  
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559  
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251505  
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Troliea N° 513 Teléfono (083) 421752  
[www.utea.edu.pe](http://www.utea.edu.pe)

# 11% Similitud general




El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

---

## Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

---

## Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Metadatos

<b>Datos del Autor</b>		
Apellidos y nombre	:	Gonzales Gutiérrez Noe
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Numero de documento de identidad	:	74128619
URL ORCID	:	<a href="https://orcid.org/0009-0004-0706-4549">https://orcid.org/0009-0004-0706-4549</a>
<b>Datos del Asesor</b>		
Apellidos y nombre	:	Ing. Gamarra Mota, Rubén
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Numero de documento de identidad	:	41213261
URL ORCID	:	<a href="https://orcid.org/0009-0002-3046-5485">https://orcid.org/0009-0002-3046-5485</a>
<b>Datos de la Investigación</b>		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de investigación	:	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2024 - 2025
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	11%
URL de OCDE	:	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01</a>

## **Dedicatoria**

A mi padre, Noe Gonzales Oscoco; a mi madre, Irma Gutiérrez Quispe; a mis hermanas, Delcy y Yuliza; y a mis queridas sobrinas. A ustedes les dedico este logro, porque han sido mi mayor inspiración y el impulso constante para no rendirme. Gracias por su amor incondicional, por los sacrificios silenciosos, por cada consejo oportuno y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Este trabajo es el reflejo del esfuerzo compartido y del apoyo que siempre me brindaron.

Con estima personal de Noe Gonzales Gutiérrez.

## **Agradecimiento**

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mis amados padres, por su apoyo constante, su amor incondicional y la confianza que siempre depositaron en mí. A mi asesor, por su valiosa guía, orientación y dedicación durante el desarrollo de esta tesis. Asimismo, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron con palabras de aliento, consejos y ayuda oportuna a lo largo de este proceso.

Su presencia, respaldo y confianza han sido fundamentales para alcanzar este logro tan significativo en mi vida profesional y personal.

Con estima personal de Noe Gonzales Gutiérrez.

## Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia del refuerzo con fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto. siendo del tipo aplicada y de nivel explicativo. Se llevaron a cabo testigos de concreto con dimensiones de 150 mm de diámetro y 300 mm de alto, para evaluar la resistencia a compresión, además de vigas de concreto con medidas en 150 mm x 150 mm x 500 mm, a fin de realizar la evaluación a flexión, deformación, resistencia y ductilidad. Estas mismas se elaboraron con concreto patrón de  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ , siendo adicionado 4 valores porcentuales de fibra de aramida de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1%. Con longitudes entre los 50 y 80mm. Los resultados logrados muestran que el concreto adicionando fibras de aramida alcanzaron mejores resultados mayor a comparación del concreto patrón. Teniendo como porcentaje óptimo la dosificación del 0.50%, obteniendo una mejora en la Análisis de la capacidad de resistencia a la compresión promedio en  $302.20\text{kg/cm}^2$ , con un aumento del 10.41% en relación al concreto patrón, De manera similar en la prueba de flexión. se determinó la resistencia máxima promedio de  $44.96\text{ kg/cm}^2$  con un incremento de 35.46%, y una deformación mínima de 0.40mm alcanzada dentro de los 28 días de curado. Además, la ductilidad promedio registrada fue de 4.59, lo que corresponde a un incremento del 64.52 %. Estos resultados destacan la eficacia de las fibras de aramida en mejorar el comportamiento estructural de las vigas de concreto.

**Palabras clave:** fibra de aramida, módulo de rotura, deformación, comportamiento estructural.

## Abstract

The objective of this research was to determine the influence of aramid fiber reinforcement on the structural behavior of concrete beams. The study was applied in nature and explanatory in scope. Concrete specimens with dimensions of 150 mm in diameter and 300 mm in height were prepared to evaluate compressive strength. In addition, concrete beams measuring 150 mm × 150 mm × 500 mm were fabricated to assess flexural behavior, deformation, strength, and ductility. All specimens were produced using a reference concrete with a compressive strength of  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , to which four percentages of aramid fiber were added: 0.25%, 0.50%, 0.75%, and 1%, with fiber lengths ranging from 50 mm to 80 mm. The results showed that concrete reinforced with aramid fibers achieved better performance compared to the reference concrete. The optimal dosage was determined to be 0.50%, obtaining an average compressive strength of  $302.20 \text{ kg/cm}^2$ , representing an increase of 10.41% compared to the reference concrete. Similarly, in the flexural test, an average maximum strength of  $44.96 \text{ kg/cm}^2$  was obtained, with an increase of 35.46%, and a deformation of 0.40 mm at 28 days of curing. Furthermore, the recorded ductility was 4.59, corresponding to an increase of 64.52%. These results highlight the effectiveness of aramid fibers in improving the structural behavior of concrete beams.

**Key words:** aramid fiber, modulus of rupture, deformation, structural behavior.

## Índice general

Portada .....	i
Acta de sustentación .....	ii
Reporte de similitud .....	iii
Metadatos .....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
Índice general .....	ix
Índice de tablas .....	xiii
Índice de figuras .....	xvii
Índice de anexos .....	xxi
<b>I.Introducción.....</b>	<b>22</b>
<b>II.Planteamiento del problema.....</b>	<b>23</b>
2.1.Descripción y formulación del problema.....	23
2.1.1.Formulación de problemas .....	24
2.2.Objetivos.....	25
2.2.1 Objetivos generales .....	25
2.2.2. Objetivo específico.....	25
2.3.Justificación e importancia.....	26
2.4.Hipótesis.....	28

2.4.1.Hipótesis general .....	28
2.4.2.Hipótesis específica .....	28
2.5.Variables.....	29
<b>III. Marco teórico .....</b>	<b>31</b>
3.1.Antecedente.....	31
3.1.1.A nivel internacional .....	31
3.1.2.A nivel nacional.....	34
3.1.3.A nivel regional y local .....	37
3.2.Bases teóricas.....	38
3.2.1.Propiedades y aplicaciones de la fibra de aramida.....	38
3.2.2.Influencia de las fibras de aramida en vigas de concreto como reforzamiento estructural.....	47
3.3.Definición de términos.....	57
<b>IV. Metodología... ..</b>	<b>59</b>
4.1.Tipo y nivel de investigación .....	59
4.1.1.Tipo de investigación .....	59
4.1.2.Nivel de investigación .....	59
4.2.Ámbito temporal y espacial .....	60
4.2.1.Ámbito temporal de la investigación.....	60
4.2.2.Ámbito espacial de la investigación .....	60
4.3.Población y muestra .....	60
4.3.1.Población.....	60

4.3.2.Muestra.....	61
4.4.Técnicas e Instrumentos.....	62
4.4.1.Técnicas.....	62
4.4.2.Instrumentos.....	62
4.5.Procedimientos.....	63
4.6.Análisis de datos.....	63
4.7.Consideraciones éticas.....	66
<b>V. Resultados y discusiones.....</b>	<b>67</b>
5.1.Resultandos.....	67
5.1.1.Módulo de elasticidad de la fibra.....	67
5.1.2.Características de los agregados.....	68
5.1.3.Diseño de mezcla.....	77
5.1.4.Ensayo de asentamiento del concreto patrón y fibra.....	81
5.1.5.Dosificación para probetas de ensayo a compresión del concreto.....	82
5.1.6.Resultados del primer objetivo específico.....	86
5.1.7.Resultados del segundo y tercer objetivo específico.....	101
5.1.8.Resultado de cuarto objetivo específico.....	133
5.2.Prueba de hipótesis.....	147
5.2.1.Para la primera hipótesis específica:.....	147
5.2.2.Para la segunda hipótesis específica:.....	150
5.2.3.Para la tercera hipótesis específica:.....	152
5.2.4.Para la cuarta hipótesis específica.....	154

5.3.Discusiones.....	157
<b>VI.Conclusiones.....</b>	<b>162</b>
<b>VII.Recomendaciones .....</b>	<b>164</b>
<b>VIII.Referencias .....</b>	<b>166</b>
<b>IX.Anexos.....</b>	<b>176</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables.....	30
<b>Tabla 2</b> Fibra de aramida según kevlar 29 y 40.....	44
<b>Tabla 3</b> Cantidad total de especímenes.....	61
<b>Tabla 4</b> Características de tela de aramida kevlar 40 .....	67
<b>Tabla 5</b> Granulometría del agregado grueso.....	68
<b>Tabla 6</b> Granulometría del agregado fino.....	70
<b>Tabla 7</b> Peso específico y grado de absorción del agregado grueso.....	72
<b>Tabla 8</b> Peso específico y grado de absorción del agregado fino.....	73
<b>Tabla 9</b> Peso unitario suelto- agregado grueso .....	74
<b>Tabla 10</b> Peso unitario compactado de agregado grueso.....	74
<b>Tabla 11</b> Peso unitario suelto- agregado fino .....	75
<b>Tabla 12</b> Peso unitario compactado de agregado fino .....	75
<b>Tabla 13</b> Porcentaje de humedad para el agregado grueso.....	76
<b>Tabla 14</b> Porcentaje de humedad para el agregado fino .....	77
<b>Tabla 15</b> Características de los agregados .....	78
<b>Tabla 16</b> Valores para el diseño de mezcla .....	78
<b>Tabla 17</b> Volumen absoluto de los materiales por m <sup>3</sup> : .....	79
<b>Tabla 18</b> Peso de diseño de los materiales .....	80
<b>Tabla 19</b> Corrección por absorción y humedad:.....	80
<b>Tabla 20</b> Proporción en peso .....	81
<b>Tabla 21</b> Consistencia del concreto sin y con fibras de aramida.....	81
<b>Tabla 22</b> Cálculo de dosificación en peso de los materiales por 1m <sup>3</sup> .....	82
<b>Tabla 23</b> Cálculo de dosificación de los materiales para 4 probetas del concreto patrón ..	83
<b>Tabla 24</b> Dosificación para 4 probetas con la incorporación de 0.25% de fibra.....	84

<b>Tabla 25</b> Dosificación para 4 probetas con la incorporación de 0.50% de fibra .....	84
<b>Tabla 26</b> Dosificación para 4 probetas con la incorporación de 0.75% de fibra .....	85
<b>Tabla 27</b> Dosificación de los materiales para 4 probetas con la incorporación de 1% de fibra .....	85
<b>Tabla 28</b> Resistencia a la compresión del concreto patrón sin fibra de aramida .....	88
<b>Tabla 29</b> Resistencia a la compresión del concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida .....	90
<b>Tabla 30</b> resistencia a la compresión del concreto con 0.50% de fibra de aramida .....	92
<b>Tabla 31</b> Resistencia a la compresión del concreto patrón con 0.75 % de fibra de aramida .....	94
<b>Tabla 32</b> Resistencia a la compresión del concreto patrón con 1% de fibra de aramida....	96
<b>Tabla 33</b> Resumen de resultados de ensayo a compresión .....	98
<b>Tabla 34</b> Resumen de resistencia a la compresión a los 28 días .....	99
<b>Tabla 35</b> Cálculo de dosificación en peso de los materiales por 1m <sup>3</sup> .....	101
<b>Tabla 36</b> Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moles de concreto patrón .....	102
<b>Tabla 37</b> Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moldes de vigas con la incorporación de 0.25% de fibra .....	103
<b>Tabla 38</b> Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moldes de vigas con la incorporación de 0.50% de fibra .....	103
<b>Tabla 39</b> cálculo de dosificación de los materiales para 9 moldes de vigas con la incorporación de 0.75% de fibra .....	104
<b>Tabla 40</b> Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moldes de vigas con la incorporación de 1% de fibra .....	104
<b>Tabla 41</b> Resultados de deformaciones en las vigas de concreto patrón .....	107
<b>Tabla 42</b> Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón .....	109

<b>Tabla 43</b> Deformaciones en las vigas de concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida .....	111
<b>Tabla 44</b> Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida.....	113
<b>Tabla 45</b> Reformaciones en las vigas de concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida .....	115
<b>Tabla 46</b> Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida.....	117
<b>Tabla 47</b> Deformación en las vigas de concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida..	119
<b>Tabla 48</b> Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida.....	121
<b>Tabla 49</b> Deformaciones en las vigas de concreto patrón con 1% de fibra de aramida ...	123
<b>Tabla 50</b> Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón con 1% de fibra de aramida.....	125
<b>Tabla 51</b> Resumen de resultados del ensayo de resistencia a flexión.....	127
<b>Tabla 52</b> Resumen de resultados del ensayo de resistencia a flexión a los 28 días.....	128
<b>Tabla 53</b> Resultados del análisis a flexión de las vigas reforzadas con varilla de acero en tensión. ....	133
<b>Tabla 54</b> Resultados del análisis a flexión de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje optimo de 0.50% en tensión.....	135
<b>Tabla 55</b> Resultado de la ductilidad en vigas reforzada con varilla de acero.....	142
<b>Tabla 56</b> Resultado de la ductilidad en vigas reforzada con varilla de acero y fibra de aramida en su porcentaje optimo.....	144
<b>Tabla 57</b> Prueba de normalidad, para la primera hipótesis especifica.....	148
<b>Tabla 58</b> Prueba anova para la primera hipótesis especifica .....	149

<b>Tabla 59</b> Sub conjuntos homogéneos de la primera hipótesis específica.....	149
<b>Tabla 60</b> Prueba de normalidad, para la segunda hipótesis específica. ....	150
<b>Tabla 61</b> Prueba anova para la segunda hipótesis específica .....	151
<b>Tabla 62</b> Sub conjuntos homogéneos de la segunda hipótesis específica .....	151
<b>Tabla 63</b> Prueba de normalidad, para la tercera hipótesis específica .....	153
<b>Tabla 64</b> Prueba anova para la tercera hipótesis específica.....	153
<b>Tabla 65</b> Sub conjuntos homogéneos de la tercera hipótesis específica .....	154
<b>Tabla 66</b> Prueba de normalidad, para la cuarta hipótesis específica .....	155
<b>Tabla 67</b> Prueba anova para la cuarta hipótesis específica.....	156

<b>Figura 18</b> Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 28 días en las vigas de concreto patrón.....	108
<b>Figura 19</b> Resultados de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón.....	110
<b>Figura 20</b> Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 18 días en las vigas de concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida.....	112
<b>Figura 21</b> Resultados de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida.....	114
<b>Figura 22</b> Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 18 días en las vigas de concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida.....	116
<b>Figura 23</b> Resultado de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida .....	118
<b>Figura 24</b> Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 18 días en las vigas de concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida.....	120
<b>Figura 25</b> Resultado de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida .....	122
<b>Figura 26</b> Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 18 días en las vigas de concreto patrón con 1% de fibra de aramida.....	124
<b>Figura 27</b> Resultado de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón con 1% de fibra de aramida .....	126
<b>Figura 28</b> Comparación de la resistencia a flexión de muestra patrón y con la adición de fibra de aramida .....	129
<b>Figura 29</b> Comparación de valores mayores de deformación del concreto patrón y c/n adición de fibras de aramida a los 7 días de curado.....	130
<b>Figura 30</b> Comparación de valores mayores de deformación del concreto patrón y c/n adición de fibras de aramida a los 14 días de curado.....	131

<b>Figura 31</b> Comparación de valores mayores de deformación del concreto patrón y c/n adición de fibras de aramida a los 28 días de curado.....	132
<b>Figura 32</b> Diagrama momento - curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero en tensión.....	134
<b>Figura 33</b> Diagrama momento - curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje optimo de 0.50% en tensión.....	137
<b>Figura 34</b> Comparación del momento - curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje optimo.....	139
<b>Figura 35</b> Comparación del momento – curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje optimo.....	140
<b>Figura 36</b> Comparación del momento – curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje optimo.....	141
<b>Figura 37</b> Resultado de la ductilidad en vigas reforzada con varilla de acero.....	143
<b>Figura 38</b> Resultado de la ductilidad en vigas reforzada con varillas de acero y fibra de aramida en el porcentaje optimo de 0.50%.....	145
<b>Figura 39</b> Comparación de resultados de ductilidad en vigas reforzada con varilla de acero y fibra de aramida en su porcentaje optimo de 0.50%.....	146
<b>Figura 40</b> Muestra de agregado grueso y fino.....	178
<b>Figura 41</b> Cuarteo de las muestras de los agregados.....	178
<b>Figura 42</b> Granulometría del agregados grueso y fino.....	179
<b>Figura 43</b> Ensayo de gravedad especifica y absorción.....	179
<b>Figura 44</b> Ensayo de peso unitario suelto y peso unitario compactado.....	180
<b>Figura 45</b> Fibra de aramida.....	180
<b>Figura 46</b> Medición de asentamiento con el cono de abrams para concreto patrón y con adición de fibra de aramida en 0.25% y 0.50%.....	181

<b>Figura 47</b> Medición de asentamiento con el cono de abrams para concreto con adición de fibra de aramida en 0.50% y 1% .....	181
<b>Figura 48</b> Resistencia a la compresión de briquetas con fibras de aramida al 0.25%,0.50%,0.75% y 1% a los 7 y 14 días .....	182
<b>Figura 49</b> Muestras de briquetas después del ensayo .....	182
<b>Figura 50</b> Resistencia a la compresión de briquetas con fibras de aramida al 0.25% y 0.50% a los 28 días.....	183
<b>Figura 51</b> Resistencia a la compresión de briquetas con fibras de aramida al 0.75% y 1% a los 14 y 28 días .....	183
<b>Figura 52</b> Ensayo de resistencia a flexión y deformación en vigas con las adiciones de fibra de aramida en 0.25%,0.50%,0.75% y 1% a los 7 días .....	184
<b>Figura 53</b> Muestra de vigas de concreto después de su ensayo flexión de los 7 días .....	184
<b>Figura 54</b> Ensayo de resistencia a flexión y deformación en vigas con las adiciones de fibra de aramida en 0.25%,0.50%,0.75% y 1% a los 14 días .....	185
<b>Figura 55</b> Muestras de vigas de concreto después del ensayo a flexión .....	185
<b>Figura 56</b> Ensayo de resistencia a flexión y deformación en vigas con las adiciones de fibra de aramida en 0.25%,0.50%,0.75% y 1% a los 28 días .....	186
<b>Figura 57</b> Lectura de deformación en el ensayo de vigas de concreto en sus distintas incorporaciones de fibra de aramida .....	186
<b>Figura 58</b> muestras ensayadas y fibra de aramida en el concreto fresco.....	187
<b>Figura 59</b> Elaboración de muestras de vigas de concreto patrón y en sus diferentes porcentajes de adición de fibra de aramida .....	187
<b>Figura 60</b> Muestras de viga reforzada con acero y fibra de aramida.....	188
<b>Figura 61</b> Armado e acero para los respectivos ensayos.....	188

## Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia .....	177
Anexo 2 Panel fotográfico .....	178
Anexo 3 Resultados de laboratorio.....	189
Anexo 4 Certificados de calibración de los instrumentos .....	224

## I. Introducción

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción por su alta resistencia a compresión, durabilidad y facilidad de uso. Sin embargo, presenta baja resistencia a tracción y tiende a comportarse de manera frágil cuando está sometido a esfuerzos de flexión, lo que provoca la aparición de grietas que pueden afectar su desempeño estructural. Por esta razón, se han desarrollado diferentes técnicas para mejorar su comportamiento, especialmente en elementos estructurales como las vigas. (Neville, 2011).

En los últimos años, el uso de fibras incorporadas al concreto ha demostrado ser una alternativa eficaz para mejorar su comportamiento frente a la fisuración. Las fibras ayudan a controlar la formación y propagación de grietas, incrementan la capacidad de deformación y mejoran la resistencia después de que el concreto se fisura (ACI Committee 544, 2018). Esto permite que el material tenga un comportamiento más dúctil, es decir, que pueda deformarse antes de fallar de manera brusca (Bentur & Mindess, 2020).

En ese sentido, la presente investigación tiene como finalidad analizar la influencia del refuerzo con fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto en Abancay – Apurímac – 2024. Se evaluarán parámetros como la resistencia a flexión, resistencia a compresión, deformación y ductilidad, mediante ensayos experimentales controlados. Finalmente, los resultados obtenidos permitirán determinar el aporte técnico del uso de fibras de aramida en elementos estructurales, contribuyendo al desarrollo de alternativas que mejoren la seguridad y el desempeño estructural en zonas sísmicas, así como al fortalecimiento del conocimiento en el ámbito de la ingeniería civil.

## II. Planteamiento del problema

### 2.1. Descripción y formulación del problema.

El concreto es uno de los materiales más utilizados a nivel mundial debido al crecimiento sostenido del desarrollo urbano y la expansión de la infraestructura. Se estima que su consumo alcanza aproximadamente 10 mil millones de metros cúbicos anuales, lo que lo convierte en el material de construcción más demandado en la actualidad (Ayala et al., 2021). Sin embargo, el incremento en la producción de cemento, componente principal del concreto, genera un impacto ambiental significativo. Diversas investigaciones señalan que la fabricación del cemento es responsable de entre el 7 % y el 10 % de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contribuyendo considerablemente al cambio climático (Mendoza et al., 2021).

A nivel internacional, en India, el interés en la fabricación sobre vigas de concreto ha crecido entre ingenieros debido a los avances en la industria y la necesidad de mejorar sus propiedades para cumplir con nuevos requerimientos, planteando desafíos si no se alcanza la resistencia correcta (Saad et al., 2023). Por otro lado, en Venezuela, han identificado que las vigas de concreto pueden sufrir degradación por condiciones del entorno como humedad, exposición a agentes químicos, y ciclos de congelación-descongelación. Además, muchas infraestructuras fueron diseñadas con normas obsoletas que no contemplan las exigencias actuales (Wenger & Medina, 2021).

En España, la zona costera del Mediterráneo, la corrosión representa el problema con mayor frecuencia en diseños estructurales en concreto armado y pretensado en áreas costeras, por lo que la normativa española EHE-08 establece una clasificación de ambientes según diferentes niveles de exposición, que están vinculados tanto a la corrosión de las armaduras como al deterioro del concreto, de acuerdo a ello, la Clase III se asocia con la exposición marina

y se divide en tres subclases: IIIa para exposición al aire marino, IIIb para exposición sumergida y IIIc para áreas con mareas y salpicaduras; proponiendo diferentes parámetros de diseño de acuerdo con el grado de exposición (Cortines, 2021).

A nivel nacional, la debilidad de las partes de la estructura en Perú se atribuye a la disminución de su capacidad por diversas razones, impacto ambiental, falla de cuidado adecuado, efectos de fenómenos naturales, modificación empleada para la estructura, infraestructuras diseñadas con normas obsoletas, y desaciertos en la elaboración o ejecución. Esta situación resalta la búsqueda de estrategias para fortalecer y restaurar que sean efectivas y fáciles de aplicar (Ramos, 2022). Por otro lado, el incremento de la urbanización y la migración hacia ciudades como Abancay ha generado una mayor demanda de viviendas, muchas de las cuales son construidas por autoconstrucción, por consiguiente, se puede generar un problema a largo plazo, ya que al cambiar el uso de una estructura puede imponer cargas y exigencias diferentes a las previstas originalmente (PCM, 2019).

En el contexto de Abancay, en la región de Apurímac, se ha observado un crecimiento significativo en la construcción de infraestructuras. Por ello, la implementación de nuevas técnicas que mejoren la seguridad y calidad de las estructuras de concreto es de vital relevancia a fin de ser garantizado el desarrollo en la región, centrándose en evaluar cómo el adicionar fibras de aramida influye dentro del comportamiento estructural en vigas de concreto

### ***2.1.1. Formulación de problemas***

#### **2.1.1.1. Problema general**

¿De qué manera influye el refuerzo con fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto, Abancay – Apurímac – 2024?

### **2.1.1.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la resistencia máxima a compresión del concreto reforzado con fibras de aramida, Abancay - Apurímac, 2024?
- b) ¿Cuál es la deformación máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida, Abancay – Apurímac, 2024?
- c) ¿Cuál es la resistencia máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida, Abancay – Apurímac, 2024?
- d) ¿Cuál es la ductilidad de una viga de concreto simplemente armada con el porcentaje óptimo de fibras de aramida, en comparación con vigas sin fibra, Abancay – Apurímac, 2024?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. *Objetivos generales***

Determinar la influencia del refuerzo con fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto, Abancay – Apurímac – 2024.

### **2.2.2. *Objetivo específico***

- a) Determinar la resistencia máxima a compresión del concreto reforzado con fibras de aramida, Abancay – Apurímac 2024.
- b) Determinar la deformación máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida, Abancay – Apurímac 2024.
- c) Determinar la resistencia máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida, Abancay – Apurímac 2024.

- d) Determinar la ductilidad de una viga de concreto simplemente armada con el porcentaje óptimo de fibras de aramida, en comparación con vigas sin fibra, Abancay – Apurímac, 2024

### **2.3. Justificación e importancia**

El análisis estructural utilizando fibras de aramida en el concreto se manifiesta como una necesidad urgente debido al creciente número de estructuras dañadas por diversos factores. Este tipo de daño afecta directamente a la seguridad y funcionalidad de las edificaciones, lo que resalta la importancia de buscar soluciones innovadoras que mejoren las propiedades de los materiales estructurales. El uso de fibras de aramida en el concreto ofrece una alternativa viable, ya que no solo proporciona una opción más económica frente a los elevados costos de reparación y mantenimiento de estructuras tradicionales, sino que también incrementa de manera significativa las propiedades mecánicas del concreto, tales como la resistencia a la flexión, deformación y ductilidad.

Por otro lado, las fibras de aramida son altamente resistentes a la corrosión, lo que alarga la vida útil de las estructuras y las hace más sostenibles frente a las condiciones ambientales adversas. Esta investigación busca establecer cómo la incorporación de fibras de aramida influye en el comportamiento estructural del concreto, lo que permitirá contar con una solución más eficiente y duradera para el diseño de vigas y otros elementos estructurales.

La fibra de aramida ofrece numerosos beneficios en el ámbito del refuerzo estructural, destacándose por su alta resistencia al impacto, a cargas dinámicas y a la corrosión. Asimismo, es un material no conductor y fácil de instalar, lo que la convierte en una opción eficiente para mejorar el desempeño y la durabilidad de las estructuras de concreto, especialmente en entornos desafiantes o agresivos. Estas características no solo optimizan los métodos tradicionales de

refuerzo, sino que también impulsan el desarrollo de tecnologías más sostenibles y competitivas en la ingeniería civil. (Manjeet et al., 2020)

La inclusión de fibras (AFRP) en el concreto ha evidenciado una mejora significativa en su capacidad de carga, además de ayudar a controlar la fisuración y aumentar la durabilidad del material. Estas propiedades son cruciales para optimizar el rendimiento estructural en aplicaciones que exigen alta resistencia, particularmente en entornos agresivos o sometidos a cargas dinámicas. (Jongvivatsakul et al., 2020). este proyecto de investigación introduce el diseño, investigación y análisis de la postura estructural en vigas reforzadas con las fibras de aramida, como una opción al concreto tradicional que limita sus propiedades mecánicas. Dada la problemática expuesta en el planteamiento del problema, este estudio busca explorar y comprender el comportamiento estructural de la fibra de aramida, un elemento que ha sido subestimado en investigaciones previas.

Este proyecto también contribuye con ideas metodológicas y científicas, sirviendo como base teórica para investigadores interesados en comprender de qué manera se comporta estructuralmente la viga reforzada a través de fibras de aramida, ofreciendo diseños, cálculos y evaluaciones de ensayos prácticos que podrían ser referencias útiles para futuras investigaciones. Al proporcionar un conjunto sólido de datos, se busca fomentar el conocimiento sobre el refuerzo con fibras de aramida y ofrecer una alternativa sostenible a la corrosión del acero en otras estructuras o elementos estructurales.

Asimismo, posee una relevancia significativa para la ingeniería civil y la ingeniería en términos generales, ya que introduce el empleo de un insumo de construcción innovador en Perú. Es importante destacar que no existen antecedentes del uso de fibras de aramida en la construcción de diversos tipos de edificios en América Latina, a diferencia de regiones como

América del Norte y gran parte de Europa, donde se ha implementado exitosamente este material novedoso.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El refuerzo con fibras de aramida influye significativamente en el comportamiento estructural de vigas de concreto, Abancay – Apurímac – 2024.

### **2.4.2. Hipótesis específica**

- a) La resistencia máxima a compresión del concreto reforzado con fibras de aramida aumenta significativamente en la resistencia en comparación del concreto convencional, Abancay- Apurímac 2024
- b) La deformación máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida serán inferior a la deformación de una viga de concreto convencional Abancay – Apurímac 2024.
- c) La resistencia máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida serán superiores en comparación de una viga de concreto convencional Abancay-Apurímac 2024
- d) La incorporación de fibras de aramida en el porcentaje optimo incrementa significativamente en la ductilidad de las vigas de concreto simplemente armada en comparación con las vigas sin fibra

## **2.5. Variables**

**Variable independiente:** Fibra de aramida como refuerzo

**Variable dependiente:** Comportamiento estructural

**Tabla 1***Operacionalización de variables*

**Título:** “Influencia del refuerzo con fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto Abancay – apurimac-2024”

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición	Instrumentos
<b>Variable independiente:</b> fibras de aramida.	Según Pinargote y López (2023) la fibra de aramida se refiere al proceso de fortalecer un material o estructura mediante la incorporación de fibras fabricadas con polímeros de aramida, como el Kevlar o el Twaron, por lo que son conocidas por su alta resistencia y rigidez, lo que las hace ideales para mejorar las propiedades mecánicas y de resistencia a la tracción de diversos materiales compuestos, como el concreto, el plástico o el metal.	El objetivo de utilizar fibras de aramida es aumentar la capacidad de En cuanto a la resistencia del concreto a la flexión, se medirá la fibra de aramida en función de sus características y su capacidad elástica.	Características de la fibra de aramida	Longitud (mm)	Razón	Ficha técnica del material
				Diámetro (mm)		
				Módulo de elasticidad de la fibra de aramida.	Módulo de Young (MPa)	
<b>Variable dependiente:</b> Comportamiento estructural en vigas de concreto	Según Ruiz et al., (2020), Comportamiento estructural en vigas de concreto se refiere a la forma en que una viga de concreto responde a las cargas aplicadas, considerando su capacidad para soportar esfuerzos, sus deformaciones y su estabilidad. Este comportamiento incluye aspectos como la resistencia, la rigidez y la ductilidad, que determinan su desempeño a lo largo de su vida útil (p. 36).	En un laboratorio certificado se evaluará el comportamiento estructural de una viga de concreto sometida a flexión, considerando su resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, deformación en flexión y ductilidad, de acuerdo con normas técnicas	Resistencia a compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón	(El formato de prueba para la flexión y compresión se ajusta a las normas ASTM C78 – NTP 339.078 y ASTM C 39
			Deformación máxima en flexión.	Flecha máxima (mm)	Razón	
			Resistencia máxima en flexión.	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón	
			Ductilidad en flexión	Momento- curvatura (Kn-m, rad/m)	Razón	

**Nota.** En la tabla se detalla la operacionalización de las variables, incluyendo sus dimensiones, indicadores y las respectivas escalas de medición.

### **III. Marco teórico**

#### **3.1. Antecedentes**

##### ***3.1.1. A nivel internacional***

Yan et al. (2023) en su investigación titulada, estudio y microanálisis del efecto de la adición de fibras de polipropileno en el comportamiento mecánico y la carbonatación del concreto elaborado con arena fabricada, plantearon como objetivo principal determinar cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto de arena influye en su resistencia a la flexión y en la penetración de la carbonatación. La metodología empleada fue un diseño experimental con un diseño factorial 2x3, considerando distintos contenidos y longitudes de fibras, las cuales fueron de 6 mm, 12 mm y 19 mm. Los resultados obtenidos demostraron que la incorporación de fibras de polipropileno incrementó la resistencia a la flexión y redujo la penetración de la carbonatación en el concreto. Asimismo, las vigas con fibra de polipropileno presentaron una deformación máxima de 0.20 mm en el ensayo a flexión, lo que evidenció una mejora en la capacidad de deformación del concreto reforzado. El valor óptimo de PPF fue de 1 kg/m<sup>3</sup> y una longitud de 12 mm, lo que resultó en un incremento significativo tanto en la resistencia a la flexión como en la reducción de la carbonatación. Este estudio concluyó que la adición de fibras de polipropileno tuvo un impacto positivo en la ductilidad del concreto, mejorando la deformación de las vigas de concreto, lo cual validó el modelo propuesto para optimizar las propiedades estructurales del concreto reforzado con fibras.

Siddesha y Pag (2023) en su estudio titulado, el efecto de la incorporación conjunta de fibras de polipropileno y polietileno en el comportamiento mecánico y la durabilidad del concreto, investigaron el impacto de la incorporación de fibras de polipropileno y polietileno en las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto. El objetivo de la investigación fue

evaluar cómo diferentes proporciones de estas fibras influyen en su resistencia del concreto, de esta manera, los autores emplearon un diseño experimental con distintas dosificaciones de fibras (1.8 kg/m<sup>3</sup>, 3 kg/m<sup>3</sup> y 4.5 kg/m<sup>3</sup>). Los resultados mostraron que, con una dosificación óptima de 3 kg/m<sup>3</sup>, las fibras de polipropileno y polietileno mejoraron significativamente la resistencia a la flexión, alcanzando un valor de 4.463 MPa, así como la durabilidad del concreto, con buenos resultados observados tanto a los 28 como a los 56 días de curado. En cuanto a la ductilidad, las vigas de concreto con estas fibras presentaron una deformación máxima de 0.35 mm durante el ensayo a flexión, lo que evidenció una mejora sustancial en comparación con el concreto sin fibras. Las conclusiones del estudio confirmaron que la adición de fibras de polipropileno y polietileno mejora tanto la resistencia como la ductilidad del concreto, contribuyendo así a incrementar la durabilidad del material para futuras aplicaciones estructurales.

Yeou et al. (2021) en su estudio titulado, comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras híbridas de aramida y carbono, evaluaron el impacto de la incorporación conjunta de fibras de carbono y aramida en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, con el objetivo de analizar la influencia de estas fibras, empleadas en longitudes de 12 mm y 24 mm, sobre la resistencia a la flexión, tracción y compresión. Para ello, desarrollaron un diseño experimental en el que se elaboraron diversas muestras de concreto con adición de fibras híbridas (carbono/aramida) en diferentes proporciones, las cuales fueron sometidas a ensayos mecánicos para determinar su comportamiento estructural. Los resultados evidenciaron un incremento significativo en la resistencia a la flexión, alcanzando un valor de 4.61 MPa, así como una deformación máxima de 0.09 mm durante los ensayos de flexión, superando al concreto convencional sin refuerzo. Asimismo, se observó un aumento en la ductilidad, lo que

indica un comportamiento más deformable y con mayor capacidad para soportar cargas. En conclusión, la incorporación combinada de fibras de aramida y carbono no solo mejora la resistencia del concreto, sino que también incrementa su ductilidad, evidenciando su potencial aplicación en el diseño y construcción de estructuras que requieren alta durabilidad y capacidad resistente.

Yang et al. (2020) en su investigación, análisis experimental de la ductilidad y la resistencia a la flexión en vigas de concreto de alto desempeño bajo solicitaciones de flexión, plantearon comparar el comportamiento a flexión de vigas de concreto de ultra alto desempeño (UHPC) y de alta resistencia (HSC) con incorporación de fibras. Para ello, establecieron diferentes dosificaciones de fibra, correspondientes a 1%, 2% y 2.5%, y desarrollaron un diseño experimental en el que elaboraron y ensayaron vigas de ambos tipos de concreto sometidas a cargas de flexión. Durante los ensayos, evaluaron parámetros como los patrones de falla, la absorción de energía y el comportamiento carga-deformación, lo que permitió analizar y contrastar los resultados obtenidos. Los resultados evidenciaron que la adición de fibras mejora significativamente el desempeño del concreto, identificándose un contenido óptimo cercano al 1.5%, con el cual se incrementan la ductilidad y la tenacidad a la flexión; sin embargo, al aumentar la dosificación por encima de este valor, no se observaron mejoras relevantes. En conclusión, la incorporación de fibras de acero contribuye al mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto, aunque existe un límite en la cantidad de fibra a partir del cual los beneficios tienden a estabilizarse, proporcionando criterios importantes para su diseño y aplicación en estructuras

### 3.1.2. *A nivel nacional*

Calderon y Gutiérrez (2020) en su estudio titulado , influencia de la fibra de vidrio y del polvillo de acero reciclado en la resistencia a la compresión, flexión y abrasión del concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2020, analizaron el efecto de la incorporación de fibra de vidrio y polvillo de acero reciclado en la optimización de las propiedades mecánicas del concreto, con el objetivo de determinar su influencia en la resistencia a la compresión, flexión y abrasión. Para ello, emplearon una metodología de tipo cuasiexperimental, basada en un enfoque de estadística inferencial mediante el uso del software SPSS versión 25. Asimismo, se realizaron ensayos en probetas de concreto de  $150 \times 150 \text{ mm}$  para evaluar su comportamiento mecánico. Los resultados evidenciaron que una dosificación combinada óptima de 2.5% de estos materiales genera mejoras significativas en la resistencia a la flexión y compresión del concreto. En conclusión, la incorporación de fibra de vidrio y polvillo de acero reciclado contribuye al mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto, proporcionando criterios técnicos para el desarrollo de mezclas más resistentes y sostenibles.

Carhuatanta y Mendoza (2024) por medio de la investigación, Análisis comparativo del efecto de fibra de acero y microfibras de monofilamento en el desempeño físico-mecánico del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , su idea principal fue analizar y comparar cómo afecta las fibras de acero y microfibras de monofilamento dentro del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  sobre sus propiedades físico-mecánicas. Contemplaron como metodología un diseño experimental, donde incluyeron la elaboración de mezclas, ensayo para resistencias de compresión, flexión y tracción, donde las microfibras y fibras tuvieron dosificaciones de 0.10%, 0.15% y 0.30% y 0.50%,1% y 1.50% respectivamente. Los resultados que obtuvieron determinar que ambas adiciones mostraron mejoras significativas en el concreto convencional, presentando  $264.67 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, y

al adicionarle estos insumos alcanzaron con la fibra de monofilamento entre un 91% y el 93% de su resistencia, mientras con la fibra alcanzó un 97% adquiriendo por resistencia 256.57 kg/cm<sup>2</sup> dentro de los 28 días. Concluyeron que estos resultados ofrecieron una perspectiva fundamental para optimizar las propiedades de un concreto y resulte más eficiente y económico en el contexto de construcción de infraestructuras.

Minaya (2020) por medio de la tesis, Influencia de la incorporación de fibra de coco para la incidencia en la resistencia del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> – Lima 2020, como idea principal evaluaron el impacto de adicionar fibras de coco dentro del concreto en base a su resistencia. La metodología que emplearon fue de un diseño cuasiexperimental. Posterior a eso, analizó los agregados, siendo estos adquiridos de la cantera Jicamarca, de igual manera las dosificaciones a emplear en el diseño fueron del 1.5% y 2%, realizando un total de testigos para compresión de 27 muestras y misma cantidad de vigas en flexión. Los resultados que encontraron fueron que al añadir un 1.50% de fibra incrementaron en el concreto su resistencia en 28% superando al concreto convencional. Por otro lado, según la resistencia a flexión presentó alrededor del 15% a diferencia con la muestra patrón. Por último, concluyeron que ambas adiciones mejoraron en el concreto sus propiedades, siendo una de las alternativas potenciales como material de adición al diseñar mezclas del concreto.

Chinchayhuara (2020) por medio de la investigación, evaluación del impacto de la incorporación de fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del concreto con resistencia característica de 210 kg/cm<sup>2</sup>, La Libertad – 2020, tuvieron el propósito central de establecer la inclusión de fibras de maguey dentro del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> mejorando sus propiedades físico-mecánicas. Contemplaron como metodología un diseño experimental, realizaron testigos de 10x20cm para la evaluación a compresión y vigas de 15x15xcm x 600cm

para ensayos flexión, añadiendo tres porcentajes de fibras: 0.50%, 1% y 1.5% con dimensiones para longitud en 2.500 cm, con un diámetro de 0.100 y 0.750 mm. Los resultados que obtuvieron fue que la adición de estas fibras de maguey mejoraron notablemente en las vigas su resistencia a la flexión en el transcurso que aumentaban la dosificación de las fibras a 28 días con valores de 44.9kg/cm<sup>2</sup>, 45.7kg/cm<sup>2</sup> y 45.4kg/cm<sup>2</sup> sobrepasando la resistencia del valor patrón del cual tuvo 43.9kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, la resistencia a compresión del valor patrón tuvo 241.8kg/cm<sup>2</sup> generando un impacto mínimo ya que solo con el 0.5% y 1% de fibra aumentó su resistencia a 253.8kg/cm<sup>2</sup> y 247.8kg/cm<sup>2</sup>. Concluyeron que estas fibras son una alternativa que pueden ser empleadas no solo para optimizar la resistencia del concreto, sino también como una opción sostenible en los materiales de construcción, realizando más investigaciones acerca de estas fibras como de otro material y explorando su uso en diferentes contextos de la construcción.

Berru y García (2023) en su tesis, incorporación de fibra de basalto a una viga de concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para reducir su fisuración, Piura-2023, plantearon como idea principal elaborar concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando fibras de basalto para la viga a fin de disminuir sus fisuraciones. La metodología abarcó ser experimental, realizando ensayos de flexión y compresión para evaluar al concreto endurecido bajo dosificaciones de fibras en 0.20%, 0.40% y 1% a 28 días y utilizando 12 especímenes cilíndricos y 12 especímenes de vigas. Evidenciaron por resultados en la evaluación del concreto a compresión dentro de los 28 días 263.45 kg/cm<sup>2</sup>, 219.86kg/cm<sup>2</sup> y 176.86 kg/cm<sup>2</sup> al ser adicionada las fibras, evidenciado un decrecimiento en su resistencia donde el concreto patrón tuvo por valor resultante 268.13kg/cm<sup>2</sup>, no obstante con las mismas dosificaciones para el ensayo de flexión se tuvieron resultados de 57.50, 58.57 y 68.65 kg/cm<sup>2</sup> al ser adicionada las fibras de basalto, reflejándose un aumento en la dosificación del 1% a diferencia del concreto patrón cuyo valor osciló en 62.34kg/cm<sup>2</sup>. Concluyeron que la

adición de este insumo al concreto pudo tener efectos significativos en su resistencia a flexión y puede contribuir a disminuir las fisuras en las vigas de concreto.

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

Ccahuana y Chumpisuca (2024) por medio de la tesis, análisis de las propiedades físicas mecánicas del concreto  $f^c = 175 \text{ kg/cm}$  con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac, plantearon como objetivo evaluar el desempeño del concreto  $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$  sobre las propiedades físico-mecánicas al ser adicionada las fibras de acero Wirand FF3 bajo dosificaciones en 2%, 4% y 6%. Aplicaron un diseño experimental, que consistió en realizar 68 muestras de concreto divididas en concreto + fibras de acero y concreto sin fibras de acero. Evidenciaron por resultados al ser adicionada las fibras de acero lograron por resistencia a compresión  $264.7 \text{ kg/cm}^2$ ,  $252.9 \text{ kg/cm}^2$  y  $222.65 \text{ kg/cm}^2$  alcanzadas dentro de los 28 días de curado, mejorando los resultados del valor patrón que osciló en  $245.88 \text{ Kg/cm}^2$ , conforme a la resistencia a flexión el valor patrón obtenido osciló en  $29.39 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que con la adición de fibras se obtuvieron valores de 30.8, 44.85 y 51.33  $\text{kg/cm}^2$ . Concluyendo que su óptimo porcentaje fueron del 2% y 6% mejorando sus resistencias de compresión y de flexión.

Collanqui y Gamarra (2023) en su tesis , análisis de la influencia de la incorporación de fibras de acero reciclado provenientes de neumáticos en el desempeño físico-mecánico del concreto con relación  $A/C = 0.45$ , así como en la reducción de la fisuración por contracción plástica en losas, en la ciudad de Juliaca – 2022, plantearon como objetivo estudiar de qué manera impacta el ser adicionada las fibras de acero recicladas proveniente de neumáticos dentro del concreto sobre sus propiedades físico-meçanicas. Como metodología contemplaron por enfoque cuantitativo, y por diseño experimental, aplicando dosificaciones en 0.5%, 1% y

2% de FAR. Los resultados que obtuvieron fue que al adicionar este insumo dentro del concreto sus propiedades mecánicas a los 28 días mostraron un aumento significativo en su resistencia a la compresión en 224.58kg/cm<sup>2</sup> a 309.15kg/cm<sup>2</sup> y su resistencia a flexión en 35.45kg/cm<sup>2</sup> a 44.52kg/cm<sup>2</sup>, de la misma manera la fisuración se redujo al incorporar este insumo. Por último, concluyeron que las FAR al 2% mejoró la consistencia del concreto, del mismo modo aumentó su resistencia en sus propiedades, siendo una alternativa sostenible para ser aplicada en futuras estructuras.

## **3.2. Bases teóricas.**

### ***3.2.1. Propiedades y aplicaciones de la fibra de aramida***

#### **3.2.1.1. Refuerzo con fibras de aramida**

Refuerzo con fibras: El refuerzo interno hecho de polímeros reforzados con fibra (FRP) es una solución prometedora a la degradación del refuerzo de acero causada por la exposición ambiental. En los últimos tiempos, el aumento de refuerzos no corrosivos y más duraderos llevó a un rápido aumento de fabricantes de distintos tipos de refuerzos con propiedades diferentes que favorezcan al comportamiento final del material, donde dicho tratamiento se centra en los procesos de producción, el tratamiento de superficies, las características mecánicas, la disponibilidad y los precios del material (Reichenbach et al., 2021).

#### **3.2.1.2. Fibras de aramida**

Fibras de aramida: La fibra sintética conocida como "fibra de aramida" (AF) tiene conexiones amidas entre dos anillos aromáticos que están presentes al menos en un 85%. De acuerdo a sus propiedades integrales, que contienen baja densidad, resistencia específica alta y alto módulo específico, el AF ha atraído mucha atención como refuerzo en compuestos

poliméricos debido a su bajo costo y los altos beneficios relacionado con la resistencia a la flexión que aporta el material en comparación al concreto tradicional (Zhang et al., 2021).

Las fibras de aramida, de naturaleza orgánica, se destacan por sus excepcionales propiedades mecánicas y su ligereza. En comparación de las fibras de vidrio o carbono, las fibras de aramida ofrecen una alta resistencia al impacto. En comparación con las fibras de vidrio, presentan una rigidez superior en aproximadamente un 50% y una mayor resistencia a la tracción. Además, se caracterizan por ser eficaces aislantes, tanto eléctricos como térmicos. Las propiedades de la fibra pueden ajustarse mediante la incorporación de aditivos al solvente, la modificación de las condiciones del proceso de hilado o la aplicación de tratamientos térmicos posteriores. Estas adaptaciones permiten que las fibras de aramida se produzcan en diversas formas para aplicaciones industriales específicas tales como se muestran a a continuación. (Pinargote & López, 2023)

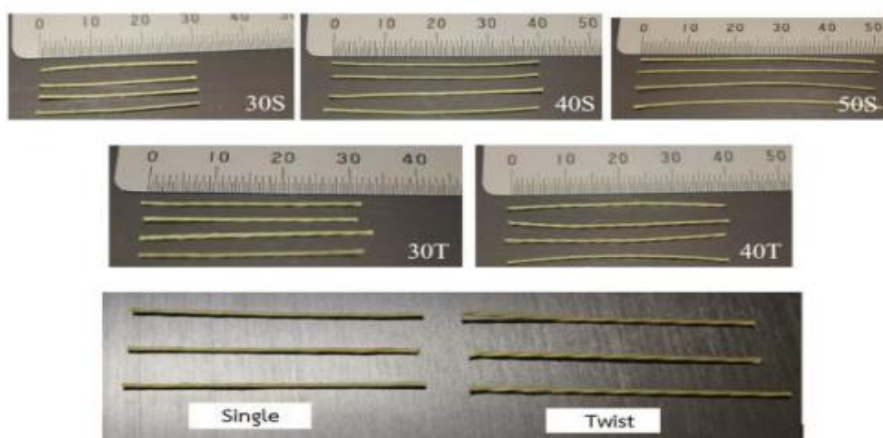
- **Fibra continua:** Se encuentra disponible en forma de mechas de filamentos continuos, los cuales también pueden obtenerse sin acabado y ser sometidos a diversas operaciones textiles. Los tejidos representan la forma más comúnmente empleada en materiales compuestos reforzados con fibra de aramida
- **Fibra discontinua:** El uso de la aramida en forma de fibra corta o discontinua ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años. Esto se debe, en parte, a su alta tenacidad y su naturaleza fibrilar, características que permiten desarrollar formas de fibra que no pueden lograrse con otros materiales de refuerzo.

### 3.2.1.3. Estructura de las fibras de aramida

Estructura de las fibras de aramida: Una fuerte conexión entre cadenas, un alto grado de cristalinidad y orientación y fibras de congelación de cristales líquidos son posibles gracias a la estructura molecular rígida y las características reológicas únicas de las aramidas en la fase de solución. Debido a estas características estructurales, las fibras de aramida tienen extraordinarias capacidades mecánicas y térmicas. También se utilizan en materiales avanzados y son una solución del polímero a través de una máquina de hilado, lo que produce fibras de alto rendimiento y correlación entre su estructura y sus propiedades (Manjeet et al., 2020).

#### Figura 1

*Geometría y forma de las fibras de aramida*



**Nota.** Se observa la fibra de aramida en sus distintas presentaciones longitudinales de rollos de hilado. Recuperado de Jongvivatsakul et al. (2020)

### 3.2.1.4. Tipos de fibra de aramida

Tipos de fibras de aramida: En conformidad a su fase de fabricación pueden se distinguen dos tipos de fibras de aramida según su rigidez en un ámbito comercial también denominados como Kevlar de calidad de 29 y 49, sin embargo, pueden tener módulos iniciales

en el amplio rango de 65 a 120 GPa, la resistencia a la tracción converge a 160–170 GPa y la distribución de orientación de los cristalitos también converge desde un rango inicial de 16,7–9,7 hasta el rango estrecho de 6°–6,5, emitiendo como consecuencia fibras de para-aramida, y meta-aramida, siendo la primera la de mayores propiedades técnicas en comparación (Şahin et al., 2020).

De acuerdo con su de fabricación, las fibras de aramida se clasifican en dos tipos según su nivel de rigidez

- Fibras de bajo modulo ( $E=70\text{GPa}$ )
- Fibras de alto modulo ( $E=130\text{GPa}$ )

Los materiales compuestos con fibra de aramida se consideran de alto rendimiento debido a sus sobresalientes propiedades mecánicas, destacando especialmente por su elevada resistencia al impacto.

### **3.2.1.5. Ventajas de las fibras de aramida**

Ventajas de las fibras de aramida: Estas evidencian diferentes propiedades que lo hacen un material ventajoso como su gran superficie específica, alta relación de aspecto, así como sus excelentes propiedades mecánicas, estabilidad química y estabilidad térmica favorables, convertida como un refuerzo adecuado a nivel de polímeros. Además de ello su matriz polimérica puede ser combinada mediante una variedad de interacciones, como enlaces de hidrógeno, apilamiento e interacción química que mejoren aún más su caracterización (Wang et al., 2020).

Proceso de fabricación de las fibras: Las nanofibras poliméricas tienen una variedad de métodos de preparación, que incluyen estiramiento en caliente, síntesis con plantilla,

polimerización por autoensamblaje, separación de fases y electrohilado, es el método más utilizado. Las fibras con excelente tenacidad y resistencia se han utilizado ampliamente como material de refuerzo para materiales compuestos avanzados, no obstante, se deben tener presente sus enlaces de hidrógeno inherentes entre las cadenas moleculares dentro de los procesos de preparación llegando a generar fibras tanto continuas como discontinuas (Wang et al., 2020).

Los hormigones reforzados con fibras presentan ciertas ventajas técnicas como material de armadura para el hormigón y como fibra corta proyectada. Entre los factores más ventajosos se pueden citar:

- No experimentan corrosión ni oxidación. Todas las fibras mantienen su estabilidad en ambientes carbonatados, mientras que las fibras de aramida y carbono sobresalen por su resistencia frente a condiciones ácidas y alcalinas.
- Son resistentes a las corrientes electromagnéticas, aunque las fibras de carbono presentan esta propiedad en un grado ligeramente menor
- Tienen muy buena resistencia a tracción y bajo peso
- Poseen una alta resistencia específica a la tracción, atribuida a su elevado grado de cristalinidad, con cadenas moleculares alineadas y rigidizadas mediante anillos aromáticos y enlaces de hidrógeno.
- Alto módulo de elasticidad y baja elongación a su rotura
- Destacan por su gran tenacidad y alta resistencia al impacto, además de no ser frágiles y contar con una excelente capacidad de absorción de energía

### **3.2.1.6. Proceso de fabricación de fibras**

Las nano fibras poliméricas tienen una variedad de métodos de preparación, que incluyen estiramiento en caliente, síntesis con plantilla, polimerización por autoensamblaje,

separación de fases y electro hilado, de los cuales el electro hilado, Es el método más utilizado. Un polímero se disuelve en un solvente adecuado a temperaturas entre  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y luego se somete a un proceso de extrusión en un cilindro caliente a  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Este aumento de temperatura provoca la evaporación del solvente, tras lo cual la fibra producida se enrolla en una bobina. Posteriormente, la fibra pasa por un proceso de estiramiento para mejorar su resistencia y rigidez. Gracias a su excelente tenacidad y propiedades mecánicas, estas fibras se han utilizado ampliamente como refuerzo en materiales compuestos avanzados. Sin embargo, es importante considerar los enlaces de hidrógeno inherentes entre las cadenas moleculares durante los procesos de fabricación, ya que esto permite la producción tanto de fibras continuas como discontinuas. (Wang et al., 2020).

#### **3.2.1.7. Propiedades de la fibra de aramida**

Propiedades de las fibras de aramida: Estas fibras, también conocidas como fibra de Kevlar, se utilizan para optimizar las propiedades de un material. Al ser adicionadas las fibras de aramida al mortero de cemento se alcanzan mejorar en las prestaciones técnicas y la resistencia mecánica de un material, ampliando sus posibilidades de aplicación y produciendo resultados equiparables en algunos casos a los de los morteros tradicionales. Estas adiciones tienen una repercusión considerable sobre las propiedades finales de los morteros, particularmente al reducir la contracción y aumentar la resistencia a la flexión debido a sus características únicas (Morón et al., 2021).

**Tabla 2***Fibra de aramida según kevlar 29 y 40*

<b>Tipo</b>	<b>Normal (kevlar29)</b>	<b>HM (kevlar40)</b>
<b>Resistencia a la tracción (GPa)</b>	2.8-3	2.8-3.4
<b>Módulo elástico (GPa)</b>	58-80	120-186
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1390-1440	1450-1470
<b>Alargamiento a la rotura (%)</b>	3.3-4.4	1.9-2.4
<b>Resistencia específica (GPa* cm<sup>3</sup>/g)</b>	1.9-2.2	1.9-2.3
<b>Módulo Específico (GPa* cm<sup>3</sup>/g)</b>	40-56	83-127
<b>Coef. Transmisión térmica (10<sup>6</sup>/°K)</b>	-2 a -6	-2 a -6
<b>Diámetro del filamento (µm)</b>	12	12

*Nota.* La tabla da a conocer las propiedades de la fibra de aramida kevlar 29 y 40. Según (Telenchana, 2020).

### 3.2.1.8. Refuerzo de fibras de aramida

Refuerzo de fibras de aramida: Debido a sus cualidades excepcionales, los compuestos reforzados con fibra de aramida, o AFRP, han atraído mucha atención como materiales de ingeniería avanzada. Las cualidades clave incluyen una fuerte resistencia específica, un alto módulo específico, baja densidad y excelente tolerancia a la temperatura. El valor adherente interfacial sobre la fibra y la matriz polimérica en los polímeros reforzados con AF (AFRP) es lo que controla la clave para un refuerzo de fibra de alto rendimiento que ejerza una eficiencia de transmisión de tensión. La seguridad y vida útil de los composites durante su uso están directamente correlacionadas con su adherencia. Pero debido a su superficie lisa, excelente cristalinidad e inercia química, la AF frecuentemente necesita alteraciones de la superficie para

mejorar la interacción química y el entrelazamiento mecánico de la fibra con la matriz polimérica (Zhang et al., 2021).

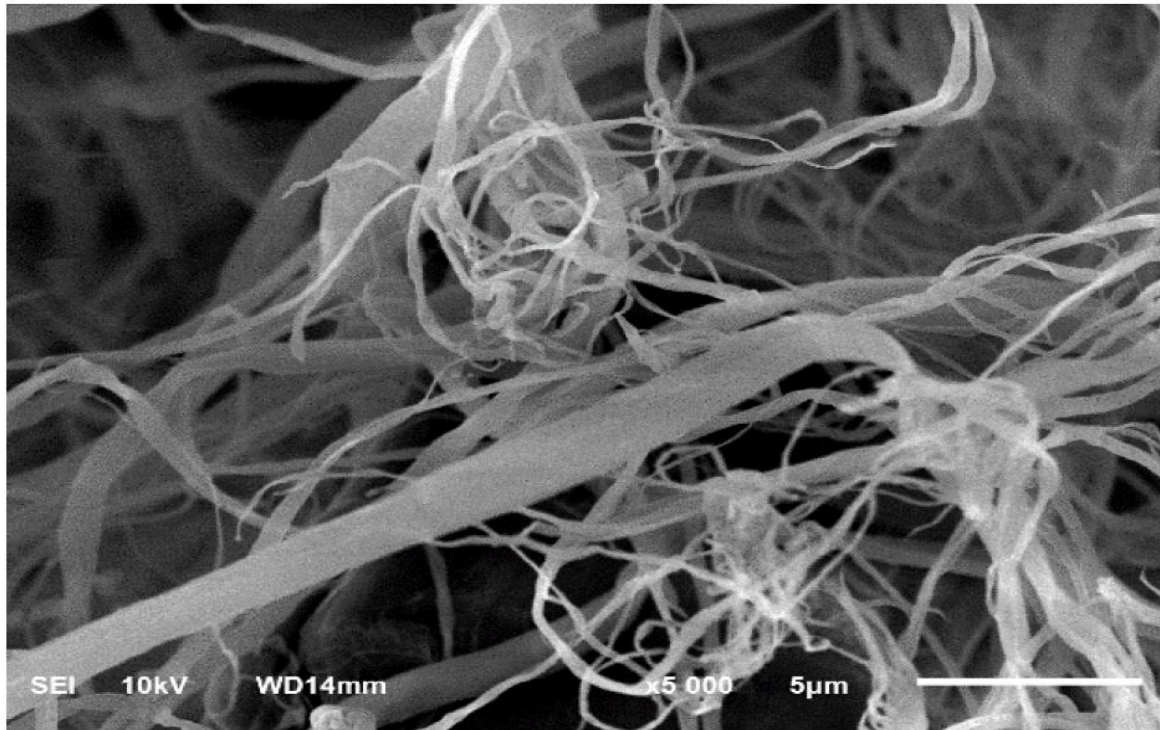
Asimismo, las nanofibras de aramida (ANF) han encontrado una amplia aplicación en los dominios del endurecimiento y refuerzo de polímeros debido a su alta relación de aspecto, gran área de superficie específica y capacidad para retener gran fuerza, módulo y resistencia a altas temperaturas. de fibras micrométricas de aramida (AMF). Los ANF han llamado mucho la atención porque se cree que ofrecen buenas propiedades de refuerzo para compuestos poliméricos. Debido a su superior dispersabilidad en agua, los ANF hacen que sus polímeros reforzados sean más convenientes. Además, los polímeros reforzados con ANF podrían proporcionar cualidades superiores que incluyen retardo de llama, resistencia a altas temperaturas y resistencia al desgarro (Zhang et al., 2021).

### **3.2.1.9. Dimensiones del refuerzo de fibra de aramida**

Dimensiones del refuerzo de fibra de aramida: La geometría de este material sobre los compuestos mecánicos de un material requiere de proporcionar cierta dimensión razonable de las fibras de aramida para reforzar las vigas de hormigón. Pudiendo tener diferentes dimensiones las cuales deben ser sometidas a diferentes pruebas o estudios como de tracción, compresión, flexión, entre otros para garantizar el funcionamiento, durabilidad y la resistencia a las cargas de la viga (Jongvivatsakul et al., 2020)

**Figura 2**

*Fibra de aramida sin tratar*



**Nota.** Imagen de fibra de aramida sin tratamiento superficial obtenida mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Recuperado de Zhang et al. (2020)

**3.2.1.10. Módulo de elasticidad de la fibra de aramida**

Módulo de elasticidad de la fibra de aramida. El módulo elástico del polímero reforzado con este insumo mejora el módulo de elasticidad a lo largo de la superficie del elemento, por lo cual suele haber una mejora del módulo elástico y su resistencia al desgaste, donde el módulo elástico puede llegar a incrementar hasta más de un 200%, lo cual evita el fenómeno de fluencia, haciéndolo un material adecuado para objetos de ingeniería (Zhang et al., 2020).

### ***3.2.2. Influencia de las fibras de aramida en vigas de concreto como reforzamiento estructural***

#### **3.2.2.1. Comportamiento estructural de vigas de concreto**

Comportamiento estructural de vigas de concreto. El desempeño estructural de una viga de hormigón tiene como objetivo garantizar que tenga un rendimiento estructural suficiente. Para reducir la cantidad de contenido de fibra utilizado y mejorar el rendimiento estructural, las fibras en los hormigones reforzados con fibras se pueden distribuir funcional o espacialmente. De esta manera, el comportamiento estructural reduce el coste de construcción de los elementos estructurales y al mismo tiempo mejora el comportamiento a flexión. Esto debe reconocerse analizando el comportamiento estructural de estas vigas utilizando hallazgos analíticos que evidencien mediante pruebas y ensayos el comportamiento estructural (Nematzadeh & Valukolaee, 2021).

#### **3.2.2.2. Tipos de falla en las vigas**

Tipos de falla en las vigas: La falla más usual en las vigas de concreto no reforzadas es la falla por flexión, la cual es causada por la propagación inestable de grietas. El enfoque de longitud característica "generalizada" que se ha sugerido tiene en cuenta las fuerzas que causan la formación de puentes de fisuras debido al refuerzo longitudinal, y se basa en el comportamiento de fractura del hormigón en modo I. Según expresiones teóricas, la longitud característica está considerablemente influenciada por la forma geométrica de una viga, las propiedades de fractura del hormigón y la presencia de fuerzas de puenteo de fisuras (Nelson et al., 2022).

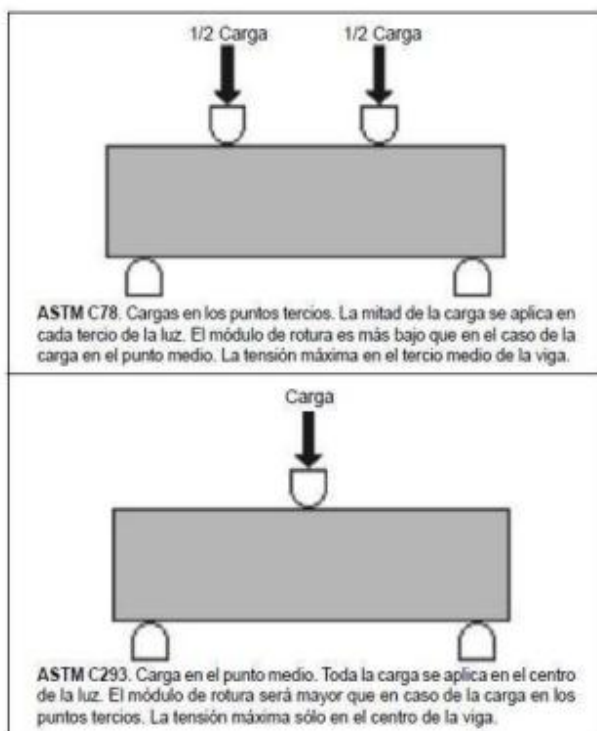
### **3.2.2.3. Diseño de refuerzo por flexión**

La flexión es la principal causa de insuficiencia en vigas convencionales, ya que las cargas aplicadas a estas estructuras provocan deformaciones que pueden dar lugar a agrietamientos y a una pérdida de estabilidad. Debido a esto, se prevé que los nuevos modelos de construcción estructural innoven no solo en los materiales empleados, sino también en los procedimientos que permitan evitar la deformación y agrietamiento de las vigas. En este contexto, los polímeros de fibra (FRP) se han consolidado como uno de los refuerzos más utilizados, debido a su elevada resistencia mecánica y reducido peso. (Hadam et al., 2020).

Los FRP son materiales compuestos que consisten en fibras de carbono, aramida, o vidrio, embebidas en una matriz polimérica, lo que les otorga una excelente resistencia a la tracción y propiedades de flexibilidad. Estos refuerzos, cuando se aplican correctamente en el diseño de vigas, mejoran significativamente su capacidad de carga y durabilidad. A través de su uso, se ha logrado un gran éxito en la rehabilitación de estructuras existentes como edificios de acero, mampostería y hormigón armado (RC), garantizando su integridad estructural frente a cargas dinámicas y estáticas. (Aguila, 2020)

### Figura 3

#### Ensayo a flexión del concreto



**Nota.** Representación del ensayo de flexión en vigas de concreto utilizando los métodos de carga según las normas ASTM C78 y ASTM C293. Recuperado de (Sanchez, 2022)

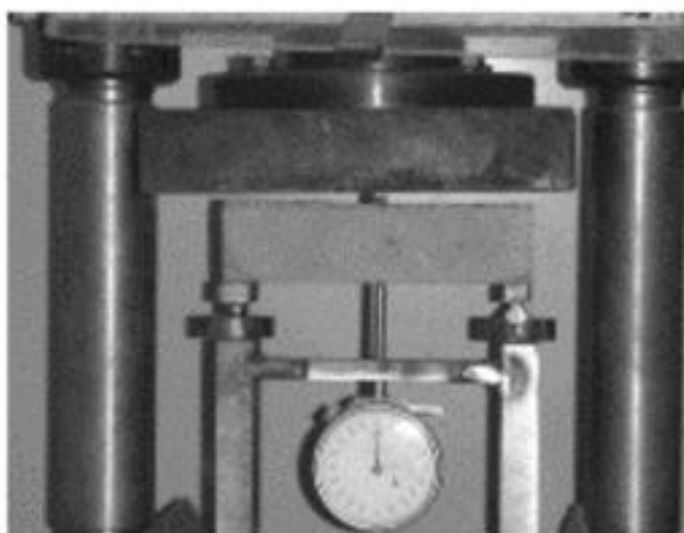
#### 3.2.2.4. Resistencia a flexión

La resistencia a la flexión constituye una propiedad esencial en los materiales estructurales, ya que les permite soportar cargas o fuerzas aplicadas a lo largo de su eje longitudinal. Esta característica resulta especialmente relevante en elementos como las vigas, debido a que define su capacidad para resistir esfuerzos que generan curvatura o deformación. Para su evaluación, se emplea el ensayo de flexión, el cual es de tipo destructivo y permite determinar la capacidad resistente del material. En dicho procedimiento, la probeta es sometida a una carga controlada aplicada perpendicularmente a su eje longitudinal. Durante el ensayo, se analiza cómo el material responde a la carga en términos de esfuerzos (fuerzas internas

generadas por la carga aplicada) y deformación (la curvatura o cambio dimensional resultante de la carga). El objetivo principal de este ensayo es determinar la resistencia máxima a la flexión del material, es decir, la carga límite que puede soportar antes de presentar una falla estructural. Este tipo de evaluación resulta fundamental para asegurar que las vigas y otros elementos estructurales sean capaces de resistir adecuadamente las cargas a las que estarán expuestos durante su vida útil., sin comprometer su estabilidad o seguridad. (Pérez et al., 2021)

#### **Figura 4**

*Vista general del ensayo de flexión en tres puntos de la muestra*



**Nota.** Ensayo de flexión en tres puntos en una viga de concreto, empleando un dial para registrar la deformación durante la aplicación de carga. recuperado de Chernousov (2020)

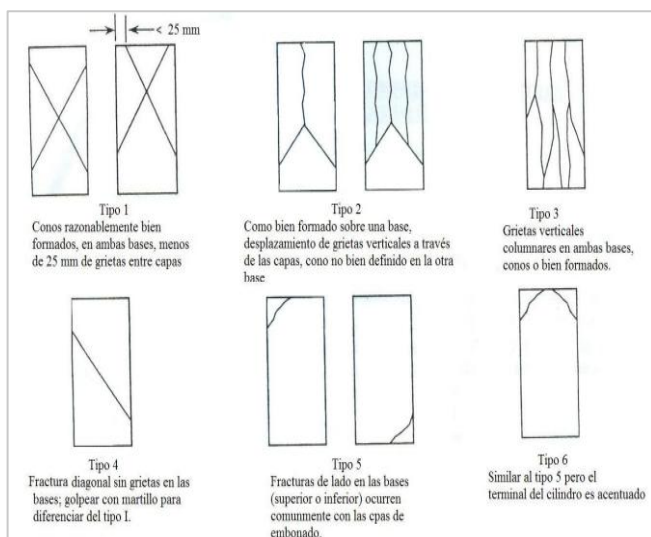
Asimismo, de acuerdo con la NTP 339.079 brinda parámetros para vigas de concreto con apoyo simple en cuanto al ensayo a flexión, estableciendo por principios y criterios fundamentales para ser diseñada, la construcción y mantenimiento de estructuras de concreto armado, a razón de asegurar su seguridad, durabilidad y adecuado desempeño estructural.

### 3.2.2.5. Resistencia a compresión

La resistencia a la compresión es uno de los parámetros más empleados en la ingeniería civil, debido a su importancia en el diseño estructural. Este indicador permite evaluar la capacidad del concreto para soportar esfuerzos de compresión sin experimentar fallas. Su determinación se realiza mediante un ensayo estandarizado, en el cual probetas cilíndricas de concreto son sometidas a cargas progresivas en una máquina de compresión hasta producir su fractura. El valor de la resistencia a la compresión se obtiene al dividir la carga máxima alcanzada antes de la falla entre el área de la sección transversal de la probeta, correspondiente a la superficie donde se aplica la carga. Para asegurar la confiabilidad de los resultados, se ensayan al menos tres probetas bajo condiciones uniformes de curado y edad, considerándose como valor representativo el promedio de los resultados obtenidos. (Narváez & Orellana, 2024)

**Figura 5**

*Esquema de los patrones de fracturas*



**Nota.** Se evidencia los tipos de fracturas, según (NTP 339.078, 2012)

### **3.2.2.6. Deformación máxima en flexión**

La deformación máxima de flexión es la mayor magnitud que soporta el material. Para reconocer este valor se somete a pruebas mecánicas de flexión en las cuales se recomienda utilizar el diagrama de deformación totalmente estable (FSSD) obtenido durante la flexión el valor máximo de deformación por flexión antes de que alcance su límite elástico y luego comience a desarrollarse deformaciones plásticas bajo tensión constante (Chernousov et al., 2020).

Conforme a la regulación E.060, los suelos o cubiertas que sustenten o estén conectados a elementos no estructurales propensos a dañarse por deflexiones considerables deberán cumplir con un límite de deflexión igual a  $L/480$  (RNE, 2020).

### **3.2.2.7. Esfuerzo máximo en flexión**

La capacidad de flexión de una viga se determina evaluando el esfuerzo de flexión máximo permisible, es decir, la cantidad máxima de carga que una viga puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Esta capacidad está estrechamente relacionada con la ductilidad del material, que describe su capacidad para deformarse sin llegar a fallar, así como con el desplazamiento máximo que se presenta a mitad del vano de la viga. Para establecer este valor, es crucial realizar ensayos de flexión específicos que permitan medir tanto la deformación máxima que la viga puede alcanzar antes de que se produzca una fractura como el nivel de ductilidad del material. Además, estos ensayos permiten determinar la resistencia máxima a la flexión, lo que proporciona información clave sobre la capacidad estructural del material en condiciones de carga. (Ghalehnovi et al., 2021).

### 3.2.2.8. Deformación

La deformación permite la identificación de parámetros estructurales y la evaluación de daños en función de la respuesta estática, obteniendo fórmulas para estimar parámetros estructurales a partir de deformaciones estáticas. La deformación provoca cambios en algunos parámetros del material, como de la sección transversal su área, la inercia rotacional, el módulo elástico, al igual que en la rigidez, que afectan los cambios en las propiedades estructurales estáticas y dinámicas, como el desplazamiento. De manera similar, la deformación por corte generalmente tiene un efecto mucho menor en la estructura de una viga convencional que la deformación por flexión (Meng et al., 2023).

#### **Tipos de deformación en vigas:**

Durante los ensayos de flexión, las vigas experimentan dos tipos principales de deformación.

- **Deformación longitudinal:** Se presenta a lo largo de toda la longitud de la viga, donde la fibra superior experimenta compresión y la fibra inferior está sometida a tracción. La magnitud de la deformación varía según la carga aplicada y las propiedades intrínsecas del material.
- **Deformación por flexión:** El desplazamiento vertical que la viga experimenta como resultado de la flexión se conoce como deflexión, alcanzando su valor máximo en el centro de la viga. Este es uno de los indicadores clave en los ensayos estructurales. Uno de los métodos más utilizados para evaluar vigas de concreto es el ensayo de flexión según la norma ASTM C 78. En este ensayo, la viga se apoya en puntos específicos y se aplica una carga en su centro. A medida que aumenta la carga, se registra la deformación (desplazamiento vertical) de la

viga.

### **3.2.2.9. Ductilidad de una viga**

La ductilidad de una viga es una propiedad importante a nivel estructural de una edificación puesto permite resistir las fuerzas laterales y gravitacionales, y, al mismo tiempo, tiene el valor capaz de dispersar cierta energía de la deformación inelástica, evadiendo que colapse y optimizando el rendimiento estructural en particular. en regiones con fuerte actividad sísmica. Para prevenir el colapso y mejorar el rendimiento estructural, es crucial asegurarse de que los elementos estructurales del edificio sean dúctiles y tengan una mejor capacidad para dispersar la energía de deformación inelástica (Morales et al., 2020).

### **3.2.2.10. Hormigón reforzado con fibras**

El material de construcción más común tanto para la construcción tanto militar como civil es el hormigón; sin embargo, su fragilidad lo hace quebradizo y su punto resistente de tracción y de fractura son deficientes. El hormigón se daña rápidamente o es propenso a agrietarse bajo cargas repetitivas, lo que podría acortar el transcurso de vida de las estructuras de concreto. Debido a sus cualidades únicas, las fibras generalmente se agregan al concreto para aumentar su tenacidad, cualidades de tracción, resistencia al impacto y durabilidad a la fatiga con el fin de mejorar su desempeño mecánico del material (Li et al., 2021).

### **3.2.2.11. Ductilidad**

La ductilidad se define como la capacidad de un material para deformarse de manera permanente antes de fracturarse. Esta propiedad es fundamental en los materiales estructurales, ya que indica su capacidad para soportar deformaciones plásticas sin fallar, lo cual es crucial en situaciones de carga extrema. La ductilidad se mide comúnmente mediante el alargamiento o la disminución de su sección transversal, expresado generalmente en términos relativos, en lugar

de valores absolutos, para comparar el comportamiento de diferentes materiales. Para determinar la ductilidad, se emplea la relación entre la curvatura final en el momento de la fractura y la curvatura en el límite elástico de la muestra. Esta relación se expresa mediante la fórmula. (Fernandez, 2019)

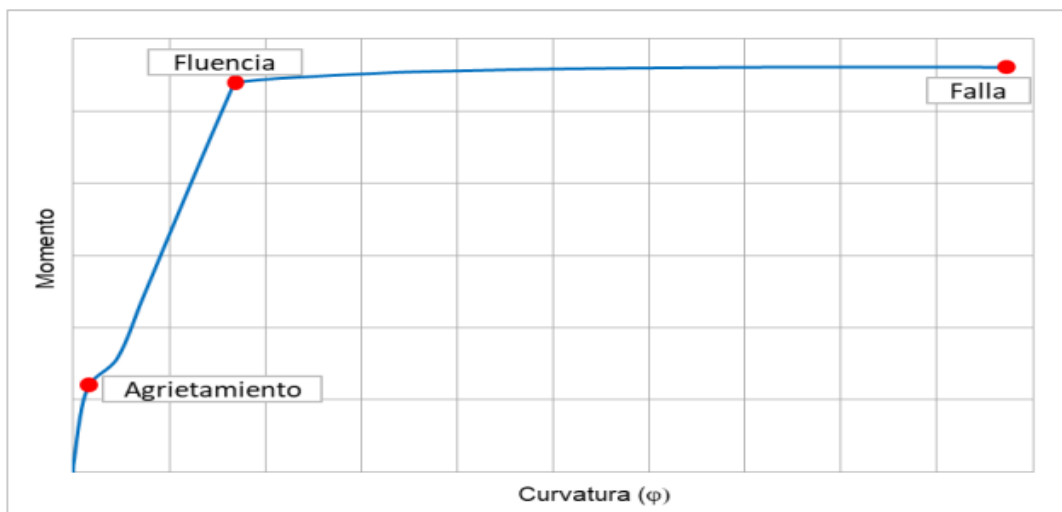
$$Ductilidad(u) = \frac{\varphi_f}{\varphi_y}$$

**Donde:**  $\varphi_f$  representa la curvatura en el momento de fractura final y  $\varphi_y$  es la curvatura en el límite elástico.

**Momento – Curvatura (M-  $\varphi$ ):** El momento flector en una estructura describe la capacidad de un elemento para resistir cargas flexionales, generando una deformación en la sección transversal. La curvatura, por su parte, mide la desviación angular local del elemento bajo dicha carga y se define como la tasa de cambio de la pendiente de la línea de deformación a lo largo de la estructura, expresada en radianes por metro. En rangos elásticos, existe una relación lineal entre el momento y la curvatura, en la cual el momento es directamente proporcional a la curvatura, y esta relación puede expresarse mediante la fórmula  $M=EI \times \varphi$ , donde E es el módulo de elasticidad del material y I es el momento de inercia de la sección transversal. En términos generales, a mayor momento, mayor curvatura, hasta alcanzar límites críticos en los que la estructura empieza a deformarse de manera permanente o fracturarse. (Nawap, 2016)

**Figura 6**

*Gráfico momento - curvatura de una sección transversal de concreto reforzado*



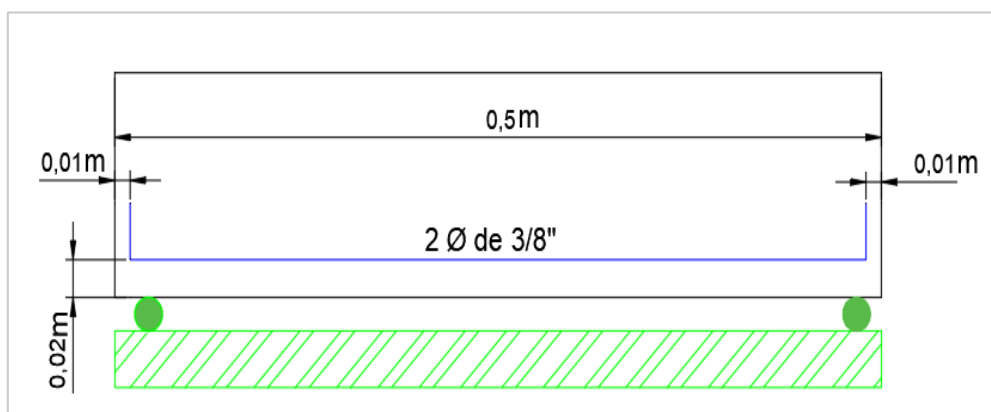
**Nota.** Relación momento–curvatura en una sección de concreto reforzado que muestra las etapas de agrietamiento, fluencia y falla.

### 3.2.2.12. Viga de concreto simplemente armada

Una viga de concreto reforzado conocida como simplemente armada es aquella que solo lleva armadura en la parte inferior, que es la zona de tracción, para hacer frente a los esfuerzos de flexión generados por las cargas aplicadas. La armadura en la parte superior suele ser mínima o incluso inexistente, ya que, en condiciones normales, la tensión en esa zona es muy poca o ninguna. El diseño de estas vigas se basa en el comportamiento en flexión del concreto armado, usando la importancia del concreto y del acero para soportar los esfuerzos principales, y empleando supuestos simplificados que facilitan una elaboración eficiente y segura en los proyectos estructurales. (Ganchai, 2016).

**Figura 7**

*Representación de una viga simplemente armada para ensayos de ductilidad*



**Nota.** Representación de una viga de concreto simplemente armada con refuerzo de 2 barras  $\emptyset$  3/8", utilizada para la evaluación de ductilidad en los ensayos experimental.

### 3.3. Definición de términos.

**Refuerzo con fibras:** El refuerzo interno hecho de polímeros reforzados con fibra (FRP) es una solución prometedora a la degradación del refuerzo de acero causada por la exposición ambiental (Reichenbach et al., 2021).

**Fibra de aramida:** La fibra sintética conocida como "fibra de aramida" (AF) tiene conexiones amidas entre dos anillos aromáticos que están presentes al menos en un 85% (Zhang et al., 2021).

**Resistencia a flexión:** Propiedad que posee un material para soportar cargas o fuerzas aplicadas en su eje longitudinal, siendo una propiedad fundamental en las vigas (Pérez et al., 2021).

**Deformación máxima en flexión:** La deformación máxima de flexión es la mayor magnitud que soporta el material (Chernousov et al., 2020).

**Esfuerzo máximo en flexión:** La capacidad de flexión de la viga se mide al esfuerzo de flexión máximo permisible, y esta capacidad se establece por la ductilidad de las probetas y el desplazamiento máximo a mitad del vano (Ghalehnovi et al., 2021).

**Deformación:** La deformación permite la identificación de parámetros estructurales y la evaluación de daños en función de la respuesta estática, obteniendo fórmulas para estimar parámetros estructurales a partir de deformaciones estáticas (Meng et al., 2023).

**Ductilidad de una viga:** La capacidad de la estructura para deformarse sin retornar completamente a su condición inicial tras haberse superado el límite elástico (RNE, 2020)

**Concreto:** Material compuesto ampliamente utilizado en diversas construcciones civiles, compuesto principalmente por la unión de cemento, áridos, agua y aditivos específicos (Zhang et al., 2020)

**Agua:** Componente esencial del concreto, desencadenando cierta reacción química al ingresar en contacto a través del cemento (Wang et al., 2020).

**Cemento:** Conglomerante fundamental, está compuesto por arcillas calcinadas, cal y triturado posterior, y tiene la característica de solidificarse al mezclarse con agua (Zhang et al., 2020)

**Módulo de rotura:** Indica la máxima fuerza que un material puede aguantar antes de romperse o fracturarse debido a la tensión aplicada. Se analiza empleando el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios.

## **IV. Metodología**

### **4.1. Tipo y nivel de investigación**

#### ***4.1.1. Tipo de investigación***

En conformidad con Yangali, et al. (2020), el tipo de investigación es aplicada, puesto que se define como aquella que, basándose en el conocimiento científico, selecciona procedimientos (metodologías, tecnologías y protocolos) para abordar necesidades definidas, prácticas y específicas. Asimismo, Canales, et al. (2020), definen la investigación aplicada como un proceso que enfrenta la teoría con la realidad mediante la aplicación de problemas y situaciones específicas. En este estudio, se utiliza un enfoque aplicado, empleando métodos y procedimientos ya establecidos en la fundamentos y principios teóricos, para generar nuevos conocimientos y dar solución a problemas específicos.

#### ***4.1.2. Nivel de investigación***

De acuerdo con Sablón, et al. (2020) este estudio permite identificar las razones detrás de un fenómeno o evento de la realidad, analizando sus características, particularidades y naturaleza, y explicando por qué la variable estudiada presenta ciertos comportamientos. El presente trabajo es de nivel explicativo, El objetivo del estudio es analizar la influencia de la incorporación de fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto. Para ello, mediante ensayos experimentales controlados, se evalúa el efecto de estas fibras en propiedades fundamentales como la resistencia a la flexión, la resistencia a la compresión, la deformación y la ductilidad, con la finalidad de comprobar o refutar la hipótesis planteada respecto a su incidencia en las propiedades estructurales del concreto.

## 4.2. **Ámbito temporal y espacial**

### 4.2.1. *Ámbito temporal de la investigación*

La investigación se ejecutó entre el año 2024 – 2025.

### 4.2.2. *Ámbito espacial de la investigación*

La investigación se enfoca exactamente en la Influencia del refuerzo con fibras de aramida en el comportamiento estructural de vigas de concreto, Abancay - Apurímac - 2024.

## 4.3. **Población y muestra**

### 4.3.1. *Población*

Población en conformidad con Mucha et al.(2021) lo definen como la agrupación de todos los casos que llevan a cabo un conjunto específico de características, en este sentido, tienen que estar claramente definidas en cuanto a sus particularidades de contenido, ubicación y periodo temporal. En el marco de este estudio, esta población seleccionada logró estar compuesta a través de la totalidad de vigas de concreto, tanto unidireccionales como bidireccionales, que conforman al elemento estructural de concreto armado.

Asimismo, los criterios de incorporación y exclusión lograron estar directamente vinculados a las vigas de concreto armado como elementos estructurales, excluyendo el estudio de otros elementos estructurales.

- **Criterios de inclusión:** la población de interés para el estudio logró estar conformada por vigas de concreto armado adicionando fibras de aramida, siendo estos elementos estructurales presentes en las edificaciones.
- **Criterios de exclusión:** Se excluyen en el estudio las vigas de concreto armado que contenían refuerzos de varilla de acero convencional, donde estas tienden a ser

comúnmente utilizadas en el contexto peruano.

#### 4.3.2. Muestra

En este estudio, se empleó por muestreo el no probabilístico utilizando el método de juicio por experto. Se consultó a un ingeniero experto en el campo para establecer la dimensión de la muestra. Se decidió efectuar en su totalidad 108 testigos, de los cuales 81 estuvieron reforzados con fibras de aramida y las otras 27 lograron ser la muestra de un concreto convencional. Estos testigos se sometieron a ensayos para lograr los objetivos, dando respuesta a las interrogantes del estudio, además de validar las hipótesis. No obstante, según las recomendaciones de ASTM C-192 (2014), se determina la cantidad mínima de muestras y edades de ensayo. Se sugiere un mínimo de tres muestras de concreto por edad de ensayo, que incluyen 7, 14 y 28 días de curado respecto al ensayo de flexión.

**Tabla 3**

*Cantidad total de especímenes*

Tipo de muestra	Probetas para determinar la resistencia a la compresión			Probetas para determinar la resistencia a la flexión, deformación, y ductilidad.		
	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
MUESTRA PATRON (MP)	3	3	3	3	3	3
AFRP (0.25 %)	3	3	3	3	3	3
AFRP (0.50 %)	3	3	3	3	3	3
AFRP (0.75 %)	3	3	3	3	3	3
AFRP (1 %)	3	3	3	3	3	3
PATRON MAS VARILLA DE ACERO				3	3	3
AFRP (0.50%) + VARILLA DE ACERO				3	3	3
	TOTAL = 45			TOTAL = 63		
TOTAL, DE MUESTRAS = 108						

*Nota.* Se muestra las cantidades de muestras para los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

#### **4.4. Técnicas e Instrumentos**

##### **4.4.1. Técnicas**

La técnica empleada para la obtención de este trabajo sería la observación, la cual se apoya en los conceptos que proporcionaron Hadi, et al. (2023) en el cual mencionan que la observación implica mantener un registro minucioso de lo observado en un estudio y anotar cada evento de manera inmediata. La técnica escogida para este proyecto es la observación, ya que tiene como objetivo abordar el fenómeno que se desea comprender y describirlo sin alterar el entorno. Además, posibilita registrar los eventos que ocurren al reforzar las vigas de concreto con fibras en su comportamiento estructural.

##### **4.4.2. Instrumentos**

Según Hadi, et al., (2023), la recopilación de datos y herramientas son recursos empleados para obtener y conservar información mediante técnicas adecuadas. El formulario de recogida de datos se considera una herramienta y fue revisado por profesionales con experiencia en el campo. Esta herramienta contuvo una lista detallada de variables, métricas y sus dimensiones.

Por lo que, a fin de ser garantizada la fiabilidad y precisión de los datos, es crucial validarlos mediante la revisión de investigadores expertos. En este caso, se optó por utilizar una ficha existente para ser obtenidos los datos, asimismo, la tabla de observación de nuestro estudio logró ser evaluada por tres ingenieros expertos para garantizar su validez. Además, el personal del laboratorio proporcionó consultas de juicio por expertos y brindó los formatos necesarios a fin de efectuar los ensayos respectivos. A continuación, se menciona el instrumento a emplear.

Fichas de observación, hojas para recopilar información importante con el que se puede ordenar y clasificar los resultados obtenidos, el cual permite al observador poder registrar los sucesos o acontecimientos que pasen al evaluar propiedades. Entre ellas se pudo registrar lo encontrado dentro del concreto a través de su diseño de mezcla, propiedades físico-mecánicas

#### **4.5. Procedimientos**

Esta investigación estuvo conformada por el cronograma de actividades de las cuales se ejecutaron a fin de ser elaborado el proyecto.

En primera instancia se recopilaron los datos. Se realizó la búsqueda de fuentes bibliográficas y de antecedentes por medio de investigaciones y artículos tanto internacionales, nacionales y locales. De la misma manera se revisó las normativas en relación a los ensayos. Luego, se adquirió los materiales, herramientas y agregados para realizar los ensayos.

Una vez obtenidos los resultados en cada ensayo se indagó en la búsqueda del diseño de mezcla, y encontrar el porcentaje óptimo. Posterior a eso se elaboraron las vigas patrón y las vigas que contenían fibra de aramidas en cantidades de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1%. Estas vigas y las probetas se curaron durante 28 días.

Por último, al cumplir los 28 días se realizaron los ensayos prescritos por las normas técnicas peruanas sean llevados a cabo en el laboratorio que se evaluaron la deformación máxima a flexión, resistencia a compresión, esfuerzo máximo a flexión y fuerza máxima aplicada, tomando los registros y se procedió a realizar las comparaciones.

#### **4.6. Análisis de datos.**

El análisis estadístico inferencial se logró efectuar utilizando el software SPSS para validar las hipótesis planteadas. En primer lugar, se efectuó una prueba de normalidad,

utilizando por estadística a Kolmogorov-Smirnov si la totalidad de la muestra supera los 30, y la estadística de Shapiro-Wilk si es inferior a esta cantidad. Esta evaluación determinó si los datos siguen cierta distribución normal y son paramétricos. Si alguno de estos valores no supera el 0.050, indicó que estos datos no evidencian cierta distribución normal y no son paramétricos. En caso de que todos los valores sean mayores a 0.05, se consideraron paramétricos. En caso de ser paramétricos, se aplicó el ANOVA; de lo contrario, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis. Posteriormente, se evaluó la significancia de los resultados: si es mayor a 0.05, se aceptó la hipótesis alternativa, de lo contrario, se rechazó.

#### **4.6.1. Media**

a media aritmética es un estadístico descriptivo que se determina a partir de una o más muestras de una población, permitiendo representar su valor promedio. Se calcula sumando todos los valores de las muestras y dividiendo el total por la cantidad de muestras. (Hernández, 2008).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 \dots + x_n}{n}$$

Donde n es el tamaño de las muestras y  $x_1$  el valor de cada muestra.

#### **4.6.2. Varianza**

La varianza es una medida de dispersión que indica cuánto se alejan los valores de una muestra o población respecto a su media. Se calcula promediando los cuadrados de las diferencias entre cada valor y la media. (Hernández, 2008).

$$s^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde  $\bar{x}$  es la media y n es el tamaño de la muestra.

#### 4.6.3. *Desviación estándar*

La desviación estándar se emplea para medir un rango de confianza o el grado de dispersión, es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

$$s^2 = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

#### 4.6.4. *Normalidad*

Para verificar el supuesto de normalidad en una población, se llevan a cabo los siguientes pasos:

- ❖ Formular las hipótesis relacionadas con la normalidad de las varianzas de la población.

$H_0$  = Hipótesis nula = La distribución es normal

$H_1$  = Hipótesis alterna = La distribución no es normal

Para verificar el supuesto de normalidad con muestras menores a 50, se emplea la prueba de Shapiro-Wilk, utilizando el software IBM SPSS Statistics Base 26.

#### 4.6.5. *Homocedasticidad*

La homocedasticidad constituye un supuesto estadístico que implica la igualdad de varianzas entre los grupos de datos. Para verificar su cumplimiento, se deben aplicar los siguientes procedimientos:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

#### **4.6.6. *Análisis de varianza de un factor***

El análisis de varianza de un factor (ANOVA) se utiliza para verificar la hipótesis de que tres o más medias muestrales son iguales. Este análisis se aplica a datos que se agrupan según un factor (o tratamiento), donde una característica se usa para dividir los datos de la muestra en diferentes categorías. (Triola, 2009).

Para realizar el análisis ANOVA se debe cumplir los siguientes requisitos:

- ❖ Debe cumplir con el supuesto de normalidad.
- ❖ Debe cumplir con el supuesto de homocedasticidad.
- ❖ Las muestras deben mostrar desviaciones estándar que no presenten variaciones significativas entre ellas.
- ❖ Para comprobar la hipótesis, se emplea el análisis de varianza de un factor utilizando el software IBM SPSS Statistics Base 26.
- ❖ Cuando el valor de significancia ( $p \geq 0.05$ ), no se rechaza la hipótesis nula, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados.

#### **4.7. *Consideraciones éticas***

En conformidad con las directrices y con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Tecnológica de los Andes, se asegura que este estudio fue ejecutado de acuerdo con las normativas éticas nacionales e internacionales. Se prioriza salvaguardar los derechos e intereses de los autores, así como la excelencia en la investigación científica. Durante toda la fase de desarrollo de este estudio, se mantuvo la transparencia y se respetó la privacidad de los participantes involucrados.

## V. Resultados y discusiones

### 5.1. Resultandos

#### 5.1.1. Módulo de elasticidad de la fibra

##### A. Tela de aramida kevlar 40

**Tabla 4**

*Características de tela de aramida kevlar 40*

<b>Características</b>	<b>Detalles</b>
<b>Procedencia</b>	España
<b>Composición</b>	Para- aramida 100%
<b>Material</b>	Fibra cortada
<b>Construcción</b>	Hilo torcido (S-Z)
<b>Tipo</b>	KEVLAR 40
<b>Número métrico (NM)</b>	50/4
<b>Tex (Norma UNE-EN-ISO 2060)</b>	84
<b>Metros/kg (Norma UNE-EN ISO 2060)</b>	11.870 m
<b>Resistencia (Norma UNE-EN ISO 2062)</b>	10.96 kg-fuerza
<b>Alargamiento (Norma UNE-EN ISO 2062)</b>	3.40%
<b>Color</b>	Amarillo y negro
<b>Rendimiento por cono</b>	3,000 m
<b>Peso por cono</b>	250 g
<b>Embalaje (Unidades/caja)</b>	10.0
<b>Aguja recomendada</b>	90-120
<b>Diámetro</b>	0.025 mm

*Nota.* Para la selección y corte de fibras de aramida a la longitud requerida en particular, se eligió las características de la tela kevlar, 40, la cual viene en presentaciones de planchas de 0.50mm de espesor.

### 5.1.2. Características de los agregados

#### 5.1.2.1. Granulometría de agregado grueso y fino

A razón de lograr que el análisis granulométrico de estos agregados es verificar que los agregados cumplan con cumpla con las especificaciones técnicas. Permitiendo identificar la presencia de partículas grandes o pequeñas que comprometan las propiedades del concreto. Este ensayo se realizó a través del uso de tamices con distintos tamaños de malla, separando las partículas de acuerdo al tamaño que presentan. Obteniendo los porcentajes que pasan y se acumulan en cada uno de ellos, así como también su módulo de fineza.

#### Agregado Grueso

**Tabla 5**

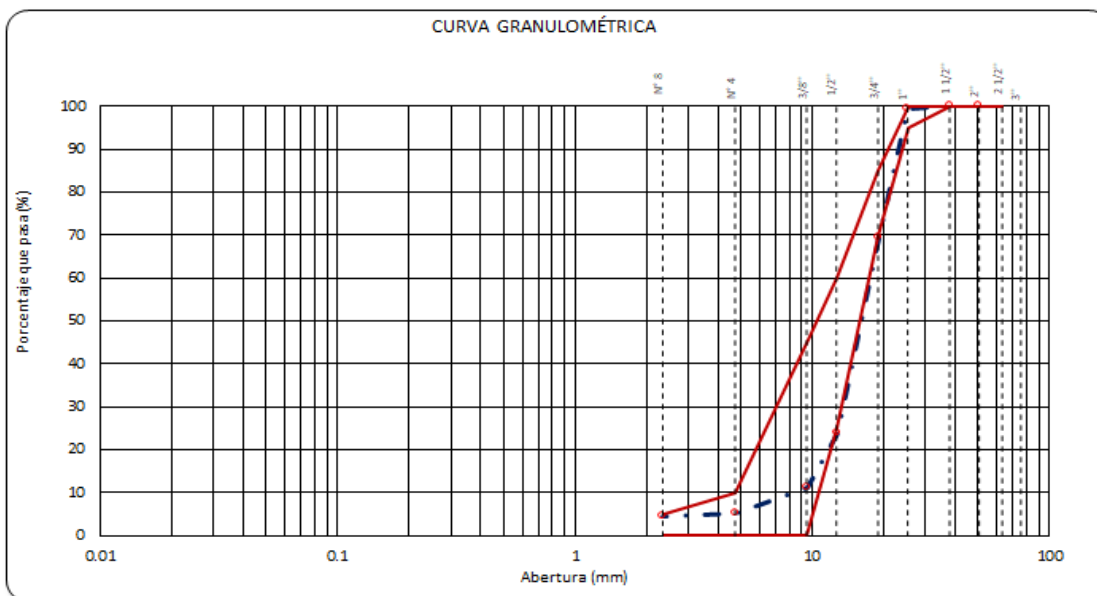
*Granulometría del agregado grueso*

Tamiz	Abertura en (mm)	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	AG-3
2 1/2"	63.500					-
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	-
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.400	66.0	0.7	0.7	99.3	95 - 100
3/4"	19.050	2762.0	30.0	30.7	69.3	-
1/2"	12.700	4200.0	45.6	76.2	23.8	25 - 60
3/8"	9.525	1149.0	12.5	88.7	11.3	-
N° 4	4.760	554.0	6.0	94.7	5.3	0 - 10
N° 8	2.360	94.0	1.0	95.7	4.3	0 - 5
< N°8	Fondo	395.0	4.3	100.0		
<b>Descripción de la muestra</b>						
<b>Tamaño Máx</b>					1"	
Peso Total (gr)					9220.0	

**Nota.** Esta tabla presenta la granulometría del agregado grueso, detallando el peso y porcentaje retenido en cada tamiz.

### Figura 8

*Curva granulométrica del agregado grueso*



**Nota.** Curva granulométrica del agregado grueso, que muestra la distribución del porcentaje que pasa en función de la apertura de los tamices.

### Agregado Fino

Conforme a este ensayo se tiene las siguientes distribuciones obtenidas.

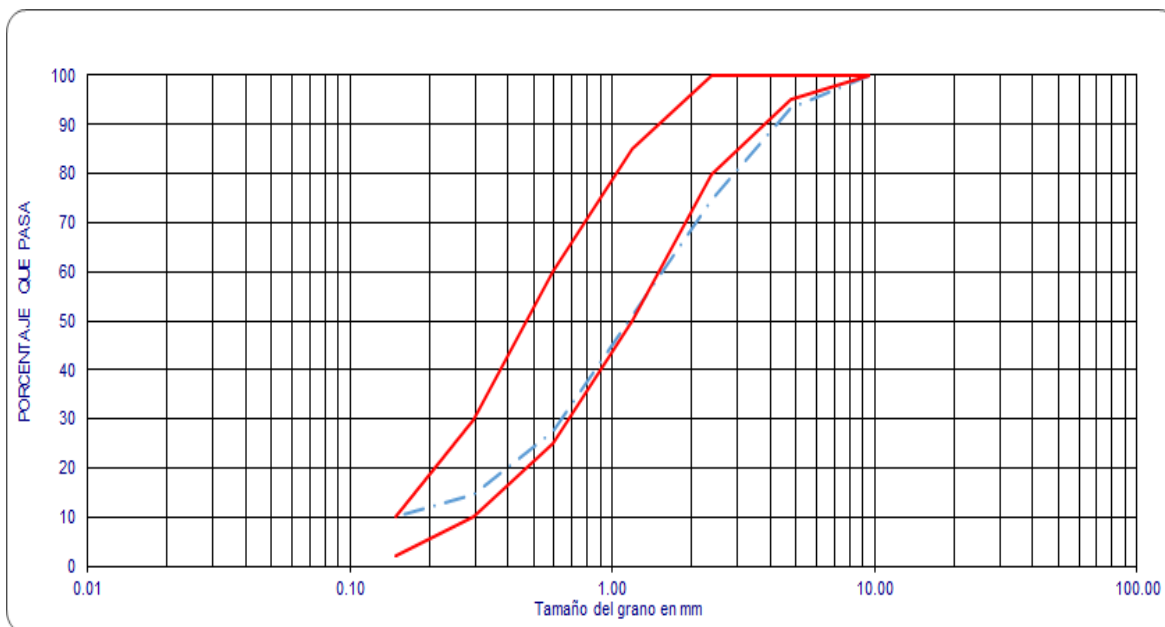
**Tabla 6***Granulometría del agregado fino.*

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura</b>	<b>Peso retenido</b>	<b>% Retenido parcial</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>Especificación.</b>
<b>N.º (A.S.T. M.)</b>	<b>en. mm.</b>					
3/4"	19.050	0.0	0.00			
1/2"	12.700	0.0	0.00			
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350	17.40	1.4	1.4	98.6	100
Nº 4	4.760	63.3	5.2	6.6	93.4	95 - 100
Nº 8	2.380	225.9	18.6	25.2	74.8	80 - 100
Nº 10	2.000					
Nº 16	1.190	288.9	23.8	49.0	51.0	50 - 85
Nº 20	0.840					
Nº 30	0.590	286.2	23.6	72.6	27.4	25 - 60
Nº 40	0.420					
Nº 50	0.297	156.9	12.9	85.5	14.5	10 - 30
Nº 80	0.177					
Nº 100	0.149	55.1	4.5	90.0	10.0	2 - 10
Nº 200	0.074	28.4	2.3	92.4	7.6	
<b>Descripción de la muestra</b>						
	<b>Tamaño Máx.</b>				3/8"	
	Peso Total (gr)				1214.8	
	Módulo de fineza				3.290	

**Nota.** La tabla presenta la distribución granulométrica del agregado, detallando el peso retenido y el porcentaje acumulado en cada tamiz.

**Figura 9**

*Curva granulométrica del agregado fino*



**Nota.** se evidencia la distribución del tamaño de partículas del agregado fino mediante la curva granulométrica.

### 5.1.2.2. Peso específico y grado de absorción del agregado grueso y fino

En este ensayo se presentan los resultados detallados de estos factores, siendo fundamentales para definir la cantidad de material esencial con el fin de que se cumpla con cada requisito para el diseño. Por otra parte, el grado de absorción se relaciona con la proporción de agua del cual logra absorber el agregado. Siendo fundamental porque el agua tiende a influenciar en el concreto sobre su calidad, siendo crucial conocer la proporción de agua absorbida por cada agregado para ser ajustada la proporción de agua exigida al ser preparado el concreto.

### Agregado Grueso

**Tabla 7**

*Peso específico y grado de absorción del agregado grueso*

<b>Agregado grueso</b>				
<b>A</b>	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1839.2	2143.5	
<b>B</b>	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	1165	1358.2	
<b>C</b>	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	674.2	785.3	
<b>D</b>	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1826.7	2129.5	
<b>E</b>	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	661.7	771.3	<b>Prom</b>
	<b>Pe bulk ( Base seca ) = D/C</b>	2.709	2.712	<b>2.711</b>
	<b>Pe bulk ( Base saturada ) = A/C</b>	2.728	2.73	<b>2.729</b>
	<b>Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E</b>	2.761	2.761	<b>2.761</b>
	<b>% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )</b>	0.684	0.657	<b>0.671</b>

*Nota.* Se evidencia resultados de peso específico y capacidad de absorción en el agregado grueso. El promedio de absorción fue de 0.671%, con un peso específico promedio entre 2.711 y 2.729 gr/cm<sup>3</sup>.

### Agregado Fino

**Tabla 8**

*Peso específico y grado de absorción del agregado fino*

<b>Agregado fino</b>			
<b>A</b>	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0
<b>B</b>	Peso frasco + agua (gr)	722.7	712.5
<b>C</b>	Peso frasco + agua + A (gr)	1222.7	1212.5
<b>D</b>	Peso del material + agua en el frasco (gr)	1033.8	1023.7
<b>E</b>	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm <sup>3</sup> )	188.9	188.8
<b>F</b>	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	492.3	492.5
<b>G</b>	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm <sup>3</sup> )	181.2	181.3
	<b>Pe bulk (Base seca ) = F/E</b>	<b>2.606</b>	<b>2.609</b>
	<b>Pe bulk ( Base saturada ) = A/E</b>	<b>2.647</b>	<b>2.648</b>
	<b>Pe aparente ( Base seca ) = F/G</b>	<b>2.717</b>	<b>2.716</b>
	<b>% de absorción = ((A - F)/F)*100</b>	<b>1.564</b>	<b>1.523</b>
			<b>Prom</b>

*Nota.* Se presenta los resultados del agregado fino, mostrando variaciones en las propiedades del material según las condiciones de saturación y secado. El peso específico en condiciones secas y saturadas promedia 2.607 gr/cm<sup>3</sup> y 2.648 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, mientras que la absorción del material varió entre 1.523% y 1.564%.

#### **5.1.2.3. Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado grueso y fino**

Para el presente ensayo se presentan los valores resultantes del peso unitario volumétrico conforme al agregado grueso en dos estados: suelto y compactado. Este estudio se lleva a cabo a través de un cilindro metálico y una varilla de compactación, y de esa manera se obtienen las mediciones.

### Agregado Grueso

**Tabla 9**

*Peso unitario suelto- agregado grueso*

Agregado grueso		Peso unitario suelto		
		1	2	3
N° de ensayo				
Peso material + molde	(gr.)	29326	29416	29487
Peso de molde	(gr.)	8146	8146	8146
Peso neto de material	(gr.)	21180	21270	21341
Volumen del molde	(cm3)	14076	14076	14076
Peso unitario suelto	(gr/cm3)	1.505	1.511	1.516
<b>Promedio De Peso Unitario</b>		<b>(gr/cm3)</b>		<b>1.511</b>

*Nota.* La Tabla expone los hallazgos de tres evaluaciones realizadas para determinar el peso

unitario suelto del agregado grueso

**Tabla 10**

*Peso unitario compactado de agregado grueso*

Agregado grueso		Peso unitario compactado		
		1	2	3
N° de ensayo				
Peso material + molde	(gr.)	31254	31293	31340
Peso de molde	(gr.)	8146	8146	8146
Peso neto de material	(gr.)	23108	23147	23194
Volumen del molde	(cm3)	14076	14076	14076
Peso unitario compactado	(gr/cm3)	1.642	1.644	1.648
<b>Promedio De Peso Unitario</b>		<b>(gr/cm3)</b>		<b>1.645</b>

*Nota.* La tabla N°10 presenta los hallazgos de tres evaluaciones para establecer el peso unitario.

compactado del agregado grueso.

### Agregado Fino

**Tabla 11**

*Peso unitario suelto- agregado fino*

Agregado fino		Peso unitario suelto		
N° de ensayo		1	2	3
Peso material + molde	(gr.)	16709	16767	16787
Peso de molde	(gr.)	8691	8691	8691
Peso neto de material	(gr.)	8018	8076	8096
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	4871	4871	4871
Peso unitario suelto	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.646	1.658	1.662
<b>Promedio De Peso Unitario</b>		<b>(gr/cm<sup>3</sup>) 1.655</b>		

*Nota.* La tabla presenta los hallazgos de tres evaluaciones para establecer el peso unitario suelto

**Tabla 12**

*Peso unitario compactado de agregado fino*

Agregado fino		Peso unitario compactado		
N° de ensayo		1	2	3
P. material + molde	(gr.)	16926	16926	16926
P. de molde	(gr.)	8691	8691	8691
P. neto de material	(gr.)	8235	8235	8235
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	4871	4871	4871
P. unitario compactado	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.691	1.691	1.691
<b>Promedio De Peso Unitario</b>		<b>(gr/ cm<sup>3</sup>,) 1.691</b>		

*Nota.* La tabla, evidencia los hallazgos obtenidos en el peso unitario compactado del agregado fino. Donde fueron efectuados 3 pruebas en el ensayo con distintas mediciones específicas del peso del material y del molde utilizado.

#### 5.1.2.4. *Humedad del agregado grueso y fino*

Este ensayo logró determinar la humedad en el agregado grueso y fino, continuando con ello, se detalla los hallazgos obtenidos.

#### **Agregado Grueso**

**Tabla 13**

*Porcentaje de humedad para el agregado grueso*

<b>Ensayo</b>	<b>Nº1</b>
Nro. de tara	T-01
Peso tara + suelo húmedo gr.	991.0
Peso tara + suelo seco gr.	984.1
Peso de la tara gr.	114.9
Peso del agua gr.	6.9
Peso suelo seco gr.	869.20
Humedad %	0.794
<b>Humedad natural promedio %</b>	<b>0.794</b>

*Nota.* Se presenta los resultados del ensayo para determinar el valor porcentual de humedad en el agregado grueso.

### Agregado Fino

**Tabla 14**

*Porcentaje de humedad para el agregado fino*

<b>Ensayo</b>	<b>N°1</b>
Nro. de tara	T-04
Peso tara + suelo húmedo gr.	329.9
Peso tara + suelo seco gr.	323.5
Peso de la tara gr.	130.3
Peso del agua gr.	6.4
Peso suelo seco gr.	193.20
Humedad %	3.313
<b>Humedad natural promedio %</b>	<b>3.313</b>

*Nota.* La tabla presenta los resultados del ensayo para determinar el valor porcentual de humedad promedio en el agregado fino. Las mediciones se realizaron utilizando la tara T-04, registrando los pesos del suelo húmedo, seco y el agua presente.

#### **5.1.3. Diseño de mezcla**

Una vez teniendo los resultados del agregado fino y agregado grueso se realizó un diseño de mezcla f'cr de 210kg/cm<sup>2</sup>. Para ello se empleó el método ACI 211. Es un método utilizado para determinar las proporciones óptimas de los materiales en una mezcla de concreto, asegurando que esta cumpla con los requisitos de resistencia estructural, durabilidad, trabajabilidad para diversas aplicaciones. El procedimiento toma en cuenta factores como:

A continuación, se tienen las características de los agregados

**Tabla 15***Características de los agregados*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Piedra</b>	<b>Arena</b>	<b>Cemento</b>
P. Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1,511	1,655	
P. Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1,645	1,691	
P. Especifico		2.711	2.607	3.050
Absorción	%	0.671	1.543	
Humedad Natural	%	0.200	3.00	
Módulo de Fineza		6.666	3.29	
Tamaño Nominal Máximo	Pulg.	3/4"	3/8"	

**Nota.** En la tabla nos indica las características necesarias de los agregados obtenidas de los ensayos anteriores mencionados para realizar el diseño de mezcla del concreto patrón y con las incorporaciones de los distintos porcentajes de fibra, se utilizó cemento APU tipo I.

**Tabla 16***Valores para el diseño de mezcla*

<b>Descripción</b>		<b>valor</b>	<b>unidad</b>
asentamiento	=	7.5 - 10.0	cms
tamaño nominal máximo	=	3/4"	pulg
agua	=	205	lts/m <sup>3</sup>
aire total de mezcla	=	2	%
<b>relación agua/cemento</b>			
Diseño de Concreto F'c	=	210	kg/cm <sup>2</sup> + 84 % f.s.
F'cr	=	294	kg/cm <sup>2</sup>
a/c	=	0.558	
cemento requerido	=	367	kg/m <sup>3</sup>
T.N.M.	=	3/4"	

Volumen de Agregado Grueso por  
unidad de Volumen de Concreto

Mf	=	3.29	
Fp =		0.57	
Peso del Agregado Grueso	=	938	kg/m <sup>3</sup>

**Nota.** La presenta los datos obtenidos para calcular la cantidad de agua y el porcentaje de aire en el diseño de concreto, conforme a la norma ACI 211. El diseño, con una resistencia requerida de  $f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2$  y un factor de seguridad del 40%,

**Tabla 17**

*Volumen Absoluto de los Materiales por m<sup>3</sup>:*

Material		Valores		Resultados
Cemento	=	<u>367</u>	=	0.1205
		3.130x1000		
Agua	=	<u>205</u>	=	0.205
		1000		
Aire	=	<u>2</u>	=	0.02
		100		
Ag. Grueso	=	<u>938</u>	=	0.3459
		2711		<u>0.6913</u>
Ag. Fino	= 1	-	0.691	= 0.3087

**Nota.** La tabla se presentan los resultados correspondientes a los volúmenes absolutos de los cinco materiales por metro cúbico. Estos valores se obtuvieron a partir de los cálculos realizados en la tabla anterior.

**Tabla 18***Peso de diseño de los Materiales*

<b>Material</b>		<b>Peso seco</b>	<b>Unidad</b>
Cemento	=	367	kg/m <sup>3</sup>
Ag, Grueso	=	938	kg/m <sup>3</sup>
Ag, Fino	0.309 x 2607 =	805	kg/m <sup>3</sup>
Agua de Diseño	=	205	lt/m <sup>3</sup>

*Nota.* Se evidencian los resultados correspondientes a la cantidad de partículas de la mezcla expresada en peso, detallando la proporción específica de cada componente en función de los cálculos realizados previamente.

**Tabla 19***Corrección por Absorción y Humedad*

<b>Material</b>		<b>Resultados</b>	<b>Unidad</b>
Cemento	:	= 367	kg/m <sup>3</sup>
Ag, Grueso	: 938 x 1.002 =	940	kg/m <sup>3</sup>
Ag, Fino	: 805 x 1.03 =	829	kg/m <sup>3</sup>
Agua de Diseño	:	205	lts/ m <sup>3</sup>
	205 - 7 =	197.69	lts/m <sup>3</sup>

*Nota.* Se presentan los resultados corregidos por humedad por metro cúbico (m<sup>3</sup>), mostrando las proporciones específicas de cada componente en estado suelto según los cálculos realizados previamente.

**Tabla 20***Proporción en Peso*

<u>367</u>	:	<u>940</u>	:	<u>829</u>	:	<u>197.69</u>
367		367		367		367
<b>1</b>	:	<b>2.6</b>	:	<b>2.3</b>	:	<b>0.54 lt/kg. cem.</b>

*Nota.* Proporción en peso de los distintos componentes de la mezcla, los cuales están diseñados para facilitar la dosificación de los materiales al preparar las muestras para los ensayos correspondientes.

#### 5.1.4. Ensayo de asentamiento del concreto patrón y fibra

Este ensayo se realizó para evaluar la trabajabilidad de cada una de las mezclas, sobre la consistencia y capacidad de flujo. De la misma manera se detallan los resultados encontrados en términos de asentamiento para cada mezcla.

**Tabla 21***Consistencia del concreto sin y con fibras de aramida*

Mezcla	Peso de fibra de aramida (gr)	Características de la Mezcla			Asentamiento
		Peso del cemento (KG)	Cantidad del agua (LT)	Peso de los agregados (KG)	
Concreto Patrón	0.00	52.095 kg	28.033 lt	250.76 kg	5'
0.25% de fibra	130.24 gr	52.095 kg	28.033 lt	250.76 kg	2.75'
0.50% de fibra	260.47 gr	52.095 kg	28.033 lt	250.76 kg	1.57'

0.75% de fibra	390.71 gr	52.095 kg	28.033 lt	250.76 kg	1.37'
1% de fibra	520.95 gr	52.095 kg	28.033 lt	250.76 kg	1.18'

**Nota.** La tabla presenta los resultados de diferentes mezclas, tanto con cómo sin el incremento de fibras de aramida, y los porcentajes de fibra conforme al peso total del cemento.

#### **5.1.5. Dosificación para probetas de ensayo a compresión del concreto patrón y con fibra**

Previo a presentar los resultados del ensayo a compresión, es primordial detallar la proporción empleada al ser elaboradas las probetas. Este aspecto es importante para asegurar la proporcionalidad de los resultados de resistencia mecánica obtenidos. Es por eso por lo que se presentan detalles de las proporciones de cada material utilizado en cada una de las mezclas, incorporando el tipo y cantidad de cemento, agua y agregados, según normativas.

#### **Tabla 22**

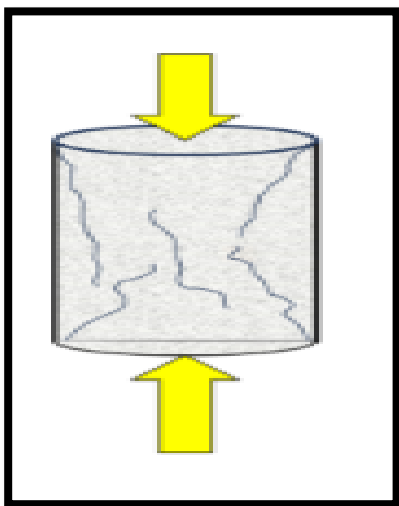
*Cálculo de dosificación en peso de los materiales por 1m<sup>3</sup>*

<b>Cemento</b>	367 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ag, Grueso</b>	940 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ag, Fino</b>	829 kg/m <sup>3</sup>
<b>Agua de Diseño</b>	197.69 Lt/m <sup>3</sup>

**Nota.** La tabla presenta los cálculos para la dosificación de 1m<sup>3</sup> de concreto, especificando que se requieren 367 kg de cemento, 940 kg de agregado grueso, 829 kg de agregado fino y 197.69 litros de agua. Estas proporciones son esenciales para asegurar la preparación adecuada del concreto, cumpliendo con las especificaciones del diseño y garantizando la calidad y propiedades del material.

**Figura 10**

*Probeta utilizada para el ensayo a compresión*



*Nota.* En la figura N°10, se observa el molde de la probeta utilizada para el ensayo a compresión.

**Tabla 23**

*Cálculo de dosificación de los materiales para 4 probetas del concreto patrón*

<b>Diseño de mezcla para 4 probetas</b>	
<b>Cemento</b>	9.111 kg
<b>Ag, Grueso</b>	23.30 kg
<b>Ag, Fino</b>	20.556 kg
<b>Agua de Diseño</b>	4.903 lt

*Nota.* La tabla muestra las dosificaciones para elaborar 4 probetas del concreto patrón, que requieren 9.11 kg de cemento, 23.30 kg de agregado grueso, 20.56 kg de agregado fino y 4.90 litros de agua, garantizando así las propiedades necesarias durante los ensayos de laboratorio.

**Tabla 24***Dosificación para 4 probetas con la incorporación de 0.25% de fibra*

<b>Diseño de mezcla para 4 probetas con 0.25% de fibra</b>	
<b>Cemento</b>	9.111 kg
<b>Ag, Grueso</b>	23.30 kg
<b>Ag, Fino</b>	20.556 kg
<b>Agua de Diseño</b>	4.903 lt
<b>Fibra de aramida 0.25%</b>	22.78gr

*Nota.* La tabla muestra los materiales necesarios para elaborar 4 probetas con 0.25% de fibra de aramida, que incluyen 9.11 kg de cemento, 23.30 kg de agregado grueso, 20.56 kg de agregado fino, 4.90 litros de agua y 22.78 g de fibra de aramida, asegurando la consistencia y propiedades mejoradas del concreto reforzado con fibra.

**Tabla 25***Dosificación para 4 probetas con la incorporación de 0.50% de fibra*

<b>Diseño de mezcla para 4 probetas con 0.50% de fibra</b>	
<b>Cemento</b>	9.111 kg
<b>Ag, Grueso</b>	23.30 kg
<b>Ag, Fino</b>	20.556 kg
<b>Agua de Diseño</b>	4.903 lt
<b>Fibra de aramida 0.50%</b>	45.55gr

*Nota.* La tabla muestra los materiales necesarios para elaborar 4 probetas con 0.50% de fibra de aramida, que incluyen 9.11 kg de cemento, 23.30 kg de agregado grueso, 20.56 kg de agregado fino, 4.90 litros de agua y 45.5 g de fibra de aramida, garantizando la consistencia y mejora de las propiedades del concreto.

**Tabla 26***Dosificación para 4 probetas con la incorporación de 0.75% de fibra*

<b>Diseño de mezcla para 4 probetas con 0.75% de fibra</b>	
<b>Cemento</b>	9.111 kg
<b>Ag, Grueso</b>	23.30 kg
<b>Ag, Fino</b>	20.556 kg
<b>Agua de Diseño</b>	4.903 lt
<b>Fibra de aramida 0.75%</b>	68.32gr

*Nota.* La tabla presenta los materiales necesarios para elaborar 4 probetas con 0.75% de fibra de aramida, que incluyen 9.11 kg de cemento, 23.30 kg de agregado grueso, 20.56 kg de agregado fino, 4.90 litros de agua y 68.32 g de fibra de aramida, asegurando la consistencia y mejora de las propiedades del concreto.

**Tabla 27***Dosificación de los materiales para 4 probetas con la incorporación de 1% de fibra*

<b>Diseño de mezcla para 4 probetas con 1% de fibra</b>	
<b>Cemento</b>	9.111 kg
<b>Ag, Grueso</b>	23.30 kg
<b>Ag, Fino</b>	20.556 kg
<b>Agua de Diseño</b>	4.903 lt
<b>Fibra de aramida 1%</b>	91.11gr

*Nota.* La tabla muestra los materiales necesarios para elaborar 4 probetas con 1% de fibra de aramida, que incluyen 9.11 kg de cemento, 23.30 kg de agregado grueso, 20.56 kg de agregado fino, 4.90 litros de agua y 91.11 g de fibra de aramida, garantizando la consistencia y mejora de las propiedades del concreto.

### **5.1.6. Resultados del primer objetivo específico.**

**1º objetivo específico:** Determinar la resistencia máxima a compresión del concreto reforzado con fibras de aramida, Abancay – Apurímac 2024.

#### **5.1.6.1. Ensayo de resistencia a compresión del concreto patrón y con fibra**

Para el presente estudio este ensayo determinó el concreto con y sin ser adicionadas las fibras de aramida bajo los distintos valores porcentuales de adición.

Los materiales y equipos que se utilizaron los siguientes:

- Materiales: Probetas de concreto, cuyas dimensiones fueron de 150 mm de diámetro por altura en 300 mm o cubos de 150 mm de lado.
- Equipos: Máquina de ensayo de compresión con capacidad adecuada, placas de carga, calibrador para medir cada dimensión de las probetas, moldes, horno y tanque de curado.

Los procedimientos experimentales para la preparación de las probetas fueron:

- Mezclas del concreto: Este proceso tiene la finalidad de alcanzar una mezcla homogénea.
- Moldeo: Verter el concreto en los moldes en capas, compactación de todas las capas utilizando el vibrador de concreto, se niveló la superficie superior de las probetas y se dejó hasta que endurezcan.
- Curado inicial: se dejó curar las probetas en los moldes durante 24 horas.
- Desmoldado y curado: Se retiraron las probetas de los moldes y se sumergió en el tanque de curado a 20°C generalmente a los 7 y 28 días.

Los procedimientos experimentales para la medición de dimensiones se midió el diámetro de los cilindros y la altura de las probetas con el calibrador para obtener las dimensiones.

El ensayo se realizó primero en la máquina de ensayo de compresión entre las placas de carga con la instalación de las probetas, se alineó la probeta con el fin de asegurar que la carga se aplique uniformemente. Posterior a eso se aplicaron las cargas a una velocidad constante hasta que la probeta se rompa, luego se registra cierta carga máxima soportada en la probeta antes de la falla.

A continuación, se observan los cálculos obtenidos en la resistencia a la compresión  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a las muestras del concreto patrón sin y con las fibras de aramida donde se tomó lectura de la carga dial que soportó la probeta hasta que falle, posterior a eso se dividió entre su área de la probeta que soportó la carga y se logró la resistencia.

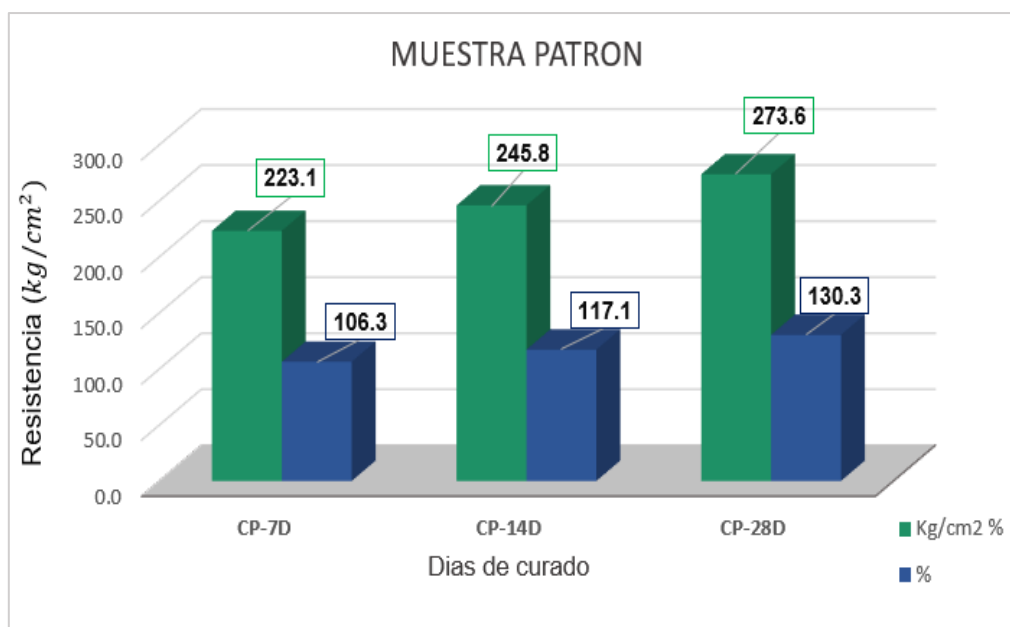
**Tabla 28***Resistencia a la compresión del concreto patrón sin fibra de aramida*

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
<b>MTC E 704, ASTM C 39</b>							
Muestra: Muestra Patrón							
Slump: 5"			Resistencia f 'c=210 kg/cm <sup>2</sup>				
Muestra	Fecha de rotura	Días	Carga sometida (kN)	Área de testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia alcanzada kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a promedio (%)
CP-01	24/04/2024	7	386.4	177.9	221.5		
CP-02	24/04/2024	7	394.6	179.1	224.7	223.1	106.3
CP-03	24/04/2024	7	392.1	179.1	223.2		
CP-04	01/05/2024	14	441.7	180.1	250.1		
CP-05	01/05/2024	14	426.5	179.1	242.8	245.8	117.1
CP-06	01/05/2024	14	431.7	180.0	244.6		
CP-07	15/05/2024	28	472.8	180.0	267.8		
CP-08	15/05/2024	28	493.7	180.3	279.2	273.6	130.3
CP-09	15/05/2024	28	483.2	180.0	273.7		

**Nota.** Se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días correspondientes a la muestra patrón sin adición de fibra de aramida.

**Figura 11**

*Promedio de la resistencia a la compresión del concreto patrón sin fibra de aramida*



**Nota.** La figura muestra que, a los 7 días, el concreto alcanzó una resistencia promedio de 223.1 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente al 106.3% respecto a la resistencia de referencia. A los 14 y 28 días, se obtuvieron valores de 245.8 kg/cm<sup>2</sup> y 273.6 kg/cm<sup>2</sup>, que representan el 117.1% y 130.3%, respectivamente. Estos resultados evidencian un incremento progresivo de la resistencia a la compresión del concreto conforme avanza el tiempo de curado

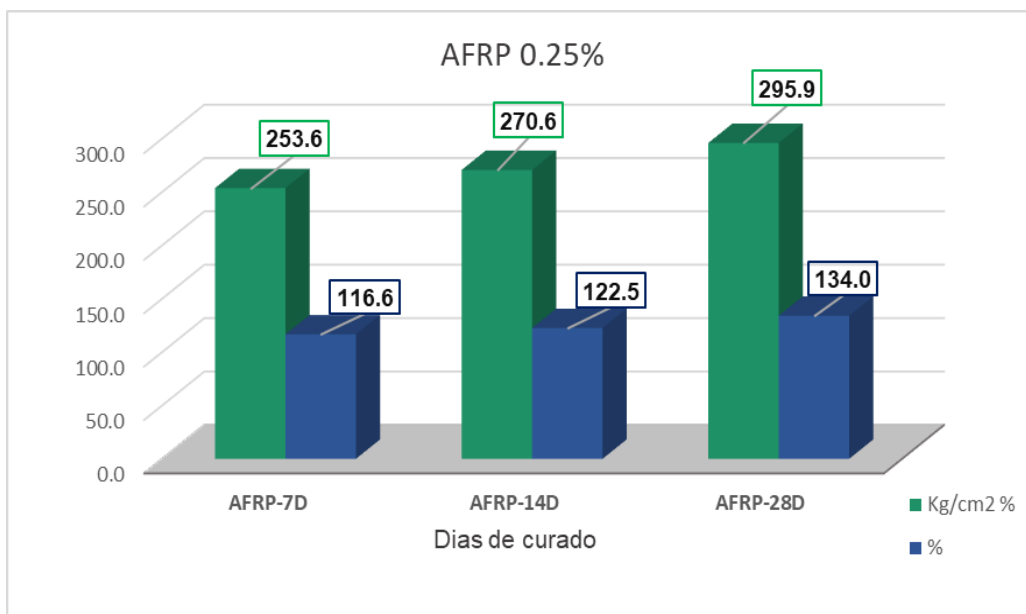
**Tabla 29***Resistencia a la compresión del concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida*

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
<b>MTC E 704, ASTM C 39, ASTHO T 22</b>							
Muestra: Con adición de 0.25% de fibra de aramida							
Slump: 4 1/ 2”			Resistencia f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>				
Muestra	Fecha de rotura	Días	Carga sometida (kN)	Área de testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia alcanzada (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a promedio (%)
AFRP-01	08/05/2024	7	452.3	179.1	257.5		
AFRP-02	08/05/2024	7	438.6	179.0	249.9	253.6	120.8
AFRP-03	08/05/2024	7	445.2	179.1	253.5		
AFRP-04	15/05/2024	14	463.5	180.1	262.4		
AFRP-05	15/05/2024	14	473.8	180.0	268.4	270.6	128.9
AFRP-06	15/05/2024	14	493.5	179.1	281.0		
AFRP-07	29/05/2024	28	514.8	179.1	293.1		
AFRP-08	29/05/2024	28	523.5	179.0	298.2	295.9	140.9
AFRP-09	29/05/2024	28	520.8	179.1	296.5		

**Nota.** Se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días correspondientes a la muestra patrón con una adición de 0.25% de fibra de aramida

**Figura 12**

*Promedio de la resistencia a la compresión del concreto con 0.25% de fibra de aramida*



**Nota.** La figura evidencia que, con la incorporación del 0.25% de fibra de aramida, a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio de 253.6 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente al 116.6% respecto a la resistencia de referencia. A los 14 y 28 días, se registraron valores de 270.6 kg/cm<sup>2</sup> y 295.9 kg/cm<sup>2</sup>, que representan el 122.5% y 134.0%, respectivamente. Estos resultados reflejan un incremento significativo en la resistencia a la compresión en comparación con la muestra patrón, siendo más notable a los 28 días de curado.

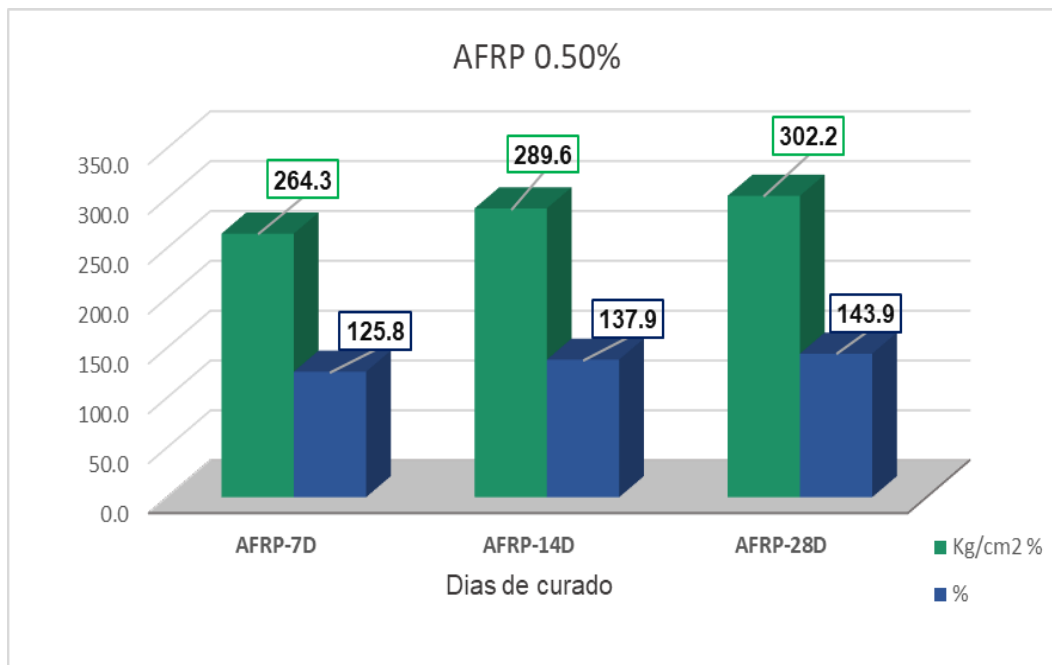
**Tabla 30***Resistencia a la compresión del concreto con 0.50% de fibra de aramida*

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
<b>MTC E 704, ASTM C 39, ASTHO T 22</b>							
Muestra: Con adición de 0.50% de fibra de aramida							
Slump: 4 1/ 4"				Resistencia f 'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			
Muestra	Fecha de rotura	Días	Carga sometida (kN)	Área de testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia alcanzada kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a promedio (%)
AFRP-01	09/05/2024	7	477.9	181.5	268.5		
AFRP-02	09/05/2024	7	468.7	183.9	259.9	264.3	125.8
AFRP-03	09/05/2024	7	464.5	179.1	264.5		
AFRP-04	16/05/2024	14	517.2	183.0	288.2		
AFRP-05	16/05/2024	14	510.2	183.8	283.1	289.6	137.9
AFRP-06	16/05/2024	14	522.6	179.1	297.5		
AFRP-07	30/05/2024	28	539.8	183.0	300.8		
AFRP-08	30/05/2024	28	547.1	183.8	303.5	302.2	143.9
AFRP-09	30/05/2024	28	531.1	179.1	302.4		

**Nota.** Se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días correspondientes a la muestra patrón con una adición de 0.50% de fibra de aramida

**Figura 13**

*Promedio de la resistencia a la compresión del concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida*



**Nota.** Los resultados muestran que la resistencia del concreto aumenta con el tiempo de curado (7, 14 y 28 días), alcanzando su valor máximo de 302.2 kg/cm<sup>2</sup> con 0.50% de fibra de Kevlar. Sin embargo, al incrementar el porcentaje de fibra, la resistencia disminuye debido al aumento de vacíos, determinando que el 0.50% es el contenido óptimo.

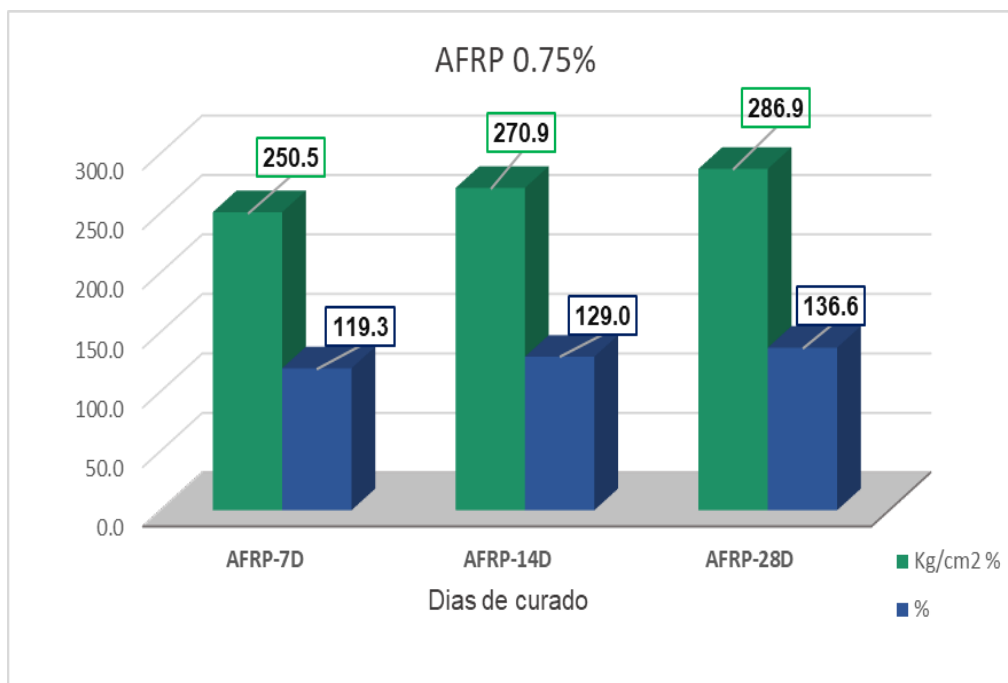
**Tabla 31***Resistencia a la compresión del concreto patrón con 0.75 % de fibra de aramida*

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
<b>MTC E 704, ASTM C 39, ASTHO T 22</b>							
Muestra: Con adición de 0.75% de fibra de aramida							
Slump: 4"			Resistencia $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>				
Muestra	Fecha de rotura	Días	Carga sometida (kN)	Área de testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia alcanzada kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio (%)
AFRP-01	10/05/2024	7	448.2	182.8	250.0		
AFRP-02	10/05/2024	7	451.4	183.2	251.3	250.5	119.3
AFRP-03	10/05/2024	7	444.9	181.2	250.4		
AFRP-04	17/05/2024	14	489.7	182.8	273.2		
AFRP-05	17/05/2024	14	480.2	181.0	270.5	270.9	129.0
AFRP-06	17/05/2024	14	480.5	182.1	269.1		
AFRP-07	17/05/2024	28	528.8	183.2	294.3		
AFRP-08	17/05/2024	28	502.0	183.6	278.8	286.9	136.6
AFRP-09	17/05/2024	28	513.5	182.1	287.5		

**Nota.** Se observa los resultados de resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días para la muestra patrón con adición de 0.75% de fibra de aramida.

**Figura 14**

*Promedio de la resistencia a la compresión del concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida*



**Nota.** La Figura N°14 muestra que con la adición del 0.75% de fibra de aramida, se alcanzó una resistencia promedio de 250.5 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días lo que representa el 119.3% de la resistencia final y 286.9 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Estos resultados demuestran que la incorporación de 0.75% de fibra de aramida mejora la resistencia a la compresión en comparación con el concreto sin adición, especialmente a los 28 días de curado.

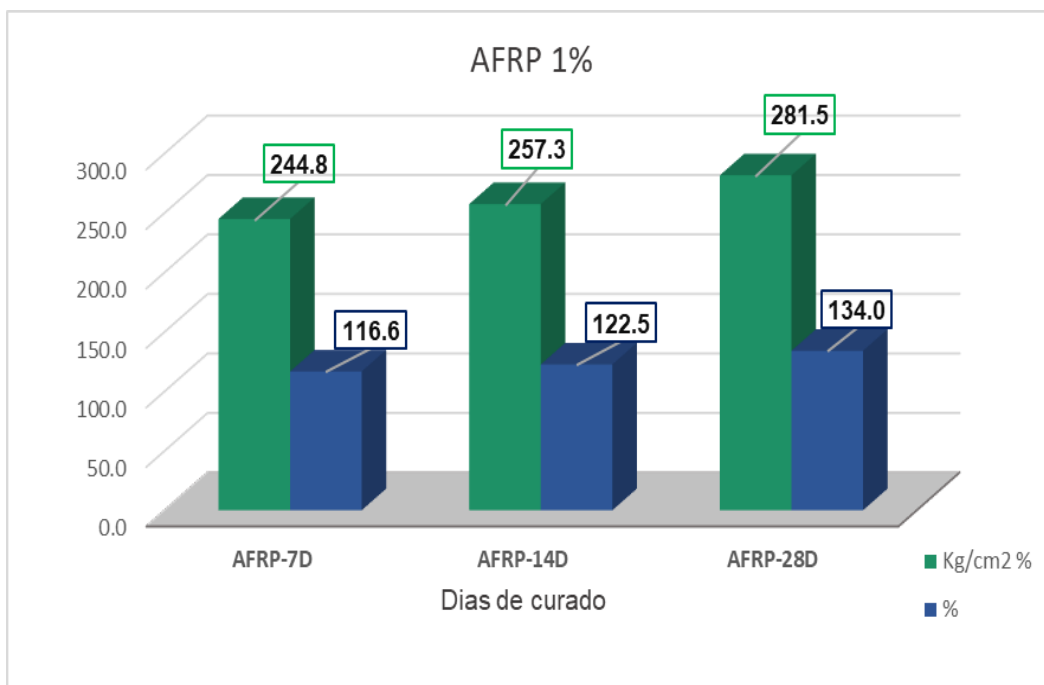
**Tabla 32***Resistencia a la compresión del concreto patrón con 1% de fibra de aramida*

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>							
<b>MTC E 704, ASTM C 39, ASTHO T 22</b>							
Muestra: Con adición de 1 % de fibra de aramida							
Slump: 3 3 / 4 ”				Resistencia f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			
Muestra	Fecha de rotura	Días	Carga sometida (kN)	Área de testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia alcanzada kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a promedio kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a promedio (%)
AFRP-01	11/05/2024	7	432.8	182.8	241.4		
AFRP-02	11/05/2024	7	446.1	183.7	247.6	244.8	116.6
AFRP-03	11/05/2024	7	436.0	181.2	245.4		
AFRP-04	18/05/2024	14	468.5	184.0	259.6		
AFRP-05	18/05/2024	14	456.2	183.6	253.4	257.3	122.5
AFRP-06	18/05/2024	14	462.2	182.1	258.8		
AFRP-07	01/06/2024	28	508.9	184.0	282.0		
AFRP-08	01/06/2024	28	504.1	183.6	280.0	281.5	134.0
AFRP-09	01/06/2024	28	504.5	182.1	282.5		

**Nota.** Se observa los resultados de resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días para la muestra patrón con adición de 1% de fibra de aramida.

**Figura 15**

*Promedio de la resistencia a la compresión del concreto patrón con 1% de fibra de aramida*



**Nota.** La figura evidencia que, con la incorporación del 1% de fibra de aramida, se alcanzó una resistencia promedio de 244.24 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y de 281.37 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Tabla 33***Resumen de resultados de ensayo a compresión*

<b>RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NTP 339.034, ASTHO T 22</b>					
Resistencia $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>					
Muestra	Fecha de rotura	Días	Promedio Área (cm <sup>2</sup> )	Promedio de carga (Kn)	Promedio resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
CP-7	24/04/2024	7	178.7	391.0	223.1
CP-14	01/05/2024	14	179.7	433.3	245.8
CP-28	15/05/2024	28	180.1	483.2	273.6
AFRP (0.25%)7	08/05/2024	7	179.1	445.4	253.6
AFRP (0.25%)14	15/05/2024	14	179.7	476.9	270.6
AFRP (0.25%)28	29/05/2024	28	179.1	519.7	295.9
AFRP (0.50%)7	09/05/2024	7	181.5	470.4	264.3
AFRP (0.50%)14	16/05/2024	14	182.0	516.7	289.6
AFRP (0.50%)28	30/05/2024	28	182.0	539.3	302.2
AFRP (0.75%)7	10/05/2024	7	182.4	448.2	250.5
AFRP (0.75%)14	17/05/2024	14	182.0	483.5	270.9
AFRP (0.75%)28	31/05/2024	28	183.0	514.8	286.9
AFRP (1%)7	11/05/2024	7	182.6	438.2	244.8
AFRP (1%)14	18/05/2024	14	183.2	462.3	257.3
AFRP (1%)28	01/06/2024	28	183.2	505.8	281.5

**Nota.** Resumen y comparación de resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón y sus distintas incorporaciones de fibra de aramida.

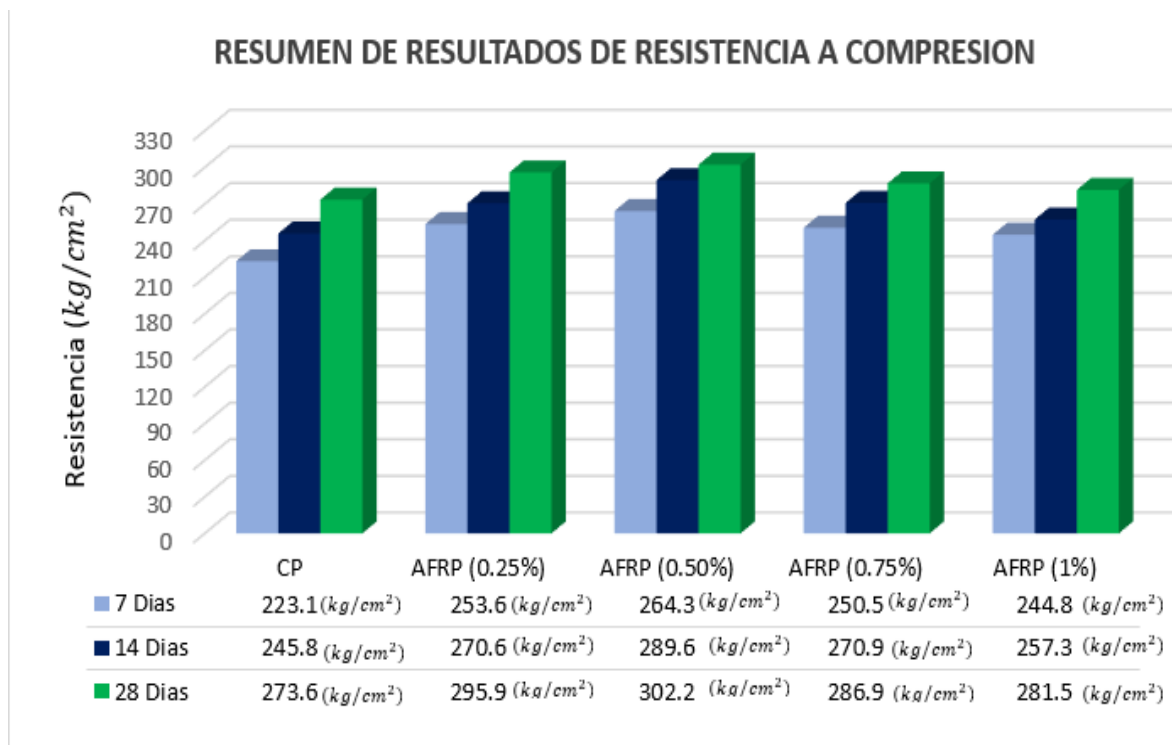
**Tabla 34***Resumen de resistencia a la compresión a los 28 días*

Muestra	Fecha de rotura	Días	Promedio Área (cm <sup>2</sup> )	Promedio de carga (Kn)	Promedio resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación con el "CP" (%)
CP-28	15/05/2024	28	180.1	483.2	273.6	100.00%
AFRP (0.25%)-28	29//05/2024	28	179.1	519.7	295.9	8.2%
AFRP (0.50%)-28	30/05/2024	28	182.0	539.3	302.2	10.5%
AFRP (0.75%)-28	31/05/2024	28	183.0	514.8	286.9	4.9%
AFRP (1%)-28	01/06/2024	28	183.2	505.8	281.5	2.9%

**Nota.** Se presenta la resistencia a la compresión final a los 28 días de curado, así como la relación de cada grupo respecto al concreto patrón, evidenciándose la variación en sus valores de resistencia.

**Figura 16**

*Comparación de la resistencia a la compresión de muestra patrón y con la adición de fibra de aramida*



**Nota.** La figura presenta los resultados de las pruebas realizadas en el concreto patrón y en los concretos con diferentes porcentajes de fibra de Kevlar 40. A los 7, 14 y 28 días, se observó que la resistencia aumentó a medida que avanzaba el proceso de fraguado, con un máximo de 302.2 kg/cm<sup>2</sup> alcanzado con 0.50% de fibra. Sin embargo, con mayores porcentajes de fibra, la resistencia comenzó a disminuir debido al aumento del índice de vacíos y contenido de aire, determinando que 0.50% es el contenido óptimo de fibra para la mezcla.

### 5.1.7. Resultados del segundo y tercer objetivo específico.

**Segundo objetivo específico:** Determinar la deformación máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida, Abancay – Apurímac 2024.

**Tercer objetivo específico:** Determinar la resistencia máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida, Abancay – Apurímac 2024.

#### 5.1.7.1. Dosificación para muestra de vigas de ensayo a flexión del concreto patrón y con fibra

Previo a presentar los resultados del ensayo a Flexión, una vez que se determinó el diseño de mezcla con los respectivos pesos de cada elemento como lo son la arena, agua, grava, cemento APU portland Tipo I para una resistencia  $F'_{C} = 210 \text{ kg/cm}^2$  con los agregados de la cantera Murillo.

**Tabla 35**

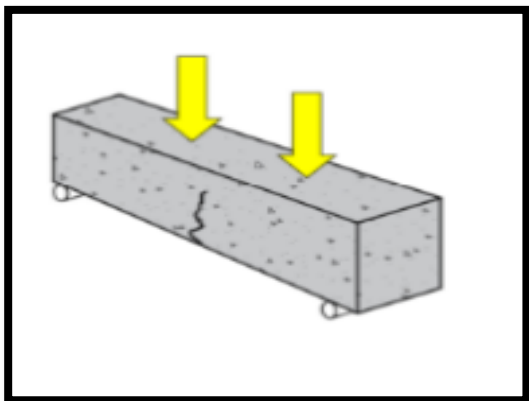
*Cálculo de dosificación en peso de los materiales por  $1 \text{ m}^3$*

<b>Cemento</b>	367 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ag, Grueso</b>	940 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ag, Fino</b>	829 kg/m <sup>3</sup>
<b>Agua de Diseño</b>	197.69 Lt/m <sup>3</sup>

**Nota.** La tabla se presenta la dosificación para  $1 \text{ m}^3$  de concreto, indicando 367 kg de cemento, 940 kg/m<sup>3</sup> de agregado grueso, 829 kg/m<sup>3</sup> de agregado fino y 197.69 L/m<sup>3</sup> de agua, proporciones esenciales para asegurar la correcta preparación del concreto según el diseño.

**Figura 17**

*Molde para el ensayo de flexión de vigas*



*Nota.* En la figura se observa el molde utilizado, con un volumen de 0.012m<sup>3</sup>

**Tabla 36**

*Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moles de concreto patrón*

<b>Diseño de mezcla para 9 moldes de vigas</b>	
<b>Cemento</b>	42.984 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ag, Grueso</b>	109.924 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ag, Fino</b>	96.977 kg/m <sup>3</sup>
<b>Agua de Diseño</b>	23.130 lt/m <sup>3</sup>

*Nota.* La tabla muestra las dosificaciones utilizadas para elaborar 9 vigas del concreto patrón: 9.11 kg de cemento, 23.30 kg de agregado grueso, 20.556 kg de agregado fino y 4.903 L de agua, cantidades definidas para asegurar la consistencia y propiedades del concreto durante los ensayos.

**Tabla 37**

*Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moldes de vigas con la incorporación de 0.25% de fibra*

<b>Diseño de mezcla para 9 moldes de vigas con 0.25% de fibra</b>	
<b>Cemento</b>	42.984 kg
<b>Ag, Grueso</b>	109.924 kg
<b>Ag, Fino</b>	96.977 kg
<b>Agua de Diseño</b>	23.130 lt
<b>Fibra de aramida 0.25%</b>	107.46 gr

*Nota.* La tabla presenta las dosificaciones para elaborar 9 vigas con 0.25% de fibra de aramida, empleando las mismas cantidades del concreto patrón e incorporando 107.46 g de fibra.

**Tabla 38**

*Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moldes de vigas con la incorporación de 0.50% de fibra*

<b>Diseño de mezcla para 9 moldes de vigas con 0.50% de fibra</b>	
<b>Cemento</b>	42.984 kg
<b>Ag, Grueso</b>	109.924 kg
<b>Ag, Fino</b>	96.977 kg
<b>Agua de Diseño</b>	23.130 lt
<b>Fibra de aramida 0.50%</b>	214.92 gr

*Nota.* La Tabla N°38 presenta las dosificaciones para elaborar 9 vigas con 0.50% de fibra de aramida, utilizando las mismas cantidades del concreto patrón e incorporando 214.92 g de fibra.

**Tabla 39**

*Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moldes de vigas con la incorporación de 0.75% de fibra*

<b>Diseño de mezcla para 9 moldes de vigas con 0.75% de fibra</b>	
<b>Cemento</b>	42.984 kg
<b>Ag, Grueso</b>	109.924 kg
<b>Ag, Fino</b>	96.977 kg
<b>Agua de Diseño</b>	23.130 lt
<b>Fibra de aramida 0.75%</b>	322.38 gr

*Nota.* La tabla muestra las dosificaciones para elaborar 9 vigas con 0.75% de fibra de aramida, incorporando 322.38 gr de fibra en la mezcla.

**Tabla 40**

*Cálculo de dosificación de los materiales para 9 moldes de vigas con la incorporación de 1% de fibra*

<b>Diseño de mezcla para 9 moldes de vigas con 1% de fibra</b>	
<b>Cemento</b>	42.984 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ag, Grueso</b>	109.924 kg/m <sup>3</sup>
<b>Ag, Fino</b>	96.977 kg/m <sup>3</sup>
<b>Agua de Diseño</b>	23.130 lt/m <sup>3</sup>
<b>Fibra de aramida 1%</b>	429.84 gr

*Nota.* La tabla presenta las dosificaciones para elaborar 9 vigas con 1% de fibra de aramida, incorporando 429.84 g de fibra en la mezcla.

### 5.1.7.2. *Ensayo de Flexión, deformación de Viga del concreto patrón y con fibra*

Para el presente estudio se determinó la deformación máxima, resistencia máxima aplicada como el esfuerzo de una viga de concreto patrón, al igual que con la adición de fibras de aramida.

Los materiales y equipos que se utilizaron los siguientes:

✓ Materiales:

Vigas de concreto, con dimensiones de 150mm x 150mm x 500mm.

✓ Equipos:

Máquina de ensayo de flexión, apoyos y rodillos de carga para la viga, calibrador para medir las dimensiones de las vigas, moldes para vigas, vibrador de concreto para compactar las muestras, horno y tanque de curado.

Los procedimientos experimentales para la preparación de las probetas fueron:

- ✓ Mezclas del concreto: Describir la proporción de los materiales y proceso de mezclado hasta obtener una mezcla homogénea.
- ✓ Moldeo: Verter el concreto en los moldes en capas, compactación de cada capa utilizando el vibrador de concreto, se niveló la superficie superior de las vigas y se dejó endurecer.
- ✓ Curado inicial: se dejó curar las vigas en los moldes durante 24 horas.
- ✓ Desmoldado y curado: Se retiró las vigas de los moldes y sumergidas en el tanque de curado a 20°C hasta el día del ensayo por 7, 14 y 28 días.

Los procedimientos experimentales para la medición de dimensiones se midió el ancho, altura y longitud de las vigas con el calibrador para obtener las dimensiones exactas.

El ensayo se realizó colocando viga por viga en la máquina de ensayo de flexión sobre los apoyos, con una distancia entre apoyos adecuada según normativa. Colocando los rodillos de carga dentro del punto medio en la viga o a un tercio de la distancia entre los apoyos.

Por último, se aplica la carga a cierta velocidad constante con el fin de que la viga falle y se registran las cargas máximas soportadas por la viga antes de la falla.

Continuando con ello, se observan los cálculos obtenidos en el Ensayo de Flexión y Deformación de Viga de concreto bajo una  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a las muestras del concreto patrón sin y con cada uno de los porcentajes de la fibra de aramida.

**Tabla 41***Resultados de deformaciones en las vigas de concreto patrón*

N° DE TESTIGO	EDAD (días)	LECTURA CARGA (KN) / DEFORMACION (MM)					
1	7	carga (KN)	3.18	7.80	12.20	17.20	22.10
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
2	7	carga (KN)	3.25	8.00	12.39	17.50	22.65
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
3	7	carga (KN)	6.55	11.78	12.20	18.10	21.85
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
4	14	carga (KN)	3.80	8.10	13.15	19.10	24.45
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
5	14	carga (KN)	4.20	9.10	13.10	18.85	24.05
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
6	14	carga (KN)	5.00	9.80	14.50	19.50	23.45
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
7	28	carga (KN)	4.80	7.50	13.53	22.50	24.79
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
8	28	carga (KN)	6.10	8.20	13.67	25.40	25.00
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
9	28	carga (KN)	6.53	9.20	13.81	23.00	25.40

---

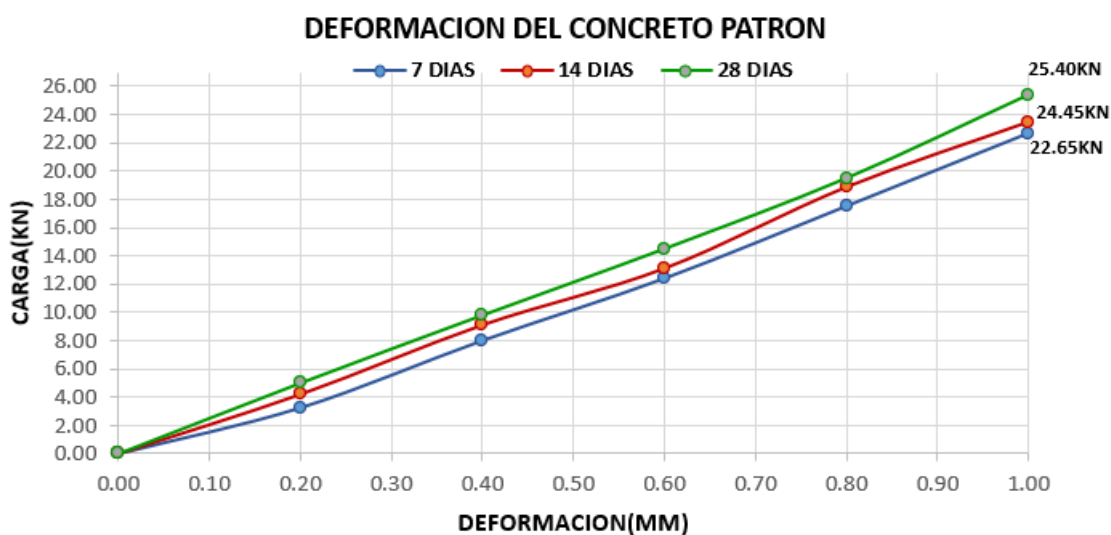
defor (MM)    0.20    0.40    0.60    0.80    1.00

---

**Nota.** Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto patrón a los 7,14 y 28 días de curado.

### Figura 18

*Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 28 días en las vigas de concreto patrón.*



**Nota.** Se observa la gráfica de carga vs deformación de las vigas de concreto patrón los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente

La figura N°18, muestra las deformaciones máximas a flexión en las vigas de concreto patrón, evaluadas a los 7, 14 y 28 días, para todas estas edades se observa una relación aproximadamente lineal entre carga y deformación, la pendiente de las curvas aumenta con la edad del concreto, lo que indica un incremento en la rigidez con el tiempo. A los 7 días alcanza una carga máxima de 22.65KN a 1.00 mm de deformación, a los 14 días llega 24.45 KN a 1.0 mm de deformación y por ultimo los 28 días logrando una mayor carga de 25.40 KN a 1mm de deformación. Esto indica que el concreto se vuelve más resistente a la deformación con el

tiempo, indicando un incremento en la capacidad de carga del concreto a medida que se desarrolla la resistencia con el tiempo de curado.

**Tabla 42**

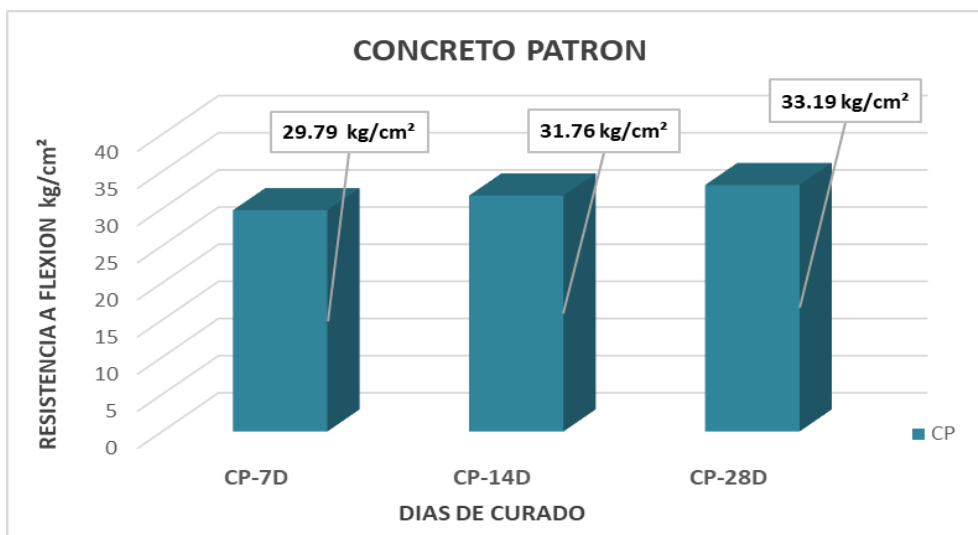
*Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón*

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO - NORMA NTP 339.078 – ASTM C - 78</b>						
Muestra: Concreto patrón						
Fecha de elaboración: 17 /04 / 24						
Resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>						
Muestra	Fecha de ensayo	Edad de ensayo (días)	Lectura Dial (Kn)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (%)	Promedio (R) (kg/cm <sup>2</sup> )
CP01-7	24-04-24	7	22.10	29.66	14.20	
CP02-7	24-04-24	7	22.65	30.40	14.48	29.79
CP03-7	24-04-24	7	21.85	29.33	13.96	
CP01-14	01-05-24	14	24.45	32.38	15.42	
CP02-14	01-05-24	14	24.05	31.85	15.17	31.76
CP03-14	01-05-24	14	23.45	31.06	14.79	
CP01-28	15-05-24	28	24.79	32.83	15.63	
CP02-28	15-05-24	28	25.00	33.11	15.77	33.19
CP03-28	15-05-24	28	25.40	33.64	16.02	

**Nota.** Se presentan los resultados de la resistencia a la flexión de la muestra patrón a los 7, 14 y 28 días de curado

**Figura 19**

*Resultados de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón*



**Nota.** Se observa la gráfica de resistencia a flexión en vigas de concreto patrón

La figura N°19, muestra el promedio de la resistencia a flexión del concreto patrón en función del tiempo de curado, que abarca 7, 14 y 28 días, alcanzando resistencias de 29.79 kg/cm<sup>2</sup>, 31.76 kg/cm<sup>2</sup> y 33.19 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Esto evidencia que la resistencia a flexión del concreto mejora notablemente con el tiempo de curado, subrayando la importancia de un buen proceso de curado para maximizar el rendimiento y durabilidad estructural del concreto.

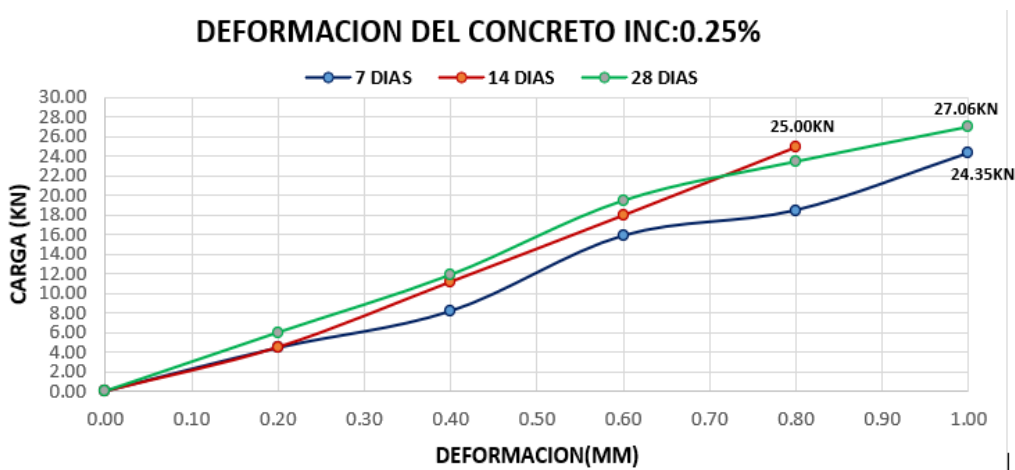
**Tabla 43***Deformaciones en las vigas de concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida*

N° DE TESTIGO	EDAD (DÍAS)	LECTURA CARGA (KN) / DEFORMACION (MM)					
		carga (KN)					
10	7	carga (KN)	4.43	8.17	15.90	18.50	24.35
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
11	7	carga (KN)	7.70	8.10	14.35	18.70	21.70
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
12	7	carga (KN)	6.50	7.58	14.40	17.89	22.68
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
13	14	carga (KN)	4.60	7.46	14.31	17.50	24.60
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
14	14	carga (KN)	5.00	8.15	12.56	18.61	24.20
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
15	14	carga (KN)	4.50	11.20	18.01	25.00	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	
16	28	carga (KN)	5.65	10.40	16.75	22.54	25.21
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
17	28	carga (KN)	6.00	11.90	19.50	23.50	27.06
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
18	28	carga (KN)	6.72	11.78	17.80	23.14	26.10
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00

**Nota.** Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto con incorporación de 0.25% de fibra de aramida a los 7,14 y 28.

**Figura 20**

*Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 18 días en las vigas de concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida.*



*Nota.* Se observa la gráfica de carga vs deformación de las vigas de concreto con incorporación de 0.25% de fibra de aramida a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente

En la Figura N.º 20 se evidencia una relación aproximadamente lineal entre la carga y la deformación; a los 7 días, el concreto con adición de fibra presenta una ligera mejora en su capacidad de resistir cargas, especialmente a mayores niveles de deformación, a los 14 días la diferencia se hace más notable el concreto con fibra soporta cargas significativas mayores para deformaciones superiores a 0.40mm, a los 28 días el concreto con la adición de fibra mantiene su ventaja, soportando cargas más altas para la mayoría de los puntos de deformación. A los 28 días el concreto con 0.25% de fibra alcanza una carga máxima de 27.06 KN a 1.0 mm de deformación. Muestra un aumento significativo en la resistencia entre los 7 y 14 días, y el incremento entre los 14 y 28 días es menor pero aun notable con esta adición de fibra. El concreto con fibra presenta una mayor capacidad para soportar cargas sin fallar, lo que indica una mejora en la ductilidad.

**Tabla 44**

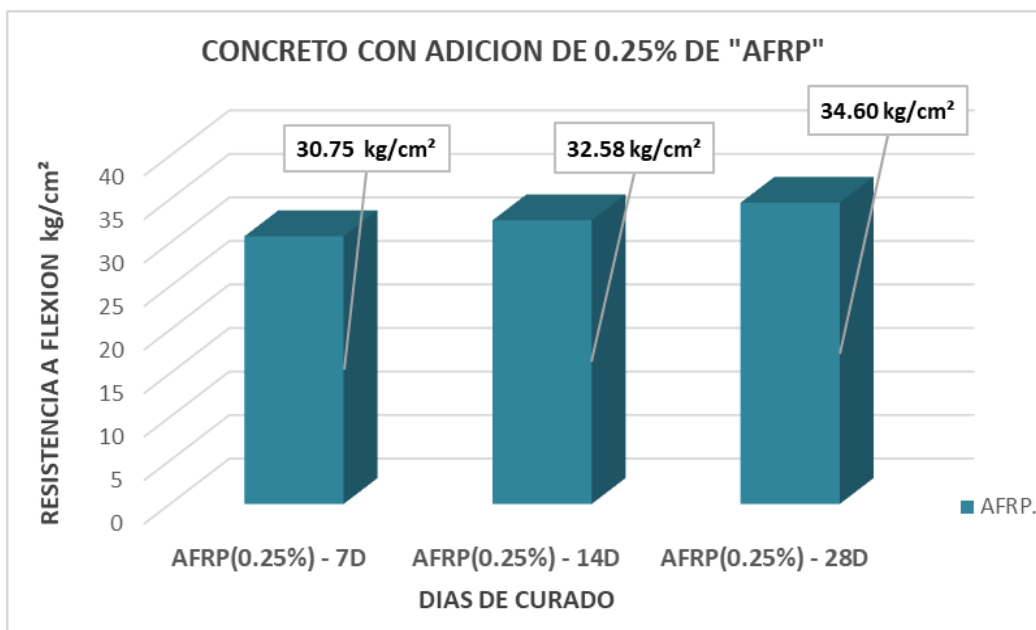
*Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida*

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO - NORMA NTP 339.078 – ASTM C - 78						
Muestra: con adición de 0.25% de fibra						
Fecha de elaboración: 01 / 05 / 24						
Resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>						
Muestra	Fecha de ensayo	Edad de ensayo (días)	Lectura Dial (Kn)	Módulo de Rotura (R) (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (%)	Promedio (R) (kg/cm <sup>2</sup> )
CP01-7	08-05-24	7	24.35	32.68	15.56	
CP02-7	08-05-24	7	21.70	29.12	13.87	30.75
CP03-7	08-05-24	7	22.68	30.44	14.49	
CP01-14	15-05-24	14	24.60	32.58	15.51	
CP02-14	15-05-24	14	24.20	32.05	15.26	32.58
CP03-14	15-05-24	14	25.00	33.11	15.77	
CP01-28	29-05-24	28	25.21	33.39	15.90	
CP02-28	29-05-24	28	27.06	35.84	17.07	34.60
CP03-28	29-05-24	28	26.10	34.57	16.46	

**Nota.** Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto con incorporación de 0.25% de fibra de aramida a los 7,14 y 28.

**Figura 21**

*Resultados de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón con 0.25% de fibra de aramida*



**Nota.** Se observa la gráfica de resistencia a flexión en vigas de concreto con incorporación de 0.25% de fibra de aramida

La figura se muestra el promedio de la resistencia a flexión del concreto patrón con la adición del 0.25% de fibra de aramida en función del tiempo de curado, que abarca 7, 14 y 28 días. Las resistencias alcanzadas son de 30.75 kg/cm<sup>2</sup>, 32.58 kg/cm<sup>2</sup> y 34.60 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. donde se puede evidenciar que el concreto a mejorado su capacidad de soportar flexión a medida que avanzó el tiempo de curado.

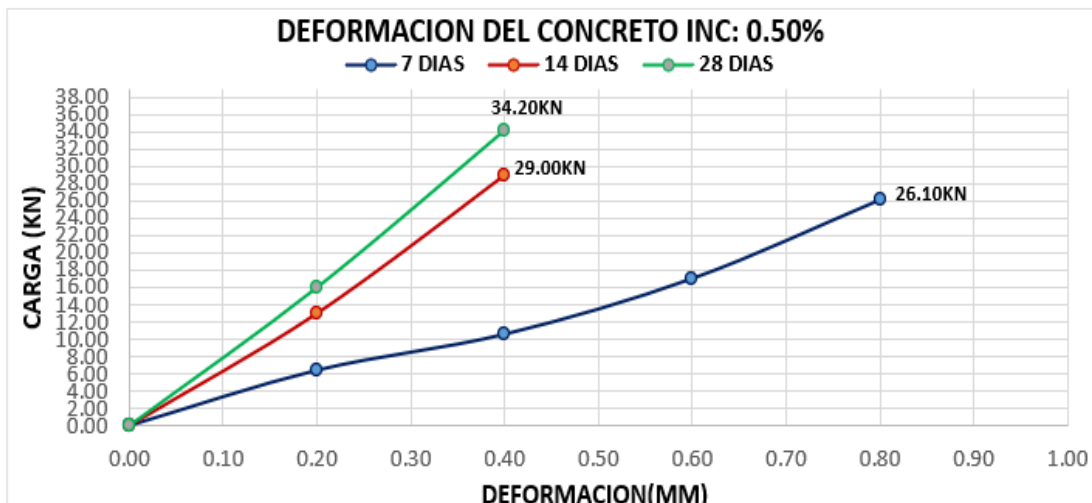
**Tabla 45***Deformaciones en las vigas de concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida*

N° DE TESTIGO	EDAD (DÍAS)	LECTURA CARGA (KN) / DEFORMACION (MM)				
		carga (KN)	6.40	10.56	17.00	26.10
<b>19</b>	7	defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80
		carga (KN)	5.40	9.20	16.52	25.90
<b>20</b>	7	defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80
		carga (KN)	6.54	9.84	13.36	25.82
<b>21</b>	7	defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80
		carga (KN)	12.00	27.79		
<b>22</b>	14	defor (MM)	0.20	0.40		
		carga (KN)	11.25	28.20		
<b>23</b>	14	defor (MM)	0.20	0.40		
		carga (KN)	13.00	29.00		
<b>24</b>	14	defor (MM)	0.20	0.40		
		carga (KN)	16.00	34.20		
<b>25</b>	28	defor (MM)	0.20	0.40		
		carga (KN)	15.00	33.90		
<b>26</b>	28	defor (MM)	0.20	0.40		
		carga (KN)	14.00	33.75		
<b>27</b>	28	defor (MM)	0.20	0.40		

**Nota.** Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto con incorporación de 0.50% de fibra de aramida a los 7,14 y 28.

**Figura 22**

*Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 18 días en las vigas de concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida.*



*Nota.* Se observa la gráfica de carga vs deformación de las vigas de concreto con incorporación de 0.50% de fibra de aramida a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente

En la figura N°22 analizando el comportamiento general el concreto con 0.50% de fibra de aramida muestra una mejora significativa en la resistencia a la carga en comparación con el concreto convencional y con adición de 0.25% de fibra. La relación a la carga – deformación para el 50% parece ser más pronunciada, indicando una mayor rigidez. Realizado una comparación a los 7 días el concreto con 0.50% de fibra muestra la mayor resistencia a la carga, seguido por el 0.25% y luego el patrón. A los 14 y 28 días la diferencia se hace aun as notable. El concreto con 0.50%de fibra soporta cargas significativamente mayores para todas las deformaciones medidas. Los valores máximos se dieron a los 28 días, el concreto con fibra alcanza una carga de 34.20 KN a 0.40mm de deformación, lo cual es significativamente mayor en 22.3KN para el 0.25% de fibra y 26.0KN para el concreto patrón en el mismo punto de deformación. Todos los tipos de concreto muestran un aumento en la resistencia con la edad, pero el efecto es más pronunciado en el concreto con 0.50% de fibra por lo que muestra un

incremento de resistencia muy notable entre los 7 y 14 días en conclusión la adición de 0.50% de fibra de aramida aumenta significativamente la rigidices del concreto en todas las edades probadas.

**Tabla 46**

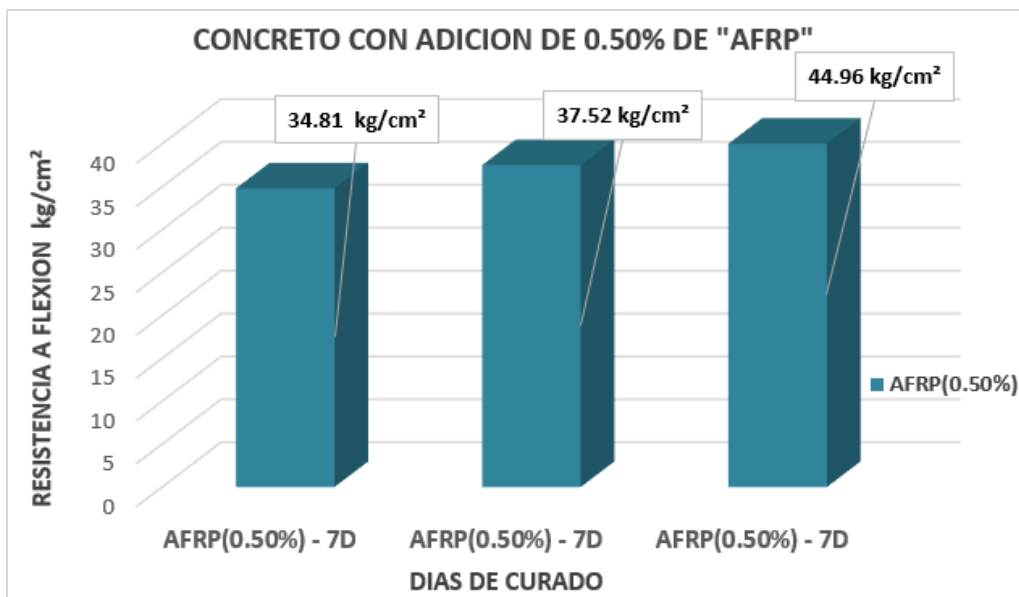
*Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida*

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO - NORMA NTP 339.078 – ASTM C - 78						
Muestra: con adición de 0.50% de fibra AFRP						
Código de muestra	Fecha de ensayo	Edad de ensayo (días)	Lectura Dial (Kn)	Módulo de Rotura (R) (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (%)	Promedio o (R) (kg/cm <sup>2</sup> )
AFRP1-7	09-05-24	7	26.10	35.03	16.68	
ARFP2-7	09-05-24	7	25.90	34.76	16.55	34.81
AFRP3-7	09-05-24	7	25.82	34.65	16.50	
AFRP1-14	16-05-24	14	27.79	36.80	17.53	
AFRP2-14	16-05-24	14	28.20	37.35	17.78	37.52
AFRP2-14	16-05-24	14	29.00	38.41	18.29	
AFRP1-28	30-05-24	28	34.20	45.29	21.57	
AFRP2-28	30-05-24	28	33.90	44.90	21.38	44.95
AFRP3-28	30-05-24	28	33.75	44.70	21.28	

**Nota.** Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto con incorporación de 0.50% de fibra de aramida a los 7,14 y 28.

**Figura 23**

*Resultado de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón con 0.50% de fibra de aramida*



**Nota.** Se observa la gráfica de resistencia a flexión en vigas de concreto con incorporación de 0.50% de fibra de aramida

La figura N°23, muestra el promedio de la resistencia a flexión del concreto patrón con la adición del 0.50% de fibra de aramida en función del tiempo de curado, que abarca 7, 14 y 28 días. Las resistencias alcanzadas son de 34.81 kg/cm<sup>2</sup>, 37.52 kg/cm<sup>2</sup> y 44.96 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. donde se puede evidenciar que el concreto a mejorado su capacidad de soportar flexión a medida que avanzó el tiempo de curado.

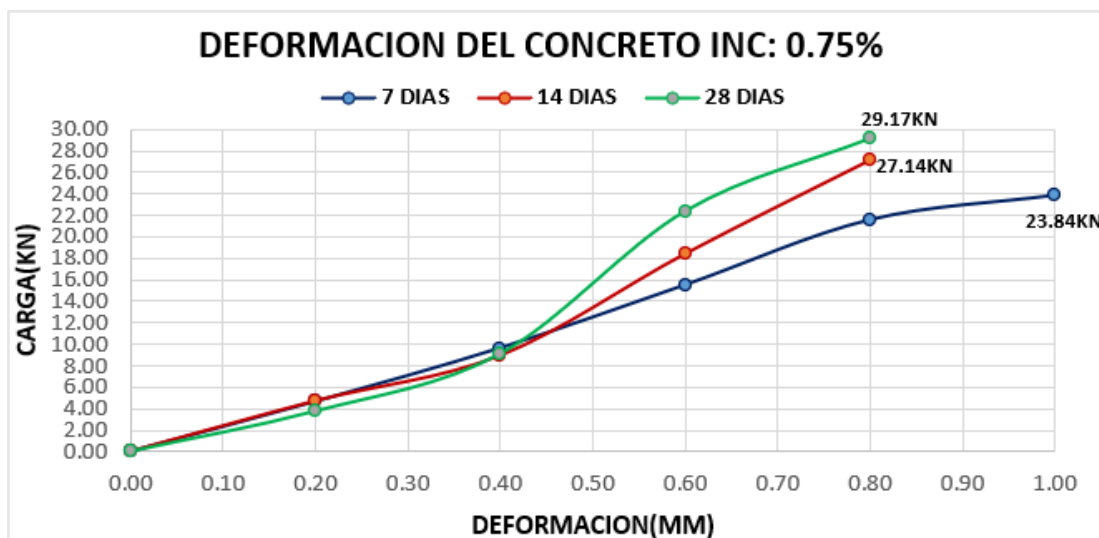
**Tabla 47***Deformación en las vigas de concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida*

N° DE TESTIGO	EDAD (DÍAS)	LECTURA CARGA (KN) / DEFORMACION (MM)					
<b>28</b>	7	carga (KN)	4.21	7.35	14.66	20.21	22.50
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>29</b>	7	carga (KN)	4.65	9.63	15.50	21.56	23.84
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>30</b>	7	carga (KN)	3.01	6.50	13.40	22.63	23.40
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>31</b>	14	carga (KN)	3.03	8.25	17.50	25.80	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	
<b>32</b>	14	carga (KN)	3.98	9.25	18.20	26.23	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	
<b>33</b>	14	carga (KN)	4.71	8.94	18.42	27.14	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	
<b>34</b>	28	carga (KN)	3.00	7.00	18.89	27.69	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	
<b>35</b>	28	carga (KN)	3.25	7.90	20.00	26.56	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	
<b>36</b>	28	carga (KN)	3.75	9.11	22.40	29.17	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	

**Nota.** Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto con incorporación de 0.75% de fibra de aramida a los 7,14 y 28.

**Figura 24**

Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 18 días en las vigas de concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida.



**Nota.** Se observa la gráfica de carga vs deformación de las vigas de concreto con incorporación de 0.75% de fibra de aramida a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente

La figura N°24, El comportamiento general el concreto con 0.75% de fibra de aramida muestra un comportamiento interesante y en algunos aspectos inesperado en comparación con los otros porcentajes de fibra. A los 7 días el concreto con 0.75% de fibra muestra una resistencia inicial (a 0.20 y 0.40mm de deformación) menor que el concreto patrón y los otros porcentajes de fibra. Sin embargo, a partir de 0.60mm de deformación su resistencia supera al concreto patrón y al de 0.25% de fibra. A los 14 días muestra una mejora significativa, superando al concreto patrón y al de 0.25% de fibra en casi todos los puntos de deformación, pero aun por debajo del concreto con 0.50% de fibra, a los 28 días presenta una resistencia inicial (a 0.20 y 0.40mm) menor que los otros tipos de concreto, pero a partir de 0.60mm de deformación, su resistencia aumenta significativamente superando a todos los demás tipos excepto al de 0.50% de fibra. Respecto al valor máximo a los 28 días, el concreto con 0.75 de fibra alcanza una carga

de 29.17KN a 0.80mm de deformación, lo cual es significativamente mayor que el concreto patrón(23.00KN) y del 0.25% de fibra (23.50) KN en el mismo punto de deformación. Respecto a su resistencia el concreto con 0.75% de fibra muestra un desarrollo de resistencia más pronunciado entre los 7 y 14 días especialmente a mayores deformaciones. La mejora entre los 14 y 28 días es menos notable que en los otros tipos de concreto.

**Tabla 48**

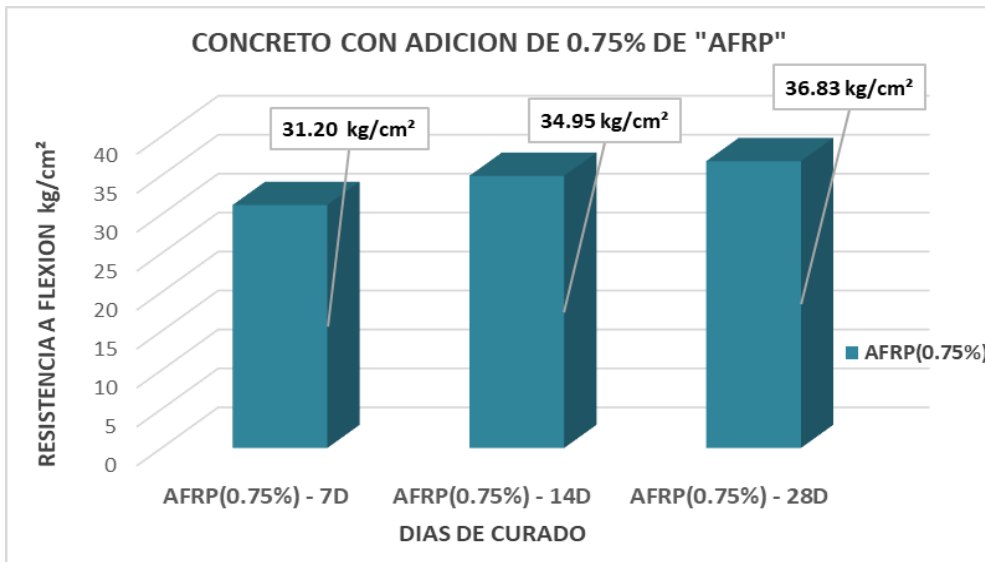
*Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida*

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO - NORMA NTP 339.078 – ASTM C - 78						
Muestra: con adición de 0.75% de fibra AFRP						
Muestra	Fecha de ensayo	Edad de ensayo (días)	Lectura Dial (Kn)	Módulo de Rotura (R) (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (%)	Promedio (R) (kg/cm <sup>2</sup> )
AFRP1-7	10-05-24	7	22.50	30.20	14.38	
ARFP2-7	10-05-24	7	23.84	32.00	15.24	31.20
AFRP3-7	10-05-24	7	23.40	31.41	14.95	
AFRP1-14	17-05-24	14	25.80	34.17	16.27	
AFRP2-14	17-05-24	14	26.23	34.74	16.54	34.95
AFRP2-14	17-05-24	14	27.14	35.94	17.12	
AFRP1-28	31-05-24	28	27.69	36.67	17.46	
AFRP2-28	31-05-24	28	26.56	35.18	16.75	36.83
AFRP3-28	31-05-24	28	29.17	38.63	18.40	

**Nota.** Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto con incorporación de 0.75% de fibra de aramida a los 7,14 y 28.

**Figura 25**

Resultado de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón con 0.75% de fibra de aramida



**Nota.** Se observa la gráfica de resistencia a flexión en vigas de concreto con incorporación de 0.75% de fibra de aramida

La figura N°25, muestra el promedio de la resistencia a flexión del concreto patrón con la adición del 0.75% de fibra de aramida en función del tiempo de curado, que abarca 7, 14 y 28 días. Las resistencias alcanzadas son de 31.20 kg/cm<sup>2</sup>, 34.95 kg/cm<sup>2</sup> y 36.83 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Donde se puede evidenciar que el concreto a mejorado su capacidad de soportar flexión a medida que avanzó el tiempo de curado.

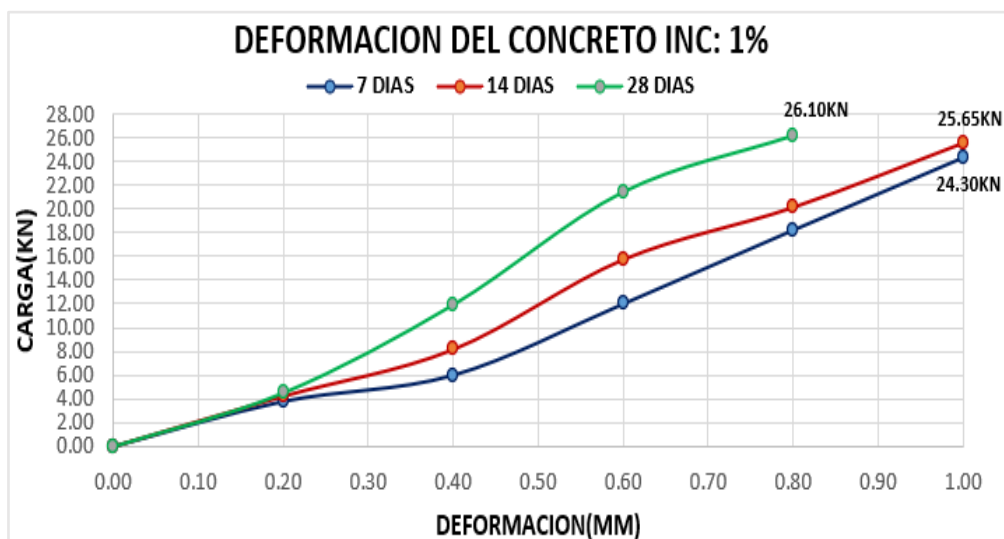
**Tabla 49***Deformaciones en las vigas de concreto patrón con 1% de fibra de aramida*

N.º DE TESTIGO	EDAD (DÍAS)	LECTURA CARGA (KN) / DEFORMACION (MM)					
<b>37</b>	7	carga (KN)	2.80	7.10	13.20	18.00	24.15
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>38</b>	7	carga (KN)	4.00	9.50	11.85	18.00	23.70
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>39</b>	7	carga (KN)	3.80	6.00	12.00	18.20	24.30
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>40</b>	14	carga (KN)	2.70	9.10	17.21	22.50	24.50
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>41</b>	14	carga (KN)	2.26	4.38	9.53	16.52	25.00
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>42</b>	14	carga (KN)	4.25	8.20	15.80	20.21	25.65
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
<b>43</b>	28	carga (KN)	6.00	8.10	19.00	24.74	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	
<b>44</b>	28	carga (KN)	4.51	11.93	21.44	26.19	
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	
<b>45</b>	28	carga (KN)	6.36	10.60	16.52	20.25	25.00
		defor (MM)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00

**Nota.** Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto con incorporación de 1.0% de fibra de aramida a los 7,14 y 28.

**Figura 26**

*Deformación de valores mayores dentro de los 7, 14 y 18 días en las vigas de concreto patrón con 1% de fibra de aramida.*



**Nota.** Se observa la gráfica de carga vs deformación de las vigas de concreto con incorporación de 1.0% de fibra de aramida a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente

La Figura N°26, muestra las deformaciones máximas a flexión en las vigas de concreto patrón con un incremento del 1% de fibra de aramida, evaluadas a los 7, 14 y 28 días. Observándose que, a lo largo del periodo de curado, la deformación máxima alcanzada fue de 1.00 mm alcanzada a los 7 y 14 días con una carga de 24.15KN Y 25.65KN, respectivamente indicando un incremento en la capacidad de carga del concreto a medida que se desarrolla la resistencia con el tiempo de curado, sin embargo, a los 28 días se notó una ligera disminución respecto a su carga.

Analizando su comportamiento general la adición de fibra de aramida generalmente mejora la resistencia a la carga del concreto, pero el efecto varía según el porcentaje de fibra y

la edad del concreto. Analizando a los 7 días con los otros tipos de adición el concreto con 0.50% de fibra muestra la mayor resistencia. La adición de 0.75% y 1% de fibra tienen un comportamiento similar superando al patrón y al 0.25% a mayores deformaciones, a los 14 días el concreto con 0.50% de fibra muestran una mejora significativa superando al patrón y al 0.25% en mayoría de los puntos

**Tabla 50**

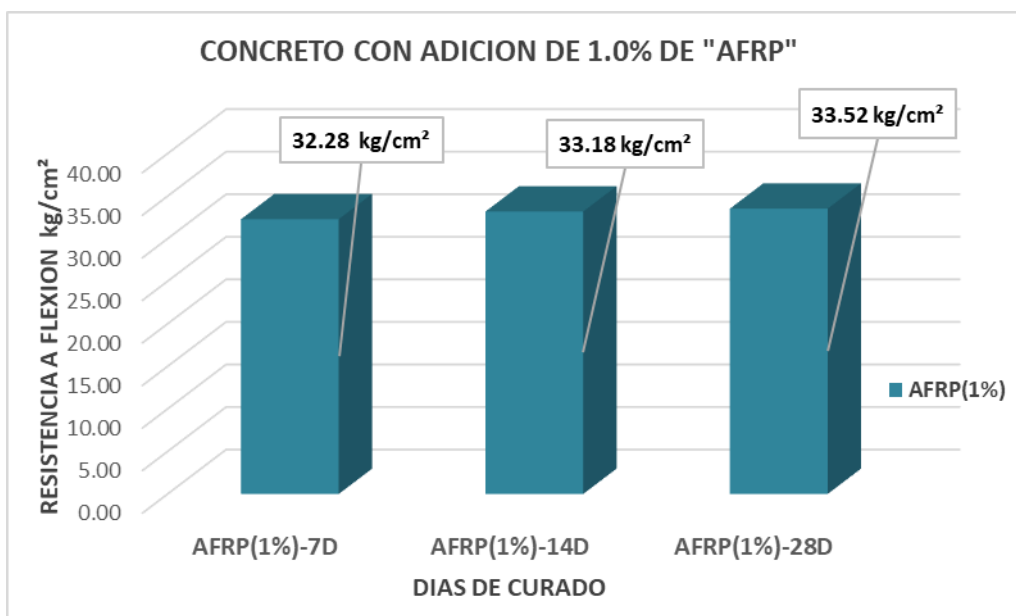
*Resultados del ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón con 1% de fibra de aramida*

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO - NORMA NTP 339.078 – ASTM C - 78						
Muestra: con adición de 1% de fibra AFRP						
Fecha de elaboración: 04 / 05 / 24						
Resistencia de diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$						
Muestra	Fecha de ensayo	Edad de ensayo (días)	Lectura Dial (Kn)	Módulo de Rotura (R) ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia promedio (%)	Promedio (R) ( $\text{kg/cm}^2$ )
AFRP1-7	11-05-24	7	24.15	32.41	15.43	
ARFP2-7	11-05-24	7	23.70	31.81	15.15	32.28
AFRP3-7	11-05-24	7	24.30	32.61	15.53	
AFRP1-14	18-05-24	14	24.50	32.45	15.45	
AFRP2-14	18-05-24	14	25.00	33.11	15.77	33.18
AFRP2-14	18-05-24	14	25.65	33.97	16.18	
AFRP1-28	01-06-24	28	24.74	32.77	15.60	
AFRP2-28	01-06-24	28	26.19	34.69	16.52	33.52
AFRP3-28	01-06-24	28	25.00	33.11	15.77	

*Nota.* Se observa los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto con incorporación de 1% de fibra de aramida a los 7,14 y 28.

**Figura 27**

*Resultado de la resistencia a flexión alcanzada del concreto patrón con 1% de fibra de aramida*



*Nota.* Se observa la gráfica de resistencia a flexión en vigas de concreto con incorporación de 1.0% de fibra de aramida

La figura N°27, muestra el promedio de la resistencia a flexión del concreto patrón con la adición de 1% de fibra de aramida en función del tiempo de curado, que abarca 7, 14 y 28 días. Las resistencias alcanzadas son de 32.28 kg/cm<sup>2</sup>, 33.18 kg/cm<sup>2</sup> y 33.52 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. donde se puede evidenciar que el concreto a mejorado su capacidad de soportar flexión a medida que avanzó el tiempo de curado.

A continuación, se observa un resumen de las resistencias a flexión alcanzadas del concreto patrón y con la adición de fibra de aramida:

**Tabla 51***Resumen de resultados del ensayo de resistencia a flexión*

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO - NORMA NTP 339.078 – ASTM C - 78					
Resistencia de diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$					
Muestra	Fecha de ensayo	Edad de ensayo (Días)	Carga promedio (Kn)	Módulo de Rotura (R) promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia promedio (%)
CP-7	24-04-24	7	22.20	29.79	14.19
CP-14	01-05-24	14	23.98	31.76	15.13
CP-28	15-05-24	28	25.06	33.19	15.81
AFRP (0.25%)-7	08-05-24	7	22.91	30.75	14.64
AFRP (0.25%)-14	15-05-24	14	24.60	32.58	15.51
AFRP (0.25%)-28	29-05-24	28	26.12	34.60	16.47
AFRP (0.50%)-7	09-05-24	7	25.94	34.81	16.58
AFRP (0.50%)-14	16-05-24	14	28.33	37.52	17.87
AFRP (0.50%)-28	30-05-24	28	33.95	44.96	21.41
AFRP (0.75%)-7	10-05-24	7	23.25	31.20	14.86
AFRP (0.75%)-14	17-05-24	14	26.39	34.95	16.64
AFRP (0.75%)-28	31-05-24	28	27.81	36.83	17.54
AFRP (1%)-7	11-05-24	7	24.05	32.28	15.37
AFRP (1%)-14	18-05-24	14	25.05	33.18	15.80
AFRP (1%)-28	01-06-24	28	25.31	33.52	15.96

**Nota.** Resumen y comparación de resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto en los diferentes días de curado.

**Tabla 52**

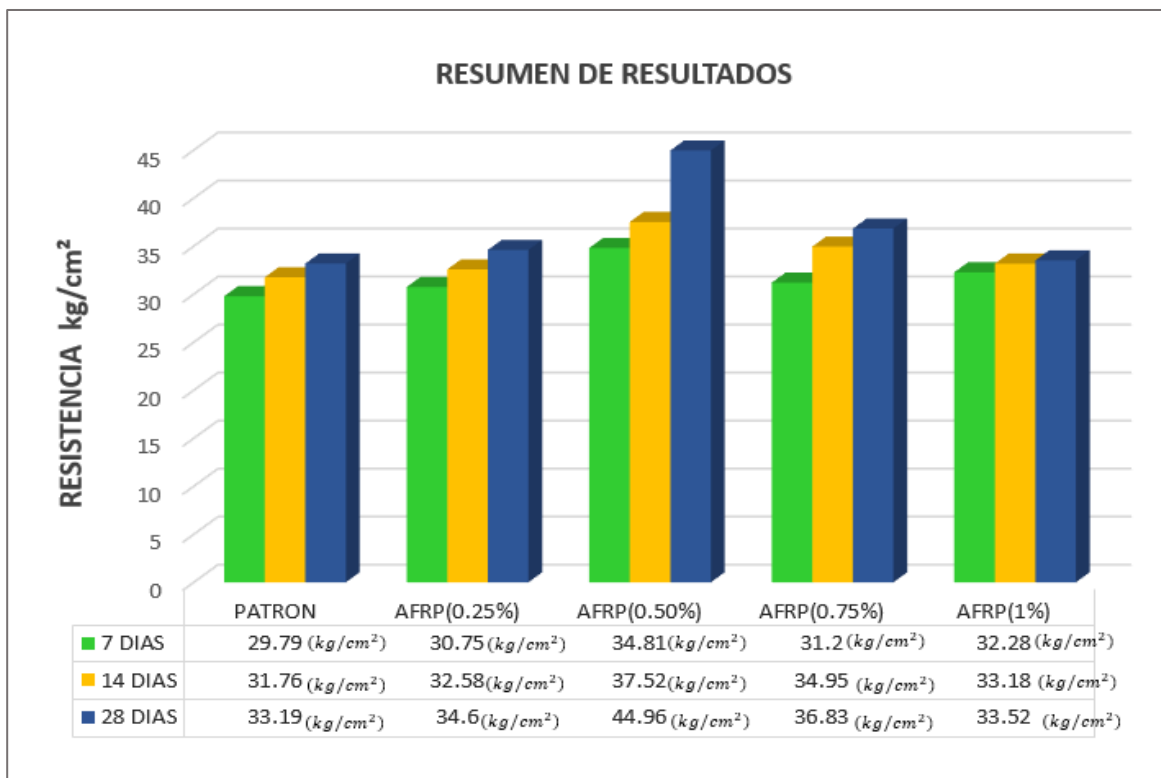
*Resumen de resultados del ensayo de resistencia a flexión a los 28 días*

Código de muestra	Fecha de rotura	Días	Promedio de carga (Kn)	Promedio resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación con (CP) (%)
CP-28	15/05/2024	28	25.06	33.19	100.00%
AFRP (0.25%)-28	29//05/2024	28	26.12	34.60	4.25%
AFRP (0.50%)-28	30/05/2024	28	33.95	44.96	35.47%
AFRP (0.75%)-28	31/05/2024	28	27.81	36.83	10.97
AFRP (1%)-28	01/06/2024	28	25.31	33.52	0.1%

**Nota.** Se reporta la resistencia a la flexión a los 28 días de curado, en concordancia con la norma, así como la relación comparativa de cada grupo respecto a la muestra patrón, evidenciando un incremento en su capacidad resistente.

**Figura 28**

*Comparación de la resistencia a flexión de muestra patrón y con la adición de fibra de aramida*

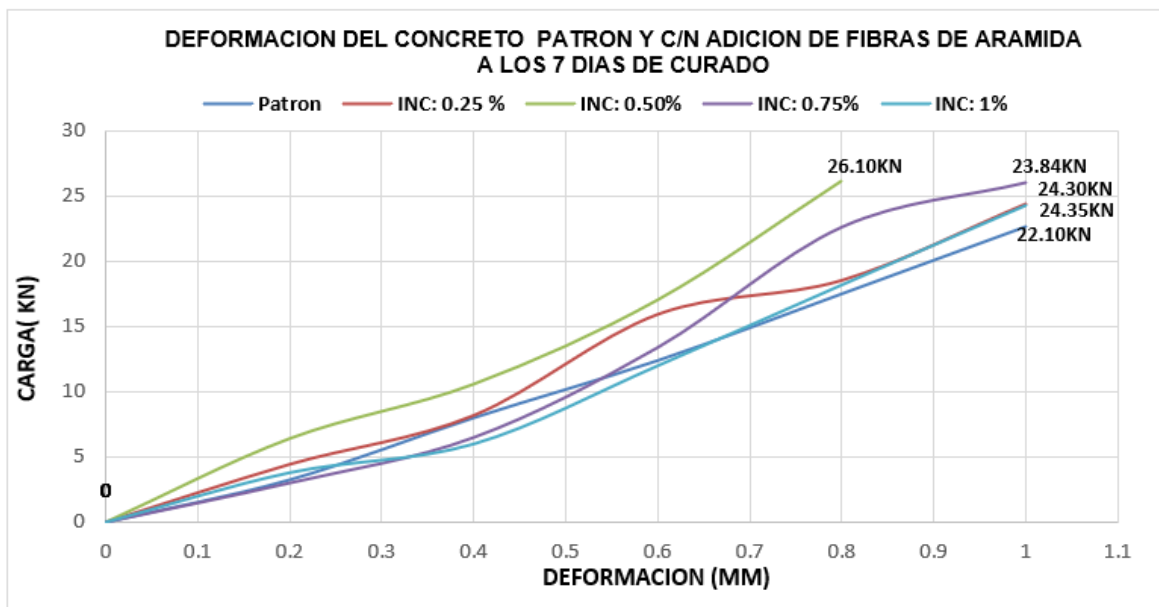


**Nota.** Se observa la comparación de los diferentes grupos que se realizó los respectivos ensayos de resistencia a la flexión

La figura N°28, muestra cómo se comportó la resistencia a flexión y deformación del concreto con distintos porcentajes de fibra y en diferentes edades de curado, se observó el incremento en todos casos que se agregó las fibras a la mezcla, mostrando que la mayor resistencia se logró con la adición del 0.50% de fibra de aramida, alcanzando una resistencia de 44.96 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado. Esto resalta que este tipo de fibra mejora notablemente la resistencia del concreto. Luego de ella su resistencia disminuye a medida que el porcentaje de adicción de fibra aumenta.

**Figura 29**

*Comparación de valores mayores de deformación del concreto patrón y c/n adición de fibras de aramida a los 7 días de curado*

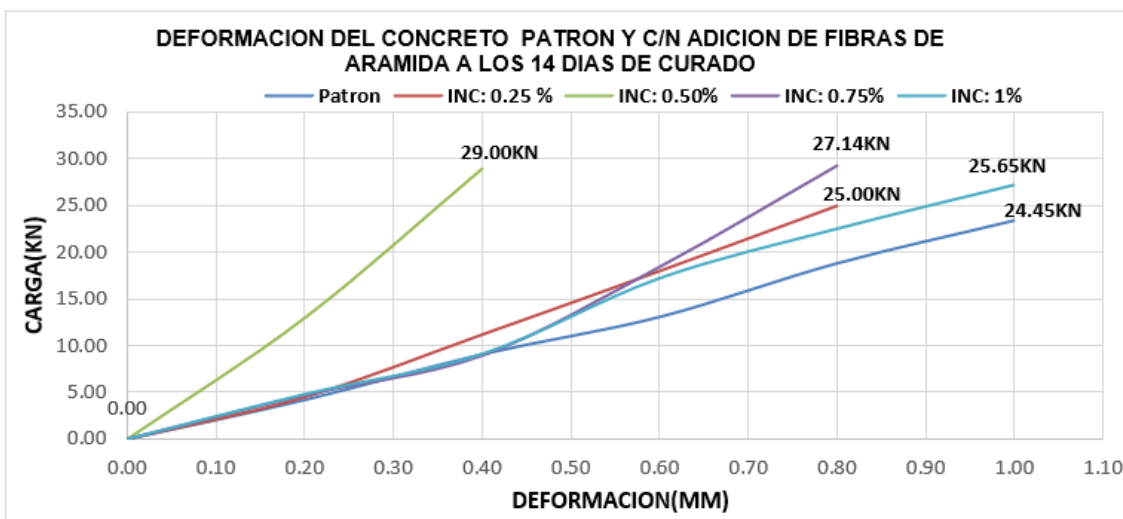


**Nota.** Se observa la gráfica de carga vs deformación del concreto patrón y con la adición de fibra de aramida en sus distintos porcentajes, a los 7 días de curado.

La figura N°29. Se evidencia que todas las muestras muestran un aumento en la carga soportada a medida que aumenta la deformación dentro de los 7 días de curado. La incorporación de 0.50% de fibra muestra la mayor resistencia a la carga especialmente en deformaciones un poco menores. La muestra con 0.75% de fibra muestra un comportamiento interesante con una resistencia inicial más baja pero un aumento significativo en deformaciones mayores. El concreto patrón y la incorporación de 1% de fibra muestran comportamientos similares.

**Figura 30**

*Comparación de valores mayores de deformación del concreto patrón y c/n adición de fibras de aramida a los 14 días de curado*



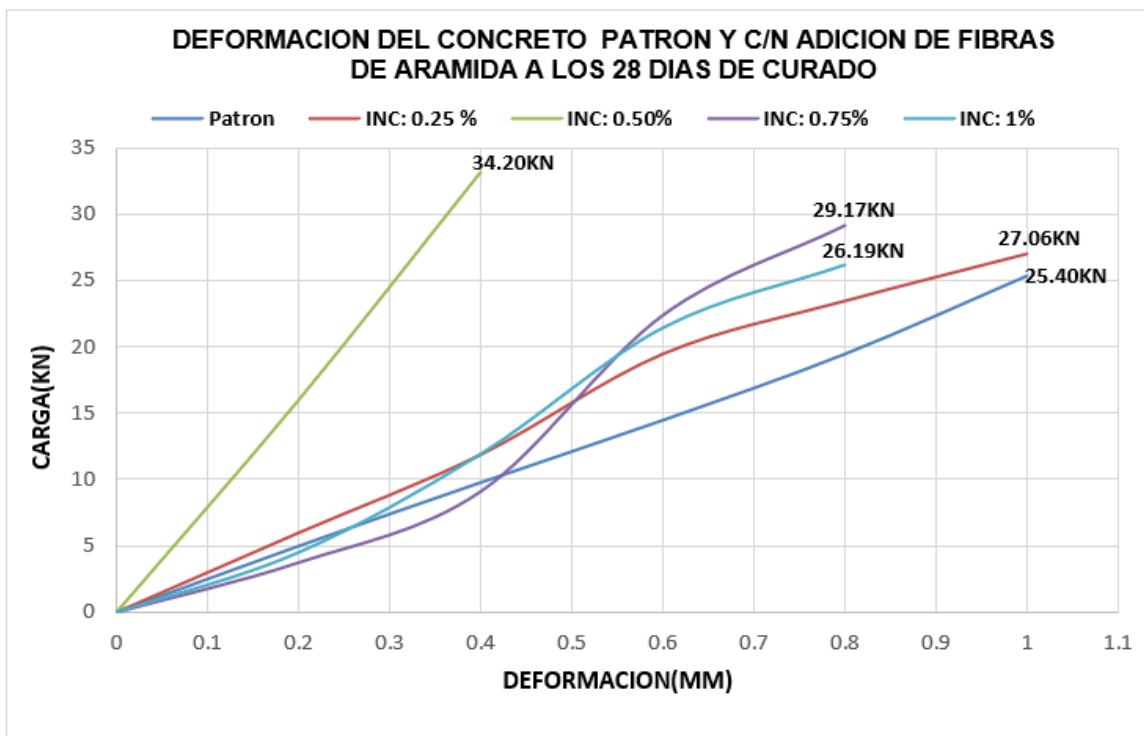
**Nota.** Se observa la gráfica de carga vs deformación del concreto patrón y con la adición de fibra de aramida en sus distintos porcentajes, a los 14 días de curado.

La figura N°30. Analizando el comportamiento general todas las muestras muestran un aumento en la carga soportada a medida que aumenta la deformación, lo cual es esperado en pruebas de resistencia a flexión del concreto. El concreto patrón muestra la menor resistencia en general, alcanzando aproximadamente 24.45KN a 1mm de deformación. Respecto a las incorporaciones de fibra al 0.25% mejora ligeramente la resistencia respecto al patrón, llegando a 25KN a 0.80mm. en 0.50% muestra mejor rendimiento inicial alcanzando 29KN a solo 0.4mm de deformación, 0.75%: Tiene el mejor rendimiento a deformaciones mayores, alcanzando 27.14 KN a 0.8mm. 1%: Mejora la resistencia respecto al patrón, alcanzando 25.65 KN a 1mm.

En resumen, la adición de fibras de aramida mejora significativamente la resistencia del concreto a los 14 días de curado, con los mejores resultados observados en las incorporaciones de 0.50% y 0.75%

**Figura 31**

*Comparación de valores mayores de deformación del concreto patrón y c/n adición de fibras de aramida a los 28 días de curado*



**Nota.** Se observa la gráfica de carga vs deformación del concreto patrón y con la adición de fibra de aramida en sus distintos porcentajes, a los 28 días de curado.

La figura N°31. se observa todas las muestras muestran un aumento en la carga soportada a medida que aumenta la deformación, el concreto patrón: Muestra la menor resistencia en general, alcanzando aproximadamente 25.4 KN a 1 mm de deformación. Respecto a la adición de fibra se tiene. 0.25%: Mejora ligeramente la resistencia respecto al patrón, llegando a 27.06 KN a 1mm. y a 0.50% se muestra el mejor rendimiento inicial, alcanzando 34.20 KN a solo 0.4 mm de deformación. y en 0.75% se tiene el mejor rendimiento a deformaciones mayores, alcanzando 29.17 KN a 0.8mm. Y por último al 1% mejora la resistencia respecto al patrón, alcanzando 26.17 KN a 0.8mm.

En resumen, a los 28 días de curado, la adición de fibras de aramida sigue mejorando significativamente la resistencia del concreto. La incorporación de 0.50% de fibra muestra un rendimiento excepcional a bajas deformaciones. mientras que la de 0.75% es efectiva a mayores deformaciones.

#### 5.1.8. Resultado de cuarto objetivo específico

**cuarto objetivo específico:** Determinar la ductilidad de una viga de concreto simplemente armado con el porcentaje optimo de fibras de aramida, Abancay – Apurímac, 2024.

**Tabla 53**

*Resultados del análisis a flexión de las vigas reforzadas con varilla de acero en tensión.*

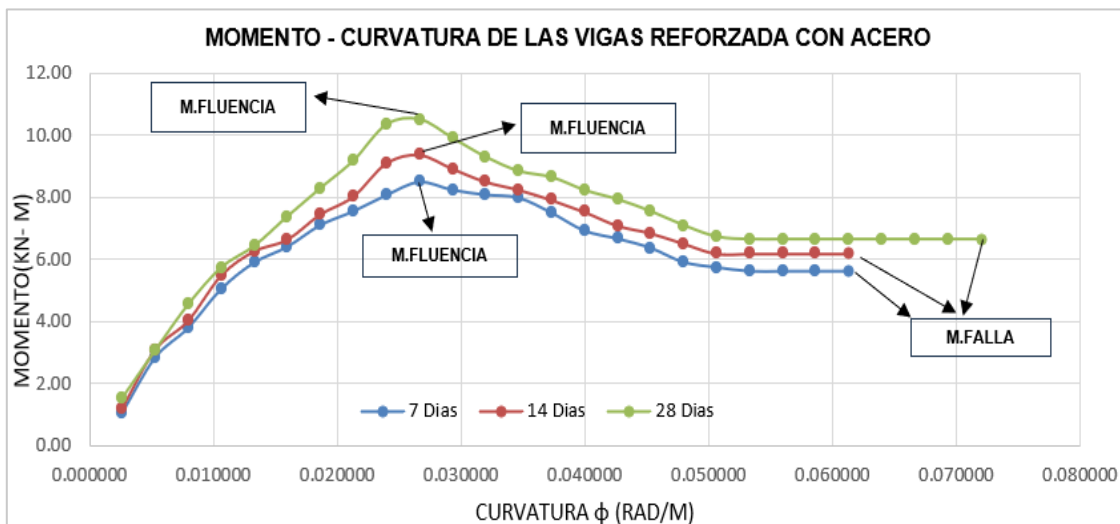
Defor (mm)	Carga prom. (Kn) 7 días	Carga		Momento			Deformación ( $\epsilon$ )	Curvatura $\phi$ (rad/m)
		prom. (Kn) 14 días	prom. (Kn) 28 días	(Kn-m) 7 días	(Kn-m) 14 días	(Kn-m) 28 días		
0.2	8.27	9.55	12.23	1.03	1.19	1.53	0.0002	0.002666
0.4	22.56	24.63	24.51	2.82	3.08	3.06	0.0004	0.005334
0.6	30.22	32.13	36.35	3.78	4.02	4.54	0.0006	0.008000
0.8	40.27	43.81	45.86	5.03	5.48	5.73	0.0008	0.010667
1.0	47.1	50.06	51.42	5.89	6.26	6.43	0.001	0.013333
1.2	51.16	53.05	59.00	6.40	6.63	7.38	0.0012	0.016000
1.4	56.75	59.56	66.29	7.09	7.45	8.29	0.0014	0.018667
1.6	60.32	64.15	73.37	7.54	8.02	9.17	0.0016	0.021333
1.8	64.49	72.72	82.67	8.06	9.09	10.33	0.0018	0.024000
2.0	67.89	74.90	84.00	8.49	9.36	10.50	0.002	0.026667
2.2	65.85	71.35	79.17	8.23	8.92	9.90	0.0022	0.029333
2.4	64.61	67.98	74.31	8.08	8.50	9.29	0.0024	0.032000

2.6	63.84	65.90	70.68	7.98	8.24	8.83	0.0026	0.034667
2.8	59.98	63.27	69.08	7.50	7.91	8.64	0.0028	0.037333
3.0	55.34	60.19	65.75	6.92	7.52	8.22	0.003	0.040000
3.2	53.28	56.65	63.37	6.66	7.08	7.92	0.0032	0.042667
3.4	50.91	54.71	60.32	6.36	6.84	7.54	0.0034	0.045333
3.6	47.22	52.01	56.68	5.90	6.50	7.09	0.0036	0.048000
3.8	45.9	49.38	53.79	5.74	6.17	6.72	0.0038	0.050667
4.0	44.89	49.38	53.17	5.61	6.17	6.65	0.004	0.053333
4.2	44.89	49.38	53.17	5.61	6.17	6.65	0.0042	0.056000
4.4	44.89	49.38	53.17	5.61	6.17	6.65	0.0044	0.058667
4.6	44.89	49.38	53.17	5.61	6.17	6.65	0.0046	0.061333
4.8		49.38	53.17			6.65	0.0048	0.064000
5.0			53.17			6.65	0.005	0.066667
5.2			53.17			6.65	0.0052	0.069333
5.4			53.17			6.65	0.0054	0.072000

**Nota.** En la tabla se observa los resultados del análisis a flexión de las vigas reforzadas con varillas de acero de 1/2 pulgada en tensión.

**Figura 32**

*Diagrama Momento - curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero en tensión*



**Nota.** En la presente figura se observa el gráfico momento–curvatura de la viga reforzada con dos varillas de 1/2 pulgada en la zona de tensión

La tabla N°53 y figura 32, se observa los resultados del análisis y la gráfica de relación entre el momento aplicado y la curvatura en vigas reforzadas con acero en diferentes tiempos de curado (7, 14 y 28 días). Se observa que el momento máximo alcanza su valor en la fluencia, siendo mayor a mayor tiempo de curado, lo que indica una mejor resistencia estructural con el avance del curado. La curva presenta un comportamiento típico de aumento seguido de una disminución, señalando el punto de falla cuando el material ya no soporta mayores esfuerzos. La ductilidad, reflejada en la capacidad del material para deformarse antes de fallar, es un aspecto clave en este comportamiento, ya que permite absorber energía durante la deformación plástica y evita fallas bruscas. La mayor ductilidad en las muestras de mayor tiempo de curado enfatiza su importancia para garantizar la seguridad y durabilidad de las estructuras, ya que la capacidad de deformarse sin romperse contribuye a una mayor resistencia a cargas y fallas inesperadas.

**Tabla 54**

*Resultados del análisis a flexión de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje óptimo de 0.50% en tensión*

Defor (mm)	Carga prom. (Kn) 7 días	Carga prom. (Kn) 14 días	Carga prom. (Kn) 28 días	Momento (Kn-m) 7 días	Momento (Kn-m) 14 días	Momento (Kn-m) 28 días	Deformación ( $\epsilon$ )	Curvatura $\phi$ (rad/m)
0.20	5.33	11.18	15.12	0.67	1.40	1.89	0.0002	0.002667
0.40	17.37	16.97	24.88	2.17	2.12	3.11	0.0004	0.005333
0.60	30.14	27.96	34.18	3.77	3.50	4.27	0.0006	0.008000
0.80	36.89	35.83	48.51	4.61	4.48	6.06	0.0008	0.010667
1.00	42.96	42.76	57.28	5.37	5.35	7.16	0.001	0.013333

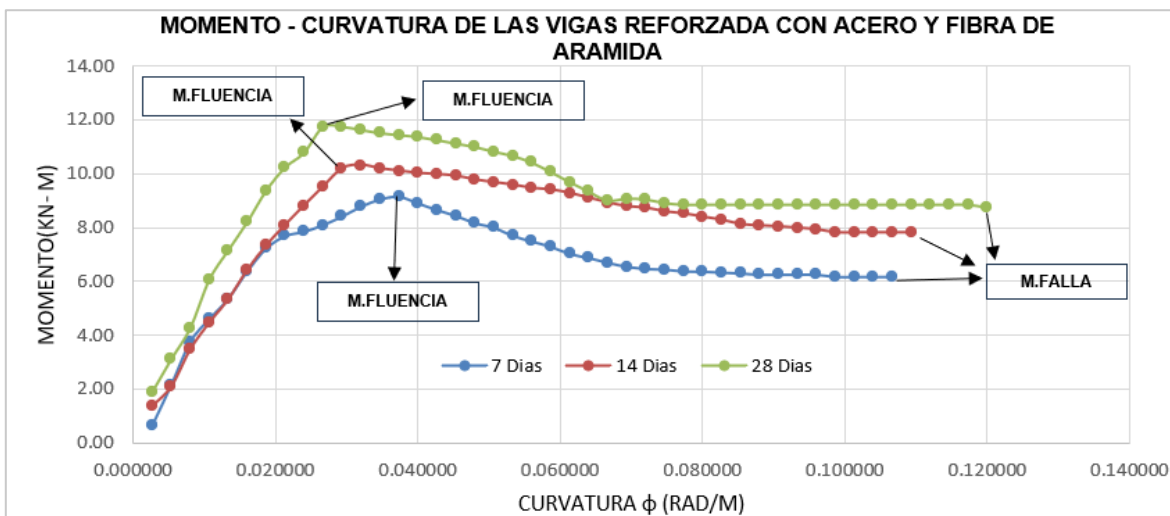
1.20	51.07	51.48	65.68	6.38	6.44	8.21	0.0012	0.016000
1.40	57.84	58.73	75.04	7.23	7.34	9.38	0.0014	0.018667
1.60	61.55	64.83	81.98	7.69	8.10	10.25	0.0016	0.021333
1.80	62.84	70.57	86.35	7.85	8.82	10.79	0.0018	0.024000
2.00	64.84	76.16	94.06	8.10	9.52	11.76	0.002	0.026667
2.20	67.37	81.55	94.09	8.42	10.19	11.76	0.0022	0.029333
2.40	70.28	82.54	93.16	8.79	10.32	11.65	0.0024	0.032000
2.60	72.44	81.47	92.20	9.06	10.18	11.53	0.0026	0.034667
2.80	73.23	80.81	91.64	9.15	10.10	11.45	0.0028	0.037333
3.00	71.26	80.12	91.05	8.91	10.02	11.38	0.003	0.040000
3.20	69.28	79.79	90.13	8.66	9.97	11.27	0.0032	0.042667
3.40	67.55	79.30	89.09	8.44	9.91	11.14	0.0034	0.045333
3.60	65.40	78.17	88.08	8.18	9.77	11.01	0.0036	0.048000
3.80	64.04	77.39	86.67	8.01	9.67	10.83	0.0038	0.050667
4.00	61.60	76.67	85.40	7.70	9.58	10.68	0.004	0.053333
4.20	59.95	75.68	83.42	7.49	9.46	10.43	0.0042	0.056000
4.40	58.36	75.24	80.62	7.30	9.41	10.08	0.0044	0.058667
4.60	56.24	74.18	77.62	7.03	9.27	9.70	0.0046	0.061333
4.80	55.03	72.78	74.79	6.88	9.10	9.35	0.0048	0.064000
5.00	53.63	71.40	72.11	6.70	8.92	9.01	0.005	0.066667
5.20	52.41	70.27	72.68	6.55	8.78	9.09	0.0052	0.069333
5.40	51.76	69.85	72.45	6.47	8.73	9.06	0.0054	0.072000
5.60	51.60	68.73	71.38	6.45	8.59	8.92	0.0056	0.074667
5.80	51.05	68.15	70.89	6.38	8.52	8.86	0.0058	0.077333
6.00	50.97	67.16	70.89	6.37	8.39	8.86	0.006	0.080000
6.20	50.72	66.27	70.89	6.34	8.28	8.86	0.0062	0.082667
6.40	50.45	64.98	70.89	6.31	8.12	8.86	0.0064	0.085333
6.60	50.07	64.62	70.89	6.26	8.08	8.86	0.0066	0.088000
6.80	50.07	64.32	70.89	6.26	8.04	8.86	0.0068	0.090667

7.00	50.07	63.91	70.89	6.26	7.99	8.86	0.007	0.093333
7.20	50.07	63.45	70.89	6.26	7.93	8.86	0.0072	0.096000
7.40	49.41	62.54	70.89	6.18	7.82	8.86	0.0074	0.098667
7.60	49.41	62.54	70.89	6.18	7.82	8.86	0.0076	0.101333
7.80	49.41	62.54	70.89	6.18	7.82	8.86	0.0078	0.104000
8.00	49.41	62.54	70.89	6.18	7.82	8.86	0.008	0.106667
8.20		62.54	70.89		7.82	8.86	0.0082	0.109333
8.40			70.89			8.86	0.0084	0.112000
8.60			70.89			8.86	0.0086	0.114667
8.80			70.89			8.86	0.0088	0.117333
9.00			70.06			8.76	0.009	0.120000

**Nota.** En la tabla se observa los resultados del análisis a flexión de las vigas reforzadas con varillas de acero de 1/2 pulgada en tensión y con fibra de aramida en su porcentaje óptimo.

### Figura 33

*Diagrama Momento - curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje óptimo de 0.50% en tensión.*

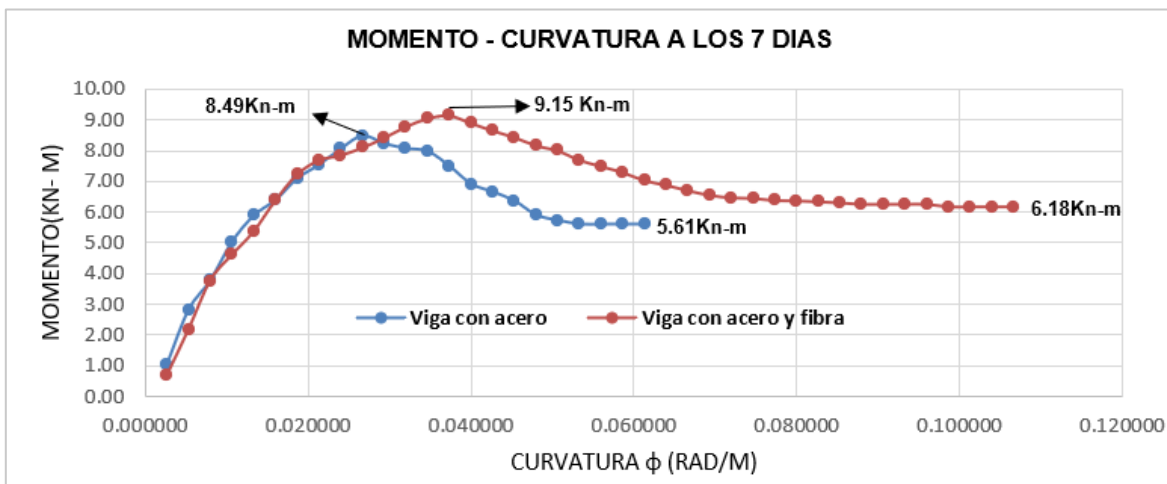


**Nota.** La figura presenta el diagrama momento–curvatura correspondiente a la viga reforzada con dos varillas de 1/2 pulgada ubicadas en la zona de tracción, con adición de fibra de aramida en su contenido óptimo.

La tabla N°54 y la figura 33. Muestran que la incorporación de fibra de aramida en vigas reforzadas con acero mejora significativamente la resistencia y ductilidad de la estructura en comparación con las pruebas sin fibra. Se observa que las curvas alcanzan valores de momento máximos mayores, especialmente a los 28 días, evidenciando un incremento en la fluencia y la resistencia global. La presencia de fibra de aramida, en un porcentaje óptimo del 0.50%, amplía la capacidad de deformación antes del fallo, mostrando un comportamiento dúctil superior. Esto permite una mayor absorción de energía ante cargas extremas, disminuyendo el riesgo de fallas bruscas y promoviendo estructuras más seguras y duraderas. La curvatura en rad/m pasa de valores bajos (hasta 0.0066 rad/m) en etapas iniciales a valores superiores (hasta 0.120 rad/m), indicando un aumento en la capacidad de deformación y absorción de energía. Aunque la carga y el momento aumentan con el tiempo, también lo hacen las deformaciones y curvaturas, lo que resalta que esta combinación de refuerzo con fibra favorece la ductilidad en fases avanzadas de carga, diferenciándose de los diseños tradicionales solo con acero, como se mostró en los resultados anteriores.

**Figura 34**

Comparación del momento - curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje óptimo



**Nota.** Se observa el gráfico momento–curvatura correspondiente a los 7 días de curado, comparando el comportamiento de las vigas reforzadas únicamente con varillas de acero y aquellas reforzadas con acero y fibra de aramida.

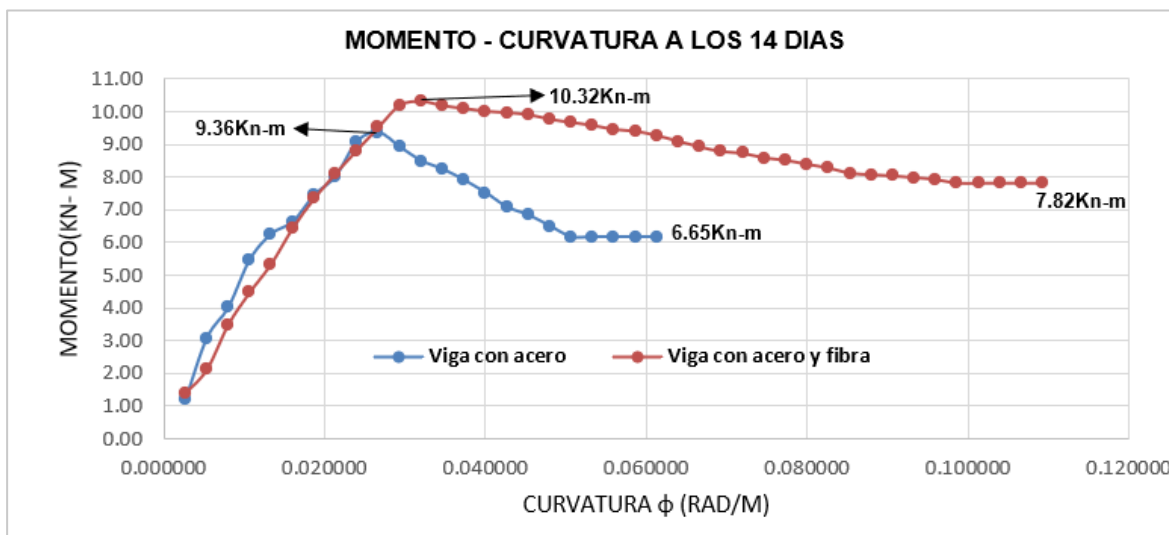
En la figura N°34. Se muestra el análisis de momento-curvatura de las vigas reforzadas solo con acero y de las que incluyen fibra de aramida revela diferencias significativas en su comportamiento, especialmente en cuanto a su capacidad de deformación antes del fallo, lo cual es clave para evaluar su ductilidad. Para las vigas reforzadas solo con acero, el momento aumenta progresivamente hasta un máximo de 8.49 KN-m en una curvatura de 0.026667 rad/m, tras lo cual el momento empieza a disminuir lentamente, aunque la curva de deformación continúa aumentando. Esto indica que, aunque la viga sigue deformándose, su capacidad de carga se reduce gradualmente, reflejando un comportamiento típico de límite de carga con cierta capacidad residual de deformación.

En contraste, las vigas reforzadas con acero y fibra de aramida logran un momento máximo de 9.15 KN-m en una curvatura de 0.037333 rad/m, lo que indica una mayor

deformación antes de alcanzar la carga máxima. Esto demuestra que las fibras de aramida permiten a la viga resistir mayores deformaciones sin fallar de forma abrupta, aumentando su ductilidad y resistencia a deformaciones significativas sin fallar prematuramente

### Figura 35

*Comparación del momento – curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje óptimo*



**Nota.** Se observa el gráfico momento–curvatura correspondiente a los 14 días de curado, comparando el comportamiento de las vigas reforzadas únicamente con varillas de acero y aquellas reforzadas con acero y fibra de aramida.

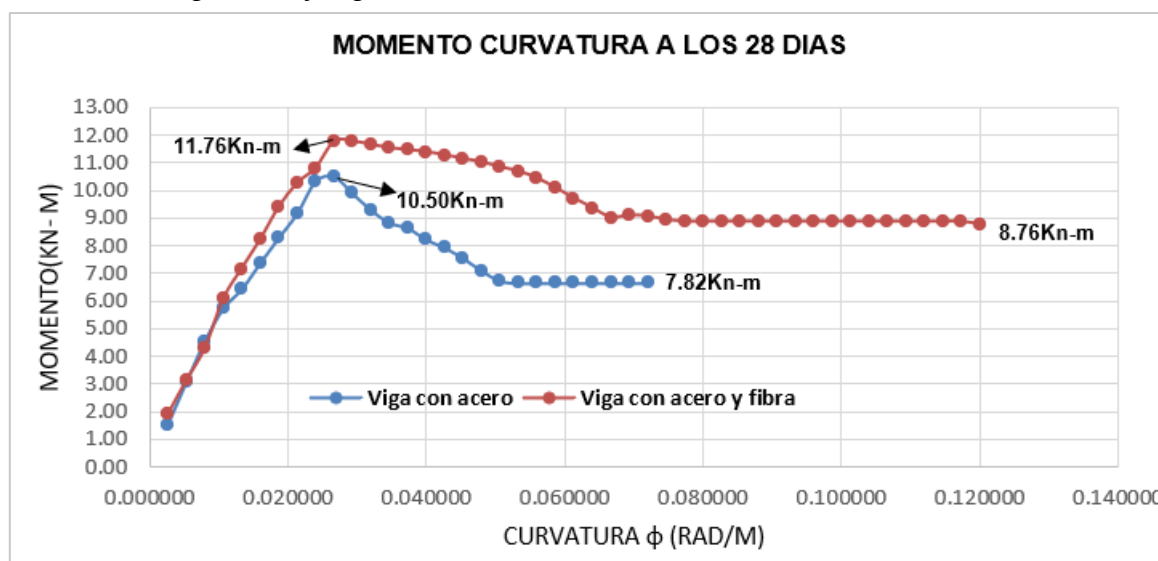
A los 14 días, las vigas reforzadas solo con acero alcanzan un máximo de 9.36 KN-m en una curvatura de 0.026667 rad/m, luego disminuyen lentamente, aunque siguen deformándose. En cambio, las vigas con acero y fibra de aramida logran un mayor momento máximo de 10.32 KN-m en una curvatura de 0.034667 rad/m, y la curvatura continúa aumentando hasta 0.109333 rad/m, indicando una mayor capacidad de deformación y ductilidad.

Este comportamiento muestra que las fibras de aramida no solo aumentan la resistencia, sino que también permiten a las vigas soportar deformaciones más grandes antes de fallar,

absorbiendo más energía y reduciendo el riesgo de fallos bruscos. En resumen, las vigas reforzadas con fibra de aramida tienen una mejor respuesta en flexibilidad y resistencia al colapso, siendo más aptas para aplicaciones que requieren mayor ductilidad y seguridad estructural.

### Figura 36

*Comparación del momento – curvatura de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en el porcentaje óptimo*



*Nota.* Se observa el gráfico momento–curvatura correspondiente a los 28 días de curado, comparando el comportamiento de las vigas reforzadas únicamente con varillas de acero y aquellas reforzadas con acero y fibra de aramida.

A los 28 días, las vigas reforzadas con acero y fibra de aramida muestran un rendimiento mucho más favorable que las solo con acero. Aunque ambas comienzan con una respuesta elástica similar, las vigas con fibra alcanzan momentos flectores mayores, superando los 11.70 KN-m, y mantienen esta capacidad incluso con mayores curvaturas, evidenciando mayor ductilidad y absorción de energía antes del colapso. En contraste, la viga solo con acero llega a

un máximo de aproximadamente 10.50 Kn-m y sufre una reducción en su momento resistente tras alcanzar el pico.

Este comportamiento indica que la fibra de aramida no solo aumenta la resistencia máxima, sino que también extiende la fase de deformación plástica, logrando un fallo más progresivo y retrasado. Por ello, la incorporación de fibra resulta crucial para mejorar la ductilidad, lo cual es especialmente valioso en estructuras sometidas a esfuerzos extremos o en zonas sísmicas, donde absorber deformaciones sin fallar abruptamente es clave para la seguridad estructural.

**Tabla 55**

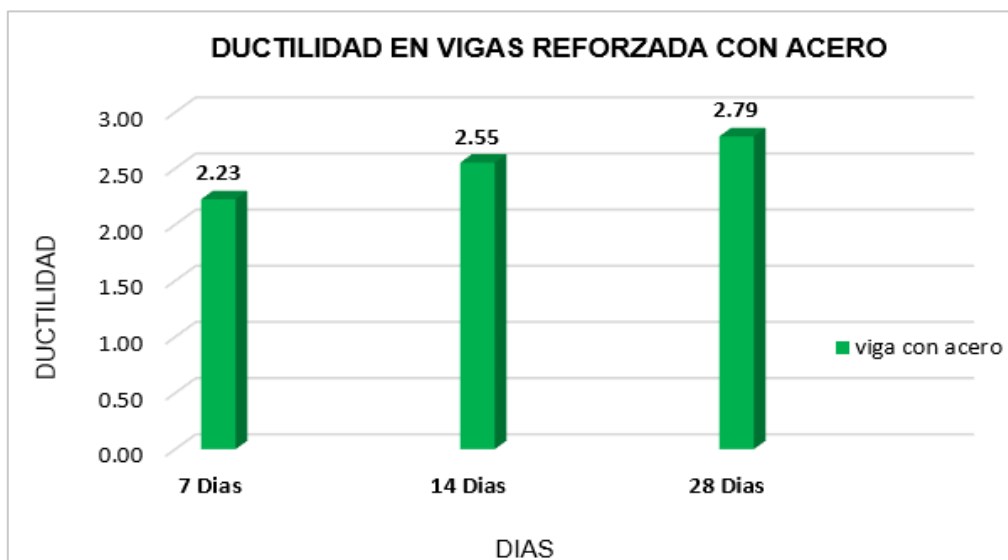
*Resultado de la ductilidad en vigas reforzada con varilla de acero*

Edad	Carga Max. (Kn)	Deformación. Fluencia (mm)	Deformación última (mm)	Promedio o carga Max (Kn)	Promedio deformación fluencia (mm)	Promedio deformación última (mm)	Ductilidad
7 días	69.50	2.20	4.60				
7 días	68.52	2.00	4.60	69.53	2.07	4.60	<b>2.23</b>
7 días	70.56	2.00	4.60				
14 días	75.23	1.80	4.80				
14 días	77.36	2.00	5.00	75.76	1.93	4.93	<b>2.55</b>
14 días	74.69	2.00	5.00				
28 días	83.69	1.80	5.20				
28 días	84.95	2.00	5.20	84.87	1.87	5.20	<b>2.79</b>
28 días	85.98	1.80	5.20				

*Nota.* se presenta la tabla en la que se determina la ductilidad de las vigas reforzadas con varilla de acero

**Figura 37**

*Resultado de la ductilidad en vigas reforzada con varilla de acero*



*Nota.* se observa el grafico de resultados de ductilidad en vigas reforzadas con varillas en tensión con acero de 1/2 pulgada.

En la tabla 55 y figura 37. Se evidencian los resultados obtenidos para la ductilidad de las vigas reforzadas únicamente con acero muestran una tendencia ascendente conforme avanza el tiempo de curado del concreto. A los 7 días, la ductilidad fue de 2.23, incrementándose a 2.55 a los 14 días y alcanzando un valor de 2.79 a los 28 días. Este comportamiento indica que, a medida que el concreto gana resistencia con el paso del tiempo, también mejora su capacidad para deformarse antes de fallar. Sin embargo, aunque se observa una mejora en la ductilidad, esta sigue siendo limitada comparada con vigas que incorporan refuerzos adicionales como fibras, lo que sugiere que el refuerzo con acero convencional por sí solo no optimiza completamente el comportamiento dúctil del elemento estructural.

**Tabla 56**

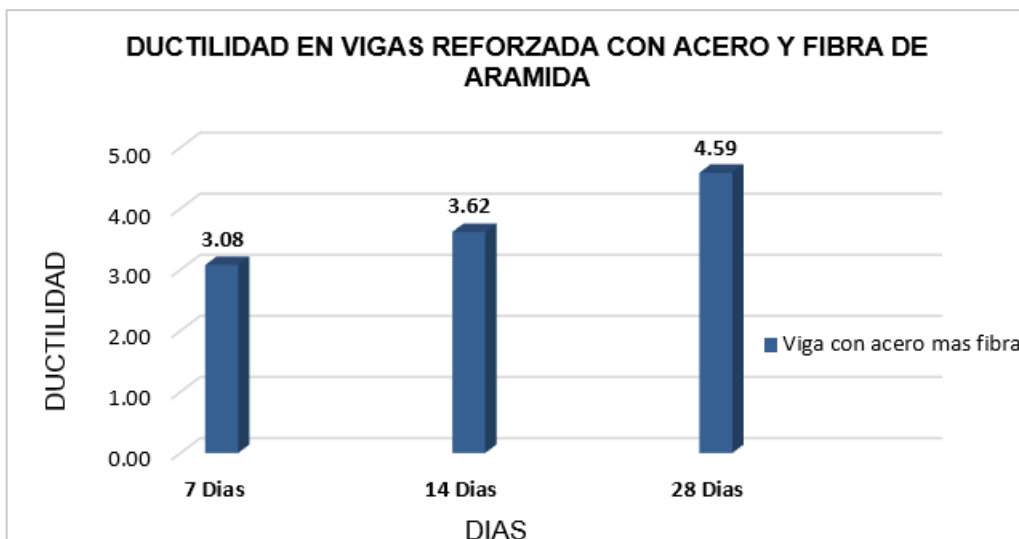
*Resultado de la ductilidad en vigas reforzada con varilla de acero y fibra de aramida en su porcentaje optimo*

Edad	Carga Max. (Kn)	Deformación. Fluencia (mm)	Deformación ultima (mm)	Promedio o carga Max (Kn)	Promedio deformación fluencia (mm)	Promedio deformación ultiman (mm)	Ductilidad
7 días	73.65	2.80	8.00				
7 días	75.68	2.40	8.00	75.30	2.60	8.00	<b>3.08</b>
7 días	76.56	2.60	8.00				
14 días	85.25	2.4	8.20				
14 días	83.65	2.2	8.20	83.49	2.27	8.20	<b>3.62</b>
14 días	81.56	2.2	8.20				
28 días	94.98	2	8.80				
28 días	95.01	1.8	8.80	93.88	1.93	8.87	<b>4.59</b>
28 días	91.65	2	9.00				

*Nota.* se presenta la tabla en la que se determina la ductilidad de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en su porcentaje optimo de 0.50%

**Figura 38**

*Resultado de la ductilidad en vigas reforzadas con varillas de acero y fibra de aramida en el porcentaje optimo de 0.50%*

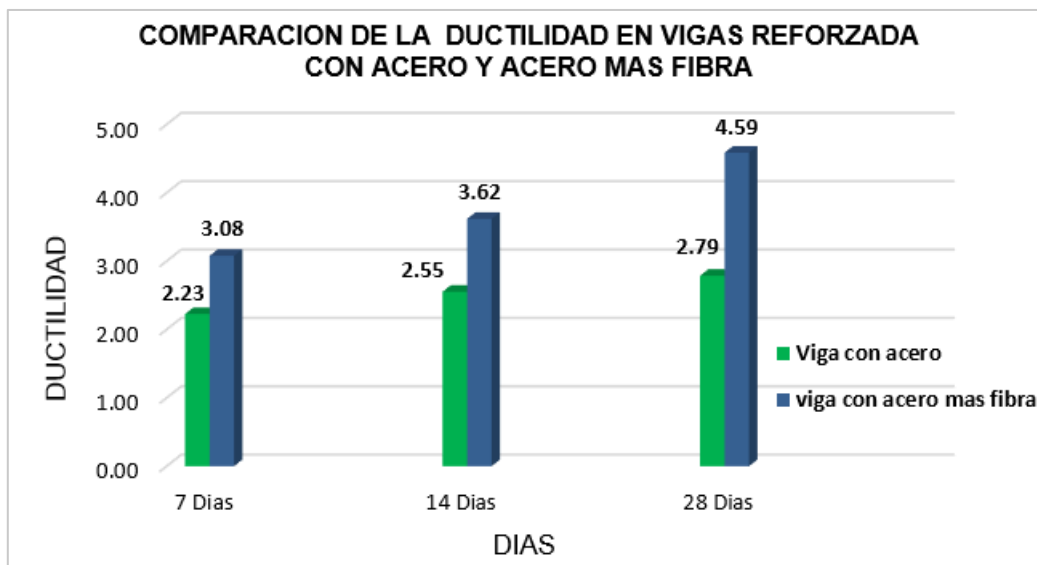


*Nota.* se presenta el grafico de barras donde se evidencia los valores de la ductilidad de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en su porcentaje optimo de 0.50%.

Los resultados muestran que la ductilidad de las vigas reforzadas con acero y fibra de aramida mejora progresivamente con la edad del concreto. A los 7 días se obtiene una ductilidad de 3.08, que aumenta a 3.62 a los 14 días y alcanza 4.59 a los 28 días. Este incremento sostenido refleja que la incorporación de fibras de aramida mejora la capacidad del elemento para sufrir deformaciones antes de la falla, especialmente conforme el concreto gana resistencia con el tiempo. Esto indica un comportamiento más dúctil, ideal para estructuras sometidas a cargas sísmicas o repetitivas, ya que las fibras ayudan a controlar la fisuración y permiten una mejor redistribución de esfuerzos.

**Figura 39**

*Comparación de resultados de ductilidad en vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en su porcentaje optimo de 0.50%*



**Nota.** Se presenta el grafico de barras donde se hace la comparación de los valores de ductilidad obtenidos de las vigas reforzadas con varilla de acero y fibra de aramida en su porcentaje optimo de 0.50%

Los resultados muestran que la ductilidad del concreto aumenta progresivamente con la edad, en ambas vigas, ya sean reforzadas solo con acero o con acero y fibra de aramida. Este incremento se debe a la mayor resistencia y cohesión interna del material con el tiempo, lo que permite desarrollar deformaciones mayores antes del fallo. Comparativamente, las vigas con fibras de aramida mantienen valores de ductilidad consistentemente más altos: a los 7 días aumentan un 38%, a los 14 días un 42% y a los 28 días un 64.52%, evidenciando que la fibra mejora significativamente la capacidad de deformación plástica y la disipación de energía, aspectos clave en zonas sísmicas o cargas dinámicas.

Además, las fibras controlan la propagación de fisuras, mantienen la integridad del concreto fisurado y facilitan una mejor redistribución de esfuerzos. Conforme el concreto

madura, El efecto conjunto del concreto y las fibras de aramida favorece el rendimiento mecánico de la viga, En conclusión, las vigas con acero y fibra de aramida superan claramente a las solo con acero en ductilidad, contribuyendo a una mayor seguridad

## **5.2. Prueba de hipótesis**

Acto seguido, son evidenciados los hallazgos de los análisis estadísticos realizando las pruebas para la resistencia a compresión y ensayo de flexión y deformación de viga de concreto.

### **5.2.1. Para la primera hipótesis específica:**

La resistencia máxima a compresión del concreto reforzado con fibras de aramida aumenta significativamente en la resistencia en comparación del concreto convencional, Abancay – Apurímac 2024.

#### **Definición de la media muestral**

En la presente investigación se optó por analizar las muestras obtenidas a los 28 días para el análisis de varianza de un factor ya que es el día en el que el concreto llega a su máxima resistencia y se puede evaluar su influencia.

#### **Prueba de normalidad**

$H_0$  = Hipótesis nula = La distribución es normal

$H_1$  = Hipótesis alterna = La distribución no es normal

Si, el valor de la significancia  $p \geq 0.05$ , se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 57***Prueba de normalidad, para la primera hipótesis específica*

<b>Pruebas de normalidad</b>				
<b>Variable dependiente</b>	<b>GRUPOS</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>		
		<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
	CP	1.000	3	0.961
Resistencia a la	AFRP (0.25%)	0.964	3	0.637
Compresión a	AFRP (0.50%)	0.989	3	0.797
los 28 días	AFRP (0.75%)	0.995	3	0.865
	AFRP (1%)	0.893	3	0.363

*Nota.* Se presentan los resultados de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) a los 28 días, obtenidos en SPSS v26, donde  $p > 0.05$  indica distribución normal, por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

#### **Análisis de varianza de un factor (ANOVA)**

$$H_0 = \mu_{RC-1} = \mu_{RC-2} = \mu_{RC-3} = \mu_{RC-4}$$

$H_{1=}$  al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si, el valor de la significancia  $p \geq 0.05$ , se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 58***Prueba Anova para la primera hipótesis específica*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	1552.137	4	388.034	18.800	0.000
<b>Dentro de grupos</b>	206.407	10	20.641		
<b>Total</b>	1758.544	14			

**Nota.** Se presentan los resultados del ANOVA de un factor para la resistencia a la compresión a los 28 días, obtenidos en SPSS v26. La tabla muestra una significancia  $p \leq 0.05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, indicando diferencias significativas entre las muestras.

### Sub conjuntos homogéneos

**Tabla 59***Sub conjuntos homogéneos de la primera hipótesis específica*

GRUPOS	N	Subconjunto para-alfa = 0.05			
		1	2	3	4
PATRON	3	273.5667			
AFRP (1%)	3	281.5000	281.5000		
AFRP (0.75%)	3		286.8667	286.8667	
AFRP (0.25%)	3			295.9333	295.9333
AFRP (0.50%)	3				302.2333
Sig.		0.997	1	0.892	0.403

**Nota.** La tabla presenta los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 28 días, obtenidos en SPSS v26. Se identifican cuatro subconjuntos, donde la muestra patrón registra el menor valor respecto a los grupos con fibras, evidenciando la influencia de la fibra

de aramida en la resistencia del concreto.

### 5.2.2. Para la segunda hipótesis específica:

La deformación máxima a flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida será inferior a la deformación de una viga de concreto convencional, Abancay – Apurímac 2024.

#### Definición de las medias muestrales:

Se optó por analizar las muestras obtenidas a los 28 días para el análisis de varianza de un factor ya que es el día en el que el concreto llega a su máxima resistencia y se puede evaluar su influencia.

#### Prueba de normalidad

Si, el valor de la significancia  $p \geq 0.05$ , se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

**Tabla 60**

*Prueba de normalidad, para la segunda hipótesis específica.*

<b>Pruebas de normalidad</b>				
<b>Variable dependiente</b>	<b>GRUPOS</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>		
		<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
	MP	0.750	3	0.463
deformación a	AFRP (0.25%)	1.00	3	0.660
flexión a los 28	AFRP (0.50%)	0.850	3	0.702
días	AFRP (0.75%)	0.750	3	0.650
	AFRP (1%)	0.878	3	0.418

**Nota.** La tabla presenta la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para la resistencia a la flexión

y deformación a los 28 días, obtenida en SPSS v26. Se obtuvo  $p \geq 0.05$ , indicando distribución normal, por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

### Análisis de varianza de un factor (ANOVA)

Si, el valor de la significancia  $p \geq 0.05$ , se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

**Tabla 61**

*Prueba Anova para la segunda hipótesis específica*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.720	4	0.180	71.500	0.000
Dentro de grupos	0.00	10	0.100		
Total	0.740	14			

*Nota.* La tabla presenta el ANOVA de un factor para la resistencia a la flexión y deformación a los 28 días, obtenido en SPSS v26. Se obtuvo  $p \leq 0.05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula, evidenciando diferencias significativas entre las medias de deformación.

### Sub conjuntos homogéneos

**Tabla 62**

*Sub conjuntos homogéneos de la segunda hipótesis específica*

GRUPOS	N	Sub conjunto para - alfa = 0.05		
		1	2	3
AFRP (0.50%)	3	0.4000		
AFRP (0.75%)	3		0.8000	

AFRP (0.25%)	3		0.9333	0.9333
PATRON	3			1.0000
AFRP (1.0%)	3			1.0000
Sig.		1.000	0.601	0.539

**Nota.** La tabla presenta los subconjuntos homogéneos de la deformación a los 28 días, obtenidos en SPSS v26. Se identifican tres subconjuntos, donde el menor valor de deformación corresponde al 0.50% de fibra de aramida, evidenciando una influencia favorable. En contraste, el grupo con 1.00% y la muestra patrón presentan mayores valores de deformación.

### 5.2.3. Para la tercera hipótesis específica:

La resistencia máxima en flexión de una viga de concreto reforzada con fibras de aramida serán superiores en comparación de una viga de concreto convencional, Abancay – Apurímac en el año 2024.

#### Prueba de normalidad

Si, el valor de la significancia  $p \geq 0.05$ , se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

**Tabla 63***Prueba de normalidad, para la tercera hipótesis específica*

<b>Pruebas de normalidad</b>				
<b>Variable dependiente</b>	<b>GRUPOS</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>		
		<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Resistencia a la Flexión y deformación a los 28 días	MP	0.969	3	0.663
	AFRP (0.25%)	1.00	3	0.960
	AFRP (0.50%)	0.976	3	0.702
	AFRP (0.75%)	0.994	3	0.850
	AFRP (1%)	0.878	3	0.318

*Nota.* La tabla presenta la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para la resistencia a la flexión y deformación a los 28 días, obtenida en SPSS v26. Se obtuvo  $p \geq 0.05$ , indicando distribución normal, por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

#### **Análisis de varianza de un factor (ANOVA)**

**Tabla 64***Prueba Anova para la tercera hipótesis específica*

<b>ANOVA</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	284.53	4	71.133	61.408	0.000
Dentro de grupos	11.584	10	1.158		
Total	296.114	14			

*Nota.* La tabla presenta el ANOVA de un factor para la flexión a los 28 días. Se obtuvo  $p \leq 0.05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula, evidenciando diferencias significativas entre las medias de asentamiento del concreto

### Sub conjuntos homogéneos

**Tabla 65**

*Sub conjuntos homogéneos de la tercera hipótesis específica*

GRUPOS	N	Sub conjunto para - alfa = 0.05		
		1	2	3
PATRON	3	33.1933		
AFRP (1%)	3	33.5233		
AFRP (0.25%)	3	34.6000	34.6000	
AFRP (0.75%)	3		36.8267	
AFRP (0.50%)	3			44.9500
Sig.		0.528	0.158	1.000

**Nota.** La tabla presenta los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la flexión y deformación a los 28 días, obtenidos en SPSS v26. Se identifican tres subconjuntos, donde los grupos con fibra (0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%) superan a la muestra patrón, evidenciando una influencia positiva en la resistencia a la flexión. Destaca el 0.50%, que presenta un incremento significativo y supera el valor requerido por la norma E.060.

#### 5.2.4. Para la cuarta hipótesis específica

La incorporación de fibras de aramida en el porcentaje óptimo incrementa significativamente en la ductilidad de las vigas de concreto simplemente armada en comparación con las vigas sin fibra

### Prueba de normalidad

Si, el valor de la significancia  $p \geq 0.05$ , se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

**Tabla 66**

*Prueba de normalidad, para la cuarta hipótesis específica*

Pruebas de normalidad				
Variable dependiente	GRUPOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Ductilidad en vigas de concreto los 28 días	Viga con acero	0.999	3	0.930
	Viga con acero y fibra de aramida	0.895	3	0.371

**Nota.** La tabla presenta la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) del módulo de elasticidad del concreto en vigas a los 28 días, obtenida en SPSS v26. Se obtuvo  $p \geq 0.05$ , indicando distribución normal, por lo que no se rechaza la hipótesis nula

### Análisis de varianza de un factor (ANOVA)

**Tabla 67**

*Prueba Anova para la cuarta hipótesis específica*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	4,878	1	4,878	102,623	0.001
<b>Dentro de grupos</b>	0.190	4	0,048		
<b>Total</b>	5,068	5			

*Nota.* La tabla presenta el ANOVA de un factor de la ductilidad del concreto en vigas a los 28 días, obtenido en SPSS v26. Se obtuvo  $p \leq 0.05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula, evidenciando diferencias significativas entre las medias de la ductilidad

### 5.3. Discusiones

Con los hallazgos logrados para la investigación, contrastaremos y compararemos con antecedentes de investigaciones sobre el comportamiento del concreto al adicionar fibras de aramida u otro tipo de fibras sobre sus propiedades mecánicas. Como primer punto, se corrobora la hipótesis general, ya que al ser adicionada las fibras de aramida logra influir notablemente dentro del comportamiento estructural de las vigas de concreto. Este resultado tiende a coincidir con el estudio de Calderón y Gutiérrez (2020), quienes evidencian que al adicionar en este caso fibras de vidrio evaluadas en distintos porcentajes en pruebas para resistencias de compresión y de flexión, donde estas mismas aumentaron conforme se le iba adicionando más porcentaje de fibra al concreto. Por otro lado, Minaya (2020) señala que al incorporar fibras de coco al concreto patrón mejoró su resistencia observándose un aumento bajo dosificaciones específicas. Por último, Yeou et.al, (2021), demostraron que, al incorporar las fibras de aramida en este caso en combinación con fibra de carbono, mejoran dentro del concreto sus propiedades mecánicas. Se concluye que adicionar fibras es una alternativa como aditivo para el concreto siendo una solución sostenible y eficiente en la construcción de infraestructuras.

En consideración con los resultados obtenidos, se corrobora la hipótesis específica 1, dado que la resistencia máxima a compresión en probetas adicionando fibras de aramida fueron superiores comparadas al del concreto patrón, teniendo por valor promedio inicial sin adición  $273.60\text{kg/cm}^2$  y de  $302.20\text{kg/cm}^2$  presentando un incremento del 10.41% al adicionarle el 0.50% de fibra (porcentaje óptimo) alcanzada a los 28 días de curado.

Yeou et.al, (2021) evaluaron estudiar la inclusión conjunta de fibra de carbono y aramida, se incorporaron fibras con longitudes entre 12 mm y 24mm. Los resultados demostraron que las proporciones de mezcla de ambos elementos C-C6/K4 (60–40%) y C-

C5/K5 (50–50%) incrementaron significativamente la resistencia a la compresión en un 40% a 48% respecto al concreto patrón, significando un aumento del 8% siendo este valor inferior en comparación a nuestro resultado obtenido de nuestra investigación

Estos resultados coinciden con la investigación de Ccahuana y Chumpisuca (2024) donde evaluaron que al ser adicionada las fibras de acero en un concreto de menor resistencia ( $175\text{kg/cm}^2$ ), logrando mejoras en su resistencia a la compresión con todas las proporciones, siendo el 2% su óptimo porcentaje cuyo valor fue de  $264.70\text{kg/cm}^2$  comparado al concreto patrón que tuvo  $245.88\text{kg/cm}^2$ , ambas alcanzadas a los 28 días de curado.

Por otro lado, Chinchayhuara (2020), emplearon 3 dosificaciones para mejorar en un concreto de  $210\text{kg/cm}^2$  su resistencia a la compresión, teniendo por resultados positivos en 2 de las 3 dosificaciones empleadas, aumentando su resistencia a compresión del concreto patrón cuyo valor osciló en  $241.8\text{kg/cm}^2$  sin adición y bajo dosificaciones del 0.5% y 1% se obtuvieron resultados de  $253.8\text{kg/cm}^2$  y  $247.8\text{kg/cm}^2$  respectivamente. Estos resultados respaldan la idea de plantear como alternativa el añadir fibras de aramida en el concreto ya que a diferencia de otras investigaciones se obtuvieron resultados parecidos e incluso mejores relacionadas a su resistencia a la compresión.

Partiendo de los resultados alcanzados, se valida la hipótesis específica 2, ya que la deformación máxima a flexión de una viga de concreto al ser adicionada fibra de aramida fue inferior a comparación con las vigas de concreto convencional. Presentando un valor inicial deformación de 1mm y una final de 0.40mm a los 28 días de curado y en porcentaje óptimo de 0.50%. En este hallazgo es consistente con otros estudios realizados con distintos tipos de fibra para el concreto sobre sus propiedades mecánicas influyen el su comportamiento estructural.

Yan et. al, (2023) ,investigaron el estudio y microanálisis sobre el efecto de la adición de fibras de polipropileno en vigas de concreto de resistencia  $210\text{kg/cm}^2$ , encontrando mejoras en su deformación a flexión. Emplearon fibras de longitudes entre 6 a 19 milímetros. Donde presento una deformación a flexión mínima de 1.94 mm tras los 28 días de curado.

Además, Celik et.al (2022), Evaluaron el desempeño del hormigón reforzado con fibras producido con fibras de desecho de torno, encontrando incrementos notables en su deformación máxima a flexión de una viga con estas adiciones en conjunto con un porcentaje optimo de adición de fibra del 3% presento una deformación de 1.5mm. En conclusión, las fibras de aramida como los diferentes tipos de fibra incrementaron la deformación a flexión de una viga de concreto, siendo la fibra de aramida que presento una deformación mucho menor y soportando una mayor carga evidenciando su notable respuesta de deformación frente a cargas aplicadas jugando un rol fundamental en el alcance en su comportamiento estructural.

Partiendo de los hallazgos logrados, se corrobora la hipótesis específica 3, ya que se logró determinar que la resistencia máxima a flexión, como la fuerza máxima promedio aplicada fueron superiores al ser adicionada las fibras de aramida a diferencia del concreto patrón, teniendo un valor inicial sin adición de  $33.19\text{kg/cm}^2$  y de  $44.96\text{kg/cm}^2$  al adicionarle el 0.50% de fibra (porcentaje óptimo) lo que representa un incremento del 35.46% alcanzada a los 28 días de curado.

Estos hallazgos coinciden con los estudios realizados por otros investigadores como la de Chinchayhuara (2020), que investigó el efecto de las fibras de acero y microfibras de monofilamento en concreto similares ( $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ ), logrando mejoras en su resistencia a la flexión cuyo valor osciló en  $45.7\text{kg/cm}^2$  contemplando el 1% de fibra (porcentaje óptimo),

aumentando en el concreto patrón su resistencia al lograr  $43.9\text{kg/cm}^2$ , ambas resistencias adquiridas dentro de los 28 días de curado.

De la misma manera Siddesha y Pag (2023) plantearon la adición de fibras mezcladas de polipropileno y polietileno con porcentajes de incorporación del  $1.8\text{kg/m}^3$ ,  $3\text{ kg/m}^3$  y  $4.5\text{kg/m}^3$ , Expusieron que alrededor del 15% de cemento y  $3\text{ kg/m}^3$  de fibras de ambos insumos se lograron óptimos valores resultantes llegando a alcanzar una resistencia a la flexión de  $35.52\text{kg/cm}^2$ , siendo este último el porcentaje optimo, logradas a los 28 días de curado. Dichos resultados concuerdan con

Además, Yeou et.al, (2021) evaluaron estudiar la inclusión conjunta de fibra de carbono y aramida para un concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , emplearon ambas fibras en longitudes de 12 mm y 24 mm, demostraron que las proporciones de mezcla C-C6/K4 (60–40%) y C-C5/K5 (50–50%) incrementaron significativamente su resistencia a la flexión. En un 36% y 46% dentro de los 28 días de curado. Dichos resultados respaldan el empleo de fibras de aramida siendo algunos resultados cercanos y otras mayores respecto a otras investigaciones

Por último, a partir de los hallazgos obtenidos, se corrobora la cuarta hipótesis específica, donde se determinó la ductilidad en flexión de vigas simplemente armadas y con adición de fibras de aramida en el porcentaje óptimo de 0.50%, evidenciándose valores superiores al incorporar las fibras en comparación con la viga patrón. Se obtuvo un valor promedio inicial de ductilidad de 2.79 en la viga convencional, mientras que la viga con adición de fibras de aramida alcanzó un valor de 4.59 a los 28 días de curado, lo que representa un incremento del 64.52%, evidenciando una mejora significativa en la capacidad de deformación del elemento estructural.

En ese contexto, Yang et al. (2020) evaluaron la ductilidad y tenacidad a la flexión de vigas de concreto de ultra alto rendimiento con diferentes porcentajes de fibra, obteniendo como resultado un incremento en la capacidad de deformación y un comportamiento más dúctil en comparación con el concreto convencional. De manera similar, Yan et al. (2023) analizaron el efecto de fibras de polipropileno en distintas longitudes, concluyendo que la incorporación de fibras mejora las propiedades mecánicas del concreto, reduce la presencia de fisuras y contribuye a una mayor capacidad de absorción de energía.

Por otro lado, Li et al. (2021) evidenciaron que el uso de fibras híbridas de aramida y carbono incrementa notablemente la ductilidad del concreto, mejorando su capacidad de deformación antes de la falla. En la misma línea, Ghalehnovi et al. (2021) concluyeron que la incorporación de fibras en vigas de concreto contribuye significativamente a la mejora del comportamiento flexional y a una mayor disipación de energía. Finalmente, Nematzadeh y Valukolaei (2021) determinaron que el concreto reforzado con fibras presenta un comportamiento menos frágil y una mayor capacidad de deformación, coincidiendo con los resultados obtenidos en la presente investigación.

En consecuencia, los resultados de la presente investigación evidencian que la incorporación de fibras de aramida constituye una alternativa viable para mejorar el comportamiento estructural del concreto, especialmente en términos de ductilidad, permitiendo obtener elementos menos frágiles y con mayor capacidad de disipación de energía frente a sollicitaciones externas.

## VI. Conclusiones

En conclusión, conforme al objetivo general, se demostró de manera clara que el adicionar la fibra de aramida logró mejoras en el concreto sobre sus propiedades mecánicas. Se observaron aumentos en la resistencia a la flexión y una mayor capacidad para soportar cargas, a diferencia con las vigas del concreto convencional. Estos resultados demuestran la eficacia de las fibras como una alternativa efectiva para lograr mejoras en la forma en que se comporta estructuralmente las vigas de concreto.

En conclusión, con el objetivo específico 01, se demostró claramente como el adicionar fibras de aramida aumentó en todas sus dosificaciones empleadas del concreto su resistencia a la compresión, teniendo por valor porcentual óptimo el 0.50% de fibra con un valor superior de 302.02kg/cm<sup>2</sup> comparado al concreto patrón del cual tuvo por valor 273.6kg/cm<sup>2</sup> ambas resistencias obtenidas a los 28 días de curado. Esto permite subrayar la eficacia del uso de fibras como un método efectivo en términos de resistencia a compresión, siendo importante para proyectos de construcción en la región de Abancay-Apurímac.

En conclusión, con el objetivo específico 02, se demostró que las vigas en que se adicionaron fibras de aramida mostraron una menor deformación máxima a flexión a diferencia de las vigas del concreto patrón. Este hallazgo sugiere que al añadir la fibra de aramida mejora también la capacidad del concreto para generar resistencia al esfuerzo de flexión, siendo fundamental para sostener la integridad estructural de las vigas aplicadas bajo cargas. Sosteniendo lo efectivo que es al adicionar las fibras de aramida siendo optimizado el concreto en sus propiedades mecánicas.

En conclusión, con el objetivo específico 03, se demostró parcialmente como el adicionar fibras de aramida en las vigas aumentó en todas sus dosificaciones empleadas, siendo la del 0.50% de fibra su porcentaje óptimo soportando una carga máxima de 34.20KN y una resistencia máxima de 45.29kg/cm<sup>2</sup> en comparación con las vigas del concreto patrón, las cuales presentaron una carga máxima de 25.40KN y una resistencia máxima de 33.64kg/cm<sup>2</sup> dentro de los 28 días de curado. Estos valores obtenidos subrayan lo eficaz que es utilizar las fibras de aramida a fin de alcanzar mejoras dentro del concreto sobre su resistencia y esfuerzo a flexión, logrando ser una opción viable para ser aplicadas en vigas que requieran alta durabilidad y resistencia bajo cargas de flexión.

Se concluye con el objetivo específico 04 que la incorporación de fibras de aramida en un porcentaje óptimo de 0.50% mejora significativamente la ductilidad de las vigas de concreto simplemente armadas. Los resultados obtenidos evidencian que la viga patrón presentó un valor de ductilidad de 2.79, mientras que la viga reforzada con fibras alcanzó un valor de 4.59, lo que representa un incremento del 64.52%. Este aumento demuestra que el concreto reforzado con fibras de aramida posee una mayor capacidad de deformación antes de la falla, reduciendo su comportamiento frágil y mejorando su capacidad de disipación de energía. En consecuencia, se confirma que la adición de fibras de aramida influye positivamente en el comportamiento estructural de las vigas de concreto, constituyéndose como una alternativa viable para mejorar su desempeño frente a sollicitaciones externas.

## VII. Recomendaciones

Para futuros estudios se recomienda analizar el empleo de fibras de aramida como técnica eficaz para alcanzar mejoras en el concreto sobre sus propiedades mecánicas para proyectos de construcción en la región Abancay-Apurímac, sugiriendo realizar estudios complementarios para indagar la viabilidad económica y tipos de estructuras de concreto.

Conforme al diseño de mezclas para el concreto se recomienda continuar bajo diferentes porcentajes de fibra de aramida para alcanzar mejoras en el concreto sobre su desempeño mecánico y de durabilidad. Considerando también la variabilidad en condiciones de fabricación y ambientales que pueden repercutir en la manera en que se comporta el concreto añadiendo fibras de aramida.

Conforme a la evaluación de la resistencia a compresión en probetas, se recomienda seguir investigando características como la durabilidad y resistencia a larga duración de las probetas en condiciones ambientales específicas de la región. Sugiriendo realizar evaluaciones de envejecimiento acelerado y análisis de ciclo de vida a razón de analizar de que manera se comporta el concreto al adicionar fibras de aramida.

En futuros estudios se recomienda analizar en vigas de concreto su deformación a flexión que contengan fibras de aramida u otro tipo de fibras bajo distintas condiciones de carga y ambientales. Sugiriendo también analizar técnicas innovadoras de simulación y modelado de las vigas para asimilar mejor de qué manera se comporta estructuralmente y su capacidad de carga.

Para la resistencia máxima aplicada y el esfuerzo máximo en flexión de vigas adicionando fibras de aramida, se recomienda indagar técnicas avanzadas de análisis estructural

para determinar el comportamiento de las vigas en situaciones de carga dinámica y estática. De igual manera explorar la efectividad con distintos métodos de distribución de las fibras de aramida en las vigas de concreto, a razón de mejorar la capacidad de deformación y resistencia de las estructuras.

Se recomienda la incorporación de fibras de aramida en una dosificación óptima de 0.50% en la elaboración de vigas de concreto, debido a que se ha comprobado que mejora significativamente la ductilidad del elemento estructural, incrementando su capacidad de deformación y disipación de energía antes de la falla. Asimismo, se sugiere considerar el uso de este tipo de refuerzo en estructuras ubicadas en zonas sísmicas, donde se requiere un comportamiento más dúctil y menos frágil. Finalmente, se recomienda a futuros investigadores evaluar diferentes porcentajes de fibra y condiciones de carga, con la finalidad de optimizar su aplicación y ampliar el conocimiento sobre su comportamiento estructural.

## VIII. Referencias

- Aguila, V. (2020). *Características físicas y mecánicas de hormigones reforzados con fibras de aramida, vidrio y carbono*.  
[https://oa.upm.es/3763/1/TESIS\\_MASTER\\_VICTORIA\\_AGUILA\\_HIGUERO.pdf](https://oa.upm.es/3763/1/TESIS_MASTER_VICTORIA_AGUILA_HIGUERO.pdf)
- ASTM. (2014). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*. American Society for Testing and Materials.  
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/88514/28ee37a9c1b34fc98d117f84f9b81f17/ASTM-C192-C192M-14.pdf>
- Ayala, J., Muñoz, S., Tuse, Y., Guerrero, K., & Vásquez, Y. (2021). Uso de nanomateriales en la producción del concreto: revisión literaria. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 6(3), 74-87. <https://doi.org/10.25286/repa.v6i4.1676>
- Berrú, J., & García, H. (2023). *Incorporación de fibra de basalto a una viga de concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  para reducir su fisuración, Piura-2023*.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/132722/Berru\\_TJM-%20Garcia\\_BHA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/132722/Berru_TJM-%20Garcia_BHA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Calderón, J., & Gutierrez, R. (2020). *Influencia de la fibra de vidrio y polvillo de acero reciclados en la resistencia a la compresión, flexión y abrasión del concreto  $F' C = 210 \text{ KG/CM}^2$ . Lima 2020*. REPOSITORIO UPN.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25490>
- Canales, M., Paucar, W., & Juipa, N. (2020). Método de investigación para ingenierías basado en la metodología de la investigación científica. *RevIA*, 7(4), 5-9.  
<https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/172>

- Carhuatanta, F., & Mendoza, A. (2024). *Análisis comparativo del efecto de fibra de acero y microfibra de monofilamento en el comportamiento físico-mecánico del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$* . <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12944>
- Ccahuana, K., & Chumpisuca, A. (2024). *Análisis de las propiedades físicas mecánicas del concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}$  con adición de fibra de acero en la proporción 2 %, 4 % y 6 % en la ciudad de Abancay, Apurímac*. <http://190.119.174.92/handle/UNAMBBA/1412>
- Celik, A., Yasin, O., Ozer, Z., Nebi, O., & Bassam, T. (2022). Performance Assessment of Fiber-Reinforced Concrete Produced with Waste Lathe Fibers. *Sustainability*, 17(19), 17. <https://doi.org/> <https://doi.org/10.3390/su141911817>
- Chernousov, N., Bondarev, B., & Sturova, V. (2020). Simulation of the strain diagram of a slag-concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 911, 1-9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/911/1/012013>
- Chinchayhuara, C. (2020). *Adición de fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, La Libertad – 2020*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56890>
- Collanqui, L., & Gamarra, M. (2023). *Influencia de la adición de fibra de acero reciclado producto de residuos de neumáticos en las propiedades físico mecánicas del concreto con relación A/C=0.45 y en el fisuramiento por contracción plástica en losas en la ciudad de Juliaca - 2022*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13101>
- Cortines, O. (2021). *Estudio de la corrosión en edificios de la costa Mediterránea*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/161004>

- Fernandez, M. (2019). Teoría y experiencias en el incremento de ductilidad de los hormigones de alta resistencia. *Revista Alconpat*, 133. file:///C:/Users/PC/Downloads/33-Original%20Article%20Text-63-4-10-20160526.pdf
- Ganchai, T. (2016). *Mechanical Properties of Aramid Fiber Reinforced Concrete*.  
[https://www.researchgate.net/publication/300034159\\_Mechanical\\_Properties\\_of\\_Aramid\\_Fiber\\_Reinforced\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/300034159_Mechanical_Properties_of_Aramid_Fiber_Reinforced_Concrete)
- Ghalehnovi, M., Karimipour, A., Anvari, A., & Brito, J. (2021). Flexural strength enhancement of recycled aggregate concrete beams with steel fibre-reinforced concrete jacket. *Engineering Structures*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112325>
- Hadad, H., Erickson, B., & Nanni, A. (2020). Flexural analysis and design of FRCM-strengthened RC beams. *Construction and Building Materials*, 244.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118371>
- Hadi, M., Martel, C. P., Huayta, F., Rojas, C., & Arias, J. (2023). *Metodología de la Investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.  
<https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- Hernández, P. C. (2008). Media, varianza y desviación estándar. *Ciencia y mar*, 29-36.  
<https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2008/no34/3.pdf>
- Jongvivatsakul, P., Thi, C., Tanapornraweekit, G., & Bui, L. (2020). Mechanical properties of aramid fiber-reinforced composites and performance on repairing concrete beams damaged by corrosion. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 42(3), 637-644.  
[https://www.researchgate.net/profile/Linh\\_Bui25/publication/341388115\\_Mechanical\\_properties\\_of\\_aramid\\_fiber-](https://www.researchgate.net/profile/Linh_Bui25/publication/341388115_Mechanical_properties_of_aramid_fiber-)

reinforced\_composites\_and\_performance\_on\_repairing\_concrete\_beams\_damaged\_by\_corrosion/links/5ebde43b458515626ca840a4/Mechanical-properties-of-aram

Lee, H., & Joh, C. (2020). An Experimental Study on the Ductility and Flexural Toughness of Ultrahigh-Performance Concrete Beams Subjected to Bending. *materials*, 13(10), 22. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma13102225>

Li, Y.-F., Wang, H.-F., Syu, J.-Y., Ramanathan, G., Tsai, Y.-K., & Lok, M. (2021). Mechanical Properties of Aramid/Carbon Hybrid Fiber-Reinforced Concrete. *Materials*, 14(19), 1-18. <https://doi.org/10.3390/ma14195881>

Manjeet, J., Ashwini, K., Deepika, G., & Kamlesh, P. (2020). *Aramid Fibers*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527342587.ch8>

Mendoza, A., Terán, B., Valdez, P., & Juarez, C. (2021). Comportamiento teórico-experimental de fibras de acero como reemplazo parcial del refuerzo a cortante en vigas de concreto reforzado. *ALCONPAT*, 11(3), 31-49. <https://doi.org/10.21041/ra.v11i3.548>

Meng, X., Xiao, F., Yan, Y., Chen, G., & Ma, Y. (2023). Non-Destructive Damage Evaluation Based on Static Response for Beam-like Structures Considering Shear Deformation. *Appl. Sci*2023, 13(14), 1-12. <https://doi.org/10.3390/app13148219>

Minaya, M. (2020). *Influencia de la incorporación de fibra de coco para la incidencia en la resistencia del concreto  $F'_{C}=210$  KG/CM<sup>2</sup> – Lima 2020*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25036>

- Molina, J. (2023). *Comportamiento ante cargas cíclicas de vigas de acople de concreto reforzado, reforzadas externamente a corte con polímeros reforzados con fibras de carbono, CFRP*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.  
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2198>
- Moral, A. (2020). *Materiales de ultima generacion y materiales eficientes*.  
[file:///C:/Users/PC/Downloads/pdf-div-class-2qs3tf-truncatedtext-module-wrapper-fg1km9p-classtruncatedtext-module-lineclamped-85ulhh-style-max-lines5hormigon-con-fibras-de-aramida-alberto-moral-p-div\\_compress.pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/pdf-div-class-2qs3tf-truncatedtext-module-wrapper-fg1km9p-classtruncatedtext-module-lineclamped-85ulhh-style-max-lines5hormigon-con-fibras-de-aramida-alberto-moral-p-div_compress.pdf)
- Morales , L., Recalde , D., & Ruiz, A. (2020). Incidencia del hormigón ligero y flexible en la optimizacion de secciones, ductilidad y desempeño estructural. *Revista Cumbres*, 6(1), 67 - 78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8228806>
- Morón, A., Ferrández, D., Saiz, P., & Morón, C. (2021). Experimental Study with Cement Mortars Made with Recycled Concrete Aggregate and Reinforced with Aramid Fibers. *Appl. Sci.*, 11(17), 1-18. <https://doi.org/10.3390/app11177791>
- Mucha, L., Chamorro, R., Oseda, M., & Alania, R. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Desafíos*, 12(1), 50-57.  
<http://revistas.udh.edu.pe/index.php/udh/article/view/253e>
- Narváez, J., & Orellana, V. (2024). *Análisis de la reistencia a la compresión de FC= 240 kg/cm2 entre un hormigón convencional y un hormigón con mezcla de vidrio molido en reemplazo parcial del árido fino*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26832/1/UPS-CT011126.pdf>

- Nawap, A. (2016). Effect of Reinforcement on Deflection and Cracks in Baked Clay Beams Subjected to Impact Loading. *Scientific Research*.  
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1885487>
- Nelson, L., Lees, J., & Weekes, L. (2022). Size effects in unreinforced and lightly reinforced concrete beams failing in flexure. *Engineering Fracture Mechanics*, 259.  
<https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2021.107987>
- Nematzadeh, M., & Valukolaee, S. (2021). Experimental and analytical investigation on structural behavior of two-layer fiber-reinforced concrete beams reinforced with steel and GFRP rebars. *Construction and Building Materials*, 273.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121933>
- NTP 339.078. (2012). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*.  
[file:///C:/Users/Pc/Downloads/ntp-339078-ensayo-de-flexion\\_compress.pdf](file:///C:/Users/Pc/Downloads/ntp-339078-ensayo-de-flexion_compress.pdf)
- PCM. (2019). *Programa presupuestal de reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastre*. Abancay: Presidencia del Consejo de Ministros.  
[https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Exposiciones/2018/PP0068/ANEXO%2002\\_PP0068\\_2019.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Exposiciones/2018/PP0068/ANEXO%2002_PP0068_2019.pdf)
- Pérez, D., Castro, J., Flores, J., Mendoza, J., Michua, A., & Aparicio, M. (2021). Evaluación y comparación de resistencia a la tracción y flexión de Quiote del Maguey Manso (Agave Salmiana) contra bambú Guadua. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 22(3), 1-6. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.3.019>



Şahin, K., Clawson, J., Singletary, J., & Chasiotis, I. (2020). Shear strength of homopolymer and copolymer aramid fibers. *Polymer*, 182.

<https://doi.org/10.1016/j.polymer.2019.122034>

Sanchez, R. (2022). *Comportamiento a flexión de una viga de concreto reforzada*.

Unuiversidad Cesar Vallejo.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99757/Sanchez\\_PRA-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99757/Sanchez_PRA-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y)

Siddesha, H., & Pag, R. (2023). The influence of blended polypropylene and polyethylene fibres on mechanical and durability properties of concrete. *Materials Today: Proceedings*, 88(1), 10.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.459>

Telenchana, M. (2020). *Análisis numérico experimental de los componentes del material compuesto alternativo de matriz epoxi reforzada con fibras sintéticas utilizado para la fabricación y reparación de superficies de vuelo en las aeronaves del CIDFAE*.

Universidad tecnica de Ambato.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30654>

Triola, M. F. (2009). *Estadística*. (decima, Ed.) Mexico.

<https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>

Wang, W., Zhang, B., Tian, M., Ning, N., & Zhang, L. (2020). Preparation of aramid nanofiber and its application in polymer reinforcement: A review. *European Polymer Journal*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.109996>

- Wenger, H., & Medina, J. (2021). Incidence study of mooring beams on the structural behavior of mixed steel-concrete buildings. *Revista Tecnocientífica URU*(21), 8-17. <https://ojs2.uru.edu/index.php/tecnocientificauru/article/view/wengermedinan21a21>
- Yan, T., Chong, M., Ben, Z., Wei, X., Xingxiang, C., & Jiangtao, Y. (2023). Study and Microanalysis on the Effect of the Addition of Polypropylene Fibres on the Strength and Carbonization Resistance of Manufactured Sand Concrete. *Scopus*, 15(9), 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym15092139>
- Yang, I., Jihun, P., Bui, Q., Chul, K., Joh, C., & Lee, H. (2020). An Experimental Study on the Ductility and Flexural Toughness of Ultrahigh-Performance Concrete Beams Subjected to Bending. *materials*, 13(10), 22. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma13102225>
- Yangali , J., Guerrero , M., & Arispe, C. (2020). *La investigación científica (Primera edición ed.)*. Universidad Internacional del Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4310>
- Yeou, F., Hsin, F. W., Jin, Y., Gobinathan, K., Ying, K., & Man, H. (2021). Mechanical Properties of Aramid/Carbon Hybrid Fiber-Reinforced Concrete. *Materials*, 14(19), 18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma14195881>
- Zhang, B., Jia, L., Tian, M., Ning, N., Zhang, L., & Wang , W. (2021). Surface and interface modification of aramid fiber and its reinforcement for polymer composites: A review. *European Polymer Journal*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110352>
- Zhang, B., Wang, W., Tian, M., Ning, N., & Zhang, L. (2020). Preparation of aramid nanofiber and its application in polymer reinforcement: A review. *European Polymer*

*Journal*, 139.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014305720317109#:~:text=htps%3A//doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.109996>

Zhang, F., Zhang, J., Zhu, Y., Wang, X., & Jin, Y. (2020). Microstructure and Properties of Polytetrafluoroethylene Composites Modified by Carbon Materials and Aramid Fibers. *Coatings*, 10(11), 1-20. <https://doi.org/10.3390/coatings10111103>

Zheng, Y. (2018). Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced Concrete by Vibratory Mixing Technology.  
[file:///C:/Users/PC/Downloads/Mechanical\\_Properties\\_of\\_Steel\\_Fiber-Reinforced\\_Co.pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/Mechanical_Properties_of_Steel_Fiber-Reinforced_Co.pdf)

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes