



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Fibras celulósicas para mejorar las propiedades  
físico – mecánicas del hormigón**

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

**AUTOR(ES)**

Camayo Chavarría, Edgar Andrés  
ORCID: 0000-0003-1714-904X

Iberico Barrera, Vivian Fiorella  
ORCID: 0000-0002-4972-7847

**ASESOR**

Pereyra Salardi, Enriqueta  
ORCID: 0000-0003-2527-3665

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

Camayo Chavarría, Edgar Andrés

DNI: 73771104

Iberico Barrera, Vivian Fiorella

DNI: 74659259

### **Datos de asesor**

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

### **Datos del jurado**

#### **JURADO 1**

Donayre Cordova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-5142-3789

#### **JURADO 2**

Carbajal Olortigue, Luis Alberto

DNI: 09160106

ORCID: 0000-0001-5928-3971

#### **JURADO 3**

Delgado Contreras, Genaro Alfredo Jesus

DNI: 06621687

ORCID: 0000-0002-4612-0433

#### **JURADO 4**

Huerta Campos, Carlos Alberto

DNI: 09313271

ORCID: 0000-0003-3758-3126

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## **DEDICATORIA**

A mi madre, que siempre me ha apoyado, desde mis primeros pasos. Sin su apoyo y consejos no estaría donde estoy. A mi padre, por siempre aconsejarme y guiarme de la manera correcta y por el camino correcto. A mi hermana, por darme lecciones para poder tomar buenas decisiones. A mis abuelos, sé que estarían orgullosos de mí.

Edgar Andrés Camayo Chavarría.

A mis padres, quienes han estado presentes en el proceso de mi vida y me han brindado su apoyo en todo momento velando por mi bienestar. A mi hermano, por ser mi soporte y mi guía en el proceso de mi vida universitaria, quien me ha impulsado a salir adelante. Y a mí fiel compañera Kayli que durante todas las noches de desvelo me ha acompañado.

Vivian Fiorella Iberico Barrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por otorgarnos salud y sabiduría durante el transcurso de este proceso que hemos transcurrido.

En honor a nuestra alma mater, la Universidad Ricardo Palma, le agradecemos todas las historias y conocimientos que obtuvimos a lo largo de nuestra estadía.

Queremos agradecer a nuestros asesores, la Mg. Ing. Enriqueta Pereyra Salardi y a la Mg. Ing. Liliana Janet Chavarría Reyes, por su apoyo incondicional durante nuestra investigación para optar el título de Ingeniero Civil.

Edgar Andrés Camayo Chavarría.

Vivian Fiorella Iberico Barrera

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2. Formulación de la investigación .....	2
1.2.1. Problema general .....	2
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.4.1. Justificación por valor teórico.....	3
1.4.2. Justificación por aplicaciones prácticas .....	3
1.4.3. Justificación por conveniencia.....	4
1.4.4. Justificación por relevancia social.....	4
1.4.5. Justificación por utilidad metodológica.....	4
1.5. Importancia de la investigación .....	4
1.6. Limitaciones de la investigación .....	5
1.7. Delimitación de la investigación.....	5
1.7.1. Delimitación geográfica .....	5
1.7.2. Delimitación temporal.....	5
1.7.3. Delimitación temática .....	5
1.7.4. Delimitación muestral .....	5
1.8. Alcance .....	5
1.9. Viabilidad.....	6
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Marco histórico.....	7
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema .....	8
2.2.1. Investigaciones internacionales.....	8
2.2.2. Investigaciones nacionales .....	34

2.2.3. Artículos relacionados con el tema .....	70
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	88
2.3.1. Fibras .....	88
2.3.2. Celulosa.....	90
2.3.3. Fibras Naturales .....	90
2.3.4. Relación agua/cemento .....	90
2.3.5. Asentamiento .....	91
2.3.6. Ensayo de resistencia a la compresión.....	92
2.3.7. Ensayo de resistencia a la flexión .....	93
2.3.8. Durabilidad.....	94
2.4. Definición de términos básicos .....	94
2.5. Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis .....	95
3. CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....	96
3.1. Hipótesis.....	96
3.1.1. Hipótesis general .....	96
3.1.2. Hipótesis específicas .....	96
3.2. Variables .....	96
3.2.1. Variable independiente.....	96
3.2.2. Variable dependiente.....	96
3.3. Sistema de variables.....	96
3.3.1. Definición conceptual .....	96
3.3.2. Definición operacional .....	97
3.3.3. Operacionalización de Variables.....	98
4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	99
4.1. Tipo de investigación .....	99
4.2. Nivel de investigación.....	100
4.3. Diseño de investigación.....	100
4.4. Población y muestra .....	100
4.4.1. Población.....	100
4.4.2. Muestra .....	100
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	101
4.6. Descripción de procedimiento y análisis .....	101
5. CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	102

5.1. Resultado de la investigación.....	102
5.1.1. Resultado de los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar el asentamiento del hormigón.....	102
5.1.2. Resultado de los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar la resistencia a la compresión del hormigón .....	107
5.1.3. Resultado de los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar la resistencia a la flexión del hormigón .....	118
5.1.4. Resultado de la relación agua/cemento para incrementar la durabilidad del hormigón .....	128
5.2. Contratación de hipótesis .....	138
5.2.1. Contratación de la primera hipótesis.....	138
5.2.2. Contratación de la segunda hipótesis .....	139
5.2.3. Contratación de la tercera hipótesis .....	140
5.2.4. Contratación de la cuarta hipótesis .....	142
DISCUSIÓN .....	144
CONCLUSIONES.....	146
RECOMENDACIONES .....	147
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	148
ANEXOS .....	152
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	153
Anexo 2: Matriz de Revisión Bibliográfica .....	154
Anexo 3: Matriz de Tesis y Artículos Nacionales e Internacionales .....	157
Anexo 4: Matriz de Referencia .....	159

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Asentamiento - Mezclas Patrón y Adición de 0.25% y 0.50% de Fibras Celulosas (mm) .....	8
<b>Tabla 2</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	9
<b>Tabla 3</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibras Celulosas - 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )..	10
<b>Tabla 4</b> Resistencia a la Flexión del Hormigón - Muestra Patrón (%).....	12
<b>Tabla 5</b> Resistencia a la Flexión con Adición de 0.50% de Fibra de Guadua (%) .....	12
<b>Tabla 6</b> Resistencia a la Flexión con Adición de 1.00% de Fibra de Guadua (kg/cm <sup>2</sup> )	13
<b>Tabla 7</b> Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación P - Muestra Patrón - Posición Vertical (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	15
<b>Tabla 8</b> Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación X con Adición de 3.3% de Fibra de Cabuya – Posición Vertical (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	16
<b>Tabla 9</b> Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación Y con Adición de 6.6% de Fibra de Cabuya – Posición Vertical (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	16
<b>Tabla 10</b> Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación Z con Adición de 9.9% de Fibra de Cabuya – Posición Vertical (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	17
<b>Tabla 11</b> Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación P – Muestra Patrón – Posición Horizontal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	17
<b>Tabla 12</b> Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación X con Adición de 3.3% de Fibra de Cabuya – Posición Horizontal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	18
<b>Tabla 13</b> Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación Y con Adición de 6.6% de Fibra de Cabuya – Posición Horizontal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	18
<b>Tabla 14</b> Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación Z con Adición de 9.9% de Fibra de Cabuya – Posición Horizontal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	19
<b>Tabla 15</b> Resistencia a la Flexión en Probetas de Hormigón – Dosificación P – Muestra Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	19
<b>Tabla 16</b> Resistencia a la Flexión en Probetas de Hormigón con Adición de 3.3% de Fibra de Cabuya – Dosificación X (kg/cm <sup>2</sup> ).....	20
<b>Tabla 17</b> Resistencia a la Flexión en Probetas de Hormigón con Adición de 6.6% de Fibra de Cabuya – Dosificación Y (kg/cm <sup>2</sup> ).....	20
<b>Tabla 18</b> Resistencia a la Flexión en Probetas de Hormigón con Adición de 9.9% de Fibra de Cabuya – Dosificación Z (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	21

<b>Tabla 19</b> Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ).....	22
<b>Tabla 20</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cáñamo (kg/cm <sup>2</sup> ).....	22
<b>Tabla 21</b> Carga Máxima a la Flexión de las Vigas (kg).....	23
<b>Tabla 22</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Vástago de Plátano (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	24
<b>Tabla 23</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Vástago de Plátano (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	25
<b>Tabla 24</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 7 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	27
<b>Tabla 25</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 14 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	28
<b>Tabla 26</b> Resultados de Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	29
<b>Tabla 27</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 175 kg/cm <sup>2</sup> ....	30
<b>Tabla 28</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 210 kg/cm <sup>2</sup> ....	31
<b>Tabla 29</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 250 kg/cm <sup>2</sup> ....	31
<b>Tabla 30</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 280 kg/cm <sup>2</sup> ....	32
<b>Tabla 31</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 180 kg/cm <sup>2</sup> .....	32
<b>Tabla 32</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	33
<b>Tabla 33</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 250 kg/cm <sup>2</sup> .....	33
<b>Tabla 34</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	34
<b>Tabla 35</b> Asentamientos Recomendados para Diversos Tipos de Construcción (") .....	35
<b>Tabla 36</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	36
<b>Tabla 37</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	37
<b>Tabla 38</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco con Proporción 0.50% y Longitud de 2.0 cm – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	37
<b>Tabla 39</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco con Proporción 0.50% y Longitud de 2.0 cm – f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	37
<b>Tabla 40</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco - f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> ....	38
<b>Tabla 41</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> ...	38
<b>Tabla 42</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco con Proporción 0.50% y Longitud de 2.0 cm – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	39

<b>Tabla 43</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco con Proporción 0.50% y Longitud de 2.0 cm – $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	39
<b>Tabla 44</b> Diseño de Mezcla .....	40
<b>Tabla 45</b> Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón ( $\text{kg/cm}^2$ ).....	40
<b>Tabla 46</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Totora de 0.50% ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	41
<b>Tabla 47</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Totora de 1.00% ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	41
<b>Tabla 48</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Totora de 1.50% ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	41
<b>Tabla 49</b> Resistencia a la Flexión en Viga Simple Cargada al Tercio de Luz con Adición de Fibra de Lechuguilla – 7 días ( $\text{kg/cm}^2$ ).....	43
<b>Tabla 50</b> Resistencia a la Flexión en Viga Simple Cargada al Tercio de Luz con Adición de Fibra de Lechuguilla – 14 días ( $\text{kg/cm}^2$ ).....	45
<b>Tabla 51</b> Resistencia a la Flexión en Viga Simple Cargada al Tercio de Luz con Adición de Fibra de Lechuguilla – 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ ).....	47
<b>Tabla 52</b> Resistencias a la Compresión y Flexión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	50
<b>Tabla 53</b> Resistencia a la Compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Muestra Patrón .....	51
<b>Tabla 54</b> Asentamiento para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Muestra Patrón (").....	52
<b>Tabla 55</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya al 1.00% de Adición y Longitud de 2.5 cm ( $\text{kg/cm}^2$ ).....	53
<b>Tabla 56</b> Asentamiento para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con Adición de 1.00% de Fibra de Cabuya y Longitud de 2.5 cm (").....	54
<b>Tabla 57</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya al 1.00% de Adición y Longitud de 8.0 cm ( $\text{kg/cm}^2$ ).....	54
<b>Tabla 58</b> Asentamiento para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con Adición de Fibra de Cabuya al 1.00% de Adición y Longitud de 8.0 cm (").....	55
<b>Tabla 59</b> Resistencia a la Compresión en Muestras con Fibra de Cabuya de 2.5 cm ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	56
<b>Tabla 60</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - Probetas Tipo P1 ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	58
<b>Tabla 61</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - Probetas Tipo P1+F1 ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	59

<b>Tabla 62</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - Probetas Tipo P1+F2 (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	59
<b>Tabla 63</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - Probetas Tipo P1+F3 (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	60
<b>Tabla 64</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibras Celulosas – Probetas Tipo P1, P1+F1, P1+F2 y P1+F3 (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	60
<b>Tabla 65</b> Asentamiento del Hormigón Premezclado (") .....	61
<b>Tabla 66</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	71
<b>Tabla 67</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	71
<b>Tabla 68</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Banano – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	72
<b>Tabla 69</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Banano – 91 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	73
<b>Tabla 70</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Banano – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	73
<b>Tabla 71</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra Celulosas (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	74
<b>Tabla 72</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	75
<b>Tabla 73</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	75
<b>Tabla 74</b> Designación de Mezclas (%) .....	76
<b>Tabla 75</b> Resistencia a la Compresión y Flexión con Adición de Fibras Celulosas (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	76
<b>Tabla 76</b> Componentes de la Mezcla Patrón y Reforzada con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar con y sin Tratamiento para Distribuciones de Tamaño Corto, Largo y Aleatorio .....	77
<b>Tabla 77</b> Resistencia a la Compresión con Adición con Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	78
<b>Tabla 78</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	81
<b>Tabla 79</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	83
<b>Tabla 80</b> Operacionalización de las Variables .....	98
<b>Tabla 81</b> Asentamiento de Mezclas Patrón y Adición del 0.25% y 0.50% de Fibras Celulosas (mm) .....	102
<b>Tabla 82</b> Asentamiento de Mezcla Patrón y Adición del 1.00% de Fibra de Canamo (mm) .....	103
<b>Tabla 83</b> Asentamiento para f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Cabuya (mm).....	105

<b>Tabla 84</b> Asentamiento – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Agave Americana L (mm) .....	106
<b>Tabla 85</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ) – a/c: 0.65 .....	108
<b>Tabla 86</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ) – a/c: 0.58 .....	109
<b>Tabla 87</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ) – a/c: 0.53 .....	109
<b>Tabla 88</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ) – a/c: 0.48 .....	110
<b>Tabla 89</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 7 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	111
<b>Tabla 90</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	112
<b>Tabla 91</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – 7 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	113
<b>Tabla 92</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – 14 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	114
<b>Tabla 93</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	114
<b>Tabla 94</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de coco – f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> – 7 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	115
<b>Tabla 95</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> – 14 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	115
<b>Tabla 96</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	116
<b>Tabla 97</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	117
<b>Tabla 98</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – 7 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	119
<b>Tabla 99</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – 14 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	119
<b>Tabla 100</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	120

<b>Tabla 101</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – 7 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	120
<b>Tabla 102</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – 14 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	121
<b>Tabla 103</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	121
<b>Tabla 104</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 7 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .	123
<b>Tabla 105</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 14 días ( $\text{kg/cm}^2$ )	123
<b>Tabla 106</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ )	123
<b>Tabla 107</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal – 7 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .	125
<b>Tabla 108</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal – 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ )	125
<b>Tabla 109</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L – 14 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	127
<b>Tabla 110</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave americana L – 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	127
<b>Tabla 111</b> Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L – 42 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	127
<b>Tabla 112</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.65.....	129
<b>Tabla 113</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.58.....	130
<b>Tabla 114</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.53.....	130
<b>Tabla 115</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.48.....	131
<b>Tabla 116</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 50 AR – 7 y 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	133
<b>Tabla 117</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 75 AR – 14 y 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	133
<b>Tabla 118</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 100 AR – 14 y 28 días ( $\text{kg/cm}^2$ ) .....	133
<b>Tabla 119</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.48 y 0.53 .....	135

<b>Tabla 120</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) – a/c: 0.48 y 0.53 .....	135
<b>Tabla 121</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) – a/c: 0.48 y 0.53 .....	135
<b>Tabla 122</b> Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) – a/c: 0.56 .....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	10
Figura 2: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibras Celulosas (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	11
Figura 3: Resistencia a la Flexión - Muestra Patrón (%) .....	12
Figura 4: Resistencia a la Flexión con Adición de 0.50% de Fibra de Guadua (%) .....	13
Figura 5: Resistencia a la Flexión con Adición de 1.00% de Fibra de Guadua (%) .....	14
Figura 6: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Guadua (%).....	14
Figura 7: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cáñamo (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	23
Figura 8: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Vástago de Plátano (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	25
Figura 9: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Vástago de Plátano (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	26
Figura 10: Slump f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> para Mezclas con Adición de Fibra de Coco (").....	35
Figura 11: Slump f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> para Mezclas con Adición de Fibra de Coco (")....	36
Figura 12: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Lechuguilla – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> –7 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	44
Figura 13: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Lechuguilla – f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – 14 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	46
Figura 14: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Lechuguilla para f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	48
Figura 15: Resistencia a Flexión con Adición de Fibra de Coco – 7 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	49
Figura 16: Resistencia a Flexión con Adición de Fibra de Coco – 14 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	49
Figura 17: Resistencia a Flexión con Adición de Fibra de Coco – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	50
Figura 18: Resistencia a la Compresión f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> – Muestra Patrón .....	52
Figura 19: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya Dispersa al 1.0% de Longitud de 2.5 cm (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	53
Figura 20: Resistencia a la Compresión del Concreto con Adición de Fibra de Cabuya Dispersa al 1% de Longitud de 8.0 cm (kg/cm <sup>2</sup> ).....	55
Figura 21: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya – 2.5 cm (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	56
Figura 22: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya – 8.0 cm (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	57

Figura 23: Asentamiento – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Agave Americana L (mm).....	62
Figura 24: Asentamiento – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Agave Americana L (%).....	62
Figura 25: Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	63
Figura 26: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 0.50% (kg/cm <sup>2</sup> ).....	64
Figura 27: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 0.75% (kg/cm <sup>2</sup> ).....	64
Figura 28: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 1.00% (kg/cm <sup>2</sup> ).....	65
Figura 29: Resistencia a la Flexión – Muestra Patrón (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	66
Figura 30: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 0.50% (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	66
Figura 31: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 0.75% (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	67
Figura 32: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 1.00% (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	67
Figura 33: Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Penca de 0.30% (kg/cm <sup>2</sup> ).....	68
Figura 34: Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Penca de 0.9% (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	69
Figura 35: Resistencia a la compresión – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Penca de 1.5% (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	69
Figura 36: Resistencia a la Flexión – Muestra Patrón y Adición de 0.3% de Fibra de Penca (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	70
Figura 37: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Banano – 28 y 91 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	72
Figura 38: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Banano – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	73
Figura 39: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar – Volumen de 2,5 % - Tamaño Corto (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	78
Figura 40: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar – Volumen 2,5 % - Tamaño Largo (kg/cm <sup>2</sup> ).....	79

Figura 41: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar – Volumen 2,5% – Tamaño Corto (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	79
Figura 42: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar - Volumen 2, 5 % (kg/cm <sup>2</sup> ).....	80
Figura 43: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar – 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ).....	80
Figura 44: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm <sup>2</sup> ).....	82
Figura 45: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm <sup>2</sup> ).....	82
Figura 46: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	84
Figura 47: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	84
Figura 48: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – M40 (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	85
Figura 49: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – M50 (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	86
Figura 50: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal – M40 (kg/cm <sup>2</sup> ).....	86
Figura 51: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal – M50 (kg/cm <sup>2</sup> ).....	87
Figura 52: Clasificación de las Fibras Naturales Según su Origen.....	89
Figura 53: : Estructura de la Celulosa .....	90
Figura 54: Cono de Abrams .....	91
Figura 55: Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	92
Figura 56: Probeta después de la Rotura de Compresión .....	93
Figura 57: Ensayo de Resistencia a la Flexión.....	93
Figura 58: Fundamentos Teóricos del Hormigón con Fibras Celulosas .....	95
Figura 59: Asentamiento con Adición de Fibras Celulosas (mm).....	103
Figura 60: Asentamiento con Adición de Fibra de Cáñamo (mm).....	104
Figura 61: Asentamiento para f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> con Adición de Fibra de Cabuya (mm) .....	105
Figura 62: Asentamiento con Adición de Fibra de Agave Americana L (mm) .....	107
Figura 63: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ).....	110
Figura 64: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm <sup>2</sup> ).....	112
Figura 65: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ).....	116
Figura 66: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	118
Figura 67: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ).....	122

Figura 68: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm <sup>2</sup> ).....	124
Figura 69: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	126
Figura 70: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	128
Figura 71: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco Respecto a la Relación agua/cemento (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	132
Figura 72: Resistencia a Compresión con Adición de Fibra de Sisal Respecto a los Días de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> ).....	134
Figura 73: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco Respecto a la Relación agua/cemento (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	136
Figura 74: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L Respecto a los Días de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	137
Figura 75: Asentamiento – Muestras Patrón y Adición de Fibras Celulosas (mm) .....	138
Figura 76: Resistencia a la Compresión – Muestras Patrón y Adición de Fibras Celulosas (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	139
Figura 77: Resistencia a la Flexión – Muestras Patrón y Adición de Fibras Celulosas (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	141
Figura 78: Resistencia a la Compresión – Muestras Patrón y Adición de Fibras Celulosas Respecto a la Relación agua/cemento (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	142

## RESUMEN

El objetivo de la tesis actual, "Fibras Celulosas para mejorar las Propiedades Físico – Mecánicas del Hormigón", fue analizar las fibras celulosas para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón mediante el estudio del asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y relación agua/cemento con la finalidad de lograr la mejor trabajabilidad y durabilidad posibles de la mezcla de hormigón. Debido a que el estudio se realizó en el ámbito de la documentación e investigación bibliográfica, se basó en la recolección de artículos científicos, tesis nacionales e internacionales.

El análisis utilizó el método deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y recolección retrolectiva de datos, por lo que es un estudio correlativo, descriptivo y explicativo. El diseño es de carácter experimental, longitudinal, retrospectiva y de causa – efecto. Las fibras celulosas mejoraron la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y durabilidad del hormigón. El porcentaje óptimo fue la adición con 0.50% de fibra de sisal, alcanzó la óptima resistencia a la compresión con  $417 \text{ kg/cm}^2$ , logró la óptima resistencia a la flexión con  $74 \text{ kg/cm}^2$ . Finalmente, la durabilidad mostró resultados que fueron más favorables con una relación agua/cemento equivalente a 0.50, para la óptima resistencia a la compresión de  $417 \text{ kg/cm}^2$ .

Logrando deducir que la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y durabilidad de la mezcla de hormigón es mayor con una relación agua/cemento menor.

Palabras claves: Fibras Celulosas, Asentamiento, Trabajabilidad, Durabilidad, Aditivos, Hormigón.

## ABSTRACT

The objective of the current thesis, "Cellulose Fibers to improve the Physical-Mechanical Properties of Concrete", was to analyze cellulose fibers to improve the physical-mechanical properties of concrete by studying slump, compressive strength, flexural strength and water/cement ratio in order to achieve the best possible workability and durability of the concrete mix. Because the study was carried out in the field of documentation and bibliographic research, it was based on the collection of scientific articles, national and international theses.

The analysis allowed the deductive method, the applied orientation, the quantitative approach and retrolective data collection, making it a correlative, descriptive and explanatory study. The design is experimental, longitudinal, retrospective and cause-effect. Cellulose fibers improved the compressive strength, flexural strength and durability of the concrete. The maximum percentage was the improvement with 0.50% sisal fiber, it achieved the optimal compressive strength with 417 kg/cm<sup>2</sup> and the optimal flexural strength with 74 kg/cm<sup>2</sup>. Finally, durability showed results that were more favorable with a water/cement ratio equivalent to 0.50, for the optimum compressive strength of 417 kg/cm<sup>2</sup>.

Being able to deduce that the compressive strength, flexural strength and durability of the concrete mix is higher with a lower water/cement ratio.

Keywords: Cellulose Fibers, Slump, Workability, Durability, Additives, Concrete.

# INTRODUCCIÓN

El hormigón es un material de construcción muy esencial ya que se utiliza en muchos proyectos de infraestructura en todo el mundo. Esto se debe a que existe un gran aumento en la demanda de construcciones que aprovechen los avances tecnológicos en curso. Para obtener un mejor diseño de mezcla se agrega fibras celulósicas, mejorando así el asentamiento, resistencias y durabilidad en comparación con un hormigón convencional.

La próxima investigación amplía nuestro conocimiento de los aditivos de las mezclas de fibras celulósicas. Debido a la introducción de esta nueva tecnología en el mundo de la construcción, que mejora la productividad laboral, el desempeño en la obra y los costos de los proyectos.

Se busca mejorar las propiedades físico – mecánicas del hormigón para lograr una mezcla más trabajable, útil y de calidad en las obras. Obteniendo procedimientos muy beneficiosos para los constructores.

Se analiza las propiedades físico – mecánicas del hormigón estudiando el porcentaje óptimo de las fibras celulósicas investigadas, examinando el asentamiento, resistencias a la compresión, resistencia a la flexión y relación agua/cemento.

Esta investigación se dividió en seis capítulos. La formulación del problema, los objetivos del estudio, la importancia y las limitaciones. El primer capítulo consiste en el planteamiento del problema. El segundo capítulo se centra en el marco teórico y se basa en estudios de investigación nacionales, internacionales y artículos relacionados con el tema. El tercer capítulo consta de la formulación de las hipótesis y del sistema de variables. El cuarto capítulo describe la metodología de investigación que se utilizó para desarrollar la presente tesis. El quinto capítulo consiste en la presentación y análisis de los resultados y por último se analizan los resultados, conclusiones y recomendaciones que se desarrollaron a lo largo de la presente investigación.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática**

La elaboración industrial del hormigón, demanda grandes cantidades de materia prima, generando contaminación para el medio ambiente, por ejemplo; la contaminación atmosférica a través de la eliminación de desechos de obras civiles, lo cual significa un problema creciente para el ser humano.

La propagación de especies forestales es crítica según advierten Muñoz, García, Coria, Orozco y Muñoz (2011), por ello; se necesita ubicar, dimensionar e implantar acciones en planes de trabajo que posibiliten metas planteadas:

La contaminación ambiental es el resultado de la falta de conciencia pública sobre los efectos que tiene el exceso de desechos sólidos en el planeta. Como resultado, las agencias gubernamentales, las instituciones académicas y el sector privado están demostrando que la tecnología está buscando nuevos materiales que produzcan una cantidad mínima de desechos contaminantes durante los procesos de fabricación mientras utilizan materiales de desecho que parecen no tener ningún propósito. (p. 2)

Actualmente, las propiedades físico – mecánicas del hormigón se pueden mejorar mediante el uso de fibras celulósicas, lo que también reduce significativamente la contaminación ambiental que produciría un hormigón convencional.

Este enfoque se desarrolla para mitigar los impactos de contaminación ambiental que se originan en el proceso de producción tradicional del concreto, siendo las fibras de celulosa un medio de reducción de la cantidad de cemento, agregado fino, agregado grueso o del volumen total de la mezcla de hormigón.

Por esta razón, la presente investigación examinará el uso de fibras celulósicas para mejorar las propiedades físico – mecánicas del hormigón.

## **1.2. Formulación de la investigación**

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida las fibras celulósicas influyen en las propiedades físico-mecánicas del hormigón?

### 1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida los porcentajes de fibras celulósicas influyen en el asentamiento del hormigón?
- b) ¿En qué medida los porcentajes de fibras celulósicas influyen en la resistencia a la compresión del hormigón?
- c) ¿En qué medida los porcentajes de fibras celulósicas influyen en la resistencia a la flexión del hormigón?
- d) ¿En qué medida la relación agua/cemento influye en la durabilidad del hormigón?

## 1.3. **Objetivos de la investigación**

### 1.3.1. Objetivo general

Analizar las fibras celulósicas para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- a) Analizar los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar el asentamiento del hormigón.
- b) Analizar los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar la resistencia a la compresión del hormigón.
- c) Analizar los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar la resistencia a la flexión del hormigón.
- d) Analizar la relación agua/cemento para incrementar la durabilidad del hormigón.

## 1.4. **Justificación de la investigación**

### 1.4.1. Justificación por valor teórico

En el estudio actual, discutiremos varios aspectos de la adición de fibra celulosa y evaluaremos cómo afecta las propiedades físico – mecánicas del hormigón.

### 1.4.2. Justificación por aplicaciones prácticas

La presente investigación analiza ensayos realizados en laboratorios, otorgando información de la viabilidad de los diseños de mezcla realizados, para concluir si sus propiedades físico-mecánicas son aptas para el uso del hormigón en proyectos de construcción.

#### 1.4.3. Justificación por conveniencia

El uso de la fibra celulosa es escasa dentro del ámbito de la construcción a pesar de que tiene un efecto positivo en la producción del hormigón; por ello, se realiza la investigación, para dar a conocer las ventajas en las propiedades físico – mecánicas que presenta.

#### 1.4.4. Justificación por relevancia social

Los resultados de los estudios que se han realizado hasta el momento utilizando fibras celulosas sugieren que los hormigones reforzados, pueden ser una opción en la construcción de ciudades y comunidades sostenibles; y producción de consumos responsables. Este estudio se realizará porque la población necesita edificaciones asequibles, resilientes y duraderas. Generando efectos positivos en la industria de la construcción, el medio ambiente y el entorno socioeconómico.

#### 1.4.5. Justificación por utilidad metodológica

El desarrollo y uso del análisis del estudio actual utilizando métodos científicos establecidos se puede aplicar a otros proyectos de investigación.

### **1.5. Importancia de la investigación**

El presente trabajo de investigación es de carácter innovador para la comunidad científica del hormigón, así como también para la comunidad en general, los cuales aprovecharán los beneficios de la aplicación de fibras celulosas en el hormigón.

Es necesario investigar en nuestro país para disminuir la contaminación que se produce durante la elaboración del hormigón debido a que la adición de fibras reduce la cantidad de materia prima utilizada en su elaboración.

Las investigaciones, artículos científicos, tesis, entre otras, seleccionadas a lo largo de este proyecto de investigación buscan ratificar la viabilidad del uso de las fibras celulosas, brindándole también un control y mejora de las propiedades físico-mecánicas.

Entre las investigaciones recopiladas, se rescataron estudios científicos comprobados experimentalmente por los autores, que nos permiten reconocer e identificar cuáles serían las fibras más resaltantes e importantes para hallar el mejor resultado.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La limitación más problemática es la que está relacionada con la pandemia del SARS-CoV-2, teniendo como consecuencia; que no se pueden realizar ensayos experimentales. Sin embargo, se ha podido realizar la presente investigación descriptiva, debido a que contamos con información de tesis nacionales e internacionales, artículos, libros, revistas, entre otros de diversos repositorios académicos.

Al ser las fibras celulósicas un material ecológico estudiado recientemente, la recopilación de la información nos llevó a observar que cada objetivo por realizar en nuestra investigación se encontraba en muchas ocasiones en diversas fuentes.

## **1.7. Delimitación de la investigación**

### **1.7.1. Delimitación geográfica**

Según la investigación bibliográfica, la delimitación se concentra en climas cálidos y húmedos.

### **1.7.2. Delimitación temporal**

Se desarrollo desde el mes de diciembre 2021 hasta el mes de junio del año 2022.

### **1.7.3. Delimitación temática**

La investigación como temática principal enfatiza el uso de las fibras celulósicas, para mejorar el asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la durabilidad del hormigón.

### **1.7.4. Delimitación muestral**

Las muestras que se estudiaron son los porcentajes de distintas fibras celulósicas en cada ensayo realizado. Considerando para las muestras de asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y durabilidad del hormigón de diversos autores.

## **1.8. Alcance**

El alcance del estudio es obtener información sobre las fibras celulósicas que destacamos, que son las fibras de cáñamo, fibra de cabuya, fibra de agave americana L, fibra de coco y fibra de sisal, determinando los porcentajes apropiados para obtener los mejores resultados, mejorando las propiedades físico – mecánicas del hormigón.

## **1.9. Viabilidad**

Las diversas fuentes de información en la base de datos académicas de la Universidad Ricardo Palma, facilitó la búsqueda de artículos, tesis y revistas nacionales e internacionales.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco histórico

Era el siglo IX, también conocido como la era de los ferrocarriles, carbón y de la máquina generadora de vapor. En 1824, un ingeniero y constructor inglés llamado Joseph Aspdin presentó una patente para la caliza arcillosa, que produciría un cemento que, según él, adquiriría la misma resistencia a la hidratación que la piedra Portland. Esta patente marcó el comienzo de nuevos métodos y materiales de construcción. Los primeros proyectos de construcción brindados al país se construyeron durante la administración de Augusto B. Leguía en el siglo pasado y sirvieron como apoyo para la innovación y el avance en el sector de la construcción. A partir del presente siglo se pusieron en práctica las mejoras e innovaciones en la tecnología del hormigón porque se había convertido en un componente necesario de todo tipo de construcción. El uso de clavos, segmentos de cable y ganchos fue una de las primeras adiciones a los componentes del hormigón a base de fibra. Actualmente, las fibras de refuerzo para hormigones de diversas formas y tamaños se utilizan tanto en nuestro país como en todo el mundo. Estas fibras están hechas de materiales como metal, plástico, materiales naturales, etc.

La durabilidad puede ser analizada a partir de la adición de fibras bajo condiciones de humedecimiento y secado alternado según Sivaraja (2009), por ello; desarrollo un análisis exhaustivo para dicho objetivo:

Evaluó la durabilidad de fibras celulósicas como el coco y bagazo de caña de azúcar en probetas de hormigón. La finalización de este estudio ha respaldado la longevidad de las fibras de celulosa, como la fibra de coco y el bagazo de néctar de agave. Al reforzar las probetas de hormigón una vez cada tres meses durante dos años en condiciones alternas de humedad y sequedad, fue posible determinar las propiedades mecánicas de resistencia, como la compresión, flexión y las propiedades de la fibra natural. La revisión del estado de la técnica permite establecer que, si bien las fibras celulósicas mejoran las propiedades de resistencia a edades tempranas, el ritmo de crecimiento es más lento que el de las curaciones convencionales. En las tres etapas del curado, como 28 días, un año y dos años, el desempeño de la resistencia a la flexión en vigas reforzadas con fibras celulósicas no difiere significativamente. (p. 4)

## 2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

### 2.2.1. Investigaciones internacionales

Zubair, N. (2017). En la tesis; *Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension*, aplicó fibras celulósicas, para el desarrollo y análisis sobre las propiedades mecánicas del hormigón, bajo flexión. Para ello desarrolló las proporciones de mezclas, tanto en diseño de mezcla de hormigón.

Obtuvo como resultados, que en la prueba de asentamiento:

**Tabla 1**

Asentamiento - Mezclas Patrón y Adición de 0.25% y 0.50% de Fibras Celulosas (mm)

Diseño de mezcla	Valor de caída (mm)	% de dif. de CCxx
CCxx	30.00	0.00
0.25% Cxx	5.00	-83.30
0.50% Cxx	n/A	n/A

Fuente: “*Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension*”, por Zubair (2017, p.32)

Donde, se pudo observar una disminución del 89% en valor de asentamiento de Cxx del 0.25% en comparación con el CCxx. Esta reducción se atribuye a la pérdida de agua en la pasta de cemento como celulosa.

Respecto a la resistencia a la compresión de las tres mezclas de diseño con una relación de a/c: 0.53, se midieron a los 28 días, según ASTM C39, después del curado húmedo.

**Tabla 2**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Muestras	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio ± STDV
CCxx	362	361 ± 0,55
	361	
	352	
	369	
	359	
	386	
0.25% Cxx	375	383 ± 0,82
	372	
	396	
	387	
	380	
0.5% Cxx	392	385 ± 0.59
	381	
	394	
	378	

Fuente: “*Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension*”, por Zubair (2017, p.33)

Respecto a la resistencia a la flexión, se desarrollaron dentro de 28 días, al igual que la resistencia a la compresión. Junto con la desviación neta, en el momento que se produce el primer agrietamiento. Aplicando una carga de 4 puntos:

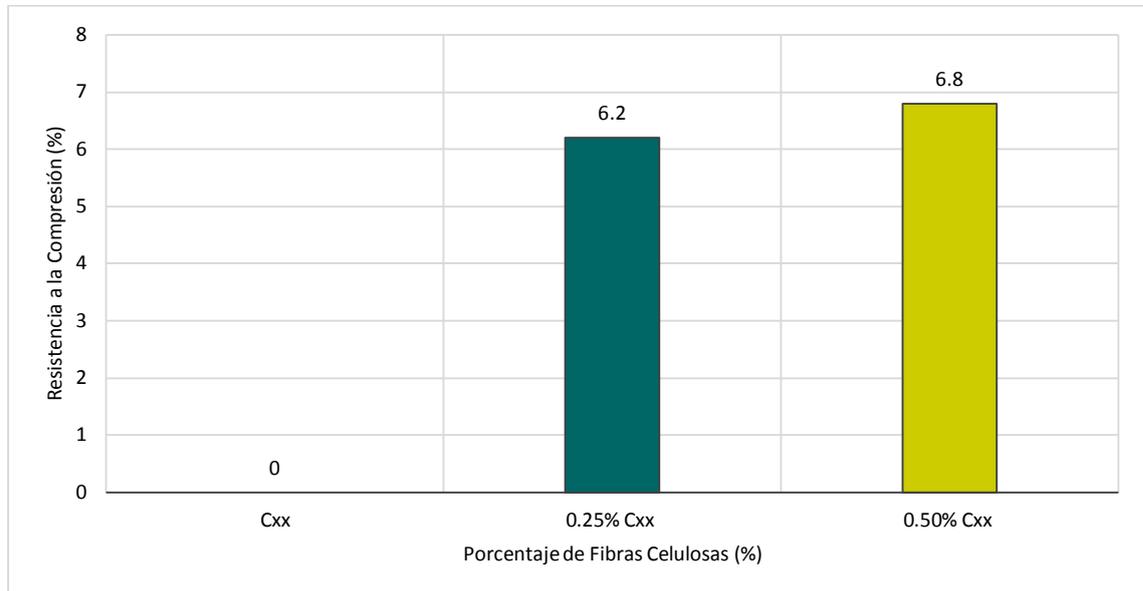


Figura 1: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effects of Micro Cellulose Fibers on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension*”, por Zubair (2017, p.34)

**Tabla 3**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibras Celulosas - 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Muestras	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Media fuerza ± STDV	Deflexión @ primera grieta (mm)	Media desviación ± STDV
Cxx	62	60 ± 0.21	0,042	0,037 ± 0,003
	61		0,032	
	57		0,038	
0.25% Cxx	71	46 ± 0.19	0,056	0,053 ± 0,003
	67		0,050	
	61		0,048	
0.5% Cxx	60	61 ± 0.07	0,054	0,049 ± 0,004
	61		0,044	
	61		0,044	

Fuente: “*Effects of Micro Cellulose Fibers on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension*”, por Zubair (2017, p.35)

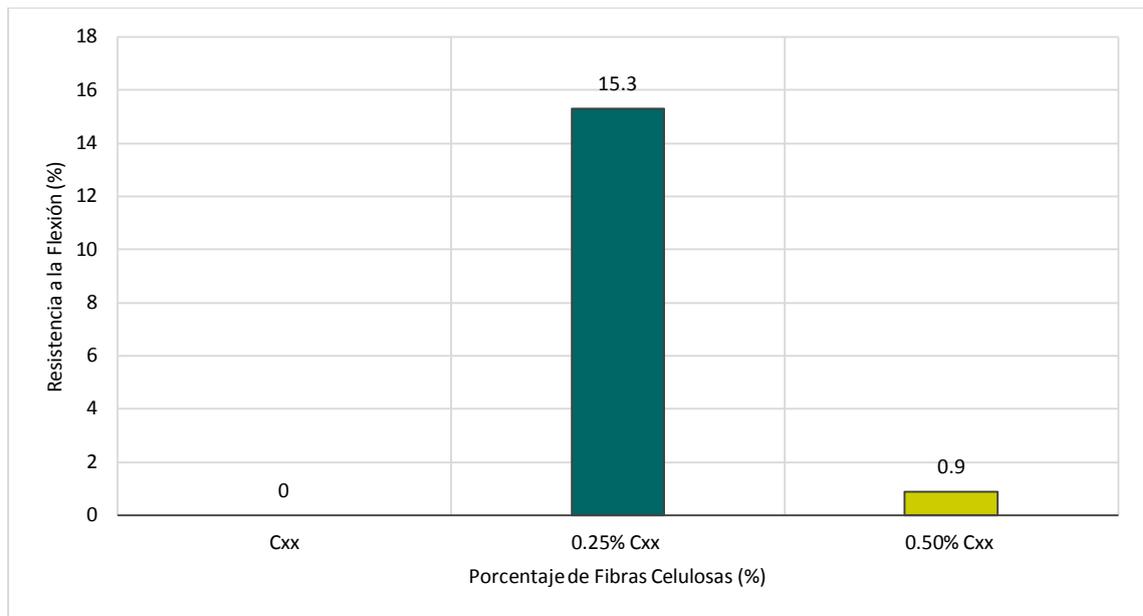


Figura 2: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibras Celulosas ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Fuente: “*Effects of Micro Cellulose Fibers on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension*”, por Zubair (2017, p.36)

El investigador llegó a la conclusión de que la naturaleza hidrofílica de las fibras celulosas provocó una disminución en la capacidad de funcionamiento del hormigón, lo que se pudo ver en el valor de caída. Donde se observó una reducción del 89% tan pronto como se agregaron fibras a la mezcla de diseño. Además, se demostró que la adición de fibras micro celulosas tuvo un impacto apreciable en la resistencia a la compresión del hormigón, donde mostró un incremento máximo de 6.8%. El estudio concluyó mostrando que la adición de fibras micro celulosas al hormigón tiene un impacto insignificante en las propiedades mecánicas del hormigón porque las fibras aumentan principalmente su durabilidad.

Conde, C. y Bonilla, N. (2019). En la tesis; Evaluación del Comportamiento Físico – Mecánico de un Concreto Hidráulico con Adición de Fibras de Guadua Angustifolia Kunth, tienen por objetivo evaluar el comportamiento físico – mecánico de un hormigón hidráulico adicionando distintas cantidades de fibras de guadua Angustifolia Kunth. Así como también, comparar la resistencia del hormigón base con las que tengan adición de la fibra ya mencionada.

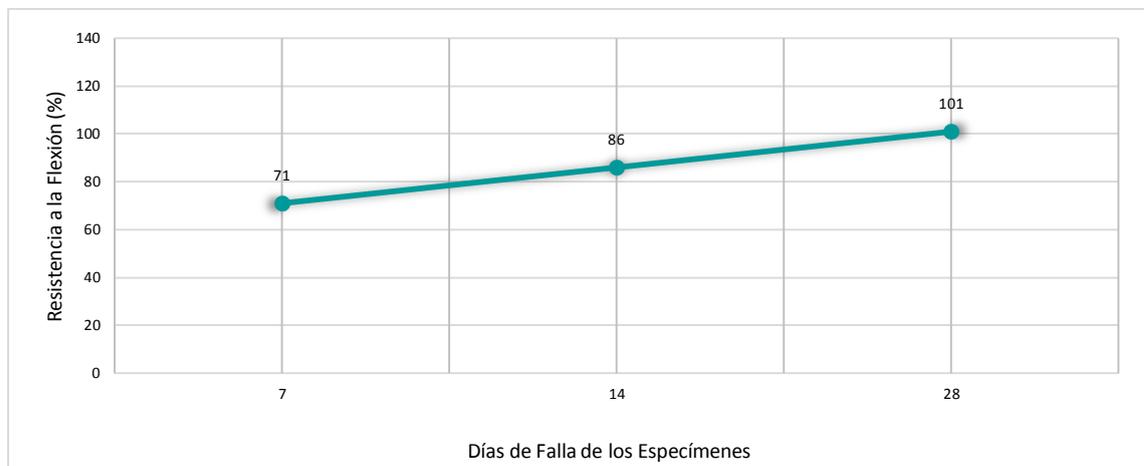
Los investigadores definieron un asentamiento máximo de 3” y una relación a/c de 0.44 en el diseño de la mezcla de concreto hidráulico (4000 psi).

Para la resistencia a la flexión, aplicó vigas simplemente apoyadas y cargadas en los tercios de luz libre bajo la normativa INV E – 414 – 13.

**Tabla 4****Resistencia a la Flexión del Hormigón - Muestra Patrón (%)**

Fecha de rotura	Edad (días)	Fuerza (KNw)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Mr (Mpa)	Resistencia (%)
20/08/2019	7	21	2,164	29	3.00	71
27/08/2019	14	26	2,638	35	3.00	86
10/09/2019	28	30	3,102	41	4.00	101

Fuente: “Evaluación del Comportamiento Físico – Mecánico de un Concreto Hidráulico con Adición de Fibras de Guadua Angustifolia Kunth”, por Conde y Bonilla (2019, p.54)

**Figura 3: Resistencia a la Flexión - Muestra Patrón (%)**

Fuente: “Evaluación del Comportamiento Físico – Mecánico de un Concreto Hidráulico con Adición de Fibras de Guadua Angustifolia Kunth”, por Conde y Bonilla (2019, p.55)

**Tabla 5****Resistencia a la Flexión con Adición de 0.50% de Fibra de Guadua (%)**

Fecha de rotura	Edad (días)	Fuerza (KNw)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Mr (Mpa)	Resistencia (%)
20/08/2019	7	12	1,250	17	2.00	41
27/08/2019	14	15	1,482	20	2.00	48
10/09/2019	28	14	1,440	19	2.00	47

Fuente: “Evaluación del Comportamiento Físico – Mecánico de un Concreto Hidráulico con Adición de Fibras de Guadua Angustifolia Kunth”, por Conde y Bonilla (2019, p.55)

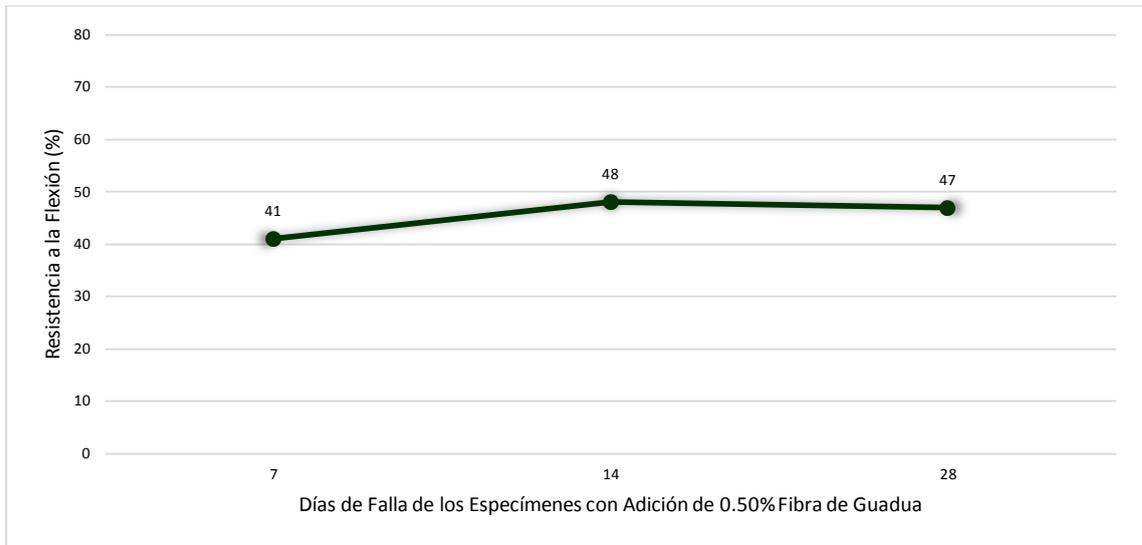


Figura 4: Resistencia a la Flexión con Adición de 0.50% de Fibra de Guadua (%)

Fuente: “Evaluación del Comportamiento Físico – Mecánico de un Concreto Hidráulico con Adición de Fibras de Guadua Angustifolia Kunth”, por Conde y Bonilla (2019, p.56)

**Tabla 6**

Resistencia a la Flexión con Adición de 1.00% de Fibra de Guadua (kg/cm<sup>2</sup>)

Fecha de rotura	Edad (días)	Fuerza (KNw)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Mr (Mpa)	Resistencia (%)
20/08/2019	7	15	1,540	21	2.00	50
27/08/2019	14	17	1,689	23	2.00	55
10/09/2019	28	17	1,748	23	2.00	57

Fuente: “Evaluación del Comportamiento Físico – Mecánico de un Concreto Hidráulico con Adición de Fibras de Guadua Angustifolia Kunth”, por Conde y Bonilla (2019, p.56)

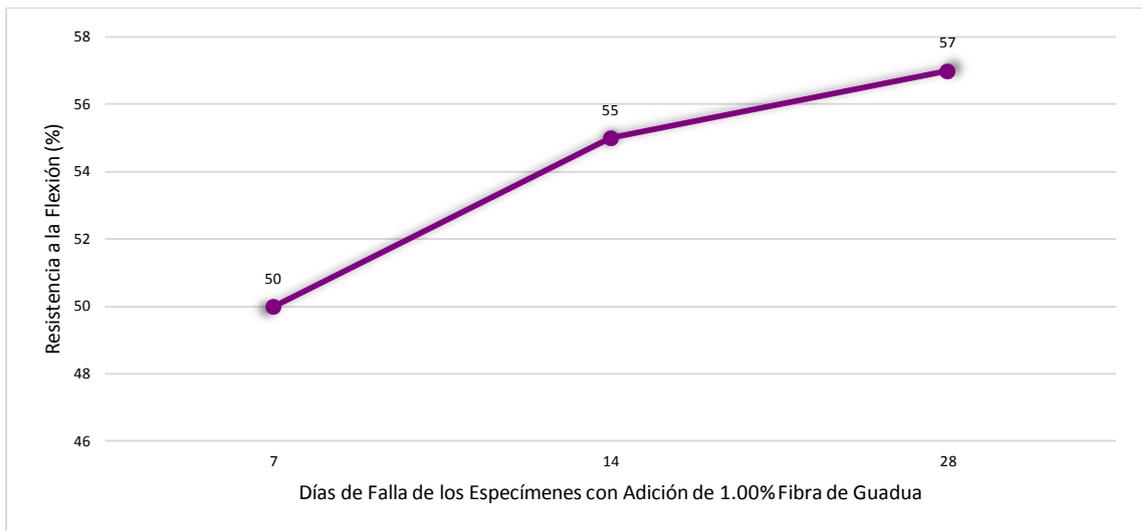


Figura 5: Resistencia a la Flexión con Adición de 1.00% de Fibra de Guadua (%)

Fuente: “Evaluación del Comportamiento Físico – Mecánico de un Concreto Hidráulico con Adición de Fibras de Guadua Angustifolia Kunth”, por Conde y Bonilla (2019, p.57)

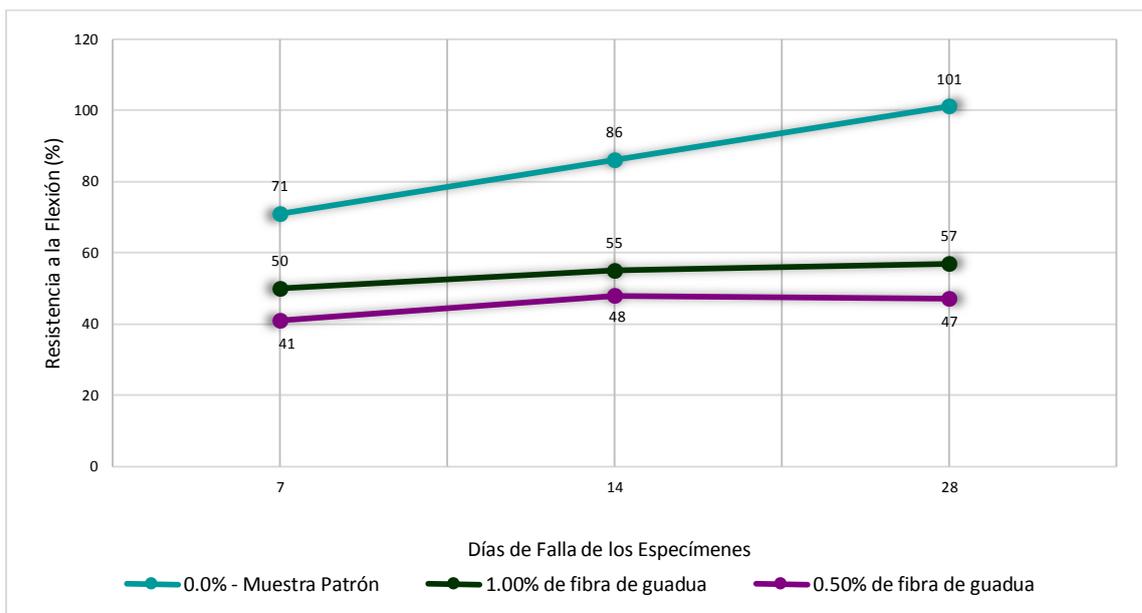


Figura 6: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Guadua (%)

Fuente: “Evaluación del Comportamiento Físico – Mecánico de un Concreto Hidráulico con Adición de Fibras de Guadua Angustifolia Kunth”, por Conde y Bonilla (2019, p.58)

Los investigadores concluyeron que, respecto al comportamiento físico – mecánico de un hormigón con adición de la mencionada fibra, refleja la disminución de resistencia a la flexión en especímenes modificados. Debido a la baja cantidad porcentual añadida. Determinando que se debe añadir mayores cantidades de dicha fibra para igualar o superar la resistencia diseño.

Zambrano, A. (2016). En la tesis; Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya, la investigadora tiene como objetivo estudiar las características físico – mecánicas de bloques de hormigón adicionando fibra de cabuya en cemento portland. Con concentraciones de fibra en el hormigón de 0, 3.3, 6.6 y 9.9% del peso del hormigón empleado en la mezcla. Para los ensayos de resistencia a la compresión, realizó ensayos tanto en posición vertical, como horizontal.

**Tabla 7**

Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación P - Muestra Patrón - Posición Vertical (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen N°.	Masa (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima (kgf)	Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
		Bruta (cm <sup>2</sup> )	Neta (cm <sup>2</sup> )		Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
					Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )	Neta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11.31	597.51	324.54	13,266.51	22	41
2	11.19	597.51	324.54	13,266.51	24	43
3	10.96	597.51	324.54	13,266.51	23	42
4	11.35	597.51	324.54	13,266.51	22	40
5	10.98	597.51	324.54	13,266.51	22	41
Promedio:	11.16	597.51	324.54	13,266.51	22	41
Desviación Estándar:					0.79	1.46

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.79)

**Tabla 8**

Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación X con Adición de 3.3% de Fibra de Cabuya – Posición Vertical (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen N°.	Masa (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima (kgf)	Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
		Bruta (cm <sup>2</sup> )	Neta (cm <sup>2</sup> )		Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )	Neta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11.47	594.51	326.90	16,019.74	27	49
2	10.72	594.51	326.90	16,825.32	28	52
3	11.38	594.51	326.90	15,989.15	27	49
4	11.41	594.51	326.90	17,273.99	29	53
5	10.81	594.51	326.90	17,569.71	30	54
Promedio:	11.16	594.51	326.90	16,735.58	28	51
Desviación Estándar:					1.22	2.17

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.80)

**Tabla 9**

Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación Y con Adición de 6.6% de Fibra de Cabuya – Posición Vertical (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen N°.	Masa (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima (kgf)	Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
		Bruta (cm <sup>2</sup> )	Neta (cm <sup>2</sup> )		Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )	Neta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11.24	595.00	326.96	12,858.62	22	39
2	10.90	595.00	326.96	11,991.86	20	37
3	11.18	595.00	326.96	13,286.90	22	41
4	11.21	595.00	326.96	10,217.56	17	31
5	10.88	595.00	326.96	13,246.11	22	40
Promedio:	11.08	595.00	326.96	12,320.21	21	38
Desviación Estándar:					2.172	3.96

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.80)

**Tabla 10**

Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación Z con Adición de 9.9% de Fibra de Cabuya – Posición Vertical (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen N°.	Masa (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima (kgf)	Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
		Bruta	Neta		Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )	Neta (kg/cm <sup>2</sup> )
		(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )			
1	11.37	593.01	312.60	12,073.44	20	39
2	11.13	593.01	312.60	11,940.88	20	38
3	10.98	593.01	312.60	11,910.29	20	38
4	11.08	593.01	312.60	11,216.88	19	36
5	11.25	593.01	312.60	9,748.49	16	31
Promedio:	11.16	593.01	312.60	11,378.00	19	36
Desviación Estándar:					1.65	3.11

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.81)

Luego, la investigadora, desarrolló ensayos de compresión en posición horizontal con distintos porcentajes de fibra tratada, cumpliendo con los 28 días de edad.

**Tabla 11**

Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación P – Muestra Patrón – Posición Horizontal (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen N°.	Masa (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima (kgf)	Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
		Bruta	Neta		Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )	Neta (kg/cm <sup>2</sup> )
		(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )			
1	14.72	803.33	803.33	13,970.11	17	17
2	14.15	803.33	803.33	14,959.24	19	18
3	14.00	803.33	803.33	16,784.53	21	21
4	14.07	803.33	803.33	15,142.79	19	19
5	14.56	803.33	803.33	14,184.25	18	18
Promedio:	14.29	803.33	803.33	15,008.18	19	19
Desviación Estándar:					1.38	1.38

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.82)

**Tabla 12**

Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación X con Adición de 3.3% de Fibra de Cabuya – Posición Horizontal (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen N°.	Masa (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima (kgf)	Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
		Bruta (cm <sup>2</sup> )	Neta (cm <sup>2</sup> )		Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )	Neta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.65	800.66	800.66	13,337.89	17	17
2	14.13	800.66	800.66	15,418.11	19	19
3	14.05	800.66	800.66	16,488.81	21	21
4	13.95	800.66	800.66	15,275.35	19	19
5	14.34	800.66	800.66	14,918.45	19	19
Promedio:	14.22	800.66	800.66	15,087.72	19	19
Desviación Estándar:					1.44	1.44

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.82)

**Tabla 13**

Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación Y con Adición de 6.6% de Fibra de Cabuya – Posición Horizontal (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen N°.	Masa (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima (kgf)	Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
		Bruta (cm <sup>2</sup> )	Neta (cm <sup>2</sup> )		Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )	Neta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.55	800.00	800.00	11,726.74	15	15
2	14.05	800.00	800.00	10,799.00	13	13
3	14.00	800.00	800.00	10,176.77	13	13
4	14.23	800.00	800.00	10,941.56	14	14
5	14.41	800.00	800.00	11,146.00	14	14
Promedio:	14.25	800.00	800.00	10,958.01	14	14
Desviación Estándar:					0.71	0.71

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p. 83)

**Tabla 14**

Resistencia a la Compresión en Bloques de Dosificación Z con Adición de 9.9% de Fibra de Cabuya – Posición Horizontal (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen N°	Masa (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima (kgf)	Resistencia a la compresión (Posición Vertical)	
		Bruta (cm <sup>2</sup> )	Neta (cm <sup>2</sup> )		Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )	Neta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.62	802.66	802.66	9,707.70	12	12
2	14.11	802.66	802.66	10,023.81	12	12
3	14.03	802.66	802.66	10,492.88	13	13
4	13.98	802.66	802.66	10,125.78	13	13
5	13.93	802.66	802.66	9,881.05	12	12
Promedio:	14.19	802.66	802.66	10,046.24	13	13
Desviación Estándar:					0.35	0.35

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.83)

Para el ensayo de resistencia a flexión, desarrollo un análisis en los mismos 3 ejes efectuados, teniendo una evaluación a los 28 días de edad.

**Tabla 15**

Resistencia a la Flexión en Probetas de Hormigón – Dosificación P – Muestra Patrón (kg/cm<sup>2</sup>)

Viga N°.	Cara Fracturada Ancho (cm)	Cara Fracturada Alto (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kgf)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Ubicación de la falla
1	15.16	15.14	45	1,193.07	16	Tercio Medio
2	15.16	15.16	45	1,254.25	16	Tercio Medio
Promedio:					16	
Desviación Estándar:					0.5	

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.87)

**Tabla 16**

Resistencia a la Flexión en Probetas de Hormigón con Adición de 3.3% de Fibra de Cabuya – Dosificación X ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Viga N°.	Cara Fracturada Ancho (cm)	Cara Fracturada Alto (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kgf)	Módulo de Rotura ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Ubicación de la falla
1	15.16	15.16	45	989.13	13	Tercio Medio
2	15.14	15.16	45	846.37	11	Tercio Medio
Promedio:					12	
Desviación Estándar:					1.3	

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.87)

**Tabla 17**

Resistencia a la Flexión en Probetas de Hormigón con Adición de 6.6% de Fibra de Cabuya – Dosificación Y ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Viga N°.	Cara Fracturada Ancho (cm)	Cara Fracturada Alto (cm)	Luz Libre (cm)	Carga ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Módulo de Rotura ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Ubicación de la falla
1	15.17	15.15	45	795.38	10	Tercio Medio
2	15.21	15.13	45	764.79	10	Tercio Medio
Promedio:					10	
Desviación Estándar:					0.29	

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.87)

**Tabla 18**

Resistencia a la Flexión en Probetas de Hormigón con Adición de 9.9% de Fibra de Cabuya – Dosificación Z (kg/cm<sup>2</sup>)

Viga N°.	Cara Fracturada Ancho (cm)	Cara Fracturada Alto (cm)	Luz Libre (cm)	Carga (kgf)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Ubicación de la falla
1	15.22	15.11	45	7,464.32	8	Tercio Medio
2	15.19	15.15	45	693.41	9	Tercio Medio
Promedio:					9	
Desviación Estándar:					0.5	

Fuente: “Estudio de las Características Físico – Mecánicas de Bloques de Hormigón con Fibra de Cabuya”, por Zambrano (2016, p.88)

De esta forma, la investigadora pudo llegar a la conclusión de que, en las pruebas de resistencia a la compresión, el tratamiento de la fibra de cabuya mejoró a los 28 días con una adición del 3.3%, aumentando la resistencia tanto en área neta como bruta en un 24%. En comparación con los bloques sin adición de fibras, mientras que los bloques con una adición del 3.3% o más, presentan una disminución de la resistencia. En las pruebas de resistencia a la flexión, cabe señalar que disminuyó ya que la mezcla patrón no mejoró. Exhibían fallas por fragilidad, sin embargo; la falla de las muestras que contenían fibra fue más duradera, lo que provocó agrietamientos como resultado de la extracción en lugar de ruptura debido a la falta de adhesión. De esta manera, la fibra de cabuya se vuelve más ventajosa para la capacidad del cuerpo para soportar la compresión.

Terreros, L. y Carvajal, I. (2016). En la tesis; Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cábamo, tienen como objetivo comprender, evaluar y analizar la viabilidad del concreto cuando se le agrega fibra de cábamo. Para obtener la resistencia a la compresión a los días 7, 14 y 28, se crearon 12 probetas cilíndricas con una relación a/c de 0.47, de las cuales seis contenían fibra de cábamo y seis no. Además, se crearon dos viguetas que contenían fibra de cábamo para determinar la resistencia a la flexión a los 28 días.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se utilizó una prensa para proporcionar una carga axial a la superficie del cilindro en condiciones estándar hasta su rotación. Definieron los parámetros de diseño de la mezcla, así como las dimensiones de los cilindros de concreto normal y con fibra de cábamo.

**Tabla 19**Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón (kg/cm<sup>2</sup>)

Id	Día	Área	
		(mm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )
C1	7	7,951.146	79.511
C2	7	8,133.407	81.334
C3	14	8,227.992	82.280
C4	14	8,184.640	81.846
C5	28	8,186.778	81.868
C6	28	8,188.916	81.889

Esfuerzo					
(kg/cm <sup>2</sup> )			(PSI)		
7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
C1: 214	C3: 249	C5: 281	C1: 3054	C3: 3559	C5: 4013
C2: 209	C4: 257	C6: 281	C2: 2985	C4: 3665	C6: 4012

Fuente: “Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo”, por Terreros y Carvajal (2016, p.64)

**Tabla 20**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cáñamo (kg/cm<sup>2</sup>)

Id	Día	Área	
		(mm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )
M1	7	8,180.364	81.804
M2	7	8,196.403	81.964
M3	14	8,229.600	82.296
M4	14	8,225.849	82.258
M	28	8,082.336	80.823
M6	28	7,995.990	79.960

Esfuerzo					
(kg/cm <sup>2</sup> )			(PSI)		
7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
M1: 220	M3: 261	M5: 278	M1: 3143	M3: 3732	M5: 3977
M2: 220	M4: 261	M6: 281	M2: 3137	M4: 3734	M6: 4020

Fuente: “Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo”, por Terreros y Carvajal (2016, p.65)

Cada viga fue removida para la prueba de resistencia a la flexión ya que, según la norma; esta debe hacerse inmediatamente después de haber removido el sitio de curado. definiendo los parámetros de diseño de la mezcla y los datos de las vigas a evaluar, al igual que en el estudio anterior.

**Tabla 21**

Carga Máxima a la Flexión de las Vigas (kg)

Viga	Carga máxima a flexión (kN)	Carga máxima a flexión (kg)	l(cm)	b(cm)	d(cm)	P(kg)	R(kg/cm <sup>2</sup> )
M1	34.30	3,500	50.10	15.50	14.69	3,497.63	52
M2	31.40	3,200	50.17	15.56	14.81	3,201.91	47

Fuente: “Análisis de las Propiedades Físico – Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo”, por Terreros y Carvajal (2016, p.70)

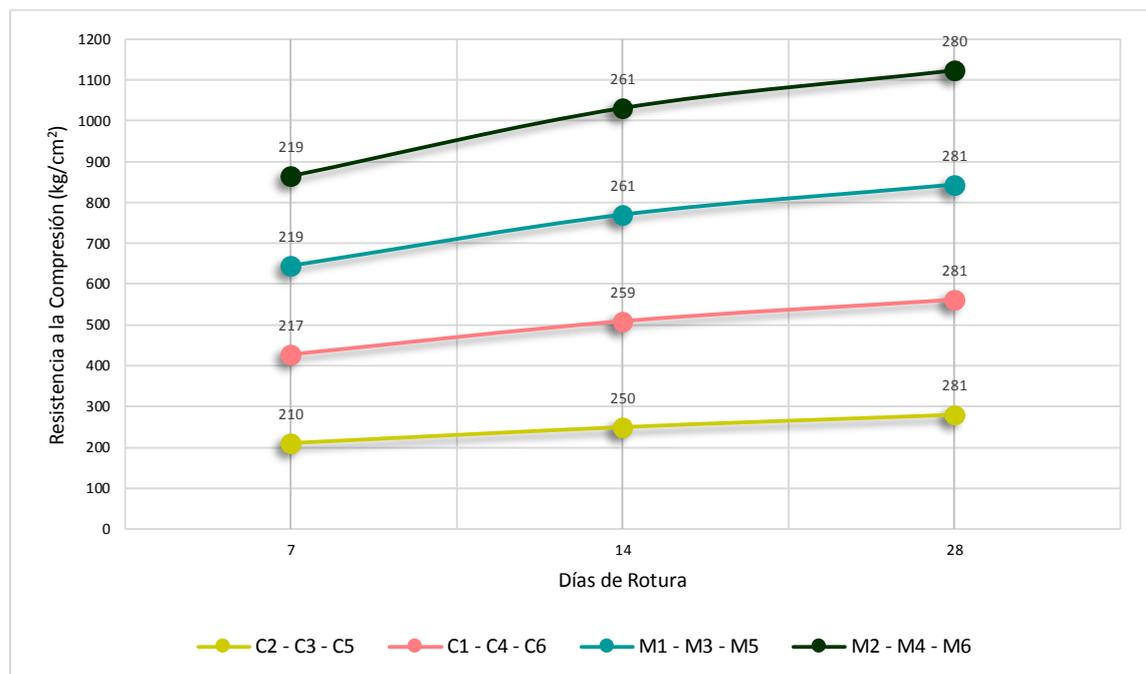


Figura 7: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cáñamo (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Análisis de las Propiedades Físico – Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo”, por Terreros y Carvajal (2016, p.71)

Los investigadores demostraron que existe una mayor resistencia a la compresión después de 7 días de agregar fibra de cáñamo que con un hormigón patrón en un 2.22%. Hay una variación de 1.71% en los días 14 y 28, mostrando una tendencia lineal y una tendencia decreciente respectivamente. Las dos vigas difieren en un 10,11% respecto a la resistencia a la flexión del hormigón base. determinando que la adición de fibra de cáñamo es factible como lo demuestran las observaciones realizadas a los 7, 14 y 28 días. También hay una comparación entre la forma en que se agrieta la base del hormigón patrón y con adición de fibra de cáñamo. En el hormigón base se observaron fracturas casi en su totalidad, sin embargo; con la adición de fibra solo se observaron fracturas parciales. Y los resultados de las dos vigas examinadas se compararon respecto a la resistencia a la flexión. Los resultados se consideran positivos ya que difieren en 4.41% y 2.53% en la viga uno (M1) y la viga dos (M2) respecto a los valores teóricos de resistencia a compresión, porque el hormigón sufrió una fractura parcial. Determinando que la fibra de cáñamo ayuda a evitar el agrietamiento y promueve una mejor aglomeración del material para garantizar que el hormigón permanezca intacto durante las roturas tanto por compresión como por flexión. Romero, L. y Vega, M. (2019). En la tesis; Estudio del Efecto en Diferentes Cantidades de Fibra de Vástago de Plátano en Propiedades Físico – Mecánicas del Concreto Hidráulico para Pavimento, las investigadoras tienen como objetivo determinar el porcentaje ideal que mejore los resultados respecto a la resistencia y módulo de rotura. Para ello realizaron distintos ensayos, siendo dos de ellos; ensayo de resistencia a la compresión y flexión, en cilindros y vigas respectivamente, con análisis a los 14, 21 y 28 días de edad, adicionando fibra de vástago de plátano.

**Tabla 22**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Vástago de Plátano (kg/cm<sup>2</sup>)

N°. de muestra	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3
14 días	207	211	214
21 días	254	246	261
28 días	284	258	294

Fuente: “Estudio del Efecto en Diferentes Cantidades de Fibra de Vástago de Plátano en Propiedades Físico – Mecánicas del Concreto Hidráulico para Pavimento”, por Romero y Vega (2019, p.73)

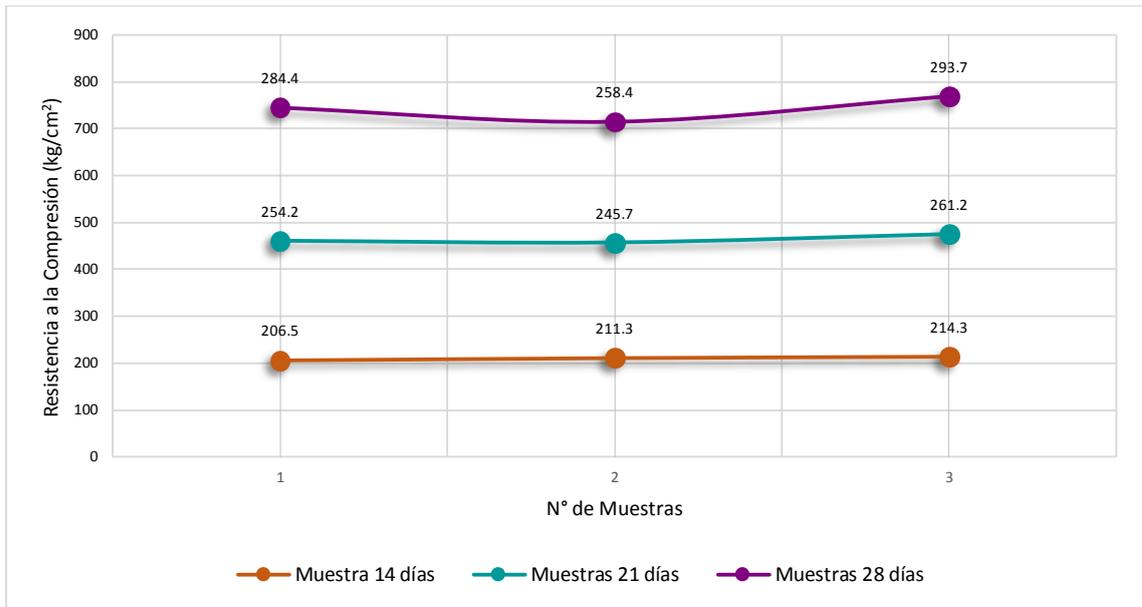


Figura 8: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Vástago de Plátano ( $f'_c$ ) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Fuente: “Estudio del Efecto en Diferentes Cantidades de Fibra de Vástago de Plátano en Propiedades Físico – Mecánicas del Concreto Hidráulico para Pavimento”, por Romero y Vega (2019, p.73)

**Tabla 23**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Vástago de Plátano ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

N°. de muestra	Viga 1	Viga 2	Viga 3
14 días	30	30	31
21 días	37	34	35
28 días	38	39	42

Fuente: “Estudio del Efecto en Diferentes Cantidades de Fibra de Vástago de Plátano en Propiedades Físico – Mecánicas del Concreto Hidráulico para Pavimento”, por Romero y Vega (2019, p.78)

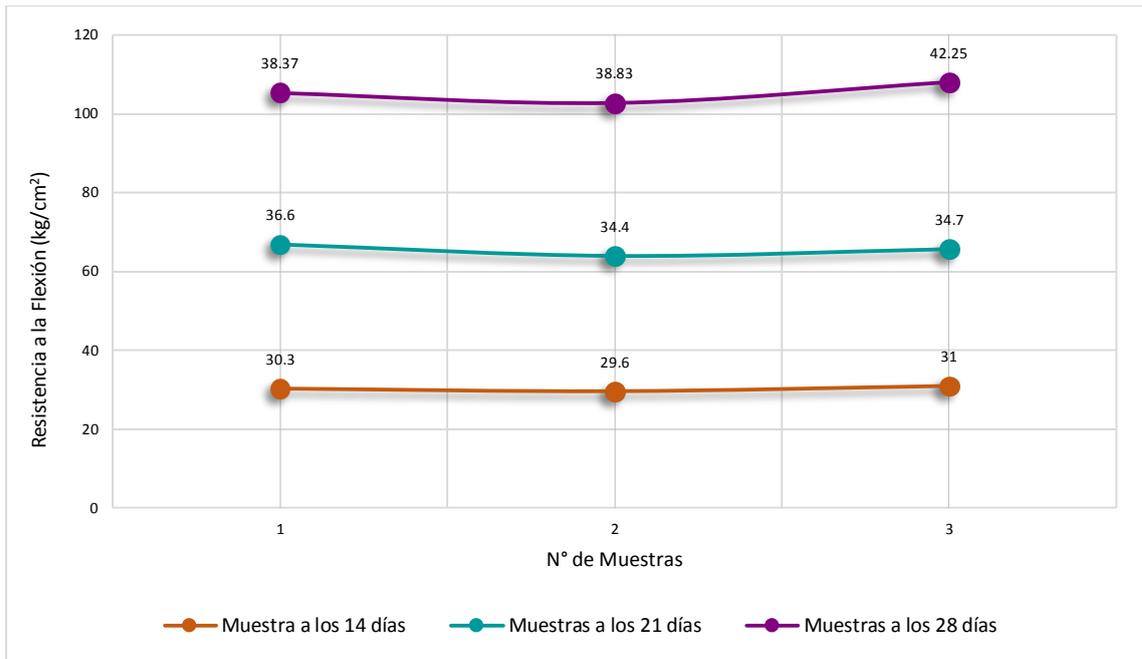


Figura 9: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Vástago de Plátano (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Estudio del Efecto en Diferentes Cantidades de Fibra de Vástago de Plátano en Propiedades Físico – Mecánicas del Concreto Hidráulico para Pavimento”, por Romero y Vega (2019, p.79)

Con ello, las investigadoras concluyeron que el hormigón con adición de fibras, obtuvo valores con resistencias más elevadas, en relación a los hormigones convencionales. Obteniendo una mejora del 20% comparado con la resistencia final del hormigón convencional de 281 kg/cm<sup>2</sup> (resistencia a la compresión) y un 5% comparado con los ensayos de resistencia a la flexión. Siendo viable el uso de fibra de vástago de plátano.

Fernandes, J. (2018). En la tesis; *Fabricação e Caracterização de Compósitos de Concreto com Adição de Fibra de Coco para Confecção de Pisos Permeáveis*, el investigador nos define que analizó placas de piso permeables hechas a base de hormigón con adición de mesocarpio de coco (fibra de coco), con porcentajes seleccionados con el fin de encontrar la mejor dosificación que mejor cumpla con los requisitos de la normativa vigente. Para ello realizó ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

**Tabla 24**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Porcentaje (%)	Área (cm <sup>2</sup> )	CP1			CP2			CP3			Promedio Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
		Fuerza (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
0	78.5	4,578.52	58	78.5	4,738.62	60	78.5	4,794.70	61	60 ± 0.11	
10	78.5	6,324.28	81	78.5	6,372.21	81	78.5	6,347.73	81	81 ± 0.02	
20	78.5	5,370.84	68	78.5	5,763.43	73	78.5	6,164.18	79	73 ± 0.40	
30	78.5	6,507.83	83	78.5	5,154.66	66	78.5	5,578.87	71	73 ± 0.71	

Fuente: “*Fabricação e Caracterização de Compósitos de Concreto com Adição de Fibra de Coco para Confecção de Pisos Permeáveis*”, por Fernandes (2018, p.50)

**Tabla 25**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Porcentaje	CP1			CP2			CP3			Promedio
	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
Control	78.5	7,284.85	93	78.5	6,940.19	88	78.5	7,204.29	92	91 ± 0.18
10%	78.5	6,763.78	86	78.5	7,636.65	97	78.5	7,844.68	100	94 ± 0.58
20%	78.5	4,754.94	61	78.5	5,731.82	73	78.5	5,995.93	76	70 ± 0.67
30%	78.5	6,171.32	79	78.5	4,170.64	53	78.5	4,698.85	60	64 ± 1.06

Fuente: “*Fabricação e Caracterização de Compósitos de Concreto com Adição de Fibra de Coco para Confecção de Pisos Permeáveis*”, por Fernandes (2018, p.51)

**Tabla 26**Resultados de Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Porcentaje (%)	N°.	Ruptura (kg)	Anchura b (cm)	Anchura d (cm)	Rotura (cm)	Resistencia a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )
0	1	734	10.3	9.9	Medio	22	21 ± 0.12
	2	734	10.2	10.3	9.6	20	
	3	762	10.4	9.8	Medio	23	
	4	737	10.0	10.4	Medio	20	
	5	734	10.9	10.0	Medio	20	
10	1	781	10.3	10.0	Medio	23	23 ± 0.04
	2	840	10.2	10.3	Medio	23	
	3	929	10.4	10.6	Medio	24	
	4	850	10.0	10.4	Medio	24	
	5	908	10.9	10.1	9.5	23	
20	1	724	10.3	10.2	Medio	20	20 ± 0.07
	2	746	10.2	10.3	Medio	21	
	3	716	10.4	10.2	Medio	20	
	4	706	10.0	10.0	Medio	21	
	5	739	10.1	10.7	Medio	19	
30	1	749	10.3	10.4	9.8	20	20 ± 0.14
	2	795	10.2	10.3	Medio	22	
	3	751	10.4	10.6	Medio	19	
	4	760	10.0	10.4	Medio	21	
	5	744	10.9	10.7	Medio	18	

Fuente: “*Fabricação e Caracterização de Compósitos de Concreto com Adição de Fibra de Coco para Confecção de Pisos Permeáveis*”, por Fernandes (2018, p.61)

El investigador concluyó que en el ensayo de resistencia a la flexión se obtuvieron resultados muy cercanos a los establecidos en la norma, donde los ensayos al 10% obtuvieron mejores rendimientos con una resistencia promedio de 2.29 MPa, que es aproximadamente un 15% por encima del mínimo deseado. Lo cual también ocurrió con muestras de 10% de resistencia a la compresión que alcanzaron los 12 MPa aproximadamente donde se esperaba que estuviera entre 2.8 y 28 MPa. Quedando patente la viabilidad de utilizar fibra de coco para actuar como agente ecológico y reforzar propiedades en los hormigones permeables.

Moreno, G. y Reyes, L. (2018). En la tesis; Analizar de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco, tienen como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de un determinado sistema hidráulico que ha sido alterado por la adición de fibra de coco. Tanto en estado plástico como en estado endurecido para resistencia a la compresión, flexión y asentamiento.

**Tabla 27**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 178 kg/cm<sup>2</sup>

Edad de curado	Diseño	Resistencia a la compresión		% alcanzado
		kg/cm <sup>2</sup>	MPa	
7 días	Concreto sin modificar	112	11	64
	3% de fibra	116	11	66
	5% de fibra	112	11	64
	7% de fibra	109	11	62
14 días	Concreto sin modificar	144	14	82
	3% de fibra	145	14	83
	5% de fibra	142	14	81
	7% de fibra	142	14	81
28 días	Concreto sin modificar	179	18	102
	3% de fibra	181	18	103
	5% de fibra	177	17	101
	7% de fibra	175	17	100

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.81)

**Tabla 28**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 214 kg/cm<sup>2</sup>

Edad de curado	Diseño	Resistencia a la compresión		% alcanzado
		kg/cm <sup>2</sup>	MPa	
7 días	Concreto sin modificar	139	14	66
	3% de fibra	141	14	67
	5% de fibra	138	14	66
	7% de fibra	137	13	65
14 días	Concreto sin modificar	179	18	85
	3% de fibra	183	18	87
	5% de fibra	177	17	84
	7% de fibra	175	17	83
28 días	Concreto sin modificar	219	21	104
	3% de fibra	223	22	106
	5% de fibra	217	21	103
	7% de fibra	215	21	102

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.84)

**Tabla 29**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 250 kg/cm<sup>2</sup>

Edad de curado	Diseño	Resistencia a la compresión		% alcanzado
		kg/cm <sup>2</sup>	MPa	
7 días	Concreto sin modificar	164	16	67
	3% de fibra	169	17	69
	5% de fibra	164	16	67
	7% de fibra	162	16	66
14 días	Concreto sin modificar	206	20	84
	3% de fibra	209	20	85
	5% de fibra	204	20	83
	7% de fibra	204	20	83
28 días	Concreto sin modificar	258	25	105
	3% de fibra	263	26	107
	5% de fibra	255	25	104
	7% de fibra	253	25	103

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.86)

**Tabla 30**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco – 285 kg/cm<sup>2</sup>

Edad de curado	Diseño	Resistencia a la compresión		% alcanzado
		kg/cm <sup>2</sup>	MPa	
7 días	Concreto sin modificar	191	19	68
	3% de fibra	194	19	69
	5% de fibra	191	19	68
	7% de fibra	188	18	67
14 días	Concreto sin modificar	241	24	86
	3% de fibra	247	24	88
	5% de fibra	239	23	85
	7% de fibra	236	23	84
28 días	Concreto sin modificar	300	29	107
	3% de fibra	306	30	109
	5% de fibra	298	29	106
	7% de fibra	295	29	105

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.89)

**Tabla 31**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 178 kg/cm<sup>2</sup>

Edad de curado	Diseño	Resistencia a la flexión			% alcanzado
		MR (kg/cm <sup>2</sup> )	PSI	MPa	
7 días	Concreto sin modificar	21	303	2	12
	3% de fibra	20	287	2	11
	5% de fibra	21	308	2	12
	7% de fibra	32	446	3	18
14 días	Concreto sin modificar	24	351	2	14
	3% de fibra	24	355	2	14
	5% de fibra	25	363	2	14
	7% de fibra	33	464	3	18
28 días	Concreto sin modificar	29	421	3	17
	3% de fibra	29	425	3	17
	5% de fibra	29	427	3	17
	7% de fibra	39	545	4	22

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.92)

**Tabla 32**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 214 kg/cm<sup>2</sup>

Edad de curado	Diseño	Resistencia a la flexión			% alcanzado
		MR (kg/cm <sup>2</sup> )	PSI	MPa	
7 días	Concreto sin modificar	30	438	3	14
	3% de fibra	28	403	3	13
	5% de fibra	33	471	3	15
	7% de fibra	32	445	3	15
14 días	Concreto sin modificar	33	458	3	15
	3% de fibra	32	448	3	15
	5% de fibra	34	485	3	16
	7% de fibra	33	465	3	15
28 días	Concreto sin modificar	34	484	3	16
	3% de fibra	36	514	4	17
	5% de fibra	36	502	4	17
	7% de fibra	39	545	4	18

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.94)

**Tabla 33**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 250 kg/cm<sup>2</sup>

Edad de curado	Diseño	Resistencia a la flexión			% alcanzado
		MR (kg/cm <sup>2</sup> )	PSI	MPa	
7 días	Concreto sin modificar	26	381	3	11
	3% de fibra	25	370	3	10
	5% de fibra	26	378	3	11
	7% de fibra	30	438	3	12
14 días	Concreto sin modificar	30	440	3	12
	3% de fibra	32	444	3	13
	5% de fibra	32	448	3	13
	7% de fibra	41	585	4	16
28 días	Concreto sin modificar	41	586	4	16
	3% de fibra	42	589	4	17
	5% de fibra	42	600	4	17
	7% de fibra	47	660	5	18

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.97)

**Tabla 34**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 291 kg/cm<sup>2</sup>

Edad de curado	Diseño	Resistencia a la flexión			% alcanzado
		MR (kg/cm <sup>2</sup> )	PSI	MPa	
7 días	Concreto sin modificar	54	764	5	19
	3% de fibra	53	754	5	18
	5% de fibra	54	768	5	19
	7% de fibra	57	819	6	20
14 días	Concreto sin modificar	62	879	6	21
	3% de fibra	61	869	6	21
	5% de fibra	63	898	6	22
	7% de fibra	63	906	6	22
28 días	Concreto sin modificar	66	936	7	23
	3% de fibra	65	927	6	23
	5% de fibra	66	943	7	23
	7% de fibra	69	983	7	24

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.100)

El investigador llegó a la conclusión de que, para las pruebas de resistencia a la compresión de 28 días, la adición de un 3% de fibra de estopa de coco arrojó la resistencia máxima a la compresión de 306 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las pruebas de resistencia a la flexión de 28 días arrojaron el valor máximo de 69 kg/cm<sup>2</sup> con adición de 3% de fibras de estopa de coco. En consecuencia, se puede concluir que la resistencia a la compresión mejorará al agregar una menor cantidad de fibra y la resistencia a la flexión aumentará al agregar mayor cantidad de fibra.

#### 2.2.2. Investigaciones nacionales

Vela, L. y Yovera, R. (2016). En la tesis; Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco, tienen por objetivo evaluar las propiedades mecánicas del hormigón con incorporación de fibra de coco. Para ello, analizó la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) y resistencia a la flexión. Teniendo en cuenta, la relación  $a/c$  para muestras de  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> de 0.65 y para  $f'c= 280$  kg/cm<sup>2</sup> de 0.58.

**Tabla 35**

Asentamientos Recomendados para Diversos Tipos de Construcción (")

Tipo de estructura	Slump máximo	Slump mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	3"	1"
Columnas	3"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	3"	1"

Fuente: "Diseño de Mezclas", por American Concrete Institute (2011, p.14)

Durante la evaluación de propiedades mecánicas del hormigón convencional en estado fresco, determinaron un slump de 3.6". Definiendo también de manera gráfica, los resultados para todas las muestras.

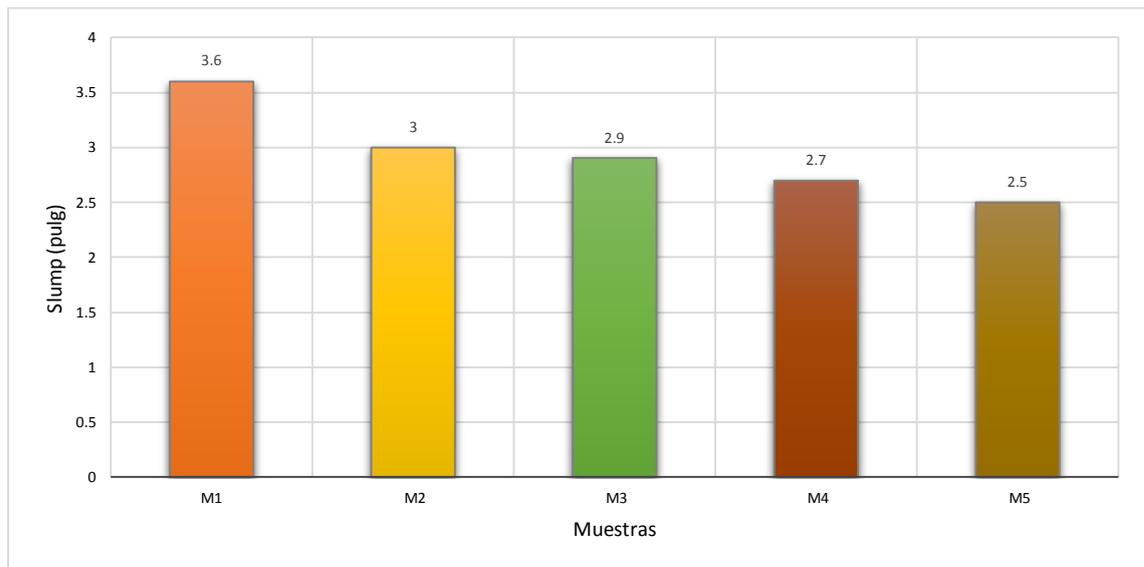


Figura 10: Slump  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  para Mezclas con Adición de Fibra de Coco (")

Fuente: "Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco", por Vela y Yovera (2016, p.121)

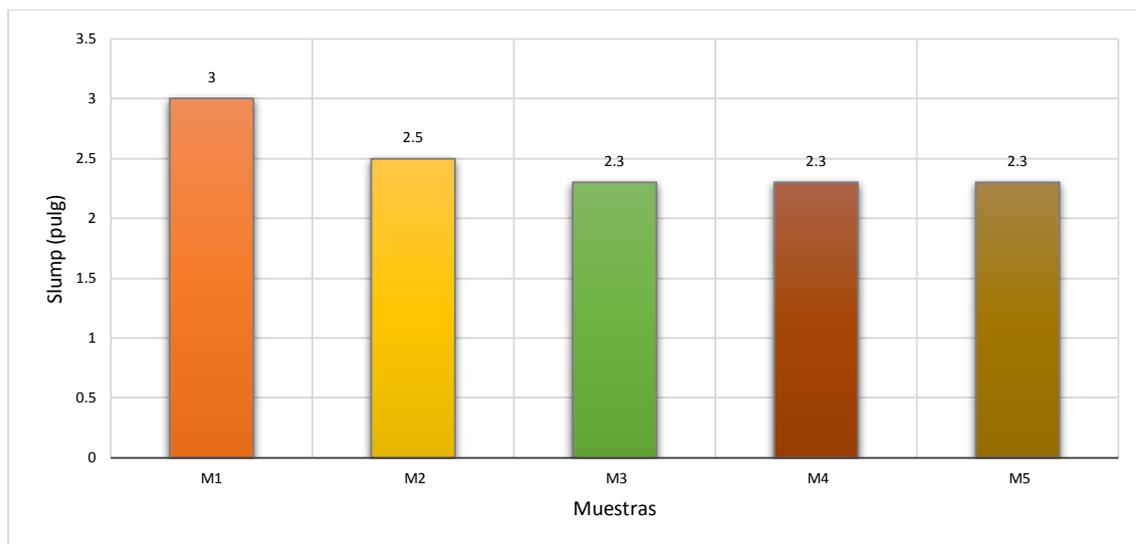


Figura 11: Slump  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para Mezclas con Adición de Fibra de Coco (")

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.132)

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos por los investigadores respecto al hormigón convencional y adición de fibra de coco respecto a la resistencia a la compresión:

**Tabla 36**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la compresión diseño ( $\text{kg/cm}^2$ )	(%)
M1	3/04/2016	10/04/2016	7	150	210	72
M1	3/04/2016	10/04/2016	14	166	210	79
M1	3/04/2016	10/04/2016	28	211	210	101

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p. 125)

**Tabla 37**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco –  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ 

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la compresión diseño ( $\text{kg/cm}^2$ )	(%)
M1	3/04/2016	10/04/2016	7	214	280	76
M1	3/04/2016	17/04/2016	14	247	280	88
M1	3/04/2016	1/05/2016	28	292	280	104

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.126)

**Tabla 38**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco con Proporción 0.50% y Longitud de 2.0 cm –  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ 

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la compresión diseño ( $\text{kg/cm}^2$ )	(%)
M2	5/04/2016	12/04/2016	7	150	211	71
M2	5/04/2016	19/04/2016	14	171	211	81
M2	5/04/2016	3/05/2016	28	211	211	100

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.133)

**Tabla 39**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco con Proporción 0.50% y Longitud de 2.0 cm –  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ 

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la compresión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la compresión diseño ( $\text{kg/cm}^2$ )	(%)
M2	5/04/2016	12/04/2016	7	209	292	72
M2	5/04/2016	19/04/2016	14	229	292	79
M2	5/04/2016	3/05/2016	28	271	292	93

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.137)

Luego, se mostrará los resultados obtenidos por los investigadores respecto al hormigón convencional y adición de fibra de estopa de coco respecto a la resistencia a la flexión:

**Tabla 40**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco -  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la flexión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )
M1	9/04/2016	16/04/2016	7	22
M1	9/04/2016	23/04/2016	14	24
M1	9/04/2016	7/05/2016	28	32

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.129)

**Tabla 41**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la flexión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )
M1	9/04/2016	16/04/2016	7	32
M1	9/04/2016	23/04/2016	14	37
M1	9/04/2016	7/05/2016	28	40

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.130)

**Tabla 42**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco con Proporción 0.50% y Longitud de 2.0 cm –  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la flexión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la flexión diseño ( $\text{kg/cm}^2$ )	(%)
M2	11/04/2016	18/04/2016	7	25	32	78
M2	11/04/2016	25/04/2016	14	26	32	82
M2	11/04/2016	9/05/2016	28	33	32	102

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.151)

**Tabla 43**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco con Proporción 0.50% y Longitud de 2.0 cm –  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia a la flexión promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la flexión diseño ( $\text{kg/cm}^2$ )	(%)
M2	11/04/2016	18/04/2016	7	30	40	73
M2	11/04/2016	28/04/2016	14	34	40	84
M2	11/04/2016	15/05/2016	28	40	40	99

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.154)

De esta forma, los investigadores pueden llegar a la conclusión de que los resultados obtenidos a los 28 días ( $M_r = 31,9 \text{ kg/cm}^2$ ) y ( $M_r = 40,2 \text{ kg/cm}^2$ ) son los elegidos para las comparaciones de hormigón con fibra de coco. Asimismo, de esta forma se definen los valores para las comparaciones de resistencias a compresión. Esto nos lleva a la conclusión de que la adición de fibra de coco aumenta la resistencia del hormigón a la compresión y flexión.

Quilluya, A. y Flores, D. (2019). En la siguiente tesis, los investigadores muestran la influencia de las fibras de totora en la resistencia mecánica del concreto. Para ello, hicieron uso de cemento Rumi IP, agregado grueso (grava), agregado fino (arena), fibra vegetal a partir de la totora y agua potable proveniente de la ciudad de Juliaca.

Para el desarrollo experimental, se realizó la dosificación del concreto. Con una fuerza de compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, en porcentajes de 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de totora. Desarrollados en probetas cilíndricas con y sin fibra celulosa. Obtuvieron como resultados que:

**Tabla 44**

Diseño de Mezcla

Fibra de Totora (%)	Relación (cemento: arena: grava: fibra)
0.5	1:1.9:3.078:0.022
1.0	1:1.9:3.056:0.044
1.5	1:1.9:3.034:0.066

Fuente: “Influencia de las Fibras de Totora (Schoenoplectus Californicus) en la Resistencia Mecánica del Concreto”, por Quilluya y Flores (2019, p.7)

**Tabla 45**

Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón (kg/cm<sup>2</sup>)

Edad (días)	Diámetro (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza a la falla (kg)	Esfuerzo máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10	78.54	210	13,138	167	
7	10	78.54	210	9,023	115	134
7	10	78.54	210	9,503	121	

Fuente: “Influencia de las Fibras de Totora (Schoenoplectus Californicus) en la Resistencia Mecánica del Concreto”, por Quilluya y Flores (2019, p.8)

**Tabla 46**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Totora de 0.50% (kg/cm<sup>2</sup>)

Edad (días)	Diámetro (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza a la falla (kg)	Esfuerzo máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10	78.54	210	2,684	34	
7	10	78.54	210	1,790	28	27
7	10	78.54	210	1,508	19	

Fuente: “Influencia de las Fibras de Totora (Schoenoplectus Californicus) en la Resistencia Mecánica del Concreto”, por Quilluya y Flores (2019, p.8)

**Tabla 47**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Totora de 1.00% (kg/cm<sup>2</sup>)

Edad (días)	Diámetro (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza a la falla (kg)	Esfuerzo máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10	78.54	210	1,252	16	
7	10	78.54	210	1,231	16	16
7	10	78.54	210	1,254	16	

Fuente: “Influencia de las Fibras de Totora (Schoenoplectus Californicus) en la Resistencia Mecánica del Concreto”, por Quilluya y Flores (2019, p.9)

**Tabla 48**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Totora de 1.50% (kg/cm<sup>2</sup>)

Edad (días)	Diámetro (cm)	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza a la falla (kg)	Esfuerzo máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10	78.54	210	1,107	13	
7	10	78.54	210	859	10	10
7	10	78.54	210	637	8	

Fuente: “Influencia de las Fibras de Totora (Schoenoplectus Californicus) en la Resistencia Mecánica del Concreto”, por Quilluya y Flores (2019, p.10)

Los investigadores llegaron a la conclusión de que se recomienda un análisis de los costos y beneficios del uso de la fibra como refuerzo del hormigón según la ubicación del proyecto. Por lo mismo que los hormigones con más edad tienen mayor resistencia, se aconseja realizar un curado de 14 y 28 días; en otros estudios se ha sugerido un curado del hormigón de 28 días para una óptima resistencia y buenos resultados.

Alegre, C. (2018). En la tesis; Resistencia a la Flexión en Vigas de Concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , al Adicionar en un 5% y 10% de Fibra de Agave Lechuguilla, el investigador tiene como objetivo analizar las ventajas de la fibra de agave de lechuguilla al ser añadido al hormigón, realizando una evaluación en resistencia a la flexión específicamente. Para la selección del asentamiento adecuado, de acuerdo a las especificaciones, se requiere que la mezcla tenga una consistencia plástica, definiendo así un asentamiento de 3" a 4".

Aplicaron el método de viga simple cargada en el tercio de la luz (Normas ASTM C-78, MTC E-709-2000).

Realizando ensayos de resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días de curado en viga, analizando las vigas patrón y la adición del 5% y 10% de fibra de agave de lechuguilla. Para la elaboración del hormigón se utilizó una relación de a/c de 0.68.

**Tabla 49**Resistencia a la Flexión en Viga Simple Cargada al Tercio de Luz con Adición de Fibra de Lechuguilla – 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Espécimen - Elemento	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad (días)	Ancho b (m)	Altura h (cm)	Longitud l (cm)	$\delta$ (mm)	Carga p (kg)	Módulo R (kg/cm <sup>2</sup> )
P VA-1	10/02/2017	17/02/2017	7	15.20	15.10	45.10	3.05	7,770	101
P VA-2	10/02/2017	17/02/2017	7	15.20	15.10	45.20	3.15	7,731	101
P VA-3	10/02/2017	17/02/2017	7	15.15	15.15	45.00	2.70	6,968.	90
5% VA-1	17/02/2017	24/02/2017	7	15.20	15.10	45.10	3.05	7,411	96
5% VA-2	17/02/2017	24/02/2017	7	15.20	15.10	45.20	3.15	6,785	89
5% VA-3	17/02/2017	24/02/2017	7	15.15	15.15	45.00	2.70	6,512	84
10% VA-1	17/02/2017	24/02/2017	7	15.20	15.10	45.10	3.05	7,028	92
10% VA-2	17/02/2017	24/02/2017	7	15.20	15.10	45.20	3.15	7,397	97
10% VA-3	17/02/2017	24/02/2017	7	15.15	15.15	45.00	2.70	7,260	94

Fuente: “Resistencia a la Flexión en Vigas de Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , al Adicionar en un 5% y 10% de Fibra de Agave Lechuguilla”, por Alegre (2018, p.131)

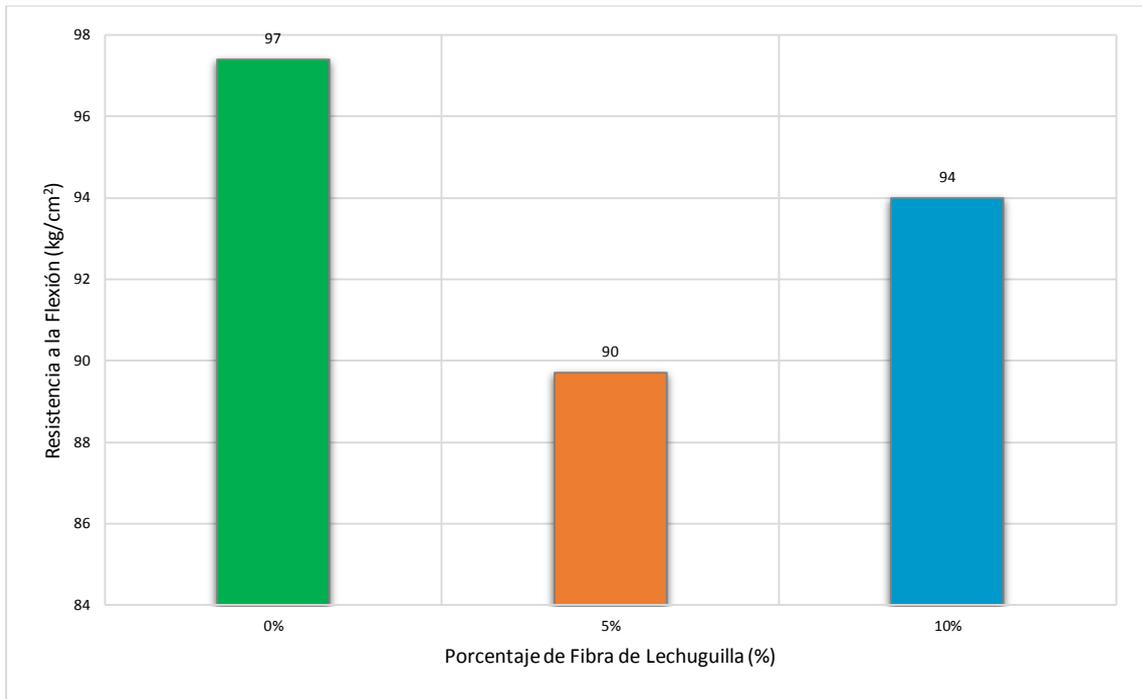


Figura 12: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Lechuguilla –  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> – 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Resistencia a la Flexión en Vigas de Concreto  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, al Adicionar en un 5% y 10% de Fibra de Agave Lechuguilla”, por Alegre (2018, p.132)

**Tabla 50**Resistencia a la Flexión en Viga Simple Cargada al Tercio de Luz con Adición de Fibra de Lechuguilla – 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Espécimen - Elemento	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad	Ancho b (m)	Altura h (cm)	Longitud l (cm)	$\delta$ (mm)	Carga p (kg)	Módulo de rotura R (kg/cm <sup>2</sup> )
P14-VA-4	10/02/2017	24/02/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.95	9,273.00	120
P14-VA-5	10/02/2017	24/02/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.30	9,089.00	118
P14-VA-6	10/02/2017	24/02/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.90	8,782.00	114
M14-5% VA-4	17/02/2017	3/03/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.95	9,220.00	119
M14-5% VA-5	17/02/2017	3/03/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.30	9,056.00	117
M14-5% VA-6	17/02/2017	3/03/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.90	9,007.00	117
M14-10% VA-4	14/02/2017	28/02/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.95	9,390.00	122
M14-10% VA-5	14/02/2017	28/02/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.30	9,337.00	121
M14-10% VA-6	14/02/2017	28/02/2017	14	15.15	15.15	45.00	2.90	9,298.00	120

Fuente: “Resistencia a la Flexión en Vigas de Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , al Adicionar en un 5% y 10% de Fibra de Agave Lechuguilla”, por Alegre (2018, p.133)

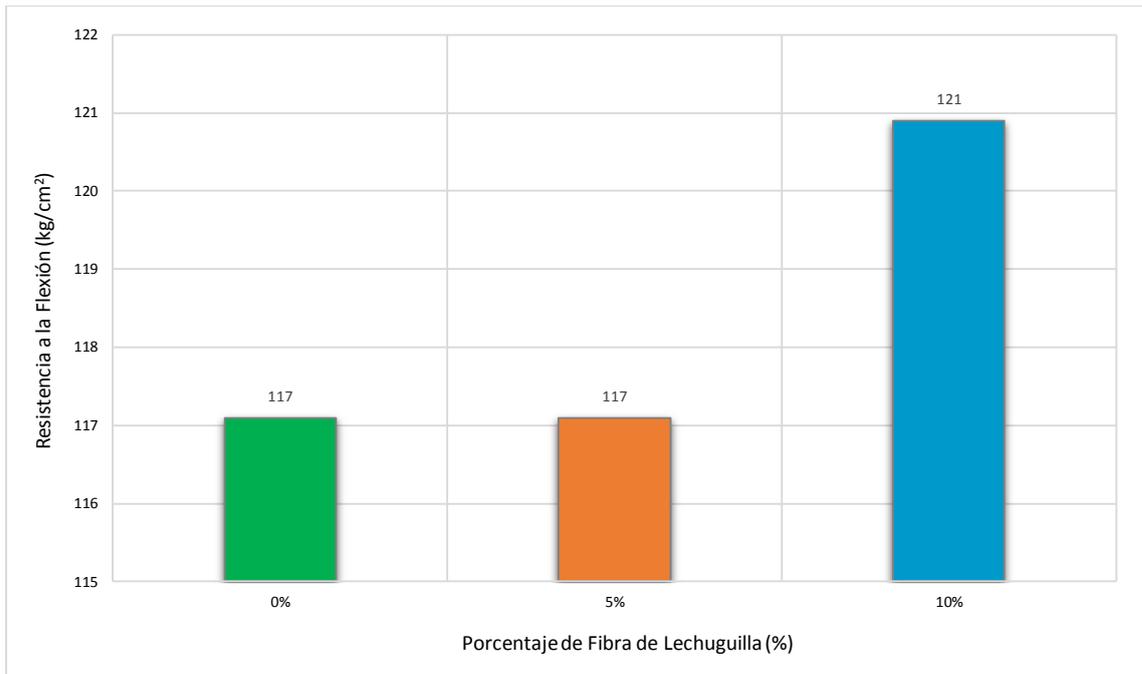


Figura 13: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Lechuguilla –  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> – 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Resistencia a la Flexión en Vigas de Concreto  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, al Adicionar en un 5% y 10% de Fibra de Agave Lechuguilla”, por Alegre (2018, p.134)

**Tabla 51**Resistencia a la Flexión en Viga Simple Cargada al Tercio de Luz con Adición de Fibra de Lechuguilla – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Espécimen - Elemento	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad	Ancho b (m)	Altura h (cm)	Longitud l (cm)	$\delta$ (mm)	Carga p (kg)	Módulo de rotura R (kg/cm <sup>2</sup> )
P28-VA-7	10/02/2017	10/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.12	9,460.00	122
P28-VA-8	10/02/2017	10/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.50	9,880.00	128
P28-VA-9	10/02/2017	10/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.46	9,720.00	126
M28-5% VA-7	17/02/2017	17/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.12	9,560.00	124
M28-5% VA-8	17/02/2017	17/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.50	9,480.00	123
M28-5% VA-9	17/02/2017	17/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.46	9,260.00	120
M28-10% VA-7	14/02/2017	14/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.12	9,970.00	129
M28-10% VA-8	14/02/2017	14/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.50	10,180.00	132
M28-10% VA-9	14/02/2017	14/03/2017	28	15.15	15.15	45.00	3.46	9,985.00	129

Fuente: “Resistencia a la Flexión en Vigas de Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , al Adicionar en un 5% y 10% de Fibra de Agave Lechuguilla”, por Alegre (2018, p.135)

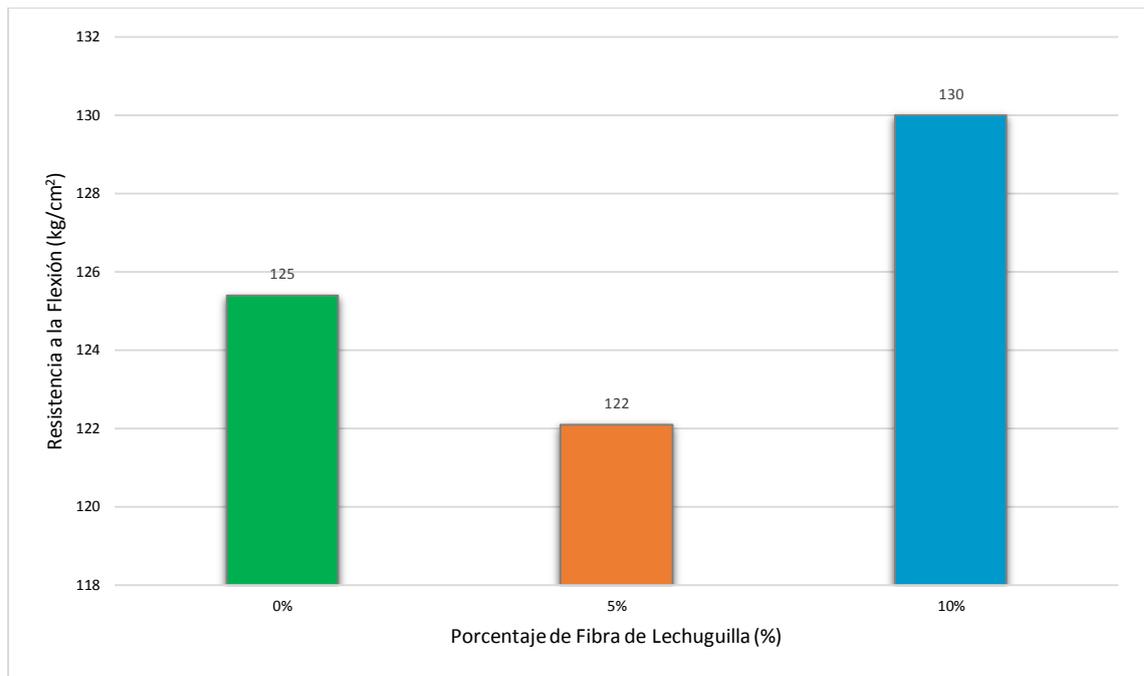


Figura 14: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Lechuguilla para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 - 28 \text{ días}$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

Fuente: “Resistencia a la Flexión en Vigas de Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , al Adicionar en un 5% y 10% de Fibra de Agave Lechuguilla”, por Alegre (2018, p.136)

Villanueva, N. (2016). En la tesis; Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto, luego de la adición de fibra de coco en varias cantidades de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%, la investigadora evaluó las características mecánicas del hormigón. Para ello, la investigadora emplea la metodología ACI-211 así como el módulo de finura de combinación de los agregados. Evaluó 45 probetas cilíndricas y 45 muestras con una relación a/c de 0.56 mientras aplicaba resistencia a la compresión y la flexión para obtener el mejor resultado posible.

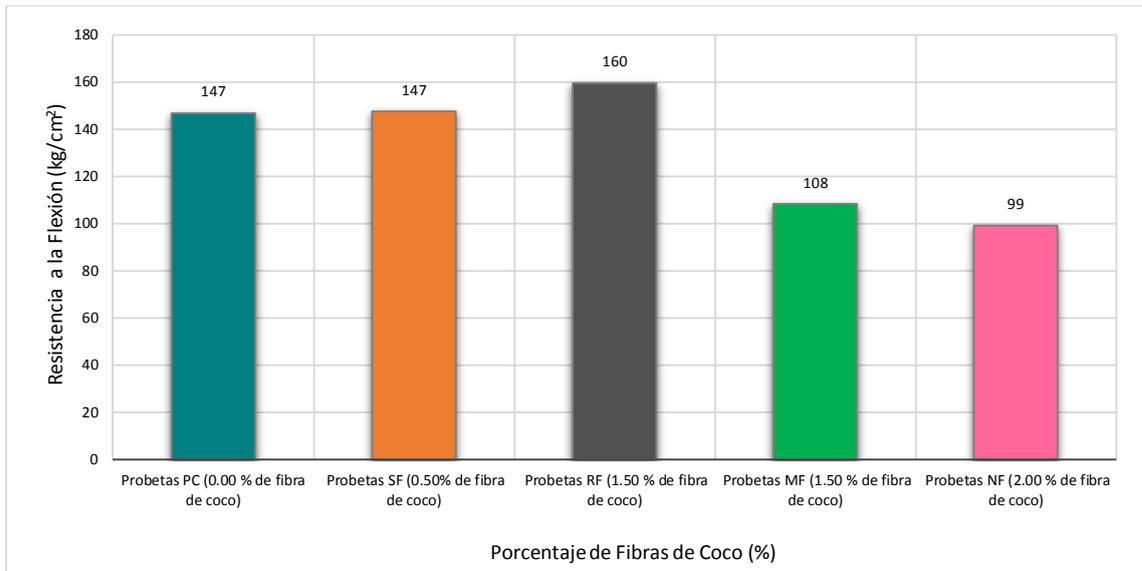


Figura 15: Resistencia a Flexión con Adición de Fibra de Coco – 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto”, por Villanueva (2016, p.78)

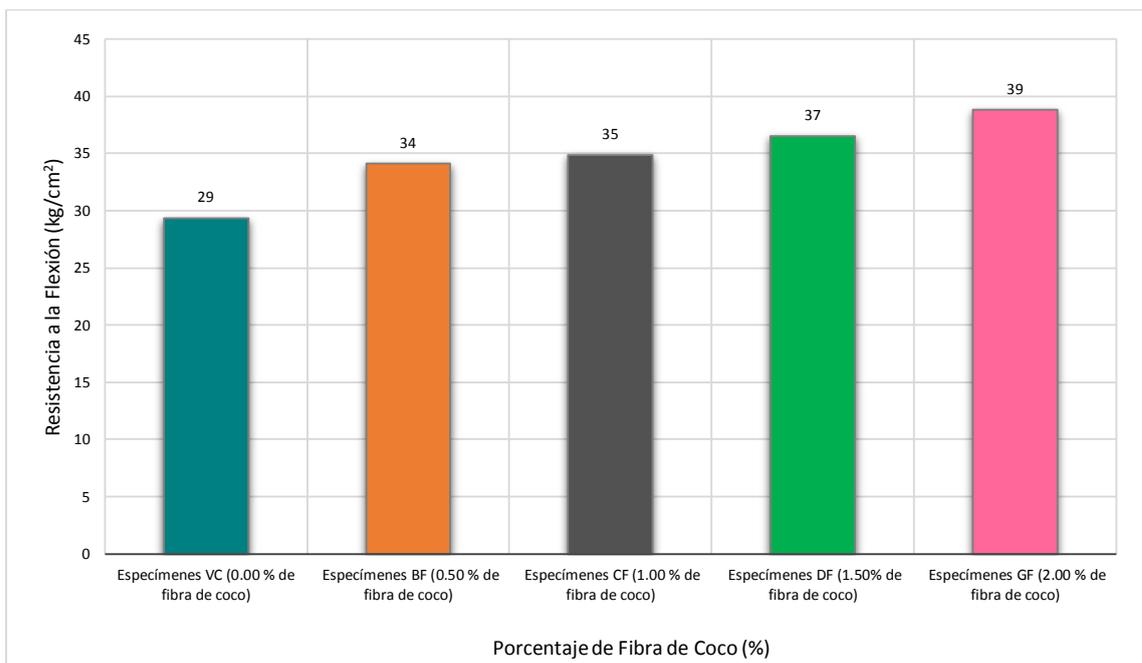


Figura 16: Resistencia a Flexión con Adición de Fibra de Coco – 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto”, por Villanueva (2016, p.82)

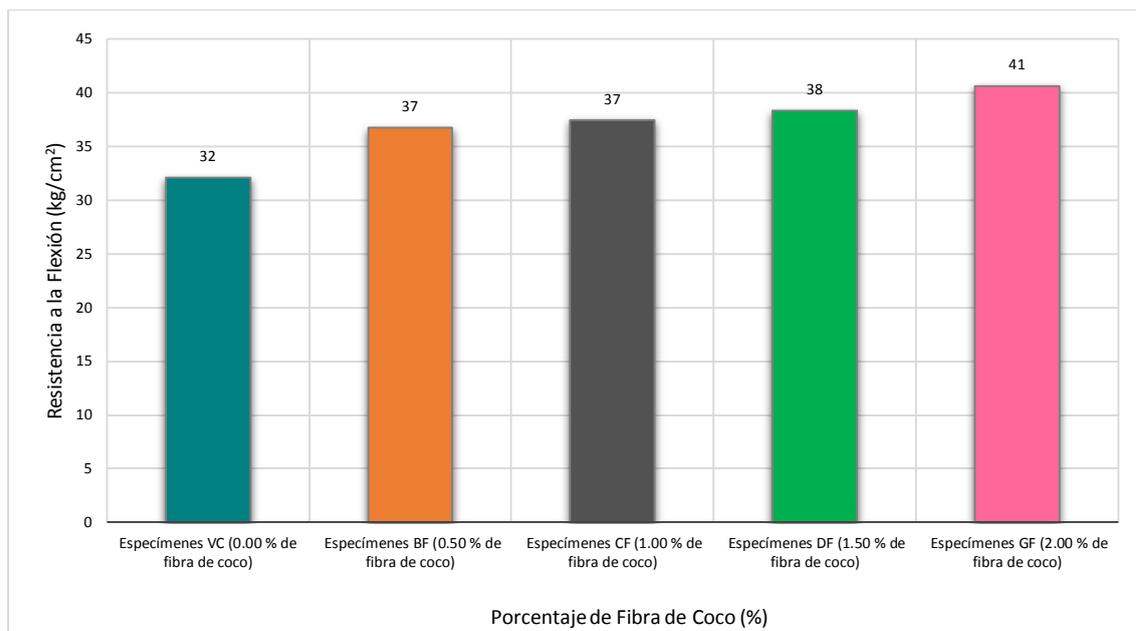


Figura 17: Resistencia a Flexión con Adición de Fibra de Coco – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto”, por Villanueva (2016, p.83)

**Tabla 52**

Resistencias a la Compresión y Flexión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>)

% Fibra de Coco	Resistencia promedio a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Resistencia promedio a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )			Porcentaje de resistencia a la compresión (%)			Porcentaje de resistencia a la flexión (%)		
	07 días	14 días	28 días	07 días	14 días	28 días	07 días	14 días	28 días	07 días	14 días	28 días
	0.00	147	168	212	28	30	32	70	80	101	98	102
0.50	147	176	201	30	34	37	70	84	96	103	118	128
1.00	160	177	207	33	35	37	76	84	98	113	121	130
1.50	108	130	160	36	37	38	52	62	76	123	127	133
2.00	99	117	138	37	39	41	47	54	66	128	135	141

Fuente: “Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto”, por Villanueva (2016, p.84)

La investigadora llegó a la conclusión de que las demostraciones con la adición de fibra de coco mostraron valores más favorables que las muestras de hormigón convencionales tanto para la resistencia a la compresión como para la resistencia a la flexión. Finalmente, se determinó que el hormigón no presenta un aumento en la resistencia a la compresión, sino que a medida que se agrega más fibra de coco a las muestras, aumenta la resistencia a la flexión.

Alarcón, V. (2018). En la tesis; Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el investigador tiene como objetivo, estudiar la influencia de la fibra de cabuya (tratada con ácido esteárico). Siendo este una investigación distinta en comparación a la mayoría de investigaciones, ya que solo analiza la resistencia a la compresión axial en cilindros de concreto, más no realizan un análisis de resistencia a la flexión en vigas.

**Tabla 53**

Resistencia a la Compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – Muestra Patrón

N° de Testigos	Día de elaboración	Inicio de curado	Fin de curado	Días	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de resistencia
M1-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	7	186.27	29,363	158	
M2-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	7	186.27	29,603	159	159
M3-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	7	186.27	29,555	159	
M4-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	14	186.27	36,564	196	
M5-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	14	186.27	37,665	202	199
M6-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	14	186.27	37,236	200	
M7-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	28	186.27	42,864	230	
M8-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	28	186.27	43,050	231	231
M9-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	28	186.27	42,980	231	

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, por Alarcón (2018, p.40)

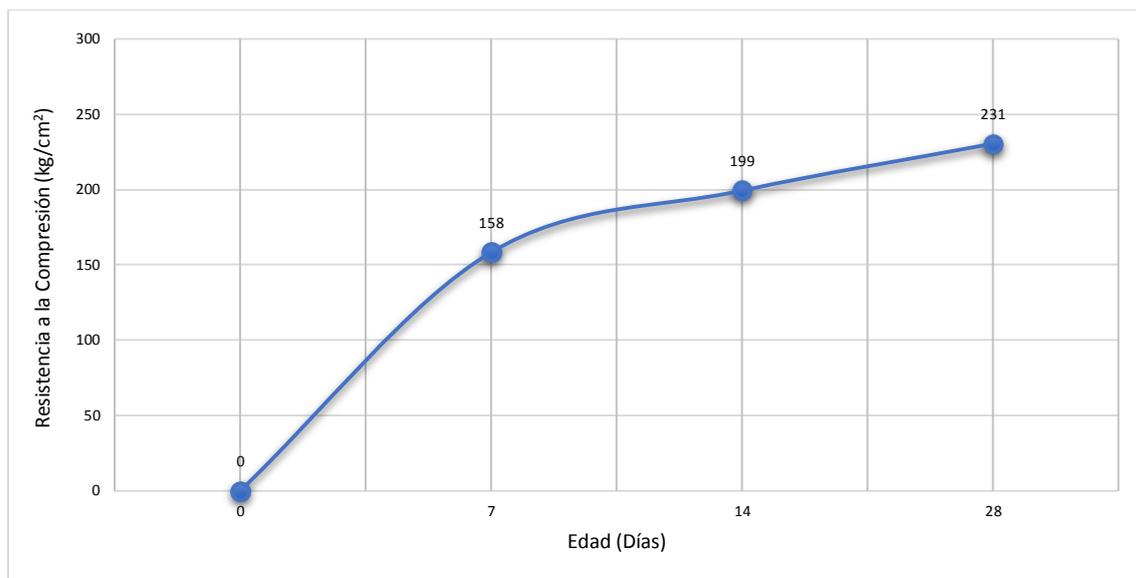


Figura 18: Resistencia a la Compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – Muestra Patrón

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, por Alarcón (2018, p.40)

#### Tabla 54

Asentamiento para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – Muestra Patrón (")

M. Patrón $210 \text{ kg/cm}^2$	Asentamiento (cm)	Asentamiento (pulg.)	Extensibilidad (cm)
M1-1	8.89	3.50	9.09
M2-1	7.62	3.00	7.82
M3-1	8.89	3.50	9.09
M4-1	7.62	3.00	7.82
M5-1	8.89	3.50	9.09
M6-1	8.89	3.50	9.09
M7-1	7.62	3.00	7.82
M8-1	7.62	3.00	7.82
M9-1	7.62	3.00	7.82

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.41)

El investigador realizó evaluaciones y ensayos añadiendo la fibra de cabuya, para 0.25, 0.5, 0.75 y 1.0% W, para distintas longitudes.

**Tabla 55**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya al 1.00% de Adición y Longitud de 2.5 cm (kg/cm<sup>2</sup>)

N° de Testigos	Día de elaboración	Inicio de curado	Fin de curado	Días	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de resistencia
M1-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	7	186.27	7,924	43	
M2-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	7	186.27	8,425	45	45
M3-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	7	186.27	8,554	46	
M4-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	14	186.27	11,495	62	
M5-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	14	186.27	12,013	64	63
M6-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	14	186.27	11,964	64	
M7-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	28	186.27	17,795	96	
M8-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	28	186.27	17,963	96	97
M9-1	13/06/2018	14/06/2018	20/06/2018	28	186.27	18,593	100	

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.48)

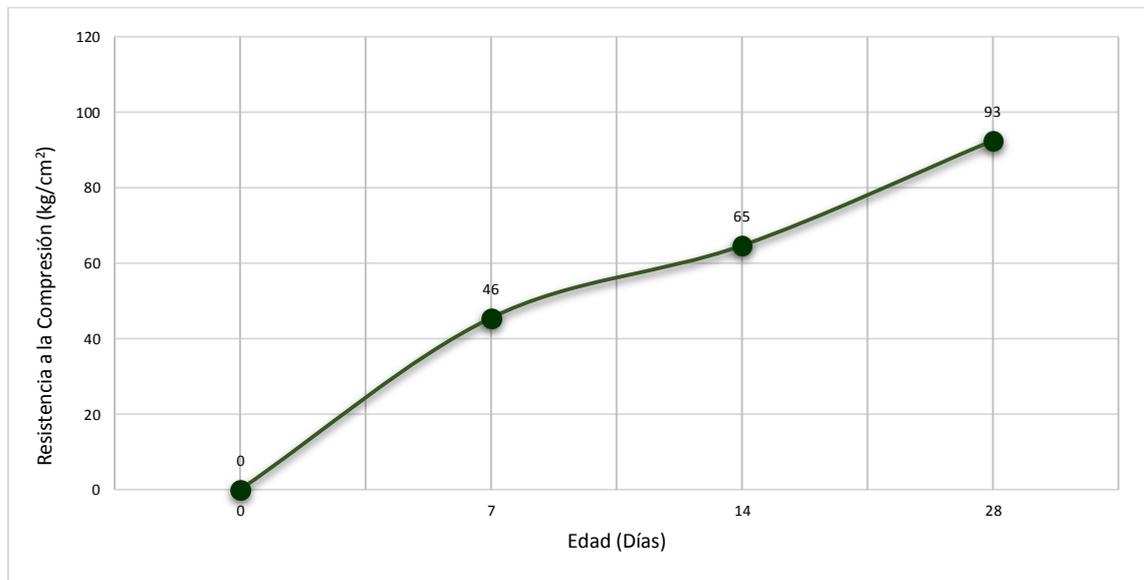


Figura 19: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya Dispersa al 1.00% de Longitud de 2.5 cm (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.48)

**Tabla 56**

Asentamiento para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con Adición de 1.00% de Fibra de Cabuya y Longitud de 2.5 cm (")

M. Patrón $210 \text{ kg/cm}^2$	Asentamiento (cm)	Asentamiento (pulg.)	Extensibilidad (cm)
M1-1	0.00	0.00	0.20
M2-1	0.00	0.00	0.20
M3-1	0.00	0.00	0.20
M4-1	0.00	0.00	0.20
M5-1	0.00	0.00	0.20
M6-1	0.00	0.00	0.20
M7-1	0.00	0.00	0.20
M8-1	0.00	0.00	0.20
M9-1	0.00	0.00	0.20

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.49)

**Tabla 57**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya al 1.00% de Adición y Longitud de 8.0 cm ( $\text{kg/cm}^2$ )

N° de Testigos	Día de elaboración	Inicio de curado	Fin de curado	Días	Área ( $\text{cm}^2$ )	Carga (kg)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Promedio de resistencia
M1-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	7	186.27	6,523	35	
M2-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	7	186.27	6,432	35	36
M3-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	7	186.27	7,023	38	
M4-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	14	186.27	10,746	58	
M5-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	14	186.27	10,563	57	59
M6-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	14	186.27	10,455	56	
M7-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	28	186.27	17,019	91	
M8-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	28	186.27	17,316	93	92
M9-1	19/06/2018	20/06/2018	26/06/2018	28	186.27	17,025	91	

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.56)

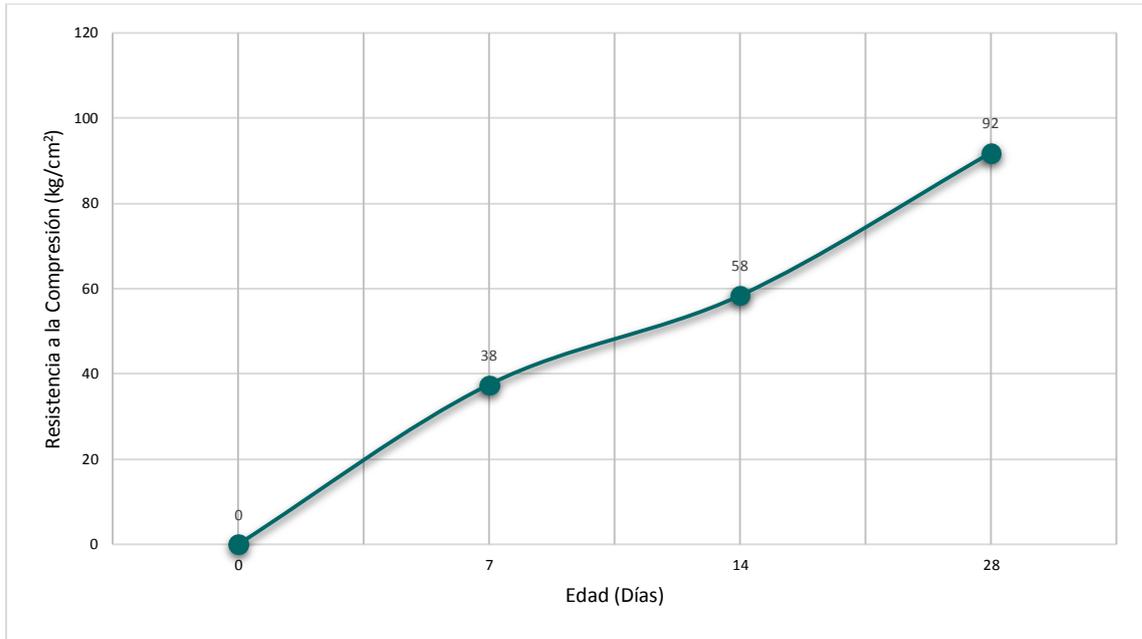


Figura 20: Resistencia a la Compresión del Concreto con Adición de Fibra de Cabuya Dispersa al 1% de Longitud de 8.0 cm (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.56)

**Tabla 58**

Asentamiento para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con Adición de Fibra de Cabuya al 1.00% de Adición y Longitud de 8.0 cm (")

M. Patrón 210 kg/cm <sup>2</sup>	Asentamiento (cm)	Asentamiento (pulg.)	Extensibilidad (cm)
M1-1	0.00	0.00	0.20
M2-1	0.00	0.00	0.20
M3-1	0.00	0.00	0.20
M4-1	0.00	0.00	0.20
M5-1	0.00	0.00	0.20
M6-1	0.00	0.00	0.20
M7-1	0.00	0.00	0.20
M8-1	0.00	0.00	0.20
M9-1	0.00	0.00	0.20

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.57)

**Tabla 59**Resistencia a la Compresión en Muestras con Fibra de Cabuya de 2.5 cm (kg/cm<sup>2</sup>)

	Edad (días)	Longitud fibra (cm)	Porcentaje de fibra (%)				
			Patrón	0.25	0.50	0.75	1.00
210 kg/cm <sup>2</sup>	07	2.5	158	114	99	81	45
	14	2.5	199	152	139	114	63
	28	2.5	231	192	171	144	97
	% f'c		110	92	82	69	46

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.58)

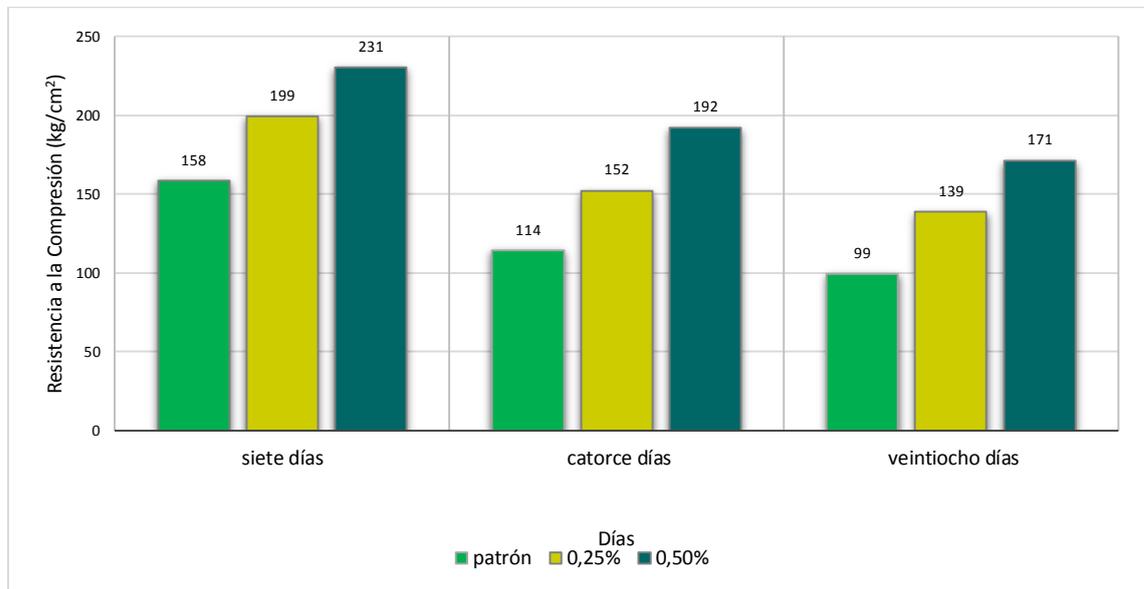


Figura 21: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya – 2.5 cm (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.58)

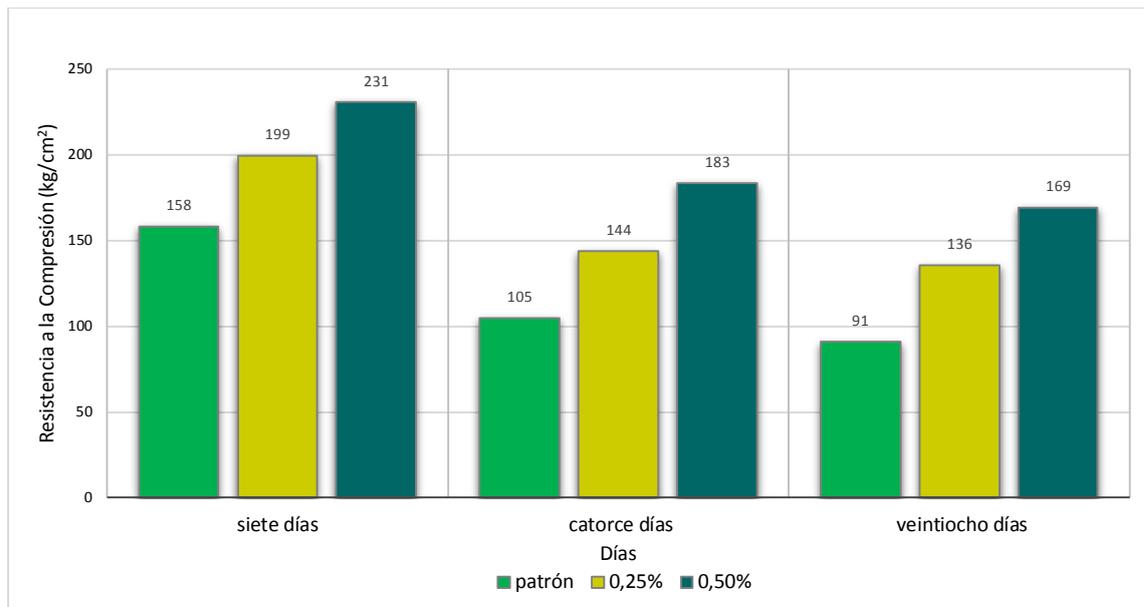


Figura 22: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Cabuya – 8.0 cm (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto”, por Alarcón (2018, p.58)

El investigador llega a la conclusión de que el hormigón con fibra de cabuya de 2,5 cm de longitud disminuyó su resistencia a la compresión en ensayos realizados en probetas de hormigón 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad. Comparando el hormigón con fibra con el hormigón sin adición de fibra, las reducciones son de aproximadamente 8% para hormigón con fibra al 0.25%, 18% para hormigón con fibra al 0.5%, 31% para hormigón con fibra al 0.75% y 54% para hormigón con fibra al 1%. Y para el material desarrollado con una longitud de 8.0 cm se determinó que hubo una reducción de la resistencia en el hormigón con adición de fibra de cabuya. En comparación con el concreto sin fibra, que tiene una resistencia a la compresión superior al 10% del diseño establecido, la resistencia disminuyó a alrededor del 13% para el hormigón con fibra al 0.25%, 19% para el hormigón con fibra al 0.5%, 32% para el hormigón con fibra al 0.75%, y 56% para el hormigón con fibra al 1%.

Bellido, L. (2018). En la tesis; *Propiedades Mecánicas del Concreto Ligero con Incorporación de Virutas de Madera*, indicó que el concreto fue preparado para una resistencia de 18 MPa - 179 kg/cm<sup>2</sup> utilizando las siguientes dosificaciones: hormigón patrón (P1), hormigón con 30% de viruta (P1+F1), hormigón con 60% de viruta (P2+F2), y hormigón con 90% de viruta (P1+F3). Para verificar la resistencia a la compresión y un peso específico se prepararon 120 probetas de 8" de alto por 4" de ancho, 8 probetas de 12" de alto por 6" de ancho y 8 probetas de 10 cm x 10 cm x 40 cm para el ensayo de resistencia a la flexión en 3 puntos. Las virutas de madera se pesaron antes y después de la mineralización para obtener la variación del contenido de humedad y el peso específico del tratamiento y luego se tamizaron para separar las virutas del aserrín. Para evaluar la trabajabilidad de cada adición de viruta de madera, también se realizó una prueba de asentamiento para cada mezcla. De acuerdo con los hallazgos de este estudio, agregar virutas de madera puede reducir un peso específico en un máximo del 71% y al mismo tiempo cumplir con los requisitos de resistencia a la compresión moderada para hormigón ligero. Además, se redujo la trabajabilidad, aumentó el tiempo de desmolde y cambió el color del hormigón.

**Tabla 60**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - Probetas Tipo P1  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Muestras	7 días	14 días	28 días
1	104	152	168
	117	153	157
2	131	174	174
	117	138	175
3	105	138	164
	135	154	174
4	118	135	170
	122	162	173
5	127	176	169
	150	156	170

Fuente: "Propiedades Mecánicas del Concreto Ligero con Incorporación de Virutas de Madera", por Bellido (2018, p.51)

**Tabla 61**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - Probetas Tipo P1+F1  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Muestras	7 días	14 días	28 días
1	97	133	152
	101	138	133
2	96	132	153
	92	139	139
3	93	136	152
	86	138	150
4	105	143	138
	89	138	142
5	103	151	151
	93	140	144

Fuente: “Propiedades Mecánicas del Concreto Ligero con Incorporación de Virutas de Madera”, por Bellido (2018, p.52)

**Tabla 62**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - Probetas Tipo P1+F2  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Muestras	7 días	14 días	28 días
1	51	105	126
	50	104	128
2	52	101	123
	39	103	133
3	51	105	135
	49	101	122
4	52	103	122
	48	102	125
5	52	106	133
	44	100	142

Fuente: “Propiedades Mecánicas del Concreto Ligero con Incorporación de Virutas de Madera”, por Bellido (2018, p.54)

**Tabla 63**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras Celulosas - Probetas Tipo P1+F3  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Muestras	7 días	14 días	28 días
1	47	62	82
	43	59	81
2	45	62	83
	49	60	84
3	51	67	81
	53	64	93
4	43	60	91
	52	62	92
5	44	59	83
	55	61	91

Fuente: “Propiedades Mecánicas del Concreto Ligero con Incorporación de Virutas de Madera”, por Bellido (2018, p.55)

**Tabla 64**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibras Celulosas – Probetas Tipo P1, P1+F1, P1+F2 y P1+F3 (kg/cm<sup>2</sup>)

Muestras	Tipo de probeta	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la flexión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P1	144	146
	P1	147	
2	P1+F1	124	127
	P1+F1	131	
3	P1+F2	110	112
	P1+F2	113	
4	P1+F3	73	75
	P1+F3	77	

Fuente: “Propiedades Mecánicas del Concreto Ligero con Incorporación de Virutas de Madera”, por Bellido (2018, p.57)

De acuerdo con el porcentaje de adición de virutas de madera, la resistencia a compresión en los tres tipos de hormigón cumple con los requisitos para hormigón ligero con resistencia moderada; sin embargo, el tipo de concreto P1+F3 se acerca a cumplir con los requisitos mínimos. La resistencia a la flexión disminuyó de acuerdo con el porcentaje de adición, siendo el hormigón tipo P1+F3 el de menor resistencia. El concreto tipo P1+F2 tuvo una resistencia moderadamente baja, mientras que el concreto tipo P1+F1 tuvo la disminución de resistencia más baja.

Mallaupoma, G. (2019). En la tesis; Comportamiento del Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L para la Mejora de sus Propiedades en Estado Fresco, San Carlos – Huancayo 2017, en la cual tuvo como objetivo el estudio del comportamiento de las propiedades en estado fresco de un concreto pre mezclado con adición de fibra de agave americana L en tres variantes de dosis. Para ello realizó la comparativa entre una mezcla patrón y mezclas con adición de fibra con una relación a/c de 0.56.

Definió sus valores de asentamiento o slump, según los valores hallados y tomando en consideración los parámetros, se tomó un diseño de slump de 6” que es considerado aceptable. Teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 65**

Asentamiento del Hormigón Premezclado (")

Concreto	Slump promedio	Variación
P p <sub>2</sub> (f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> )	4 ½”	
P p <sub>2</sub> (f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> + 0.50 % F <sub>AAL</sub> )	3 ½”	-22 %
P p <sub>3</sub> (f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> + 0.75% F <sub>AAL</sub> )	2 ½”	-44 %
P p <sub>4</sub> (f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> + 1.00 % F <sub>AAL</sub> )	1 ½”	-67 %

Fuente: “Comportamiento del Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L para la Mejora de sus Propiedades en Estado Fresco, San Carlos – Huancayo 2017”, por Mallaupoma (2019, p.65)

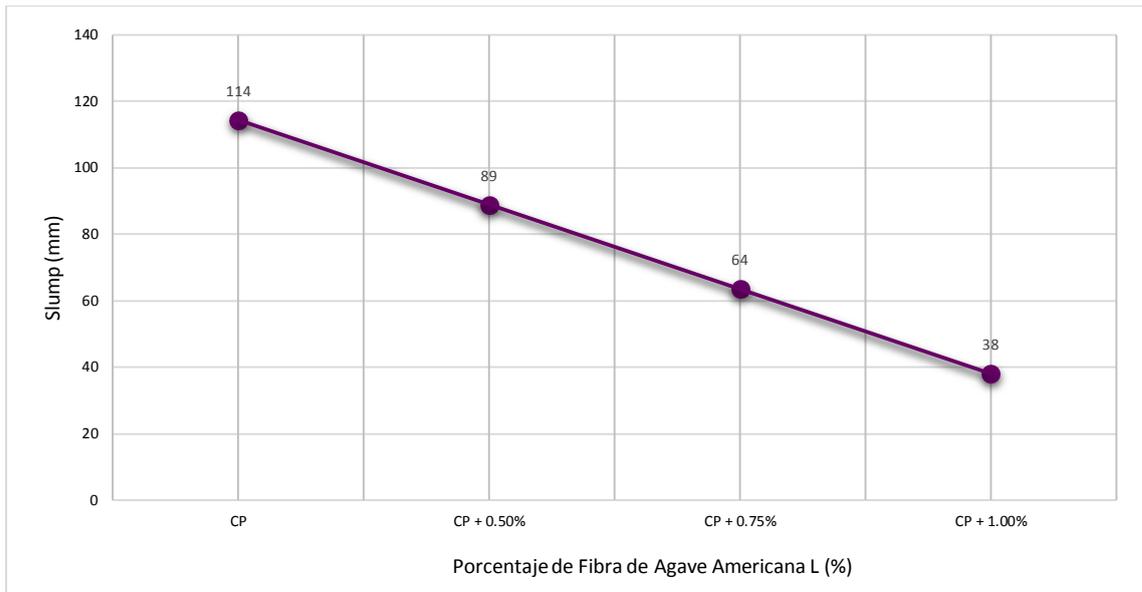


Figura 23: Asentamiento – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Agave Americana L (mm)

Fuente: “Comportamiento del Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L para la Mejora de sus Propiedades en Estado Fresco, San Carlos – Huancayo 2017”, por Mallaupoma (2019, p.65)

En la siguiente figura se puede observar, que a medida que la adición de fibras aumenta, el slump disminuye presentando una relación directamente proporcional.

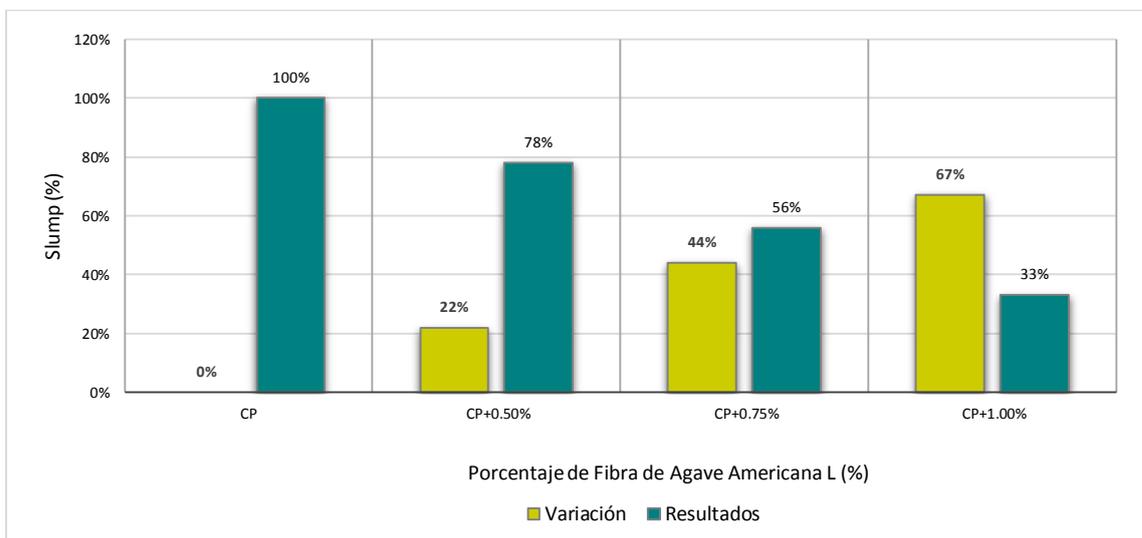


Figura 24: Asentamiento – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Agave Americana L (%)

Fuente: “Comportamiento del Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L para la Mejora de sus Propiedades en Estado Fresco, San Carlos – Huancayo 2017”, por Mallaupoma (2019, p.66)

En la siguiente figura se muestra la variación existente de los asentamientos a medida que se incrementan las fibras. Es decir, para la adición de 0.50% existe una variación de 78%, del 0.75% varía en 56% y finalmente para 1.00% varía en 33%.

La tesis tiene como resultado, que a mayor adición de fibras de agave americana L, el asentamiento será menor. A pesar, de que este material es beneficioso para el medio ambiente, este no es aceptable en estas dosificaciones, debido a que los resultados obtenidos son menores a los de un hormigón convencional.

Lara, L. (2020). En la tesis; Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo, tiene como objetivo demostrar que la fibra de Agave Americana L adicionada en el hormigón, ayudará de manera positiva en la resistencia de compresión y flexión en San Carlos – Huancayo. Para esta investigación, se utilizó 3 porcentajes de fibras distintas 0.50%, 0.75% y 1.00% con respecto a su volumen.

Para ello, se elaboraron 48 probetas de 10 cm x 20 cm para poder realizar el ensayo de compresión y 36 vigas de 15 cm x 15 cm x 50 cm para los ensayos de flexión, utilizando una relación a/c de 0.56.

A continuación, se podrá observar los resultados de la resistencia a la compresión de los diferentes porcentajes.

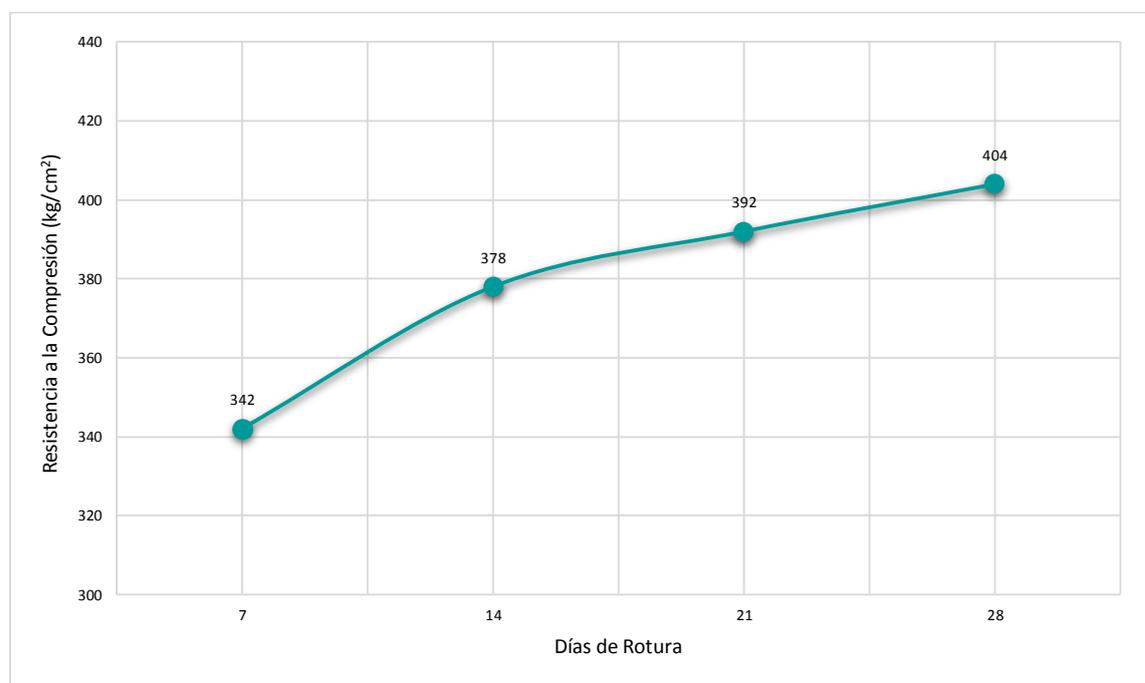


Figura 25: Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.107)

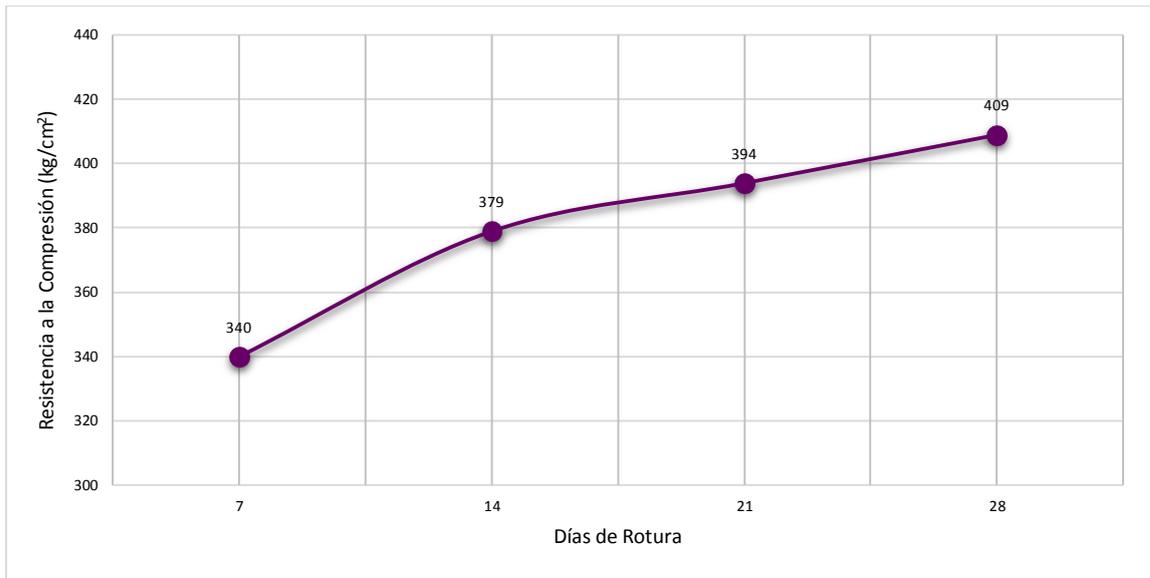


Figura 26: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 0.50% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.109)

En la figura N°. 27, la resistencia a la compresión supera la del concreto patrón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, observando que a medida que el tiempo aumenta esta resistencia se va incrementando y superó al concreto patrón a partir de los 14 días en adelante.



Figura 27: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 0.75% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.111)

De igual manera, se observa que al agregar la fibra de agave americana L, la resistencia a la compresión del hormigón incrementa a partir de los 14 días de evaluación.

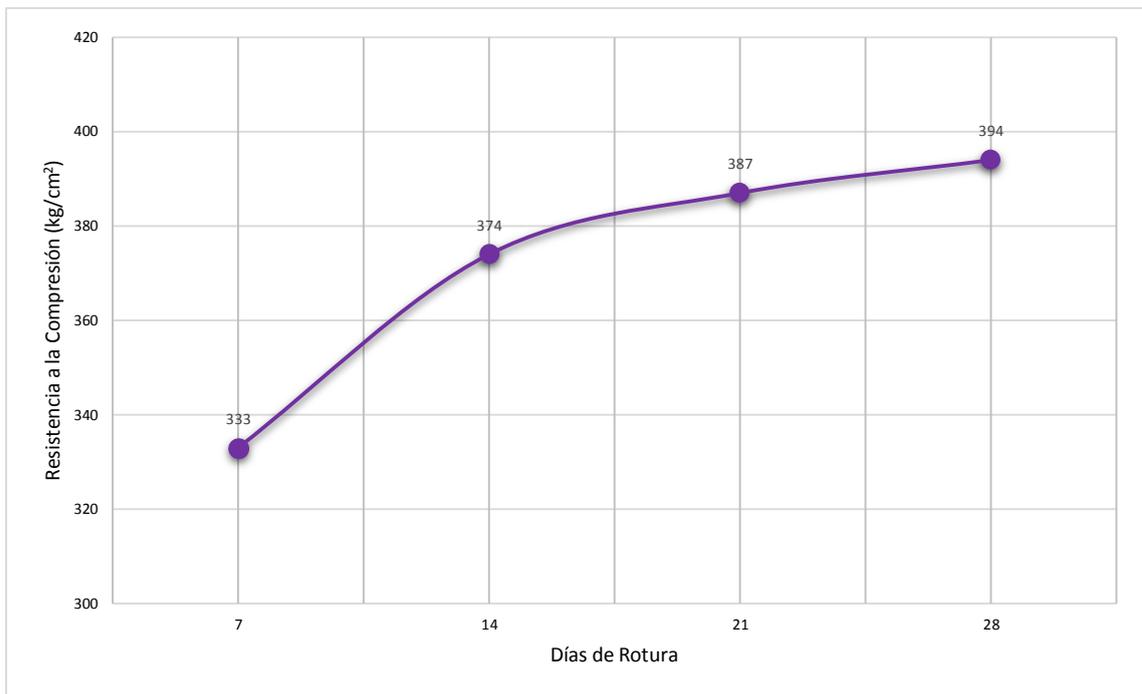


Figura 28: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 1.00% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.113)

Se puede observar que los resultados obtenidos incrementan respecto a la muestra patrón, volviendo estos favorables para futuras construcciones, siendo recomendable su uso.

En los siguientes gráficos, se observan los resultados de la resistencia a la flexión.

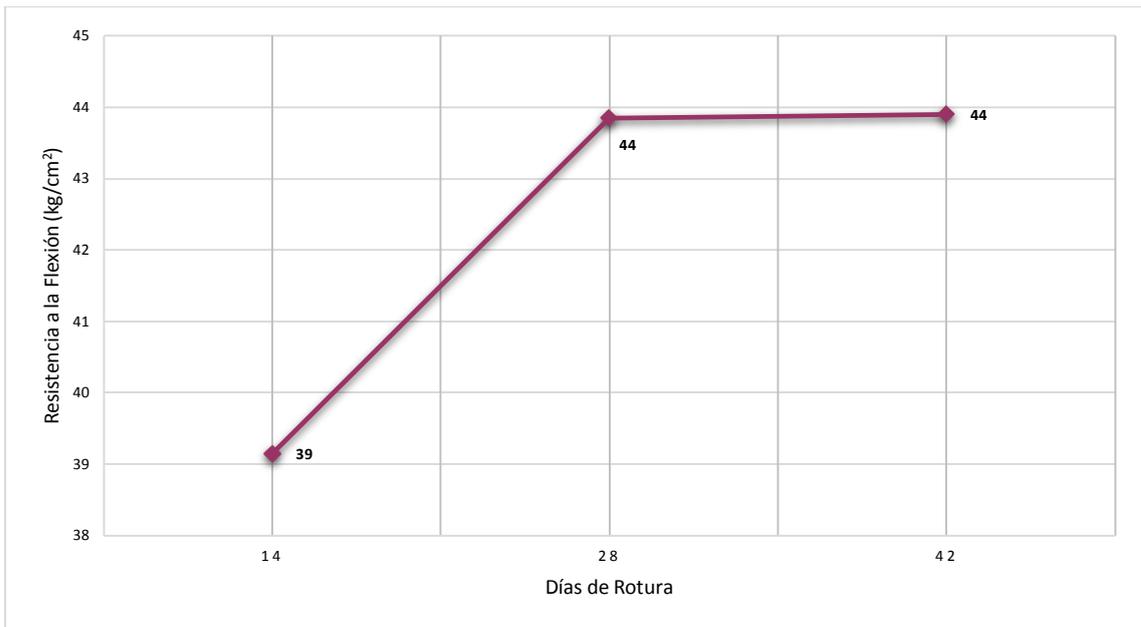


Figura 29: Resistencia a la Flexión – Muestra Patrón (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.115)

Deduciendo que después de los 28 días de edad, la resistencia a flexión aumenta.

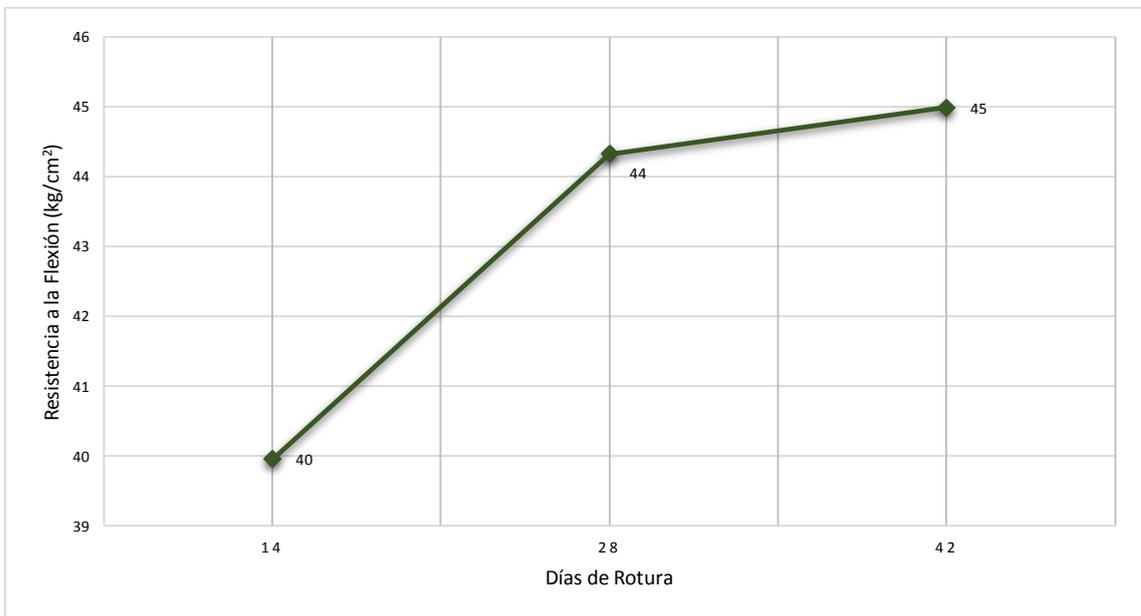


Figura 30: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 0.50% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.117)

Se observa que la resistencia a la flexión aumenta en un 2% a los 14 días, 1% a los 28 días y un 3% a los 42 días en comparación con un concreto patrón.

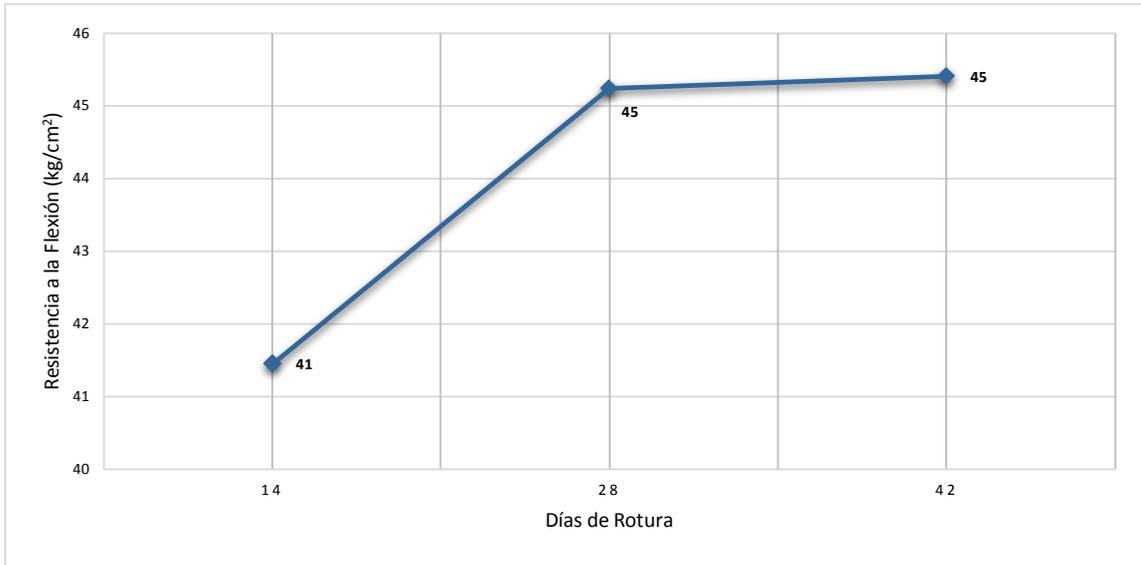


Figura 31: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 0.75% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.119)

Se observa que la resistencia a la flexión aumenta en un 6% a los 14 días, 3% a los 28 días y un 4% a los 42 días en comparación con un concreto patrón.

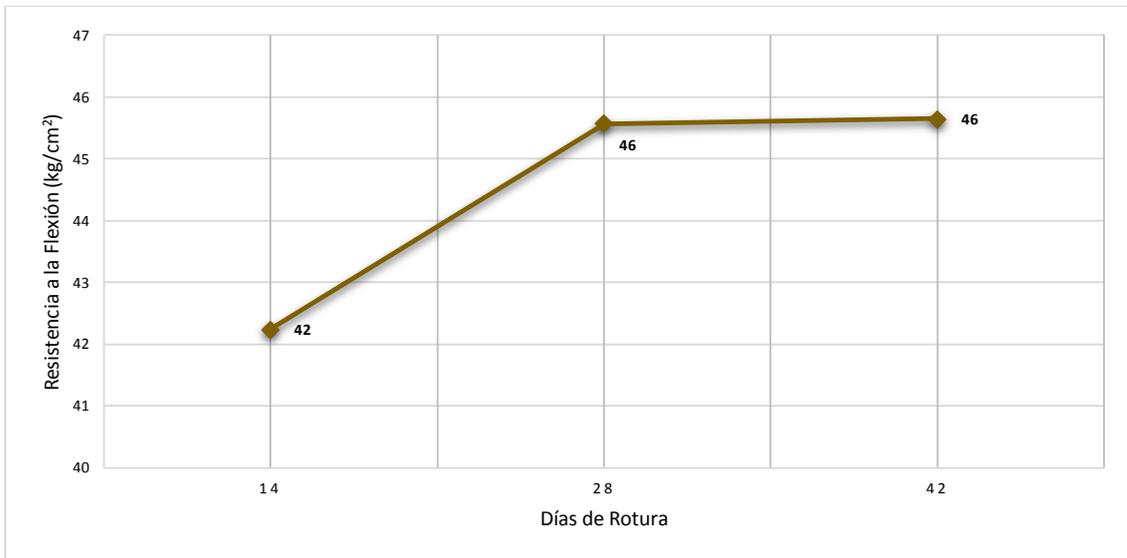


Figura 32: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L de 1.00% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.121)

En comparación con un determinado patrón, se ve que la resistencia a la flexión aumenta un 8% después de 14 días, un 4% después de 28 días y un 8% después de 42 días.

Los autores llegan a la conclusión de que agregar fibras de agave americana L mejora la resistencia a la compresión y la flexión, siendo el 0.75% la cantidad ideal.

Lázaro, L (2017). La siguiente tesis; Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca – Recuay – Ancash, 2017, tiene como objetivo determinar y analizar la influencia de la incorporación de fibra de penca en el concreto convencional, para ello se analizó sus propiedades físico-mecánicas (asentamiento, ensayos a compresión y flexión).

Para el ensayo de resistencia a la compresión se elaboraron 24 probetas con una relación de a/c 0.52, con porcentajes de fibras de 0.3, 0.9% y 1.5%. Las cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días.

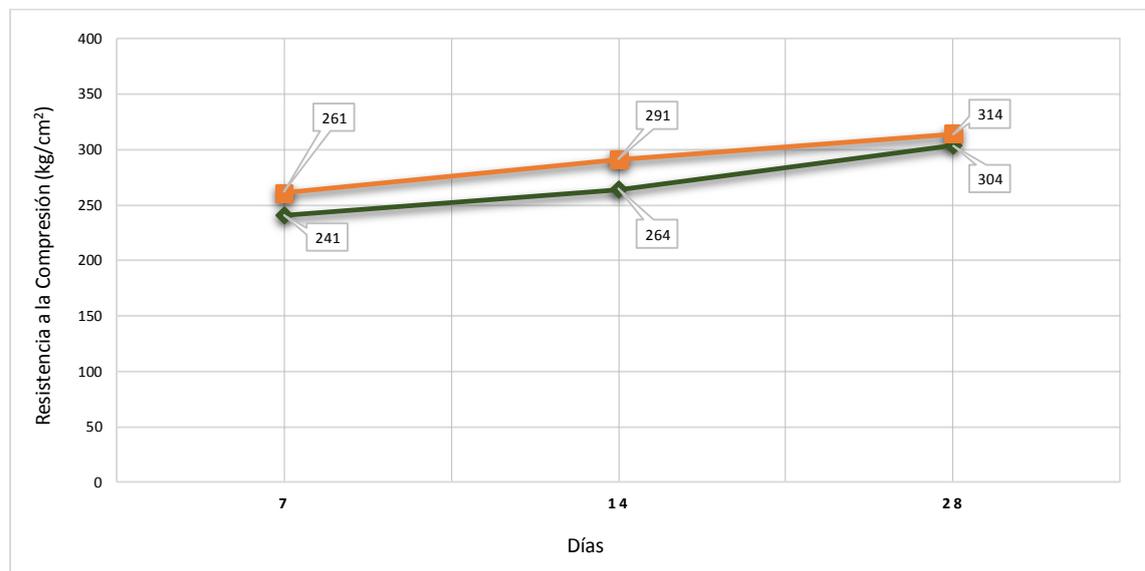


Figura 33: Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Penca de 0.30% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca – Recuay – Ancash, 2017”, por Lázaro (2018, p.71)

Se puede observar que en las tres edades la resistencia a compresión de concreto con adición de fibra de penca de 0.30% presenta una ventaja sobre el concreto patrón y en donde más se puede apreciar es en la edad de 14 días ya que muestra una diferencia de 27 kg/cm<sup>2</sup>.

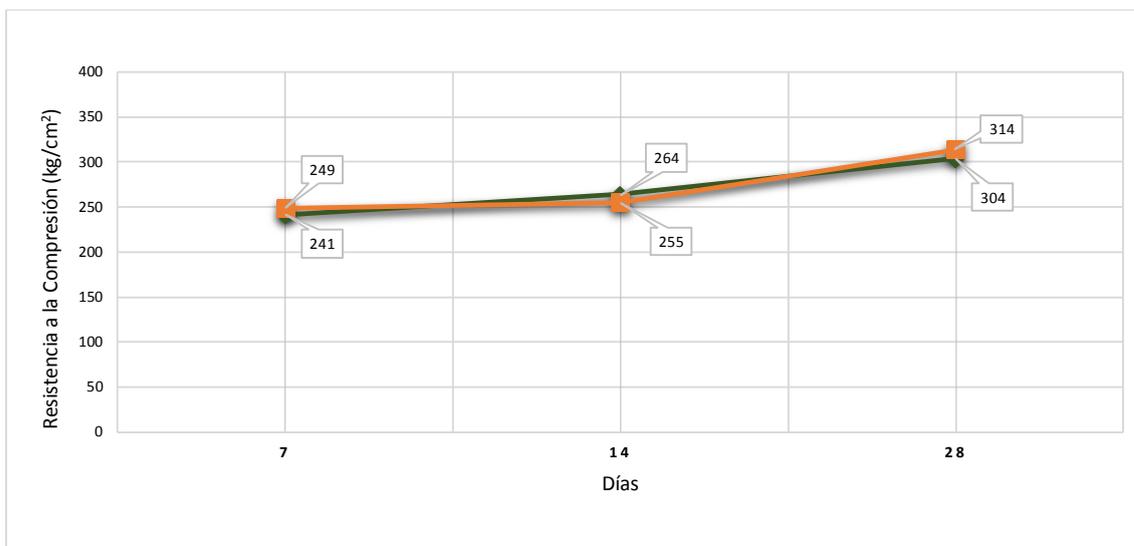


Figura 34: Resistencia a la Compresión – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Penca de 0.9% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca – Recuay – Ancash, 2017”, por Lázaro (2018, p.72)

La resistencia a la compresión con fibra de penca es favorable; sin embargo, a los 14 días esta disminuye, siendo superada por el concreto convencional por 8 kg/cm<sup>2</sup>.

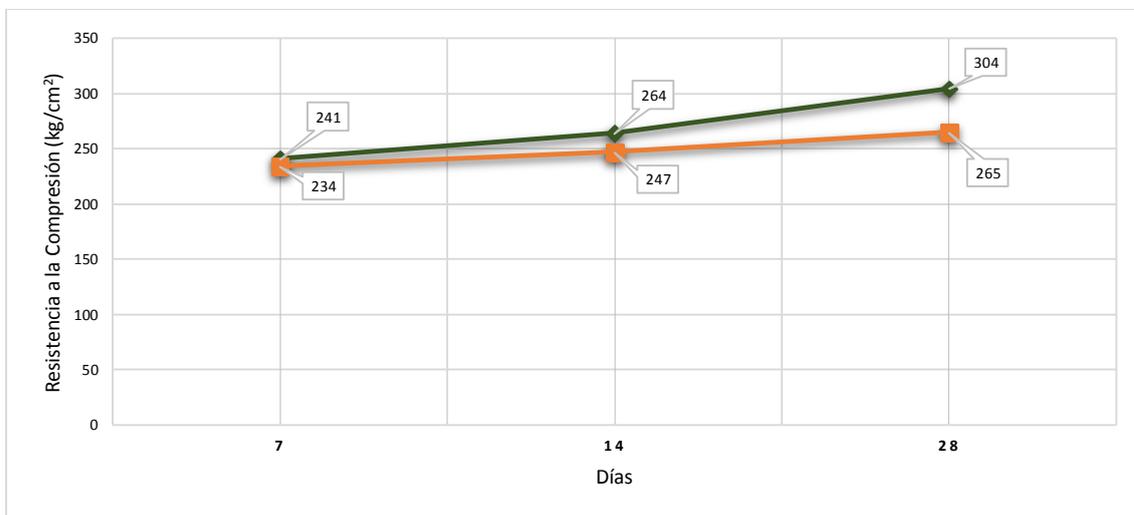


Figura 35: Resistencia a la compresión – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Penca de 1.5% (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca – Recuay – Ancash, 2017”, por Lázaro (2018, p.72)

Se puede observar que los resultados con adición de 1.5% de fibra de penca es inferior al de un concreto convencional.

Para la elaboración del ensayo de resistencia a la flexión, se utilizó la Norma Técnica Peruana 339.078. Se elaboraron 2 vigas con adición del 0.3% de fibra de penca, las cuales fueron comparadas con 2 vigas de concreto convencional a la edad de 28 días.

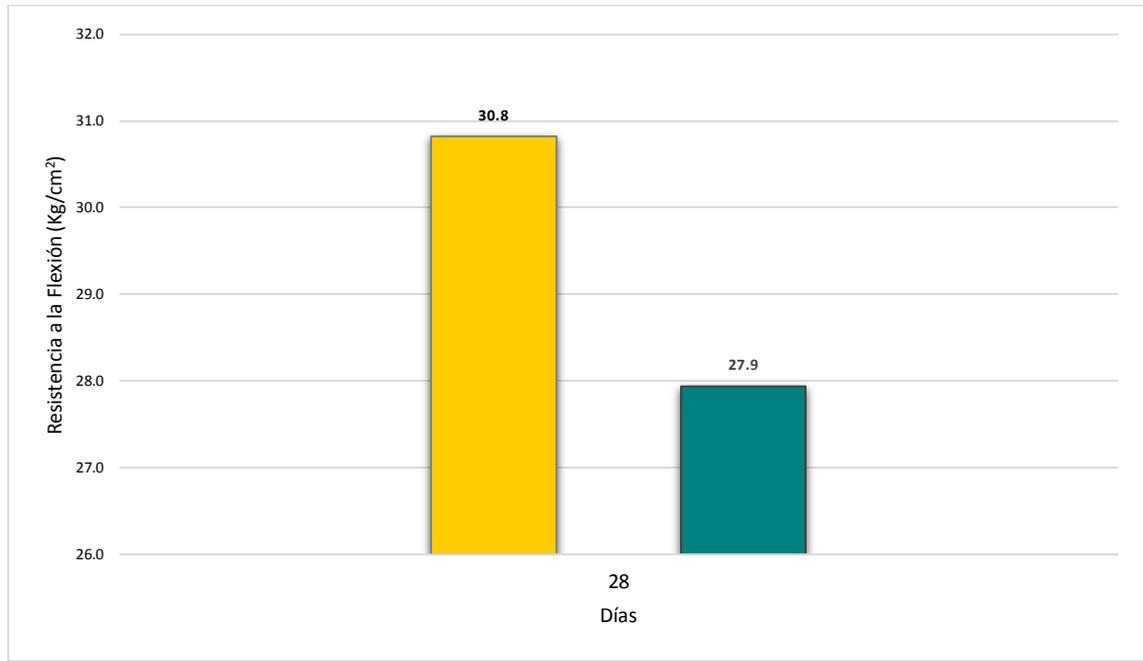


Figura 36: Resistencia a la Flexión – Muestra Patrón y Adición de 0.3% de Fibra de Penca (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca – Recuay – Ancash, 2017”, por Lázaro (2018, p.77)

Se observa que las vigas con adición de fibra de penca de 0.3% presentan una resistencia mayor en 2.98 kg/cm<sup>2</sup> a comparación de un concreto convencional.

El autor llega a la conclusión que es recomendable adicionar 0.3% de fibra de penca ya que esta es favorable y presenta mayor resistencia al ser comparada con un concreto convencional y las adiciones de 0.9% y 1.5%.

### 2.2.3. Artículos relacionados con el tema

Kumar, R. y Kesavan, V. (2020). En el artículo; *Experimental Study on Mechanical Properties of Fiber Reinforced Concrete: Effects of Cellulose Fiber, Polyvinyl Alcohol Fiber and Polyolefin Fiber*; nos muestra la evaluación de la fibra de coco en las propiedades mecánicas del hormigón. Para ello, se usó ceniza

de coco y fibras de coco, determinando la resistencia a la compresión y flexión del hormigón.

**Tabla 66**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>)

N°	Mezcla de muestra	7 días	28 días
1	Convencional	204	227
2	No convencional	160	199
3	Agua + Fibra de coco	257	356

Fuente: “*Experimental Study on Mechanical Properties of Fiber Reinforced Concrete: Effects of Cellulose Fiber, Polyvinyl Alcohol Fiber and Polyolefin Fiber*”, por Kumar y Kesavan (2020, p.10)

**Tabla 67**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>)

N°	Mezcla de muestra	7 días	28 días
1	Convencional	42	69
2	No convencional	29	54
3	Agua + Fibra de coco	34	54

Fuente: “*Experimental Study on Mechanical Properties of Fiber Reinforced Concrete: Effects of Cellulose Fiber, Polyvinyl Alcohol Fiber and Polyolefin Fiber*”, por Kumar y Kesavan (2020, p.11)

Los investigadores concluyeron que los valores respecto a la compresión y flexión del hormigón con filamentos de coco con mezclas con adición de fibra de 1.5%, 2.5% y 5.0%, logrará aumentar a los 7 días y que la calidad de compresión y flexión de las muestras de fibra de coco con adición de agua de mar disminuyen cuando se compara con los ejemplos sólidos restaurados en agua ordinaria.

Dhawan, A., Gupta, N., Goyal, R. y Saxena, X. (2020). En el artículo; *Evaluation of Mechanical Properties of Concrete Manufactured with Fly Ash, Bagasse Ash and Banana Fiber*, los investigadores definen que el uso de las fibras aplicadas en estos ensayos, no solo lo realizan debido a modo de extraer los valores tentativos respecto a las resistencias

y efectos de las fibras en ellas. También lo realizan debido a que el consumo de materias primas no solo agota los recursos naturales, sino que también aumenta el material tóxico en el medio ambiente por parte de las industrias de la construcción. Para ello, aplicaron fibras de banano. Realizaron un proceso a partir de la preparación de la mezcla, fundiciones de las muestras, análisis por tamizado de agregados gruesos y finos. Para luego determinar las cantidades de fibra que se añadirán en el hormigón a evaluar, para ello se usó una relación agua/cemento: 0.423.

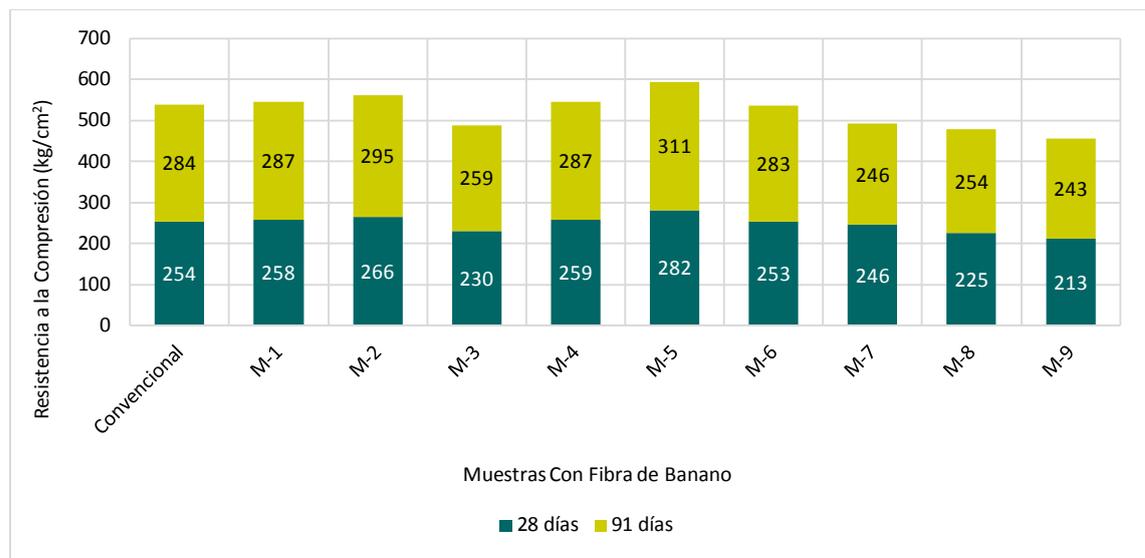


Figura 37: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Banano – 28 y 91 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Evaluation of Mechanical Properties of Concrete Manufactured with Fly Ash, Bagasse Ash and Banana Fiber*”, por Dhawan, et al. (2020, p.5)

**Tabla 68**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Banano – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

	Convencional	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9
Resistencia a los 28 días	254	246	269	239	249	279	248	266	240	199
Resistencia media	255	274	263	206	294	274	280	254	216	206
	253	253	264	243	240	294	231	222	220	234
Resistencia media	254	258	266	230	259	282	253	246	225	213

Fuente: “*Evaluation of Mechanical Properties of Concrete Manufactured with Fly Ash, Bagasse Ash and Banana Fiber*”, por Dhawan, et al. (2020, p.5)

**Tabla 69**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Banano – 91 días (kg/cm<sup>2</sup>)

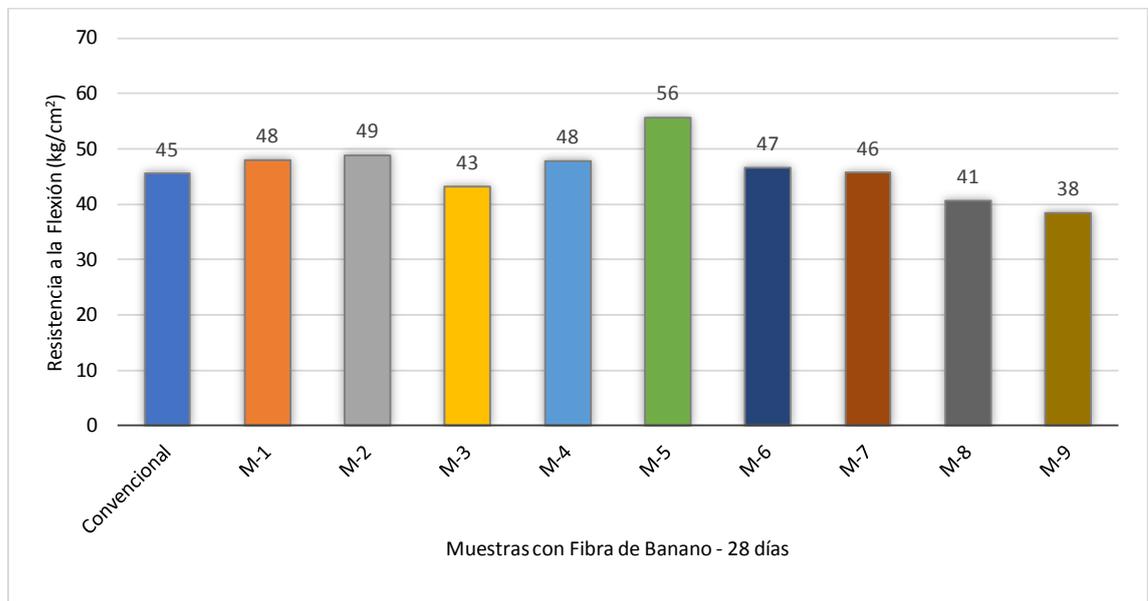
	Convencional	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9
	285	277	299	268	270	313	278	294	270	229
Resistencia a los 91 días	286	301	295	238	316	296	310	285	244	234
	282	284	293	270	272	323	262	253	248	264
Resistencia media	284	287	295	259	287	311	283	246	254	243

Fuente: “*Evaluation of Mechanical Properties of Concrete Manufactured with Fly Ash, Bagasse Ash and Banana Fiber*”, por Dhawan, et al. (2020, p.5)

**Tabla 70**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Banano – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

	Convencional	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9
Resistencia media	254	258	260	230	259	282	253	246	225	213
Resistencia flexible	38	40	40	36	40	45	39	38	35	32
Valores de deflexión	45	48	49	43	48	56	47	45	41	38

Fuente: “*Evaluation of Mechanical Properties of Concrete Manufactured with Fly Ash, Bagasse Ash and Banana Fiber*”, por Dhawan, et al. (2020, p.5)

Figura 38: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Banano – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Evaluation of Mechanical Properties of Concrete Manufactured with Fly Ash, Bagasse Ash and Banana Fiber*”, por Dhawan, et al. (2020, p.5)

Los investigadores, concluyeron que, de manera similar a la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, mejoró en un 22% cuando se reemplaza un 20% de cenizas volantes, y aplicación de un 2.5% de fibra de plátano como aditivo.

Xu, Shao, Wang, Cai, Li, Jin y Chen (2020). En el artículo; *Experimental Study on Mechanical Properties of Fiber Reinforced Concrete; Effect of Cellulose Fiber, Polyvinyl Alcohol Fiber and Polyolefin Fiber*, los investigadores estudiaron las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibra celulosa, alcohol polivinílico y poliolefinas evaluados en ensayos de resistencia a la compresión en la experimentación. Para hacer esto, los investigadores primero describen la fabricación de probetas y el método de carga mientras usan un mezclador para el hormigón reforzado con fibra. Hubo 23 grupos para la prueba de compresión, con 6 muestras cada una.

**Tabla 71**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra Celulosas (kg/cm<sup>2</sup>)

Nº.	Especímenes	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	Valor promedio	Desv. Est.
1	CTF0PF0VS0	593	576	575	582	8.42
2	CTF1.0PF0VS0	573	602	598	591	12.61
3	CTF1.2PF0VS0	5610	604	598	604	5.00
4	CTF1.5PF0VS0	630	664	658	651	14.64
5	CTF1.8PF0VS0	614	610	608	610	2.54
6	CTF2.0PF0VS0	594	590	592	592	1.66
7	CTF0PF1.0VS0	549	573	550	557	11.33
8	CTF0PF2.0VS0	531	522	557	537	14.67
9	CTF0PF3.5VS0	423	421	408	417	6.78
10	CTF0PF4.0VS0	377	372	376	375	2.20
11	CTF0PF0VS1.0	547	540	540	542	2.88
12	CTF0PF0VS2.0	555	593	534	561	24.53
13	CTF0PF0VS3.5	607	586	581	591	11.01
14	CTF0PF0VS4.5	587	601	526	571	32.42

Fuente: “*Experimental Study on Mechanical Properties of Fiber Reinforced Concrete; Effect of Cellulose Fiber, Polyvinyl Alcohol Fiber and Polyolefin Fiber*”, por Xu, et al. (2020, p.6)

Los investigadores obtuvieron las muestras de hormigón, coeficiente de refuerzo y desviaciones estándar de cada muestra; y definieron los mismos parámetros para fibras híbridas. Luego concluyeron que, en comparación con el hormigón simple, las fibras tienen un efecto positivo en refuerzo de la resistencia a la compresión axial del hormigón. También, observaron que, en las microestructuras de hormigón reforzado con fibra, no es viable el aumento de la dosis de fibra, debido a que no beneficia el desempeño mecánico del hormigón.

Mudiyono, R. y Sudarno, S. (2019). En el artículo; *The Influence of Coconut Fiber on The Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks*, los investigadores tienen como objetivo, determinar la influencia de la fibra de coco en la resistencia a la compresión y flexión en el hormigón, adicionando fibra de coco a la mezcla.

**Tabla 72**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>)

N°.	Especímenes	7 días		14 días	
		(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )
1	CCF 0.0%	24.9	249	31.5	315
2	CCF 0.1%	25.9	259	33	330
3	CCF 0.2%	23.4	234	31.5	315
4	CCF 0.3%	21.8	218	27.4	274

Fuente: “*The Influence of Coconut Fiber on The Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks*”, por Mudiyono y Sudarno (2019, p.3)

**Tabla 73**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>)

N°.	Especímenes	7 días		14 días	
		(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )
1	CCF 0.0%	2.78	27.8	3.33	33.3
2	CCF 0.1%	2.78	27.8	3.33	33.3
3	CCF 0.2%	3.89	38.9	3.89	38.9
4	CCF 0.3%	3.33	33.3	4.44	44.4

Fuente: “*The Influence of Coconut Fiber on The Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks*”, por Mudiyono y Sudarno (2019, p.4)

Los investigadores dedujeron que la resistencia a la compresión de las pruebas sin la adición de fibra de coco es de 249,73 kg/cm<sup>2</sup>, lo que requiere la adición de las cantidades correspondientes de fibra de coco. Determinando que la adición de 0.1% de fibra de coco aumentará la resistencia a la compresión y la flexión en comparación con los demás ensayos.

Paluri, Y., Mogili, S., Mudavath, H. y Noolu, V. (2020). En el artículo; *Effect of Fibers on The Strength and Toughness Characteristics of Recycled Aggregate Concrete*, los investigadores evalúan la adición de fibras celulósicas. Para obtener un análisis comparativo respecto a la resistencia a la flexión, usando una relación a/c de 0.36.

**Tabla 74**

Designación de Mezclas (%)

Nombre del Espécimen	Contenido de RA (%)	Cantidad de fibra (%)
RA - 0%	0	0
RA - 50%	50	0
RA - 100%	100	0
RAF - 0%	0	1
RAF - 50%	50	1
RAF - 100%	100	1

Fuente: “*Effect of Fibers on The Strength and Toughness Characteristics of Recycled Aggregate Concrete*”, por Paluri, et al. (2020, p.2)

**Tabla 75**

Resistencia a la Compresión y Flexión con Adición de Fibras Celulósicas (kg/cm<sup>2</sup>)

Nombre del Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días	7 días	28 días
RA - 0%	410.03	514.55	60.98	66.38
RA - 50%	357.41	439.91	57.00	64.75
RA - 100%	326.62	394.02	51.80	54.66
RAF - 0%	442.05	555.54	87.29	94.63
RAF - 50%	396.26	487.22	80.35	87.29
RAF - 100%	366.79	438.38	72.81	78.72

Fuente: “*Effect of Fibers on The Strength and Toughness Characteristics of Recycled Aggregate Concrete*”, por Paluri, et al (2020, p.3)

Los investigadores llegaron a la conclusión de que la resistencia a la compresión de las muestras disminuye a medida que aumenta la cantidad de material reciclado añadido, estando definida esta relación por la presencia o ausencia de fibras celulósicas en las muestras. Determinaron que hay una pérdida de resistencia del 14% en la sustitución del 50%, en comparación con una pérdida del 23% en la sustitución del 100%. Por el contrario, la resistencia a la compresión aumenta entre un 8% y un 12 % con la adición de fibras celulósicas. Concluyeron señalando que cuando las adiciones naturales se reemplazaban con adiciones recicladas, la pérdida de resistencia a la flexión daba como resultado una tendencia similar a la pérdida de resistencia a la compresión. Mientras que el aumento en el hormigón con la adición de fibras celulósicas es aproximadamente entre un 35 – 44% y un aumento de 43 – 52%.

Paricaguán, B. y Muñoz, J. (2019). El artículo; Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar, tiene como objetivo el análisis de los resultados de la adición de bagazo de caña de azúcar y su desarrollo sostenible con el uso potencial de materiales de construcción alternativos, así como el estudio de las propiedades mecánicas del hormigón en cilindros y vigas.

Para ello, los investigadores iniciaron con la dosificación de fibras, iniciando con mezclas de 0% y 2.5% de fibras respectivamente con reemplazo en parte del agregado fino con una relación a/c de 0.48.

**Tabla 76**

Componentes de la Mezcla Patrón y Reforzada con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar con y sin Tratamiento para Distribuciones de Tamaño Corto, Largo y Aleatorio

Componentes	Mezcla	
	Patrón	2.50%
Cemento (kg)	60	60
Agua (l)	27	27
Grava (kg)	135	135
Arena (kg)	135	134
Fibra de bagazo (kg)	0.00	1.5
Polyheed 1026 (L)	0.33	0.33

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar”, por Paricaguán y Muñoz (2019, p.2)

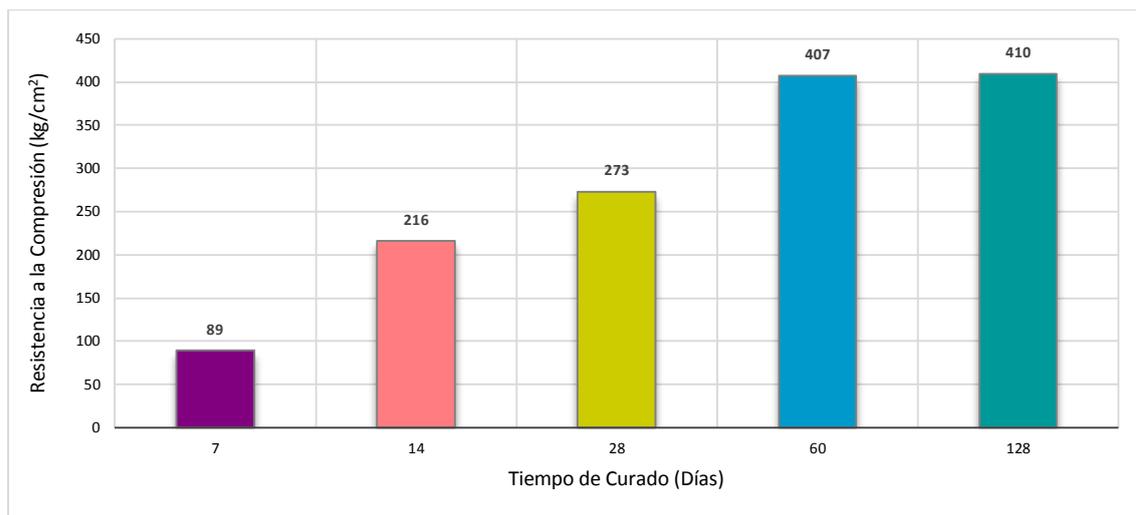


Figura 39: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar – Volumen de 2,5 % - Tamaño Corto (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar”, por Paricaguán y Muñoz (2019, p.3)

**Tabla 77**

Resistencia a la Compresión con Adición con Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar (kg/cm<sup>2</sup>)

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de curado (días)				
	7	14	28	60	128
	350	378	409	421	442

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar”, por Paricaguán y Muñoz (2019, p.3)

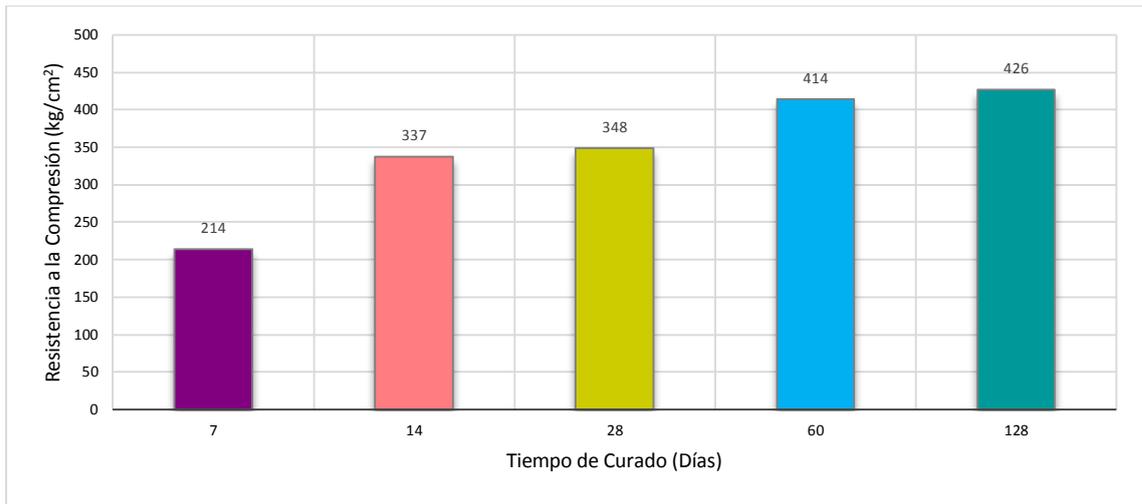


Figura 40: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar – Volumen 2,5 % - Tamaño Largo (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar”, por Paricaguán y Muñoz (2019, p.4)

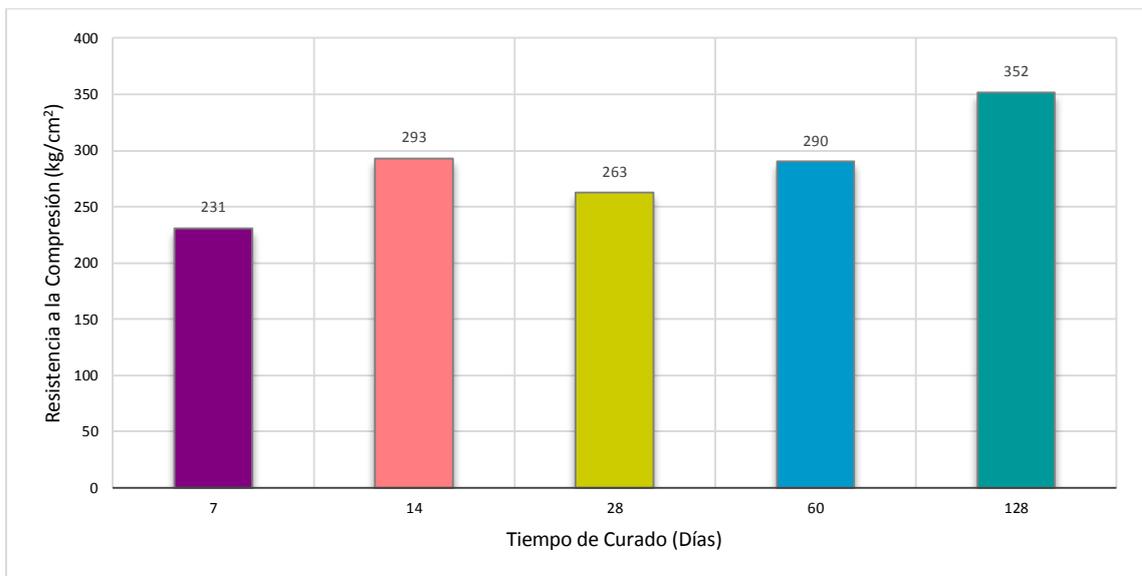


Figura 41: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar – Volumen 2,5% – Tamaño Corto (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar”, por Paricaguán y Muñoz (2019, p.4)

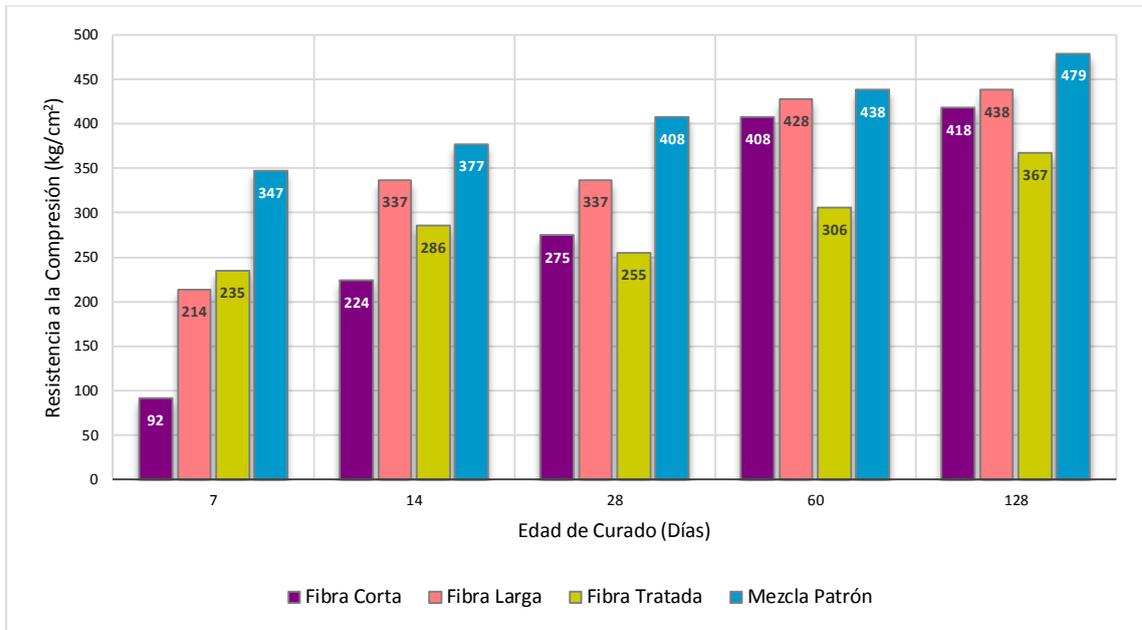


Figura 42: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar - Volumen 2, 5 % (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar”, por Paricaguán y Muñoz (2019, p.5)

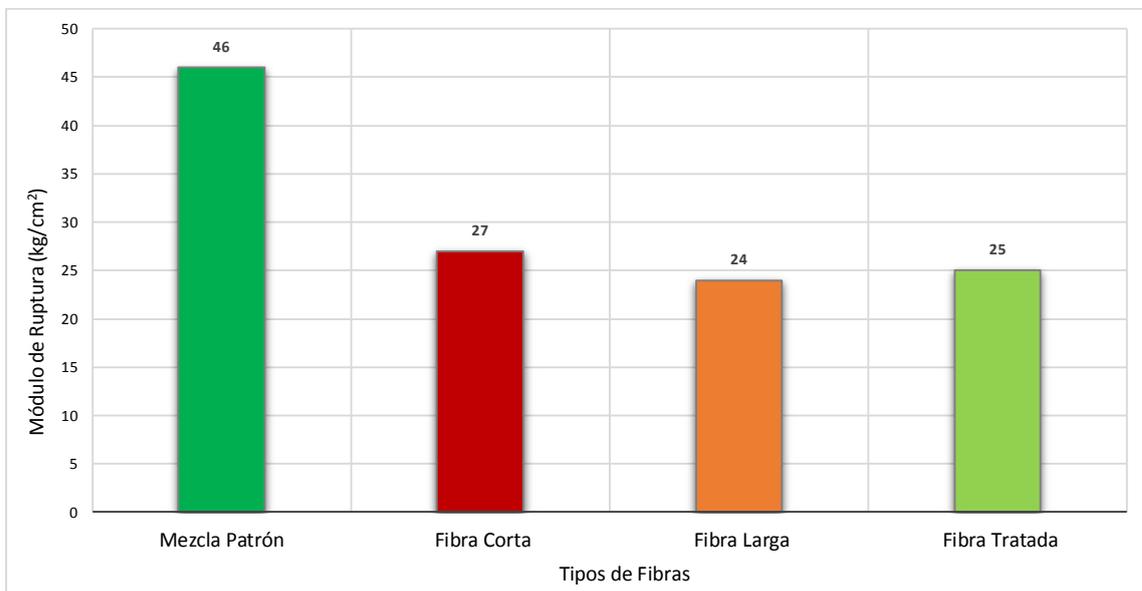


Figura 43: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar”, por Paricaguán y Muñoz (2019, p.5)

Los investigadores pudieron llegar a la conclusión de que los hormigones reforzados con fibra de bagazo de caña de azúcar tienen el potencial para ser utilizados como materiales de construcción económicos. Debido al hecho de que mostraron excelentes resultados en las tres condiciones de prueba: muestra patrón, con adición de fibra y con tratamiento PMMA.

Dalvi, J., Kalwane, U. y Pasnur, P. (2016). En el artículo; *Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*, los investigadores tienen como objetivo, la evaluación de resistencia a la compresión y flexión del hormigón aplicando fibra de sisal como refuerzo. Aplicando distintas proporciones de fibra y porcentajes de fibra. Los investigadores tuvieron en consideración que AR es la relación agua/cemento:

**Tabla 78**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm<sup>2</sup>)

Detalles de la inserción de sisal	7 días	28 días
(0%) Hormigón normal M 20	215	298
0.5% - 50 AR + Concreto normal	276	367
0.5% - 75 AR + Concreto normal	291	406
0.5% - 100 AR + Concreto normal	398	417
1% - 50 AR + Concreto normal	379	505
1% - 75 AR + Concreto normal	239	335
1% - 100 AR + Concreto normal	400	483
1.5% - 50 AR + Concreto normal	386	422
1.5% - 75 AR + Concreto normal	264	320
1.5% - 100 AR + Concreto normal	318	348
2% - 50 AR + Concreto normal	395	495
2% - 75 AR + Concreto normal	298	419
2% - 100 AR + Concreto normal	278	406

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.7)

Los investigadores definen que el mayor resultado fue la del hormigón base después de 28 días. Seguido de los resultados de inserción de 1%, donde la edad de 7 días fue la mejor resultante. Para después de 28 días, obtener la mayor resistencia.

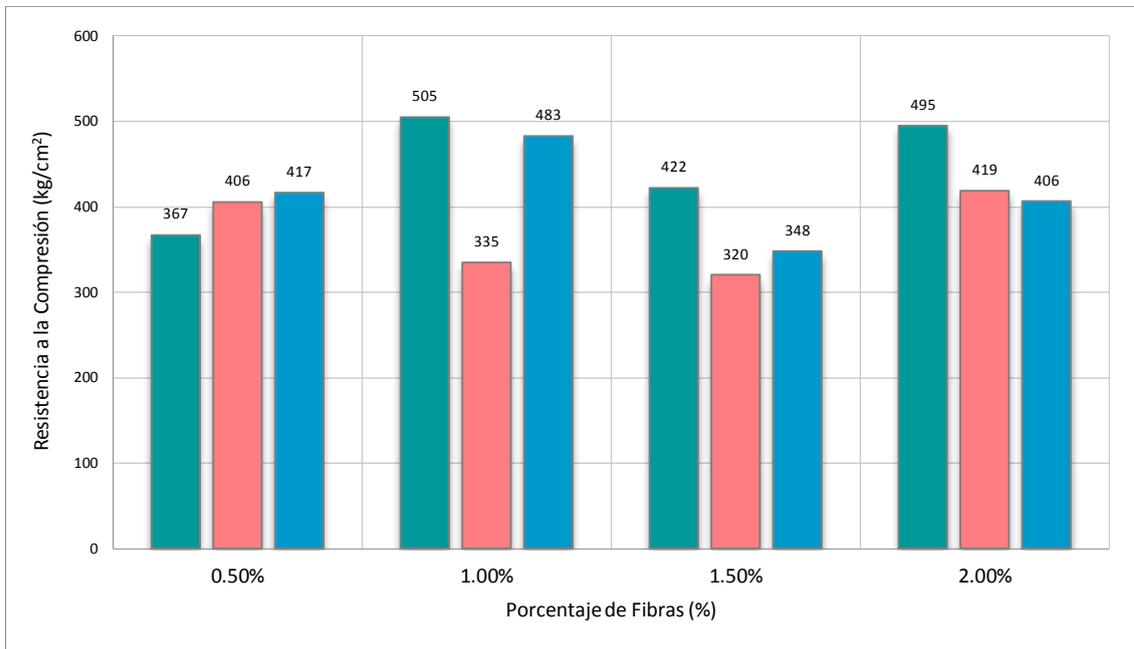


Figura 44: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.8)

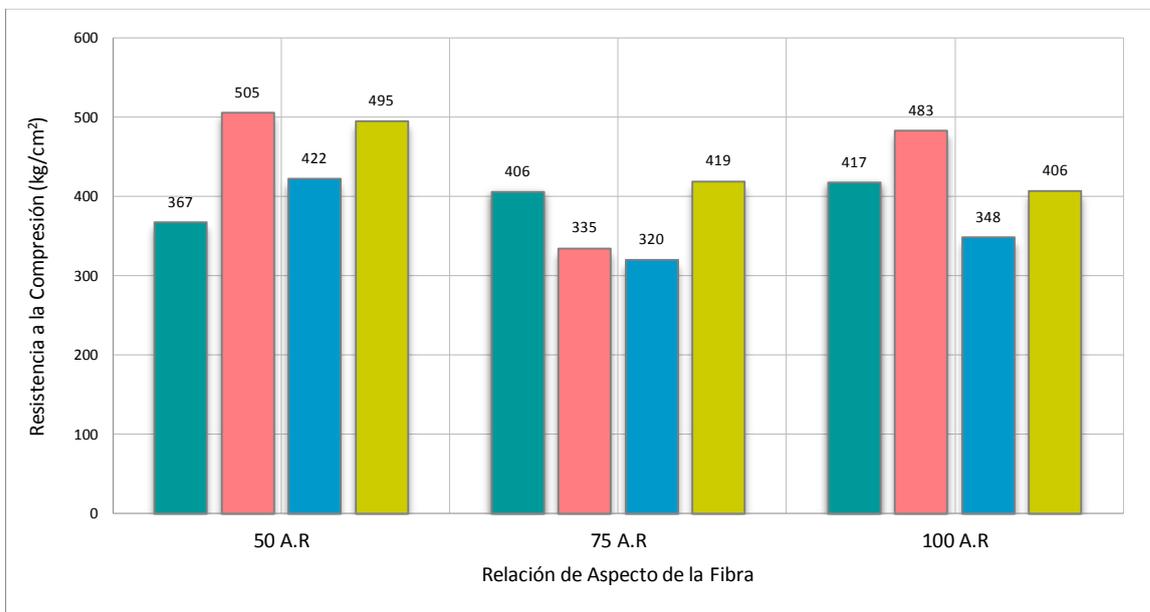


Figura 45: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.8)

**Tabla 79**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm<sup>2</sup>)

Detalles de la inserción de sisal	7 días	28 días
(0%) Hormigón normal M 20	30	40
0.5% - 50 AR + Concreto normal	31	39
0.5% - 75 AR + Concreto normal	33	56
0.5% - 100 AR + Concreto normal	31	74
1% - 50 AR + Concreto normal	43	60
1% - 75 AR + Concreto normal	35	68
1% - 100 AR + Concreto normal	30	73
1.5% - 50 AR + Concreto normal	43	60
1.5% - 75 AR + Concreto normal	36	69
1.5% - 100 AR + Concreto normal	37	76
2% - 50 AR + Concreto normal	29	70
2% - 75 AR + Concreto normal	34	66
2% - 100 AR + Concreto normal	37	72

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.9)

En los resultados obtenidos por los investigadores, podemos observar que las resistencias para algunas combinaciones con fibra de sisal son menores que los resultados de concreto sin fibra en etapa inicial de curado. Mostrándose mayores y mejores resultados a la edad de 28 días.

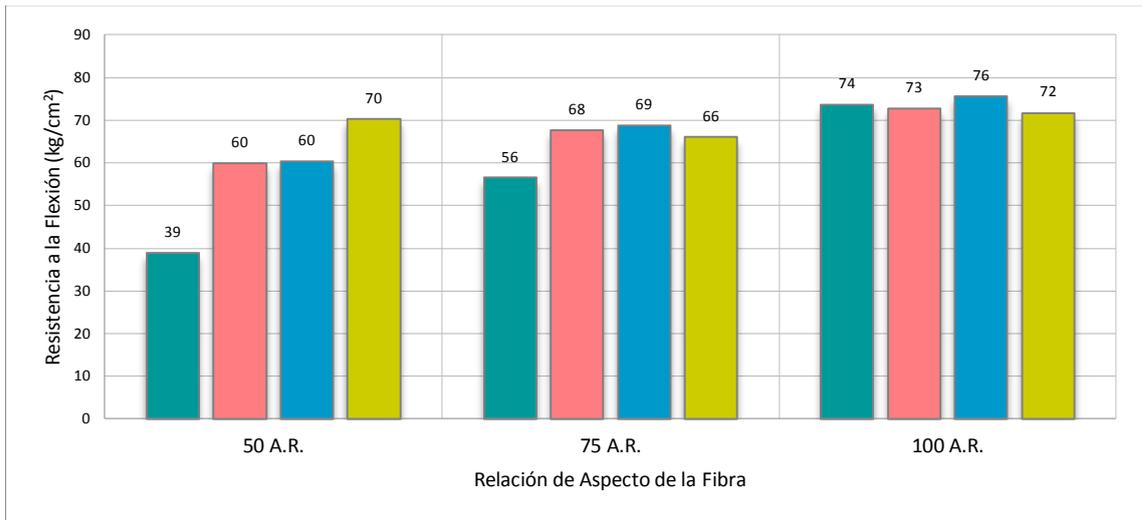


Figura 46: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.10)

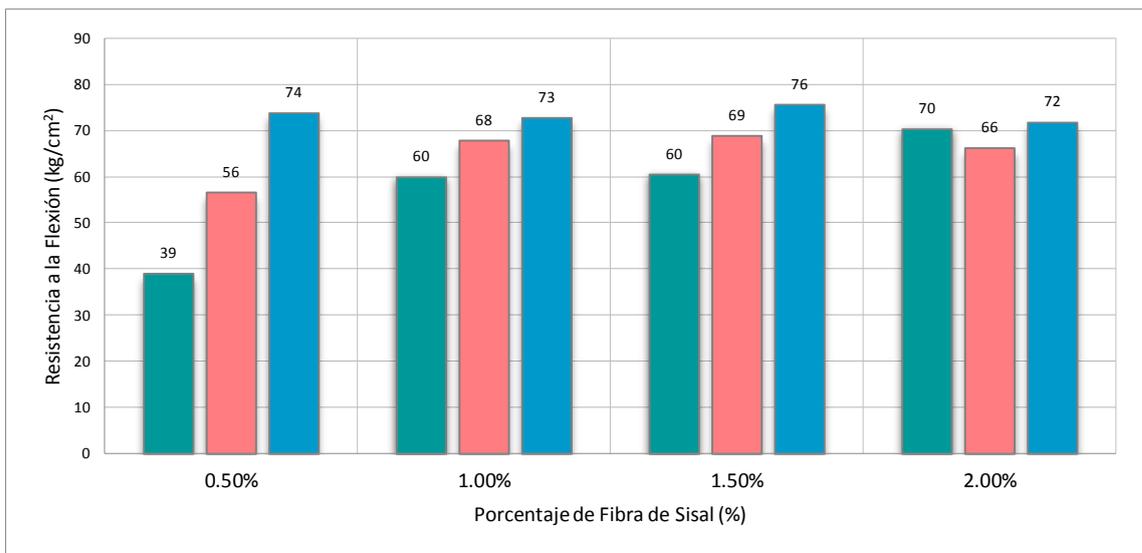


Figura 47: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.10)

Tras los resultados obtenidos para las respectivas resistencias tras la adición de distintas dosis de fibra de sisal, los investigadores logran concluir que el uso de dicha fibra en el hormigón disminuye la trabajabilidad del hormigón en estado fresco hasta un determinado resultado. A pesar de ello, los parámetros de resistencias han mostrado resultados óptimos. Tales como que la mejor dosis de adición para el caso de fibra de sisal es de 1.00% o valores adyacentes a dicho valor.

Bharath, P y Shrikanthm, A. (2017). En el artículo; *Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*, los investigadores estudian el efecto que causa la longitud y el porcentaje de las fibras de sisal como aditivo. En el cual, se desea saber cómo las diferentes proporciones afectan en la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. Para ello, se usó una relación de aspecto de 50, 75, 100 y porcentajes de fibra de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2%, resultando así 12 combinaciones diferentes. Para realizar el ensayo de compresión, se moldearon 72 cubos de 150 mm x 150 mm x 150 mm, todo este procedimiento se realizó bajo los estándares indios ISS 16.

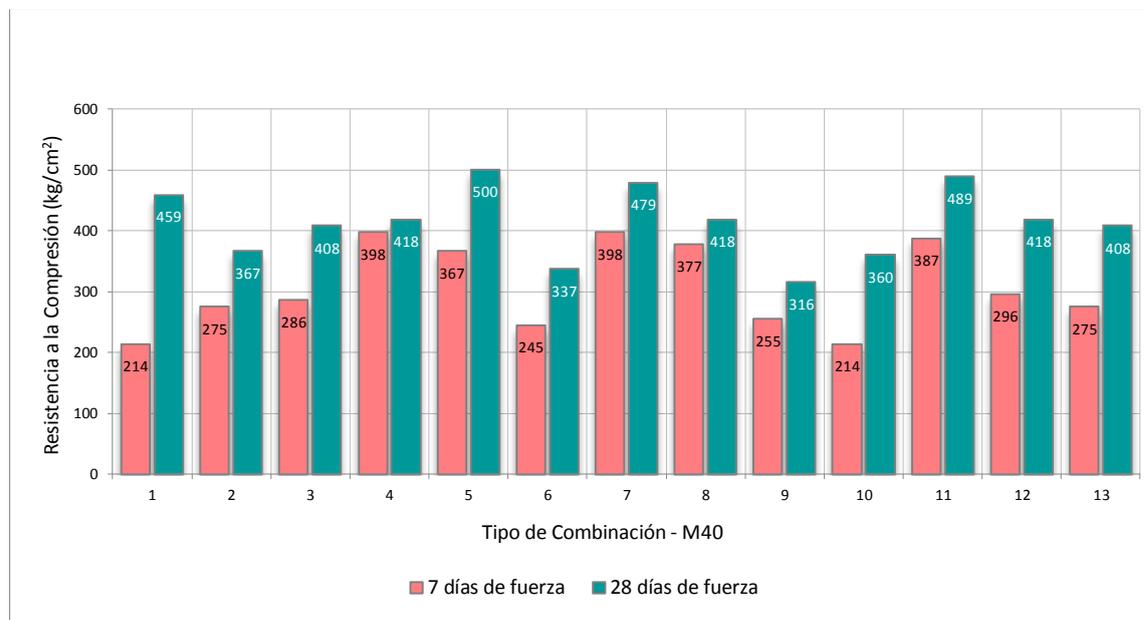


Figura 48: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – M40 (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Bharath y Shrikanthm (2017, p.3)

Se puede observar, que la resistencia a la compresión mejora al agregar fibra de sisal después de los 28 días de curado, esto quiere decir que es beneficioso. Se ve que la resistencia va aumento de manera constante de 0% a 1% de fibra de sisal con 50 AR y después presenta resultados decrecientes y crecientes ya que cae al 1% con 75 AR. Sucesivamente, los resultados del 2% con 50 AR son los segundos con más valor de 7 y 28 días.

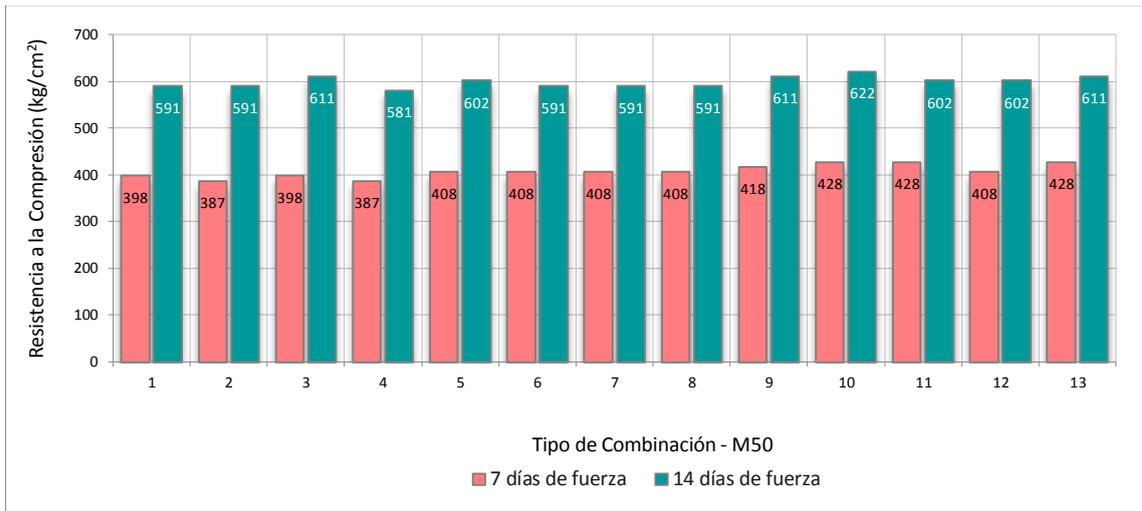


Figura 49: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – M50 (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Bharath y Shrikanthm (2017, p.4)

Para realizar el ensayo de flexión, se moldearon 18 prismas de 750 mm x 150 mm x 150 mm, todo este procedimiento se realizó bajo los estándares indios ISS 16.

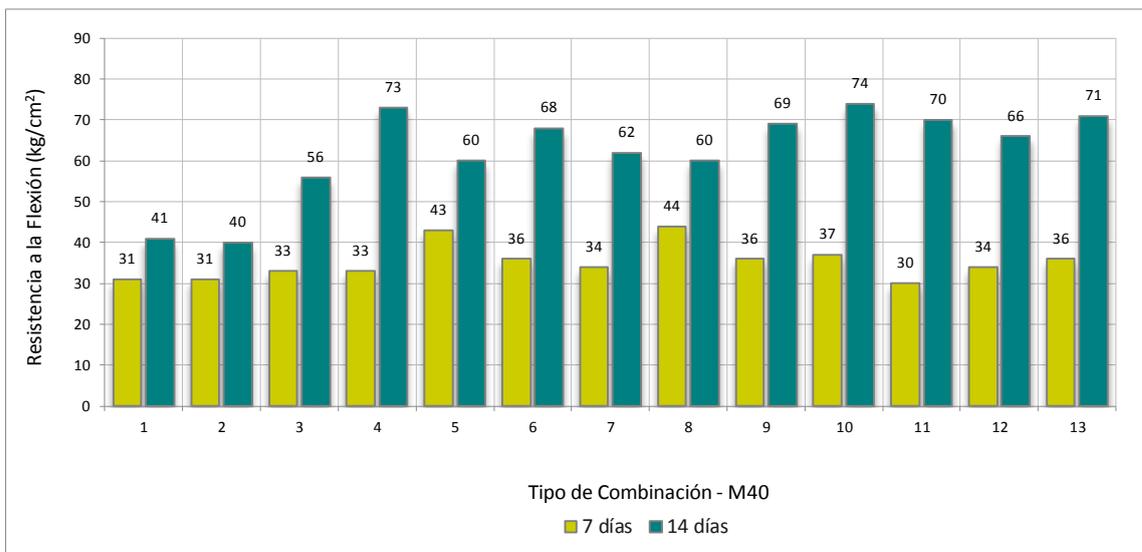


Figura 50: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal – M40 (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Bharath y Shrikanthm (2017, p.9)

Se puede observar, que la resistencia a la flexión es directamente proporcional a la relación de aspecto. Y que el porcentaje que presenta mayores valores es la de 1.5% de sisal con 100 AR.

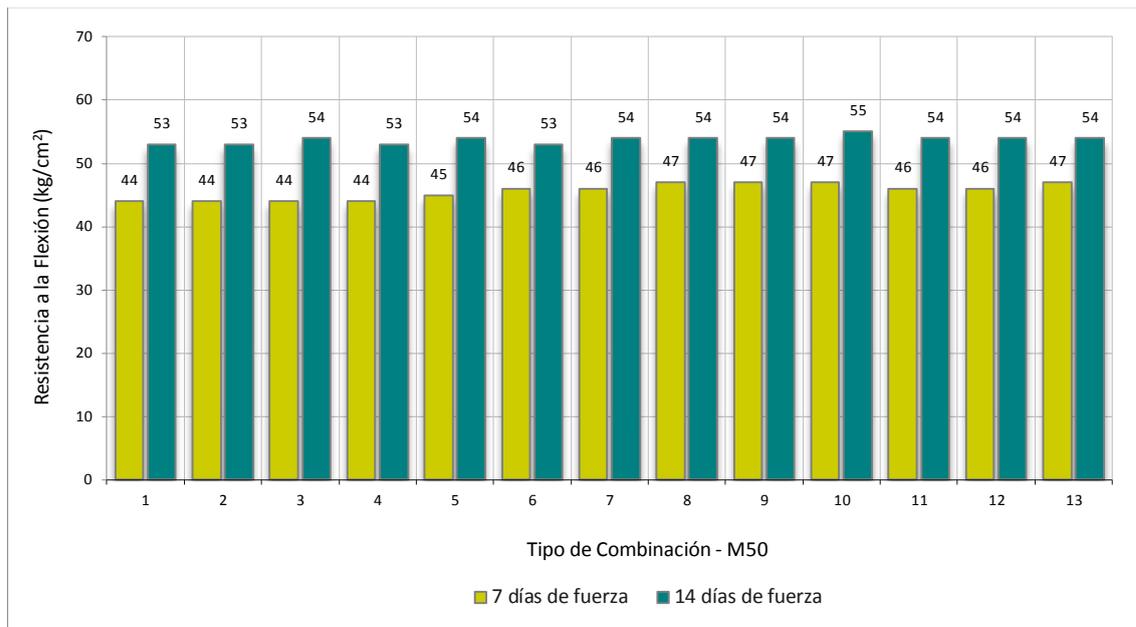


Figura 51: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal – M50 (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Bharath y Shrikanthm (2017, p.10)

La resistencia a la flexión es directamente proporcional a la longitud de la fibra y la de mayor resistencia tiene un porcentaje de 1% de fibra de sisal con 100 AR.

Los autores llegaron a la conclusión de que agregar fibra de sisal aumenta los resultados de resistencia a la compresión, aunque la mayoría de los resultados disminuyen gradualmente a medida que se acercan al 1%. La mayor resistencia es la compresión, que tiene un porcentaje del 1% y una relación de aspecto del 50%, ya que aumenta en un 49% en comparación con la muestra patrón.

Si examinamos los resultados de la resistencia a la flexión, podemos ver que aumenta a medida que aumenta el contenido de fibra de sisal, alcanzando un máximo de 1.5% antes de que comience a disminuir. El mejor ejemplo sería el 1.5% de fibra con 100 AR ya que aumenta un 87% en comparación con un hormigón sin adición de fibra.

### **2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio**

A través de la historia se ha improvisado la calidad de los materiales aplicados en la industria de la construcción, según Alvarado (2002), puesto que de esta manera logran mejorar la manufactura, precios y reducción de consumos: El uso de fibras para reforzar materiales estuvo muy extendido en las civilizaciones antiguas. Actualmente, a los materiales elaborados a partir de matrices cerámicas, plásticas y cementosas se les agregan fibras para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, tales como resistencia a la compresión, agrietamiento, impacto, abrasión y durabilidad. Existen numerosos tipos de fibras utilizadas en la industria que se venden internacionalmente; los tres tipos más comunes son los de aluminio, vidrio e hidrocarburos sintéticos (plásticos). Las fibras celulósicas de origen vegetal son un grupo diferente de fibras que se están investigando para aplicaciones potenciales. La fabricación de fibra de metal, vidrio y plástico requiere una inversión financiera sustancial. Además, el proceso de producción de estos materiales consume mucha energía. (p. 11)

#### **2.3.1. Fibras**

Fibras lignocelulósicas alargadas y delgadas en forma de paquetes, redes o hilos hechas de cualquier material artificial o natural que se puede encontrar en la biosfera en forma de árboles, plantas y cultivos, divididas según su origen. (Paricaguán, 2015, p.23)

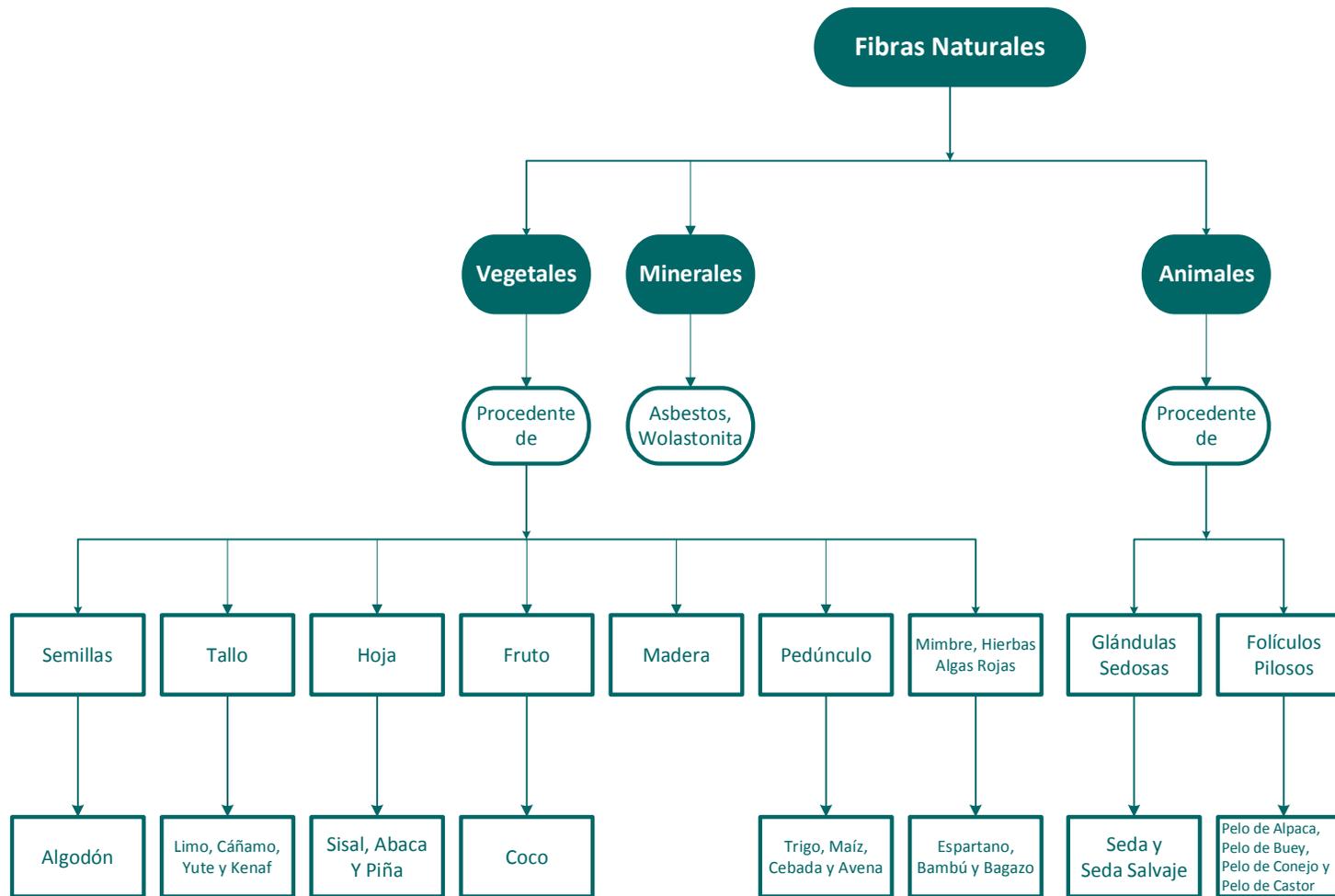


Figura 52: Clasificación de las Fibras Naturales Según su Origen

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los beneficios, podemos destacar que las fibras ofrecen mayor capacidad de fuerza de tensión que las fibras metálicas y que reducen en un porcentaje aproximado de 85% sus agrietamientos. (Álvarez, 2021, p.01).

### 2.3.2. Celulosa

El componente predominante que ocurre naturalmente en las fibras naturales vegetales se llama celulosa, a menudo conocida como  $\alpha$  – celulosa. Se trata de un polímero lineal formado por unidades de  $\beta$  – d – glucopiranosas unidas por un enlace  $\beta$  – (1,4) – glicosídico, que da lugar a unidades de celobiosa que se repiten a lo largo de la cadena polimérica. Cada monómero tiene tres grupos que contienen hidrógeno que pueden crear enlaces de hidrógeno intramoleculares e intermoleculares. (Paricaguán, 2015, p.25)

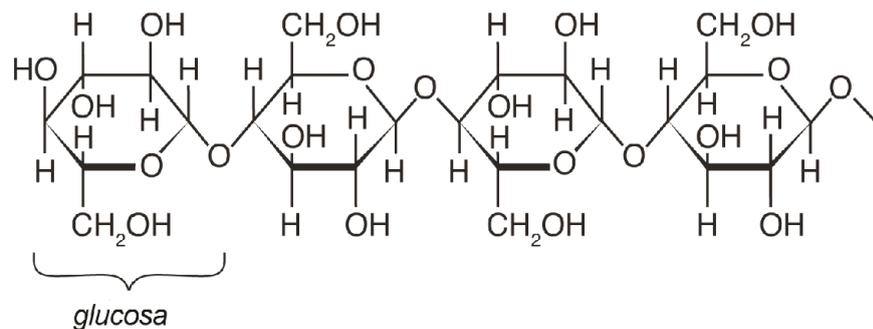


Figura 53: Estructura de la Celulosa

Fuente: “*Structure of Cellulose*”, por Keller (2019, p.2)

### 2.3.3. Fibras Naturales

Secciones discretas de origen como el coco, sisal, plátano, caña de azúcar, yute, bambú, entre otros, que se pueden convertir en telas no tejidas como filtro o papel. La mayoría de las fibras naturales son flexibles y relativamente fuertes. (Florencia, 2015, p.11)

### 2.3.4. Relación agua/cemento

La relación agua/cemento es igual a la masa de agua dividida por la masa de cemento (incluyendo cemento portland, cemento adicionado, ceniza volante, escoria, humo de sílice y puzolanas naturales). La relación agua – cemento elegido para el diseño de una mezcla debe ser la cantidad más baja necesaria para soportar las condiciones de exposición previstas. (Portland Cement Association, 2004, p.186)

### 2.3.5. Asentamiento

El ensayo de asentamiento se utiliza para evaluar la consistencia del hormigón. Según una proporción dada de cemento y agregado, la mezcla se hace más húmeda cuanto más asentamiento hay. Al evaluar mezclas similares, el asentamiento es un indicador de trabajabilidad. Sin embargo, no debe usarse para comparar mezclas de proporciones completamente diferentes. (Portland Cement Association, 2004, p.191)

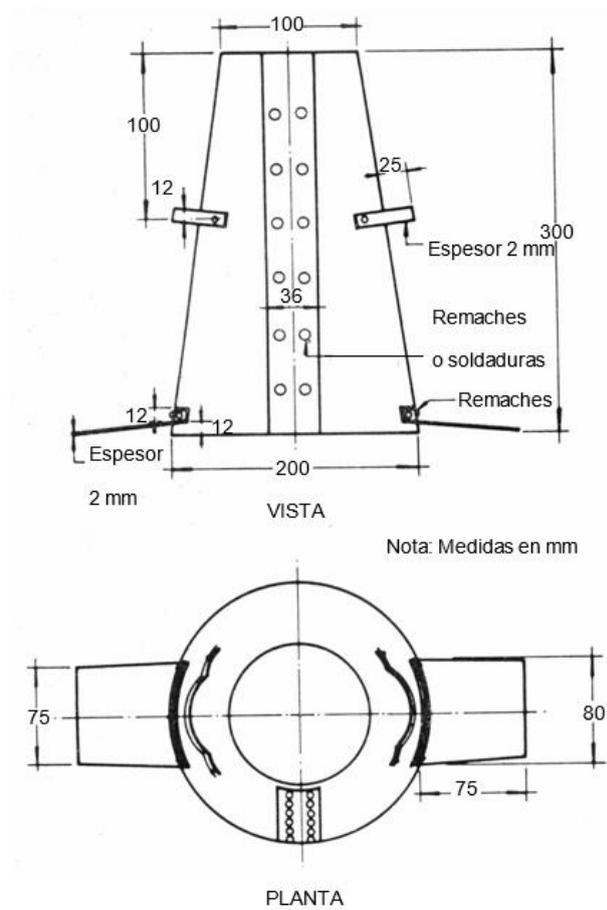


Figura 54: Cono de Abrams

Fuente: “Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams”, por, COVENIN (2003, p.5)

### 2.3.6. Ensayo de resistencia a la compresión

El objetivo es establecer la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones de diamantina. Se utiliza para determinar qué tan bien resistirán la compresión las probetas en forma de cilindro cuando se preparan y curan, teniendo en cuenta factores como el tamaño y la forma de la probeta, la tanda, el proceso de mezcla, moldeo, muestreo y elaboración, así como la temperatura, la edad, y condiciones de humedad durante el proceso de curado. Consiste en aplicar una carga axial a los cilindros o moldes de extracción diamantino cuando se produce la falla. La resistencia a la compresión conseguida por la probeta se calcula a partir de la máxima división de carga conseguida a lo largo del ensayo. (Norma Técnica Peruana 339.034, 2015, p.3)



Figura 55: Ensayo de Resistencia a la Compresión

Fuente: “Esfuerzo de Compresión”, por Proyectos Wikimedia (2020, p.1)



Figura 56: Probeta después de la Rotura de Compresión

Fuente: “Hormigón desde la Base”, por Compra Hormigón (2020, p.1)

#### 2.3.7. Ensayo de resistencia a la flexión

Consiste en aplicar peso al tercio central de la luz de la viga, que fue de hormigón hasta la falla ocurre, mientras se calcula el módulo de rotura. Sus valores obtenidos pueden diferir según la preparación, el tamaño, las condiciones de humedad o el tamaño del corte de la viga. (Norma Técnica Peruana 339.078, 2012, p.2)



Figura 57: Ensayo de Resistencia a la Flexión

Fuente: “Esfuerzo de Flexión”, por Proyectos Wikimedia (2020, p.2)

### 2.3.8. Durabilidad

Es la capacidad de las estructuras de hormigón para repeler los ataques externos mientras mantienen sus propiedades físicas y químicas durante toda su vida útil, hasta el punto en que se someten a la degradación. (Abanto, 2017, p.31)

## 2.4. Definición de términos básicos

Agregado Fino: “Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8”)”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E060, 2016, p.13)

Agregado Grueso: “Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N.º 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E060, 2016, p.13)

Cemento Portland: “Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker”. (Reglamento Nacional de Edificaciones E060, 2016, p.14)

Hormigón: “Es una mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico con agregados finos, agregados gruesos y agua, con o sin presencia de aditivos” (Reglamento Nacional de Edificaciones E060, 2016, p.14)

Especímenes cilíndricos: “Los especímenes para determinar la resistencia a la compresión o a la tracción por compresión diametral, deben ser cilindros vaciados y fraguados en posición vertical. Para ensayos de aceptación para la resistencia especificada a la compresión, los cilindros deben ser de 150 mm x 300 mm (6” x 12”) o 100 mm x 200 mm (4” x 8”)”. (Norma Técnica Peruana 339.033, 2009, p.7)

## 2.5. Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis

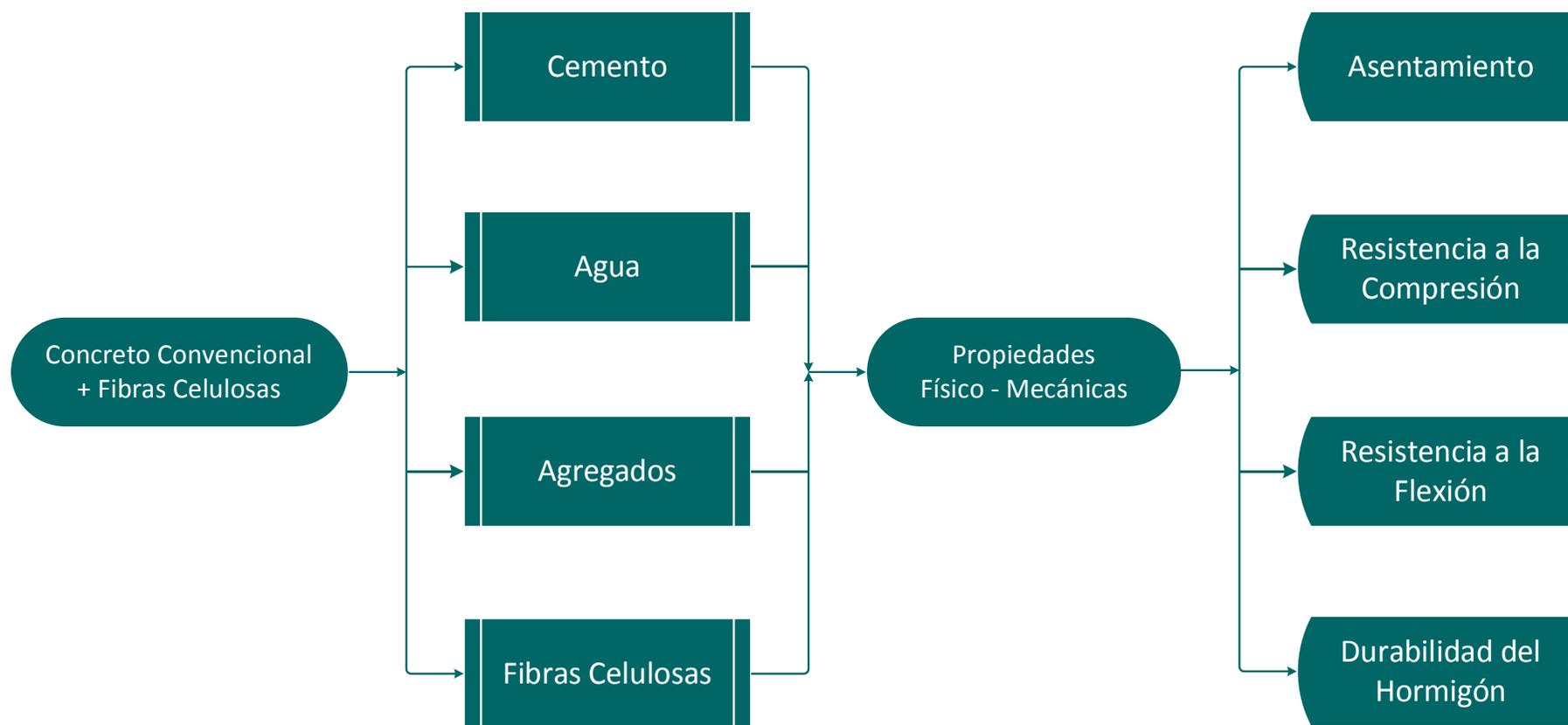


Figura 58: Fundamentos Teóricos del Hormigón con Fibras Celulosas

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **3.1. Hipótesis**

#### 3.1.1. Hipótesis general

Al analizar las fibras celulósicas mejoran las propiedades físico-mecánicas del hormigón.

#### 3.1.2. Hipótesis específicas

- a) Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas aumenta el asentamiento del hormigón.
- b) Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas aumenta la resistencia a la compresión del hormigón.
- c) Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas aumenta la resistencia a la flexión del hormigón.
- d) Al analizar la relación agua/cemento aumenta la durabilidad del hormigón.

### **3.2. Variables**

#### 3.2.1. Variable independiente

Fibras celulósicas.

#### 3.2.2. Variable dependiente

Propiedades físico-mecánicas del hormigón.

### **3.3. Sistema de variables**

#### 3.3.1. Definición conceptual

V.I.: Las fibras celulósicas son materiales filamentosos de base biológica que presentan propiedades en su apariencia, textura, longitud, resistencia y flexibilidad que los hacen aptos para su uso. Estas propiedades son conferidas por sus características químicas, físicas y mecánicas. Las fibras de origen vegetal son colecciones de células con alta resistencia mecánica; sus principales constituyentes son la lignina y la celulosa, por lo que se vinculan principalmente a funciones de los tallos de las plantas. (Neyra y Rendón, 2020, p.1)

V.D.: Se refieren a las capacidades del concreto en estado fresco y endurecido, que se proponen a partir de tendencias de resultados experimentales correlacionados numéricamente. (Valverde y Vargas, 2020, p.100)

### 3.3.2. Definición operacional

V.I.: Las fibras pueden proporcionar una resistencia físico – mecánica adecuada al esfuerzo de la mezcla. Forman una poderosa micro armadura para contrarrestar la fisura por retracción y otorgar ductilidad al hormigón cuando se distribuyen uniformemente dentro de un hormigón. (Asociación Argentina del Hormigón Elaborado, 2019, p.1)

V.D.: Las resistencias se miden con una prensa hidráulica, la cual aplica una carga sobre la superficie del testigo de concreto en condiciones previamente definidas hasta su rotura. Determinando su esfuerzo máximo y el patrón de falla. (Feijoó y Sanchez, 2020, p.63)

### 3.3.3. Operacionalización de Variables

**Tabla 80**

**Operacionalización de las Variables**

Variables	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índices	Unidades de medida	Escala	Instrumento	Herramientas
Fibras Celulosas	V.I	Las fibras celulosas son materiales filamentosos de base biológica que presentan propiedades en su apariencia, textura, longitud, resistencia y flexibilidad que los hacen aptos para su uso. Estas propiedades son conferidas por sus características químicas, físicas y mecánicas. Las fibras de origen vegetal son colecciones de células con alta resistencia mecánica; sus principales constituyentes son la lignina y la celulosa, por lo que se vinculan principalmente a funciones de los tallos de las plantas.	Las fibras pueden proporcionar una resistencia física – mecánica adecuada al esfuerzo de la mezcla. Forman una poderosa micro armadura para contrarrestar la fisura por retracción y otorgar ductilidad al hormigón cuando se distribuyen uniformemente dentro de un hormigón.	Porcentajes de fibras celulosas	Porcentajes de fibras celulosas	%	Cuantitativa continua	Formato de diseño de mezclas	NTP 339.035 NTP 339.036 ASTM C172  NTP 339.034 ASTM C 39
				Asentamiento	Cono de Abrams	mm	Cuantitativa continua	Formato de cono de Abrams	
Propiedades físico – mecánicas del hormigón	V.D	Se refieren a las capacidades del concreto en estado fresco y endurecido, que se proponen a partir de tendencias de resultados experimentales, correlacionados numéricamente.	Las resistencias se miden con una prensa hidráulica, la cual aplica una carga sobre la superficie del testigo de concreto en condiciones previamente definidas, hasta rotura, determinando su esfuerzo máximo y el patrón de falla.	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa continua	Formato de ensayo de compresión del laboratorio	NTP 339.078 ASTM C 78
				Durabilidad		kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa continua	Tablas de la NTP E.060	
				Resistencia a la flexión	Resistencia a la flexión	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa continua	Formato de ensayo de flexión del laboratorio	

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es de carácter documental/bibliográfico porque recopiló, adquirió y conjugó información sobre el uso de la fibra celulosa para mejorar las propiedades físico – mecánicas del hormigón, lo que permitió optimizar y reducir los costos cuando se empleara en la construcción. Bajo ciertos parámetros, será posible obtener un porcentaje ideal de fibra celulosa para su uso, según lo investigado. Finalmente, a partir de fuentes documentales como artículos científicos, monografías, tesis, libros, revistas especializadas y otras, fue posible seleccionar la información más pertinente al estudio mediante el uso de citas, tablas y figuras.

Las investigaciones revisadas siguen la metodología empleada por Chavarry, Chavarría, Valencia, Pereyra, Arieta y Rengifo (2020) que lleva como título “Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica”, la cual fue de método de investigación deductiva, usando un enfoque cuantitativo con una orientación aplicada, recolección de datos retrolectiva, de tipo descriptivo, explicativo y correlacional, con un diseño experimental, longitudinal y retrospectivo, siguiendo un estudio cohorte.

Método de la Investigación.

La metodología del estudio actual fue deductiva porque su objetivo era mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón trabajando con una variable independiente llamada fibras celulosas.

La orientación fue aplicada porque pretende resolver la problemática planteada.

El enfoque fue cuantitativo porque los resultados se presentaron como cantidades, datos estadísticos y porcentajes.

La recolección de datos fue retrolectiva, porque se obtuvo de artículos científicos, formatos, normas nacionales e internacionales vigentes y tesis.

### **4.1. Tipo de investigación**

La investigación fue correlacional, descriptiva y explicativa. Correlativo porque las fibras celulosas estaban vinculadas a las propiedades físicas y mecánicas del hormigón en un esfuerzo por mejorar dichas propiedades. Descriptivo porque describió las características y propiedades de las fibras celulosas y midió, evaluó y recopiló datos sobre las variables. Explicativa, porque se logró interpretar el efecto que causa la adición de fibras celulosas en el hormigón.

#### **4.2. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación fue descriptivo ya que permitió el estudio de las variables, describiendo y cuantificando cada una de ellas mediante el estudio del asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y durabilidad del hormigón.

#### **4.3. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación se definió según el propósito a estudiar, siendo de carácter experimental, porque se evaluó los datos experimentales de diversos autores, es decir se cuestionó los porcentajes de fibras celulósicas en investigaciones precedentes, con respecto a las propiedades físico-mecánicas del hormigón.

Según el número de mediciones fue de carácter longitudinal porque se ensayó a diversas edades, el asentamiento, resistencias a compresión, flexión y durabilidad del hormigón.

Se obtuvieron datos de diversas fuentes, siendo de carácter retrospectiva.

El estudio de diseño fue de cohorte (causa-efecto), se estudió entre los indicadores la causa-efecto, como porcentajes de fibras celulósicas con respecto a el asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la durabilidad con respecto a la resistencia a la compresión.

#### **4.4. Población y muestra**

##### **4.4.1. Población**

La población de estudio se tomó en base a las normas definidas en cada uno de los países donde los investigadores realizaron el estudio, teniendo como ejemplo las normas relacionadas al estudio, siendo alguna de ellas: NTP 339.034, NTP 339.035, NTP 339.036, NTP 339.078, ASTM C 39, ASTM C 78, ASTM C 172, entre otros.

##### **4.4.2. Muestra**

La muestra de estudio en la presente investigación fueron los ensayos de asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y durabilidad realizados en los ensayos de hormigón, respecto a las Normas Técnicas Peruanas.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica para la recolección de datos, utilizó diferentes plataformas vía internet, asesoramiento virtual, videoconferencias y plataformas de bases académicas (Scopus, Proquest, Science Direct, Scielo) que nos permitieron tener una buena recolección de datos. Teniendo como base algunas de las siguientes normas: NTP 339.036, 2017 (CONCRETO Práctica para muestreo de mezclas de concreto fresco), ASTM C172, 2017 (Práctica Normalizada para Muestreo de Concreto Recién Mezclado), NTP 339.035, 2022

(Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo), NTP 339.034, 2021 (CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo), ASTM C 39, 2022 (Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto), NTP 339.078, 2022 (Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos. Método de ensayo), ASTM C 78, 2022 (Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la flexión del hormigón usando una viga simple con carga de tres puntos).

Los instrumentos utilizados fueron la prensa hidráulica, el cono de Abrams, tamices normalizados, formatos de ensayos de agregados y el programa Microsoft Excel para procesar los datos de los diseños de mezclas.

#### **4.6. Descripción de procedimiento y análisis**

Los datos recopilados, se obtuvieron de información actualizada en los últimos 5 años, ya que nos centramos en un tema actualizado respecto a la tecnología del hormigón, teniendo como base artículos y tesis respecto a la aplicación de fibras celulósicas en el hormigón.

Se realizaron numerosos resúmenes respecto a artículos científicos, tesis, lecturas variadas, conferencias y asesoramiento virtual. Logrando así, llevar a cabo una investigación descriptiva y obtener la suficiente información de estudio para lograr conocer el efecto y beneficio de las fibras celulósicas en las propiedades físico – mecánicas del hormigón. En la cual se observó que las fibras celulósicas seleccionadas son favorables en las propiedades físico-mecánicas del hormigón, teniendo como variable independiente: las fibras celulósicas y como variable dependiente: las propiedades físico-mecánicas del hormigón.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el análisis y comparación de resultados de la presente tesis, enfocada en los efectos de las fibras celulósicas en las propiedades físico - mecánicas del hormigón en estado fresco y endurecido, refiriéndose al asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y relación agua/cemento respectivamente. Se compiló ensayos de artículos científicos y tesis, que resaltan los indicadores establecidos en la tesis.

### 5.1. Resultado de la investigación

5.1.1. Resultado de los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar el asentamiento del hormigón

**Analizar los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar el asentamiento del hormigón.**

**Zubair, N. (2017)**

- a) Porcentajes de fibras celulósicas:
  - Patrón: 0.00 %
  - Diseño 1: 0.25 %
  - Diseño 2: 0.50 %
- b) Los pesos para el diseño del hormigón son: Tipo de Cemento: Cemento Portland Ordinario (Tipo I) con 340 kg/m<sup>3</sup>, Agregado Grueso: 1120 kg/m<sup>3</sup>, Agregado Fino: 820 kg/m<sup>3</sup> y Agua: 181 kg/m<sup>3</sup>.
- c) Según las normas establecidas para el ensayo de asentamiento del hormigón, los investigadores aplicaron la norma ASTM C143.
- d) Resultados de los ensayos:

#### **Tabla 81**

Asentamiento de Mezclas Patrón y Adición del 0.25% y 0.50% de Fibras Celulósicas (mm)

Dosis (%)	Asentamiento (mm)
0.00	30
0.25	5
0.50	0

Fuente: “*Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension*”, por Zubair (2017, p.32)

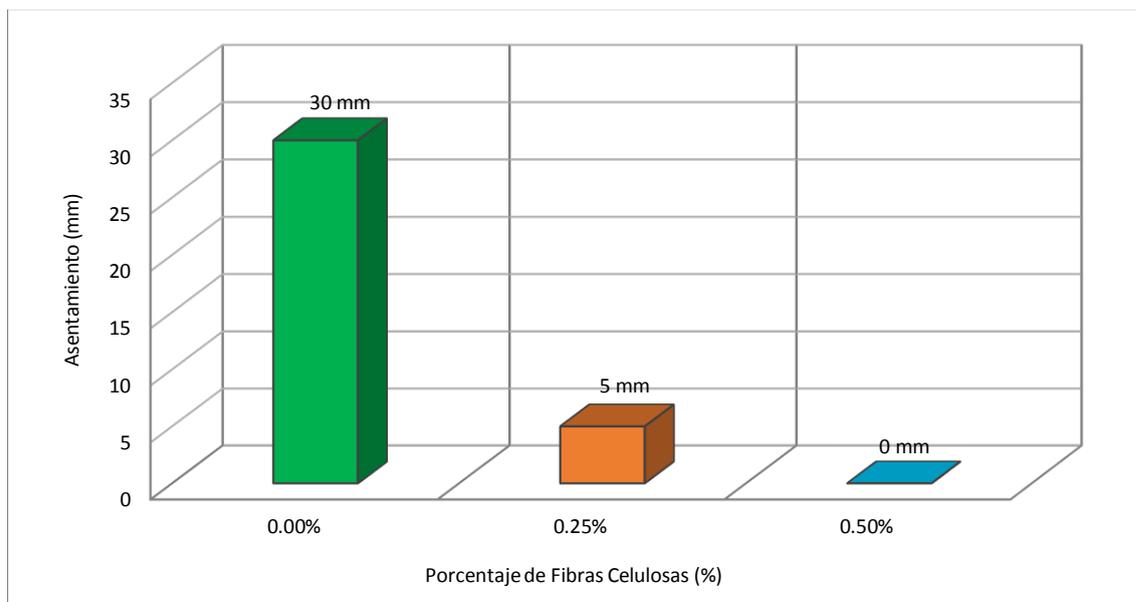


Figura 59: Asentamiento con Adición de Fibras Celulosas (mm)

Fuente: Elaboración Propia

**Terreros, L. y Carvajal, I. (2016)**

- a) Porcentajes de fibra de cáñamo:
  - Patrón: 0.00 %
  - Diseño 1: 1.00 %
- b) Los pesos para el diseño del hormigón son: Cemento: 375 kg, Agua: 176 kg, Grava: 1070 kg y Arena: 728 kg.
- c) Según las normas establecidas para el ensayo de asentamiento del hormigón, los investigadores aplicaron la norma I.N.V E -404-13.
- d) Resultados de los ensayos:

**Tabla 82**

Asentamiento de Mezcla Patrón y Adición del 1.00% de Fibra de Cáñamo (mm)

Dosis (%)	Asentamiento (mm)
0.00	40
1.00	40

Fuente: “Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo”, por Terreros y Carvajal (2016, p.67)

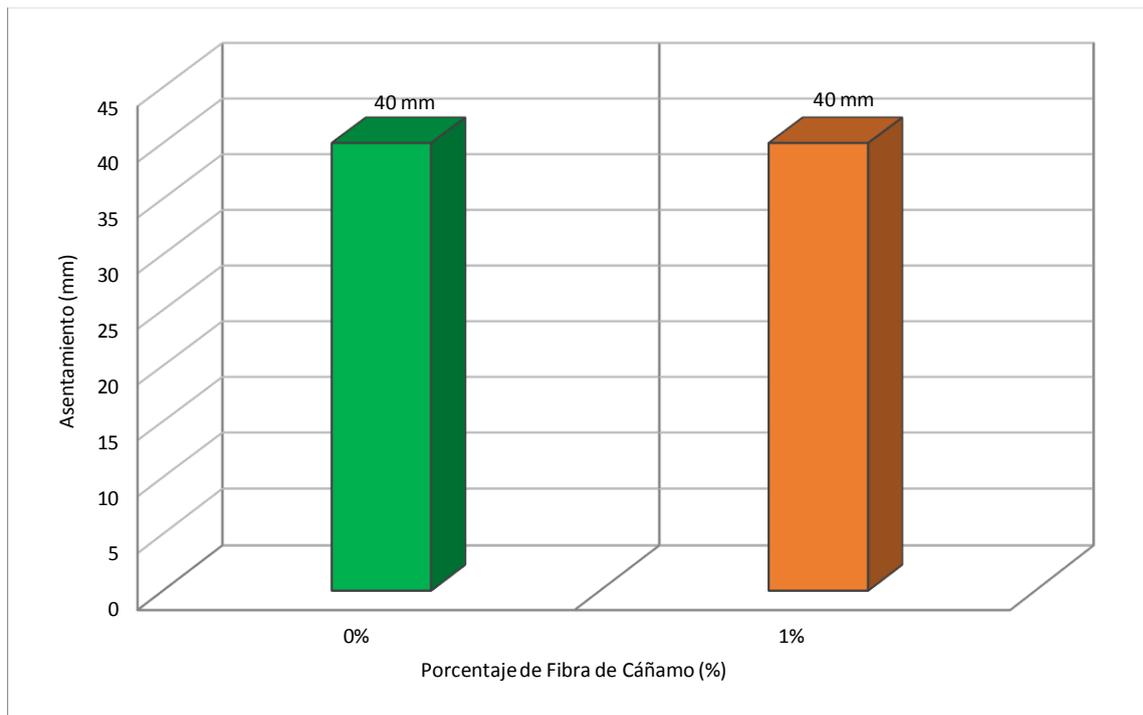


Figura 60: Asentamiento con Adición de Fibra de Cáñamo (mm)

Fuente: Elaboración Propia

**Alarcón, V. (2018)**

a) Porcentajes de fibra de cabuya:

- Patrón: 0.00 %
- Diseño 1: 0.25 %
- Diseño 2: 0.50 %
- Diseño 3: 0.75 %
- Diseño 4: 1.00 %

b) Los pesos para el diseño del hormigón son: Cemento Tipo I: 387 kg/m<sup>3</sup>, Agua: 223 l/m<sup>3</sup>, Grava: 878 kg/m<sup>3</sup> y Arena: 760 kg/m<sup>3</sup>.

c) Según las normas establecidas para el ensayo de asentamiento del hormigón, los investigadores aplicaron la norma NTP 339.035, 2022.

d) Resultados de los ensayos:

**Tabla 83**

Asentamiento para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Cabuya (mm)

Porcentaje de fibra (%)	Grosor de fibra (cm)	Dosis (%)	Asentamiento (mm)
0.00	2.50	0.00	76
0.25	2.50	0.25	76
0.50	2.50	0.50	51
0.75	2.50	0.75	20
1.00	2.50	1.00	0
0.00	8.00	0.00	76
0.25	8.00	0.25	76
0.50	8.00	0.50	51
0.75	8.00	0.75	20
1.00	8.00	1.00	0

Fuente: “Determinación del Contenido Óptimo de Fibra de Cabuya para Mejorar la Resistencia a la Compresión del Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, por Alarcón (2018, p.43)

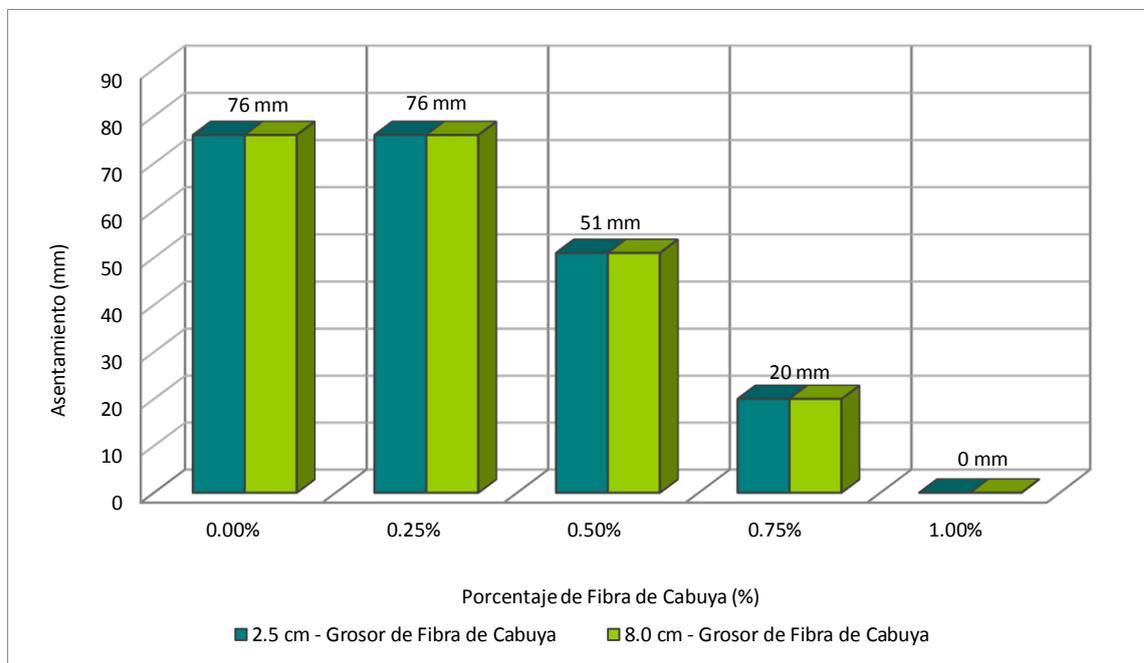


Figura 61: Asentamiento para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con Adición de Fibra de Cabuya (mm)

Fuente: Elaboración Propia

**Mallaupoma, G. (2019)**

- a) Porcentajes de fibra de agave americana L:
  - Patrón: 0.00 %
  - Diseño 1: 0.50 %
  - Diseño 2: 0.75 %
  - Diseño 3: 1.00 %
- b) Los pesos para el diseño del hormigón son: Cemento Andino Tipo I: 344.64 kg, Agua: 193.69 kg, Grava: 810.79 kg, Arena: 915.37 kg y Aditivo: Sika Aer 0.07 kg.
- c) Según las normas establecidas para el ensayo de asentamiento del hormigón, los investigadores aplicaron la norma NTP 339.035, 2022.
- d) Resultados de los ensayos:

**Tabla 84**

Asentamiento – Muestra Patrón y Adición de Fibra de Agave Americana L (mm)

Dosis (%)	Asentamiento (mm)
0.00	114
0.25	102
0.50	89
0.75	64
1.00	38

Fuente: “Comportamiento del Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L para la Mejora de sus Propiedades en Estado Fresco, San Carlos – Huancayo 2017”, por Mallaupoma (2019, p.71)

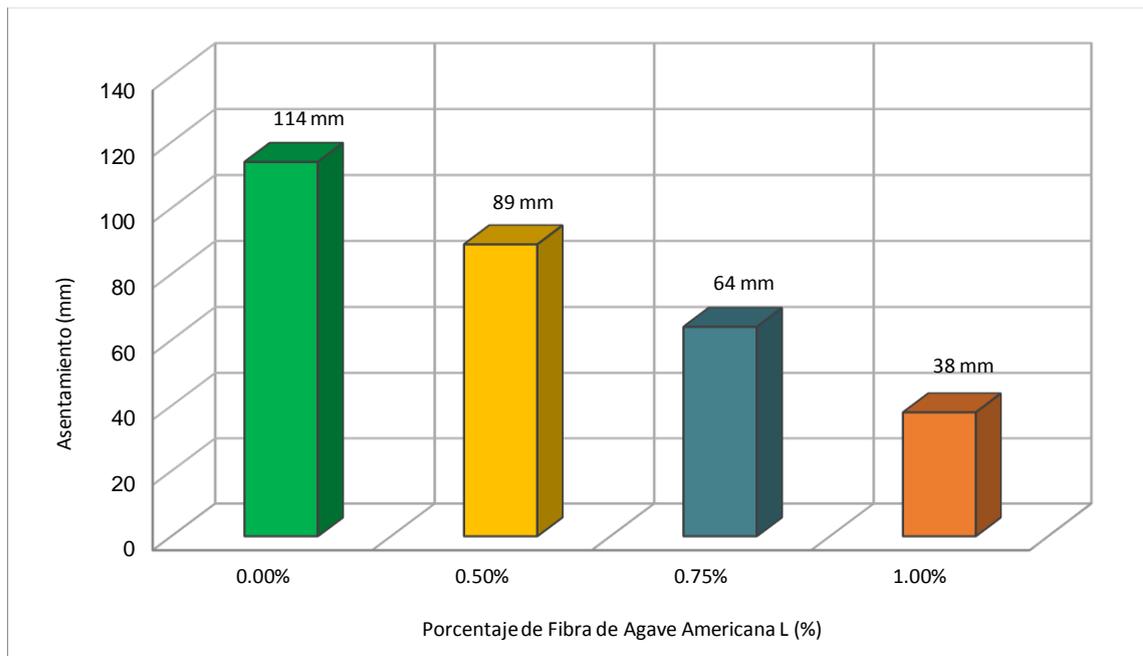


Figura 62: Asentamiento con Adición de Fibra de Agave Americana L (mm)

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.2. Resultado de los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar la resistencia a la compresión del hormigón

Analizar los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar la resistencia a la compresión del hormigón.

**Moreno, G. y Reyes, L. (2018)**

a) Porcentajes de fibra de coco:

- Patrón: 0.00 %
- Diseño 1: 3.00 %
- Diseño 2: 5.00 %
- Diseño 3: 7.00 %

b) Los pesos para el diseño del hormigón respecto a la resistencia a la compresión igual a  $178 \text{ kg/cm}^2$  con una relación a/c de 0.65, fueron: Cemento Tipo I:  $281.54 \text{ kg/m}^3$ , Agua:  $183 \text{ kg/m}^3$ , Grava:  $1049.93 \text{ kg/m}^3$  y Arena:  $811.31 \text{ kg/m}^3$ .

c) Para el resultado de resistencia a la compresión igual a  $215 \text{ kg/cm}^2$  con una relación a/c de 0.58, los investigadores aplicaron los siguientes pesos, Cemento:  $315.52 \text{ kg/m}^3$ , Agua:  $183 \text{ kg/m}^3$ , Grava:  $1049.93 \text{ kg/m}^3$  y Arena:  $784.66 \text{ kg/m}^3$ .

- d) Para el resultado de resistencia a la compresión igual a 250 kg /cm<sup>2</sup> con una relación a/c de 0.53, los investigadores aplicaron los siguientes pesos, Cemento: 345.28 kg/m<sup>3</sup>, Agua: 183 kg/m<sup>3</sup>, Agregado Grueso: 1049.93 kg/m<sup>3</sup> y Agregado Fino: 761.31 kg/m<sup>3</sup>.
- e) Para el resultado de resistencia a la compresión igual a 286 kg /cm<sup>2</sup> con una relación a/c de 0.48, los investigadores aplicaron los siguientes pesos, Cemento: 381.25 kg/m<sup>3</sup>, Agua: 183 kg/m<sup>3</sup>, Agregado Grueso: 1049.93 kg/m<sup>3</sup> y Agregado Fino: 733.09 kg/m<sup>3</sup>.
- f) Según las normas establecidas para el ensayo de resistencia a la compresión del hormigón, los investigadores aplicaron la norma ASTM C 39.
- g) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14 y 28 días.
- h) Resultados de los ensayos:

**Tabla 85**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>) – a/c: 0.65

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0.00	113
7	3.00	116
7	5.00	112
7	7.00	109
14	0.00	144
14	3.00	146
14	5.00	142
14	7.00	142
28	0.00	179
28	3.00	179
28	5.00	177
28	7.00	175

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.81)

**Tabla 86**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>) – a/c: 0.58

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0.00	139
7	3.00	141
7	5.00	138
7	7.00	137
14	0.00	179
14	3.00	183
14	5.00	177
14	7.00	175
28	0.00	219
28	3.00	223
28	5.00	217
28	7.00	215

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.84)

**Tabla 87**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>) – a/c: 0.53

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0.00	165
7	3.00	169
7	5.00	163
7	7.00	162
14	0.00	206
14	3.00	209
14	5.00	204
14	7.00	204
28	0.00	258
28	3.00	263
28	5.00	255
28	7.00	253

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.86)

**Tabla 88**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>) – a/c: 0.48

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0.00	191
7	3.00	194
7	5.00	191
7	7.00	188
14	0.00	241
14	3.00	247
14	5.00	239
14	7.00	236
28	0.00	300
28	3.00	306
28	5.00	298
28	7.00	295

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.89)

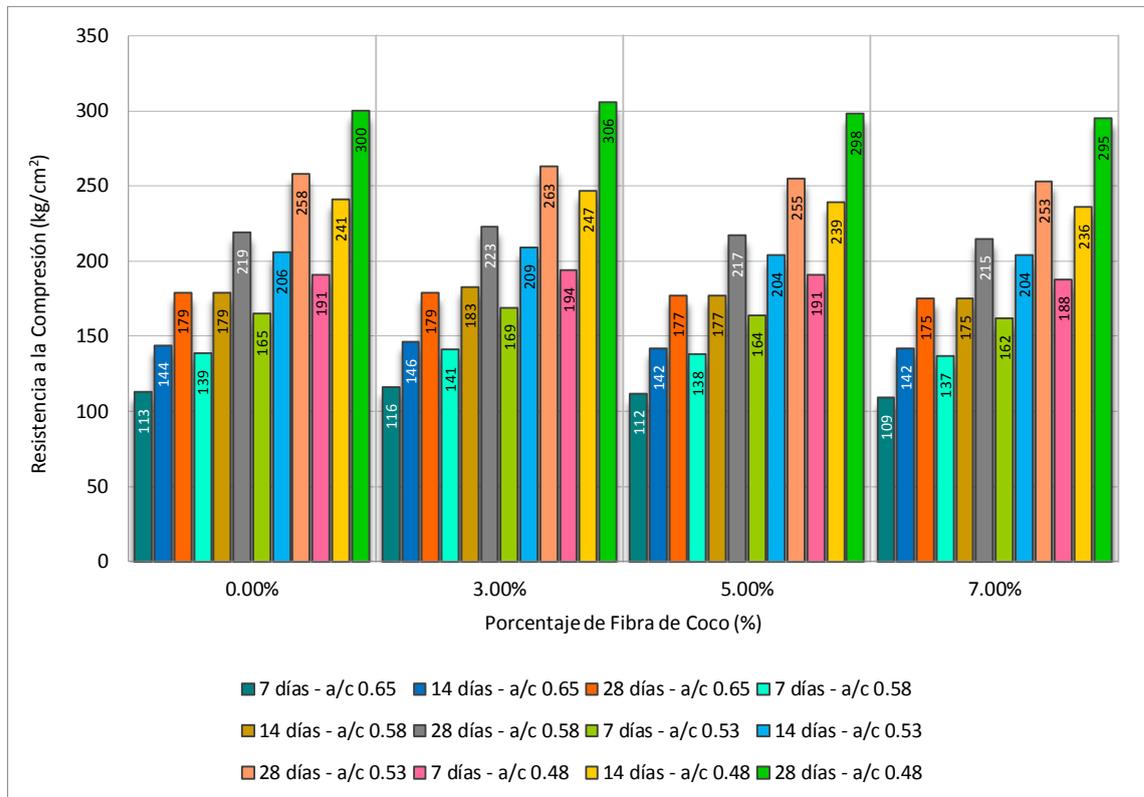


Figura 63: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración Propia

**Dalvi, D; Kalwane, U y Pasnur, P. (2016)**

- a) Porcentajes de fibra de sisal:
  - Patrón: 0.00 %
  - Diseño 1: 0.50 %
  - Diseño 2: 1.00 %
  - Diseño 3: 1.50 %
  - Diseño 4: 2.00 %
- b) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7 y 28 días.
- c) Resultados de los ensayos:

**Tabla 89**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)

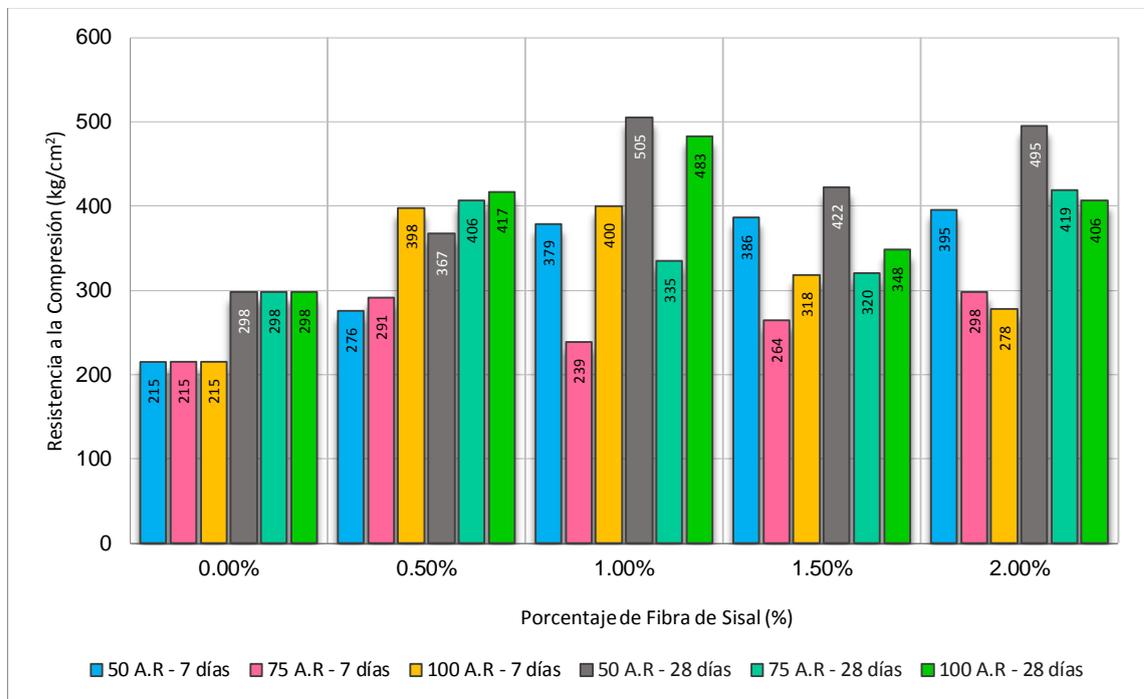
Nomenclatura	Dosis de fibra (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
50 A.R.	0.00	215
	0.50	276
	1.00	379
	1.50	386
	2.00	395
75 A.R.	0.00	215
	0.50	291
	1.00	239
	1.50	264
	2.00	298
100 A.R.	0.00	215
	0.50	398
	1.00	400
	1.50	318
	2.00	278

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.7)

**Tabla 90**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Nomenclatura	Dosis de fibra (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
50 A.R.	0.00	298
	0.50	367
	1.00	505
	1.50	422
	2.00	495
75 A.R.	0.00	298
	0.50	406
	1.00	335
	1.50	320
	2.00	419
100 A.R.	0.00	298
	0.50	417
	1.00	483
	1.50	348
	2.00	406

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.7)

Figura 64: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.8)

**Vela, L y Yovera, R. (2016)**

- a) Porcentajes de fibra de coco:
  - Patrón: 0.00 %
  - Diseño 1: 0.50 %
  - Diseño 2: 1.50 %
- b) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14 y 28 días.
- c) Los pesos para el diseño del hormigón con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  son: Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo:  $345 \text{ kg/m}^3$ , Agua: 224 lt, Grava:  $879 \text{ kg/m}^3$ , Arena:  $858 \text{ kg/m}^3$  y una relación agua/cemento: 0.68.
- d) Los pesos para el diseño del hormigón con  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  son: Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo:  $424 \text{ kg/m}^3$ , Agua: 245 lt, Grava:  $852 \text{ kg/m}^3$ , Arena:  $797 \text{ kg/m}^3$  y una relación agua/cemento: 0.46.
- e) Según las normas establecidas para el ensayo de resistencia a la compresión del hormigón, los investigadores aplicaron la norma NTP 339.034; 2021. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
- f) Resultados de los ensayos:

**Tabla 91**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – 7 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	150
0.50	2.00	150
1.50	2.00	157
0.50	5.00	161
1.50	5.00	146

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.130)

**Tabla 92**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – 14 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	166
0.50	2.00	171
1.50	2.00	180
0.50	5.00	215
1.50	5.00	164

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.131)

**Tabla 93**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – 28 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	211
0.50	2.00	211
1.50	2.00	232
0.50	5.00	250
1.50	5.00	201

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.133)

**Tabla 94**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de coco –  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  – 7 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (%)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	214
0.50	2.00	209
1.50	2.00	231
0.50	5.00	225
1.50	5.00	209

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.134)

**Tabla 95**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  – 14 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	247
0.50	2.00	229
1.50	2.00	275
0.50	5.00	276
1.50	5.00	225

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.135)

**Tabla 96**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 - 28 \text{ días}$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	292
0.50	2.00	271
1.50	2.00	313
0.50	5.00	326
1.50	5.00	254

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.137)

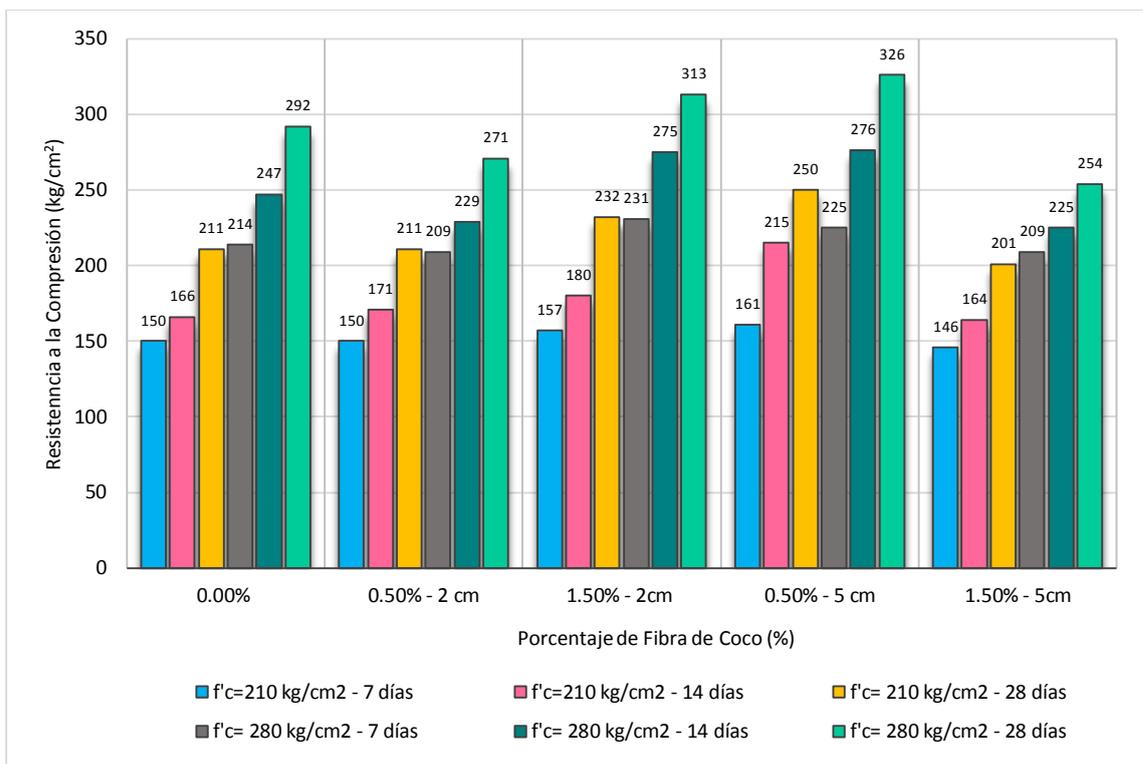


Figura 65: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ )

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.160)

**Lara, L. (2020)**

- a) Porcentajes de fibra de agave americana L:
  - Patrón: 0.00 %
  - Diseño 1: 0.50 %
  - Diseño 2: 0.75 %
  - Diseño 3: 1.00 %
- b) Los pesos para el diseño del hormigón son: Cemento Andino Tipo I: 336.07 kg, Agua: 174.25 kg, Peso de los agregados; Agregado Grueso: 848.31 kg, Agregado Fino: 938.28 kg, relación agua/cemento: 0.56 y Aditivo: Sika Aer 0.073 kg.
- c) Según las normas establecidas para el ensayo de resistencia a la compresión del hormigón, los investigadores aplicaron la norma NTP 339.034, 2021.
- d) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14, 21 y 28 días.
- e) Resultados de los ensayos:

**Tabla 97**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L (kg/cm<sup>2</sup>)

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0.00	342
7	0.50	340
7	0.75	337
7	1.00	333
14	0.00	378
14	0.50	379
14	0.75	382
14	1.00	374
21	0.00	392
21	0.50	394
21	0.75	398
21	1.00	387
28	0.00	404
28	0.50	408
28	0.75	411
28	1.00	394

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.106)

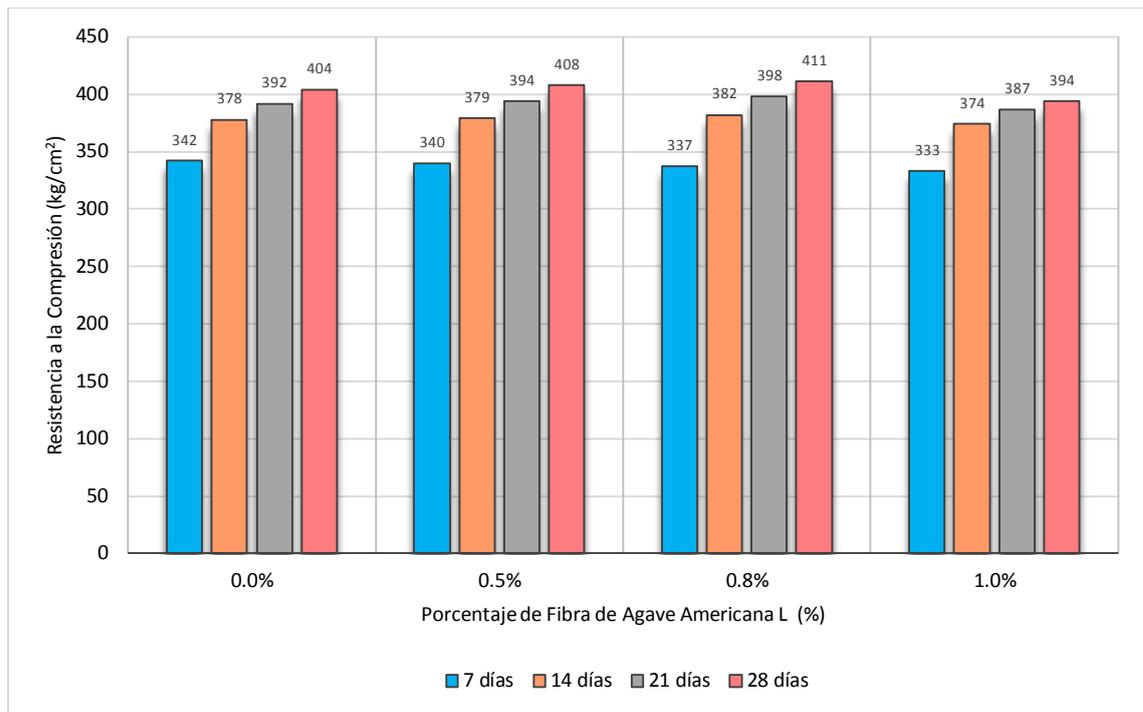


Figura 66: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L ( $\text{kg/cm}^2$ )

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo, por Lara (2020, p.122)

### 5.1.3. Resultado de los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar la resistencia a la flexión del hormigón

Analizar los porcentajes de fibras celulósicas para incrementar la resistencia a la flexión del hormigón.

**Vela, L y Yovera, R. (2016)**

a) Porcentajes de fibra de coco:

- Patrón: 0.00 %
- Diseño 1: 0.50 %
- Diseño 2: 1.50 %

b) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14 y 28 días.

c) Los pesos para el diseño del hormigón con  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  son: Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo:  $345 \text{ kg/m}^3$ , Agua: 224 lt, Grava:  $879 \text{ kg/m}^3$ , Arena:  $858 \text{ kg/m}^3$  y una relación agua/cemento: 0.68.

d) Los pesos para el diseño del hormigón con  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  son: Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo:  $424 \text{ kg/m}^3$ , Agua: 245 lt,

Grava: 852 kg/m<sup>3</sup>, Arena: 797 kg/m<sup>3</sup> y una relación agua/cemento: 0.46.

- e) Según las normas establecidas para el ensayo de resistencia a la compresión del hormigón, los investigadores aplicaron la norma NTP 339.078; 2022. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro de la luz.
- f) Resultados de los Ensayos:

**Tabla 98**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – 7 días  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	22
0.50	2.00	25
1.50	2.00	27
0.50	5.00	30
1.50	5.00	26

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.148)

**Tabla 99**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – 14 días  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	24
0.50	2.00	26
1.50	2.00	32
0.50	5.00	35
1.50	5.00	30

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.149)

**Tabla 100**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  – 28 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la flexión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	32
0.50	2.00	33
1.50	2.00	36
0.50	5.00	36
1.50	5.00	33

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.150)

**Tabla 101**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  – 7 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la flexión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	32
0.50	2.00	30
1.50	2.00	33
0.50	5.00	28
1.50	5.00	28

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.151)

**Tabla 102**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  – 14 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la flexión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	37
0.50	2.00	34
1.50	2.00	35
0.50	5.00	33
1.50	5.00	32

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.152)

**Tabla 103**

Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco –  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  – 28 días  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Porcentaje de fibra (%)	Longitud de fibra (cm)	Resistencia a la flexión ( $\text{kg/cm}^2$ )
0.00	0.00	38
0.50	2.00	40
1.50	2.00	41
0.50	5.00	43
1.50	5.00	39

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.154)

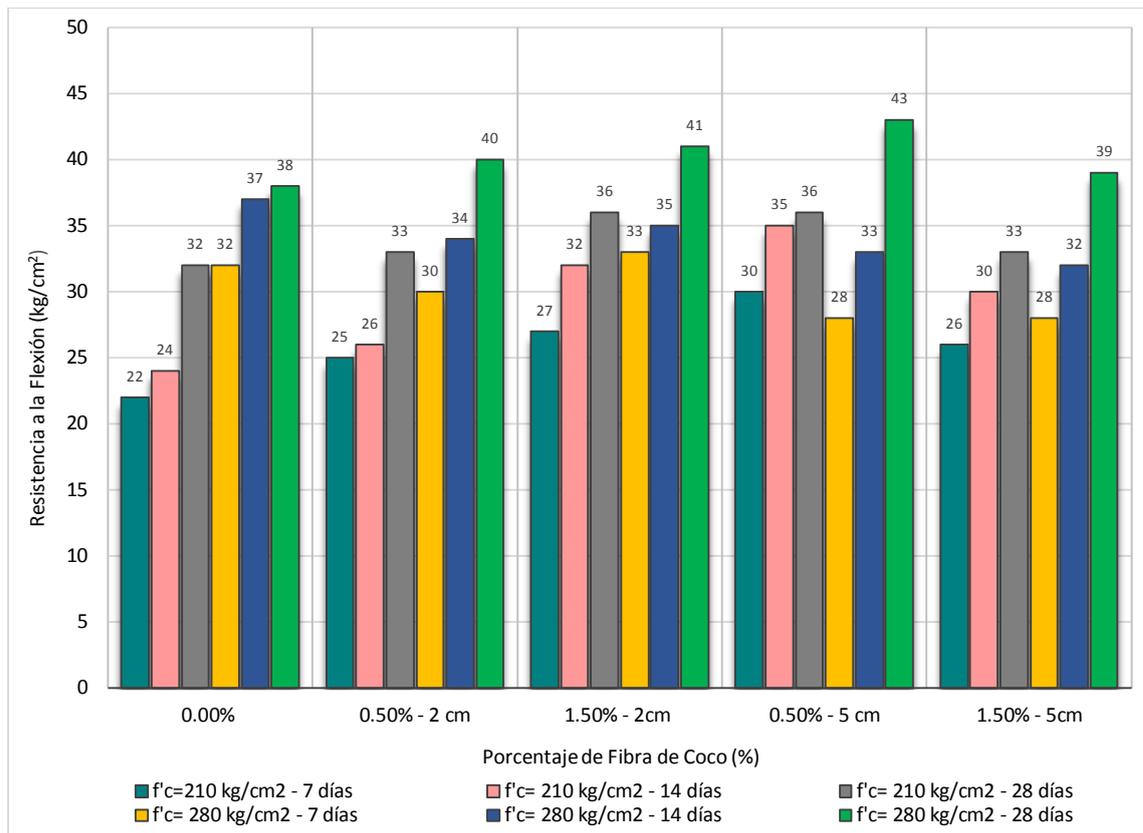


Figura 67: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.167)

**Villanueva, N. (2016)**

a) Porcentajes de fibra de coco:

- Patrón: 0.00 %
- Diseño 1: 0.50 %
- Diseño 2: 1.00 %
- Diseño 3: 1.50 %
- Diseño 4: 2.00 %

b) Los pesos para el diseño del hormigón son: Cemento Portland Tipo I:  $345 \text{ kg}/\text{m}^3$ , Agua:  $193 \text{ lt}/\text{m}^3$ , Grava:  $993 \text{ kg}/\text{m}^3$ , Arena:  $642 \text{ kg}/\text{m}^3$  y una relación agua/cemento: 0.56.

c) Según las normas establecidas para el ensayo de resistencia a la flexión del hormigón, los investigadores aplicaron la norma NTP 338.078, 2022.

d) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14 y 28 días.

e) Resultados de los ensayos:

**Tabla 104**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Dosis (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	28
0.50	30
1.00	33
1.50	36
2.00	37

Fuente: “Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto”, por Villanueva (2016, p.80)

**Tabla 105**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Dosis (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	29
0.50	34
1.00	35
1.50	37
2.00	39

Fuente: “Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto”, por Villanueva (2016, p.82)

**Tabla 106**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Dosis (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	32
0.50	35
1.00	37
1.50	38
2.00	41

Fuente: “Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto”, por Villanueva (2016, p.83)

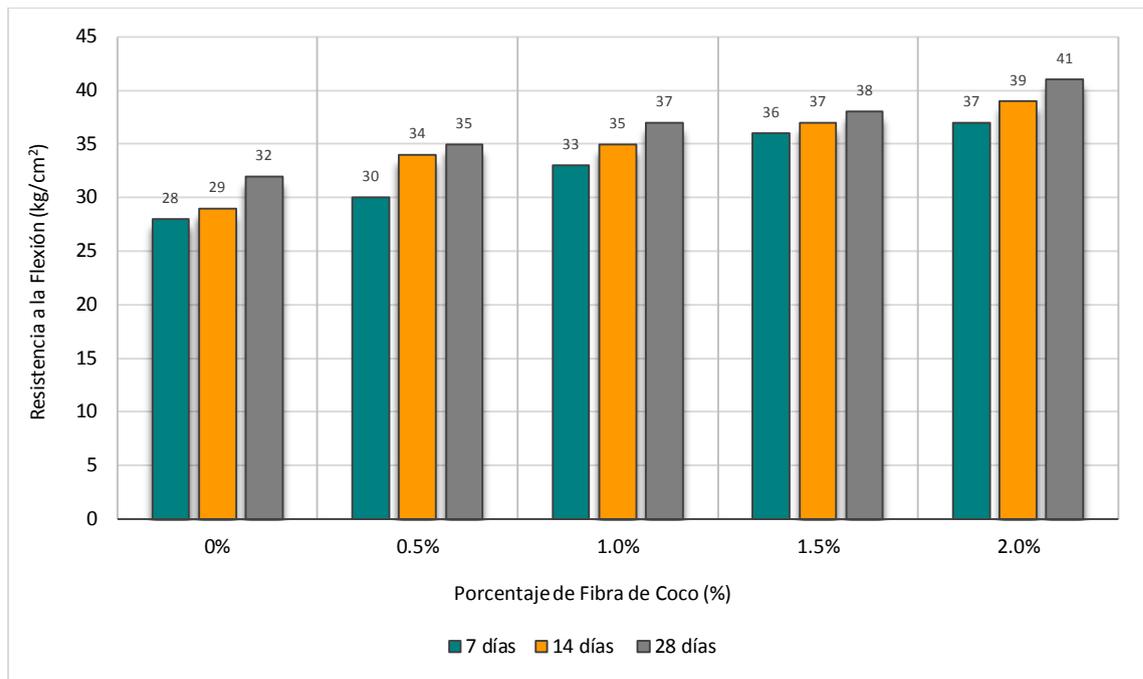


Figura 68: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Fuente: “Influencia de la Adición de Fibra de Coco en la Resistencia del Concreto”, por Villanueva (2016, p.85)

**Dalvi, D; Kalwane, U y Pasnur, P. (2016)**

a) Porcentajes de fibra de sisal:

- Patrón: 0.00 %
- Diseño 1: 0.50 %
- Diseño 2: 1.00 %
- Diseño 3: 1.50 %
- Diseño 4: 2.00 %

b) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7 y 28 días.

c) Resultados de los ensayos:

**Tabla 107**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal – 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Nomenclatura	Porcentaje de fibra (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
50 A.R.	0.50	31
	1.00	43
	1.50	43
	2.00	29
75 A.R.	0.50	33
	1.00	35
	1.50	36
	2.00	34
100 A.R.	0.50	31
	1.00	30
	1.50	37
	2.00	37

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.7)

**Tabla 108**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Nomenclatura	Porcentaje de fibra (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
50 A.R.	0.50	40
	1.00	60
	1.50	60
	2.00	70
75 A.R.	0.50	56
	1.00	68
	1.50	69
	2.00	66
100 A.R.	0.50	74
	1.00	73
	1.50	76
	2.00	72

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.7)

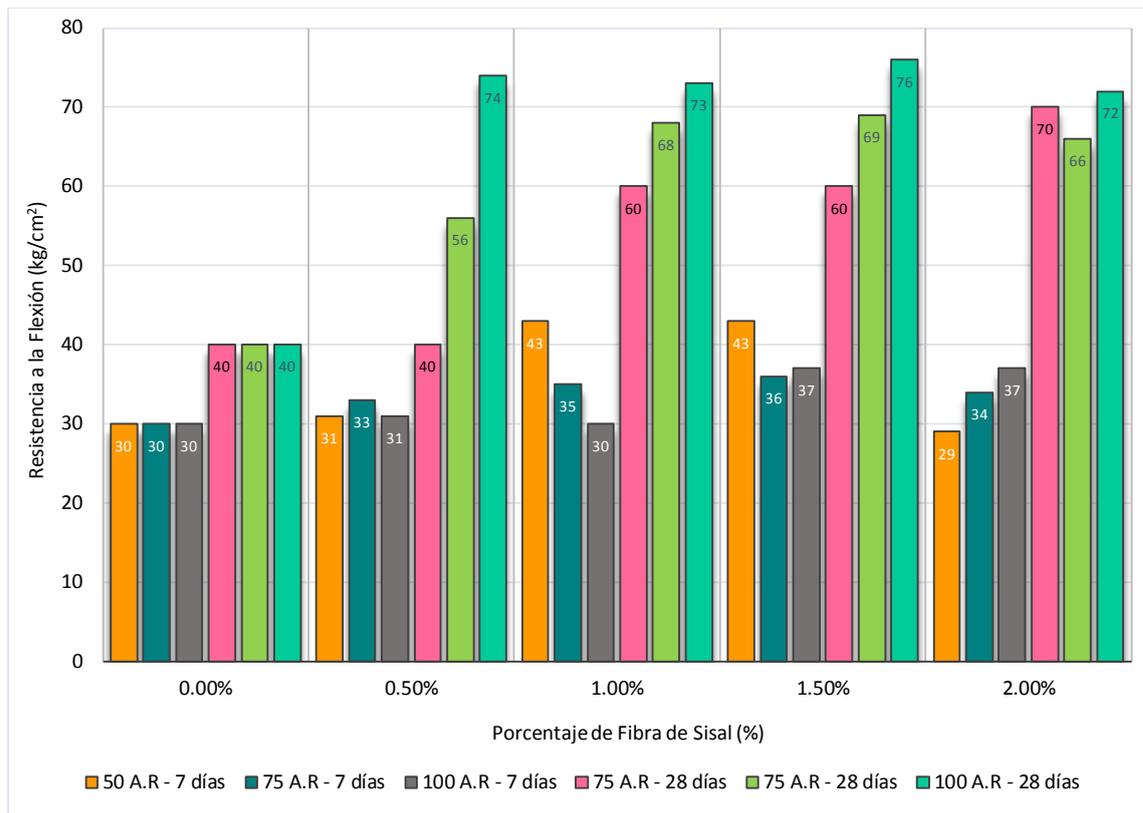


Figura 69: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Sisal (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.8)

**Lara, L. (2020)**

a) Porcentajes de fibra de agave americana L:

- Patrón: 0.00 %
- Diseño 1: 0.50 %
- Diseño 2: 0.75 %
- Diseño 3: 1.00 %

b) Los pesos para el diseño del hormigón son: Cemento Andino Tipo I: 336.07 kg, Agua: 174.25 kg, Peso de los agregados; Agregado Grueso: 848.31 kg, Agregado Fino: 938.28 kg, relación agua/cemento: 0.56 y Aditivo: Sika Aer 0.073 kg

c) Según las normas establecidas para el ensayo de resistencia a la compresión del hormigón, los investigadores aplicaron la norma ASTM C 78, 94.

d) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14, 21 y 28 días.

e) Resultados de los ensayos:

**Tabla 109**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L – 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Porcentaje de fibra (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	39
0.50	40
0.75	41
1.00	42

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.131)

**Tabla 110**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave americana L – 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Porcentaje de fibra (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	44
0.50	44
0.75	45
1.00	46

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.132)

**Tabla 111**Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L – 42 días (kg/cm<sup>2</sup>)

Porcentaje de fibra (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	44
0.50	44
0.75	45
1.00	46

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.133)

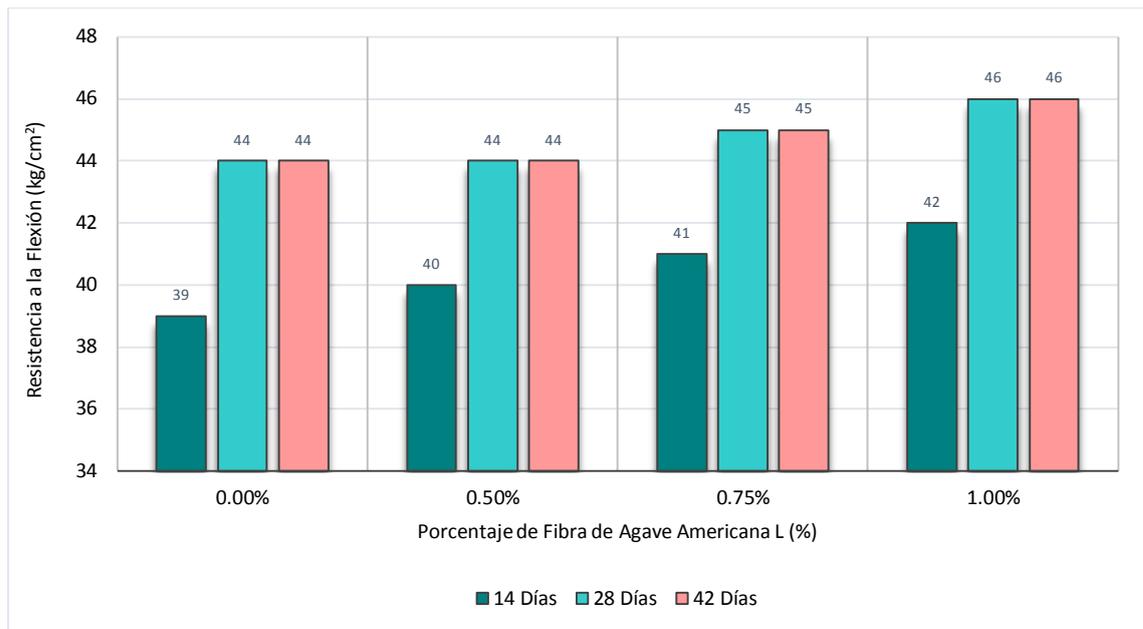


Figura 70: Resistencia a la Flexión con Adición de Fibra de Agave Americana L (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.134)

#### 5.1.4. Resultado de la relación agua/cemento para incrementar la durabilidad del hormigón

Analizar la relación agua/cemento para incrementar la durabilidad del hormigón.

**Moreno, G. y Reyes, L. (2018)**

a) Porcentajes de fibra de coco:

- Patrón: 0.00 %
- Diseño 1: 3.00 %
- Diseño 2: 5.00 %
- Diseño 3: 7.00 %

b) Los pesos para el diseño del hormigón respecto a la resistencia a la compresión igual a 178 kg/cm<sup>2</sup> con una relación a/c de 0.65, fueron: Cemento: 281.54 kg/m<sup>3</sup>, Agua: 183 kg/m<sup>3</sup>, Grava: 1049.93 kg/m<sup>3</sup> y Arena: 811.31 kg/m<sup>3</sup>.

c) Para el resultado de resistencia a la compresión igual a 215 kg/cm<sup>2</sup> con una relación a/c de 0.58, los investigadores aplicaron los siguientes pesos, Cemento: 315.52 kg/m<sup>3</sup>, Agua: 183 kg/m<sup>3</sup>, Peso de los

agregados: Agregado Grueso: 1049.93 kg/m<sup>3</sup> y Agregado Fino: 784.66 kg/m<sup>3</sup>.

- d) Para el resultado de resistencia a la compresión igual a 250 kg /cm<sup>2</sup> con una relación a/c de 0.53, los investigadores aplicaron los siguientes pesos, Cemento: 345.28 kg/m<sup>3</sup>, Agua: 183 kg/m<sup>3</sup>, Peso de los agregados: Agregado Grueso: 1049.93 kg/m<sup>3</sup> y Agregado Fino: 761.31 kg/m<sup>3</sup>.
- e) Para el resultado de resistencia a la compresión igual a 286 kg /cm<sup>2</sup> con una relación a/c de 0.48, los investigadores aplicaron los siguientes pesos, Cemento: 381.25 kg/m<sup>3</sup>, Agua: 183 kg/m<sup>3</sup>, Peso de los agregados: Agregado Grueso: 1049.93 kg/m<sup>3</sup> y Agregado Fino: 733.09 kg/m<sup>3</sup>.
- f) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14 y 28 días.
- g) Resultados de los ensayos:

**Tabla 112**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>) – a/c: 0.65

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0.00	113
7	3.00	116
7	5.00	112
7	7.00	109
14	0.00	144
14	3.00	146
14	5.00	142
14	7.00	142
28	0.00	179
28	3.00	179
28	5.00	177
28	7.00	175

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.81)

**Tabla 113**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>) – a/c: 0.58

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0.00	139
7	3.00	141
7	5.00	138
7	7.00	137
14	0.00	179
14	3.00	183
14	5.00	177
14	7.00	175
28	0.00	219
28	3.00	223
28	5.00	217
28	7.00	215

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.83)

**Tabla 114**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm<sup>2</sup>) – a/c: 0.53

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0.00	165
7	3.00	169
7	5.00	163
7	7.00	162
14	0.00	206
14	3.00	209
14	5.00	204
14	7.00	204
28	0.00	258
28	3.00	263
28	5.00	255
28	7.00	253

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.86)

**Tabla 115**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.48

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
7	0.00	191
7	3.00	194
7	5.00	191
7	7.00	188
14	0.00	241
14	3.00	247
14	5.00	239
14	7.00	236
28	0.00	300
28	3.00	306
28	5.00	298
28	7.00	295

Fuente: “Análisis de la Resistencia a los Esfuerzos de Compresión y Tracción en el Hormigón Hidráulico Modificado con Fibra de Coco”, por Moreno y Reyes (2018, p.88)

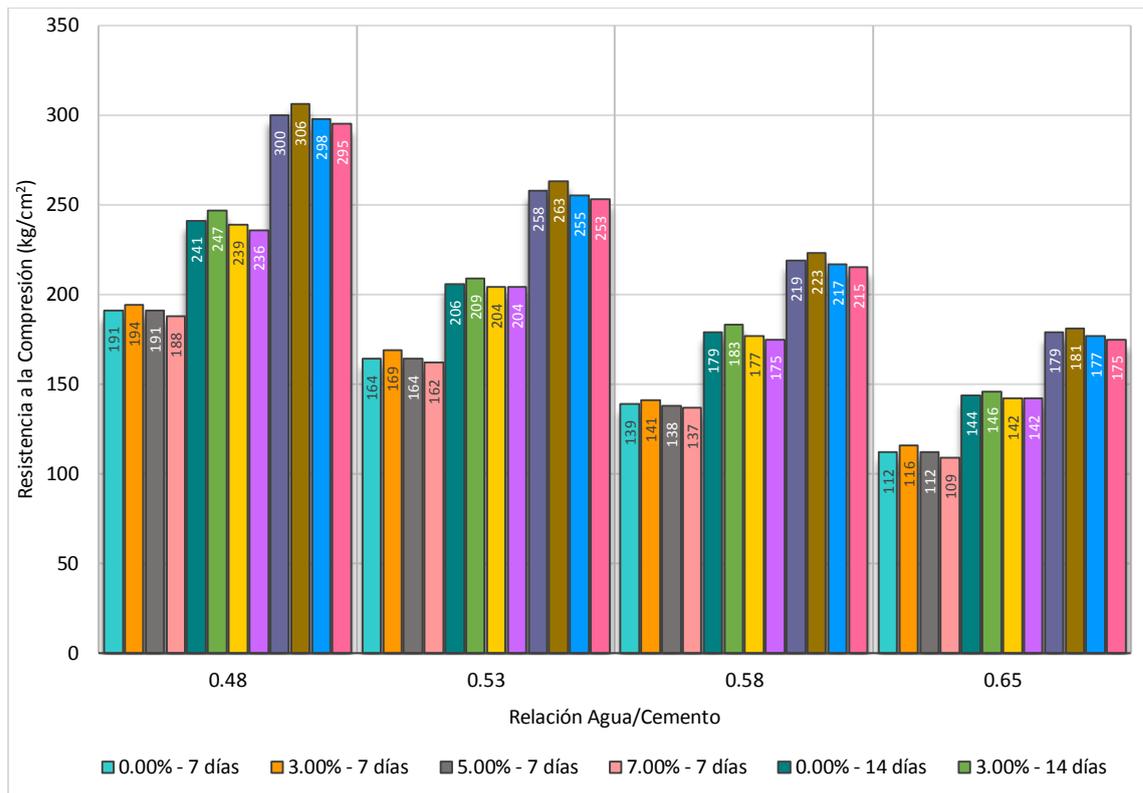


Figura 71: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco Respecto a la Relación agua/cemento ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Fuente: Elaboración Propia

**Dalvi, D; Kalwane, U y Pasnur, P. (2016)**

a) Porcentajes de fibra de sisal:

- Patrón: 0.00 %
- Diseño 1: 0.50 %
- Diseño 2: 1.00 %
- Diseño 3: 1.50 %
- Diseño 4: 2.00 %

b) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7 y 28 días.

c) Resultados de los ensayos:

**Tabla 116**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 50 AR – 7 y 28 días  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Días	Dosis (%)				
	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00
7	215	276	379	386	395
28	298	367	505	422	495

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.5)

**Tabla 117**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 75 AR – 14 y 28 días  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Días	Dosis (%)				
	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00
7	215	291	239	264	298
28	298	406	335	320	419

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.5)

**Tabla 118**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Sisal – 100 AR – 14 y 28 días  
(kg/cm<sup>2</sup>)

Días	Dosis (%)				
	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00
7	215	398	400	318	278
28	298	417	483	348	406

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.5)

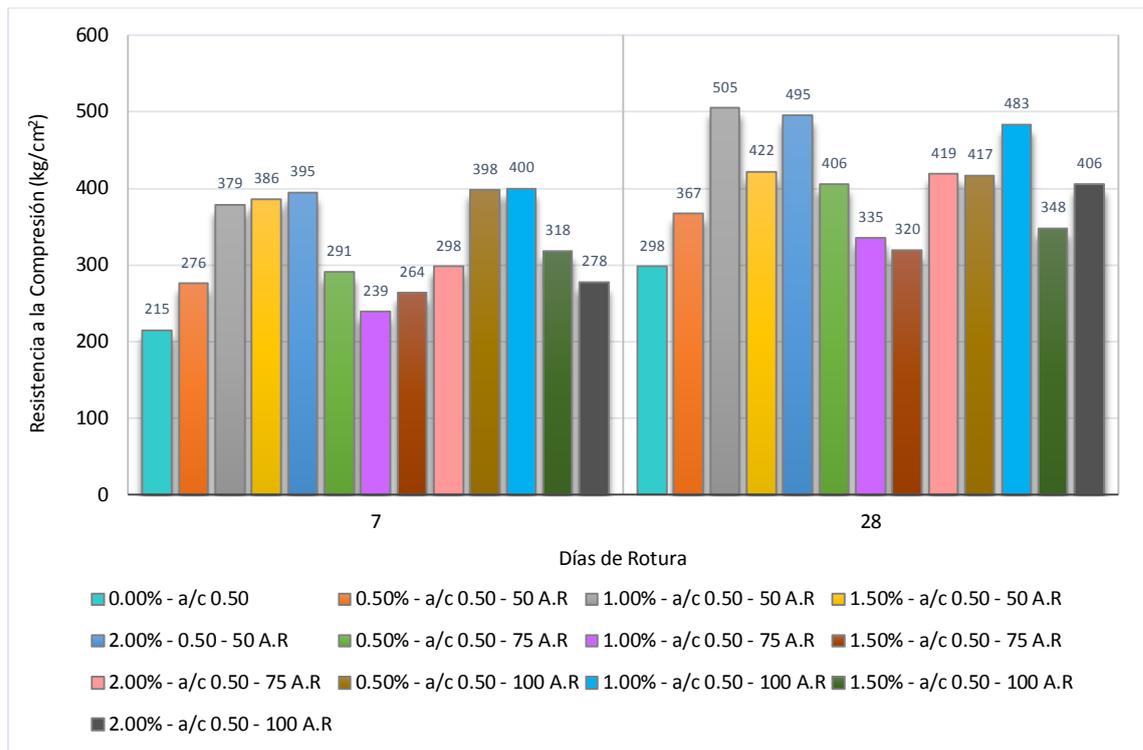


Figura 72: Resistencia a Compresión con Adición de Fibra de Sisal Respecto a los Días de Rotura ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Fuente: “*Effect of Fiber Length and Percentage of Sisal on Strength of Concrete*”, por Dalvi, et al. (2016, p.6)

**Vela, L y Yovera, R. (2016)**

- a) Porcentajes de fibra de coco:
  - Patrón: 0.00 %
  - Diseño 1: 0.50 %
  - Diseño 2: 1.50 %
- b) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14 y 28 días.
- c) Los pesos para el diseño del hormigón con  $f'c=210 \text{ kg}/\text{cm}^2$  son: Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo:  $345 \text{ kg}/\text{m}^3$ , Agua: 224 lt, Grava:  $879 \text{ kg}/\text{m}^3$ , Arena:  $858 \text{ kg}/\text{m}^3$  y una relación agua/cemento: 0.68.
- d) Los pesos para el diseño del hormigón con  $f'c=280 \text{ kg}/\text{cm}^2$  son: Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo:  $424 \text{ kg}/\text{m}^3$ , Agua: 245 lt, Grava:  $852 \text{ kg}/\text{m}^3$ , Arena:  $797 \text{ kg}/\text{m}^3$  y una relación agua/cemento: 0.46.
- e) Resultados de los ensayos:

**Tabla 119**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.68 y 0.46

Relación a/c	Dosis (%) – Longitud (cm)				
	0.00 - 0	0.50 - 2	1.50 - 2	0.50 - 5	1.50 - 5
0.68	150	150	157	161	146
0.46	214	209	231	225	209

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.130)

**Tabla 120**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.68 y 0.46

Relación a/c	Dosis (%) – Longitud (cm)				
	0.00 - 0	0.50 - 2	1.50 - 2	0.50 - 5	1.50 - 5
0.68	166	171	180	215	164
0.46	247	229	275	276	225

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.131)

**Tabla 121**Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco ( $\text{kg/cm}^2$ ) – a/c: 0.68 y 0.46

Relación a/c	Dosis (%) – Longitud (cm)				
	0.00 - 0	0.50 - 2	1.50 - 2	0.50 - 5	1.50 - 5
0.68	211	211	232	250	201
0.46	292	271	313	326	254

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.133)

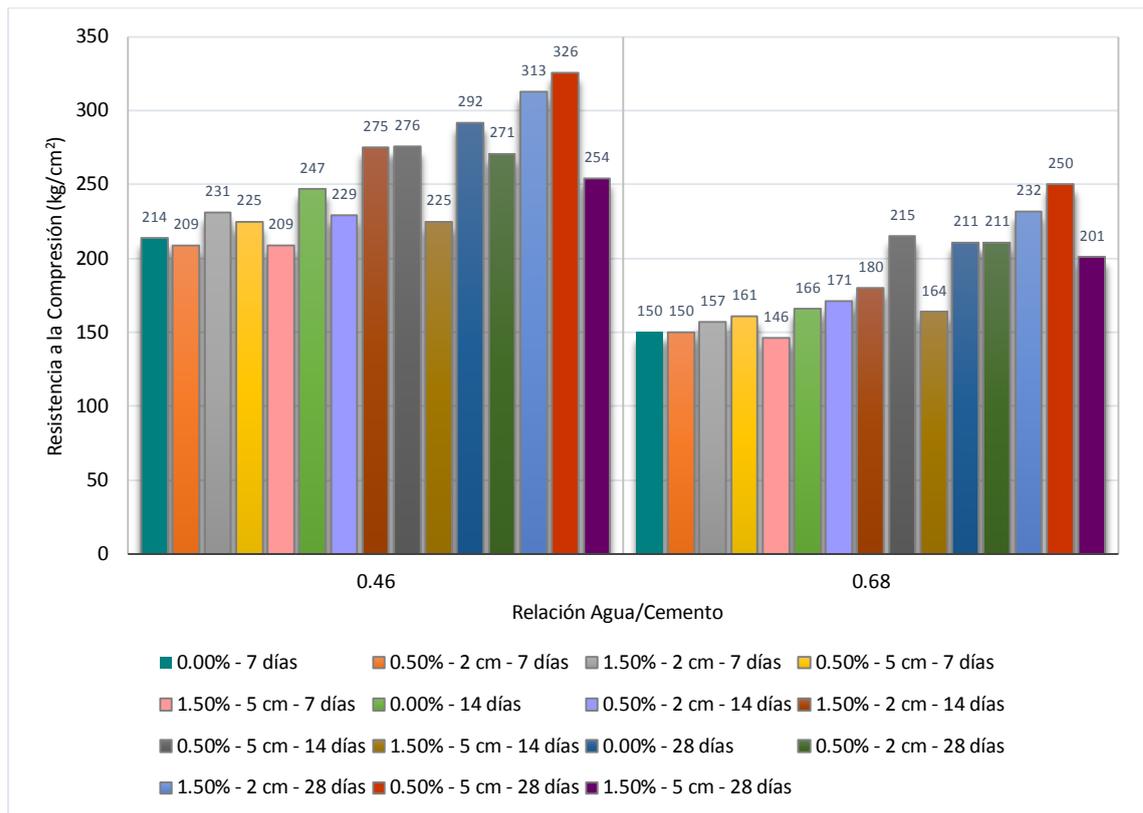


Figura 73: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco Respecto a la Relación agua/cemento ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Fuente: “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco”, por Vela y Yovera (2016, p.160)

**Lara, L. (2020)**

- a) Porcentajes de fibra de agave americana L:
  - Patrón: 0.00 %
  - Diseño 1: 0.50 %
  - Diseño 2: 0.75 %
  - Diseño 3: 1.00 %
- b) Los pesos para el diseño del hormigón son: Cemento Andino Tipo I: 336.07 kg, Agua: 174.25 kg, Peso de agregados; Agregado Grueso: 848.31 kg, Agregado Fino: 938.28 kg, relación agua/cemento: 0.56 y Aditivo: Sika Aer 0.073 kg.
- c) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14, 21 y 28 días.
- d) Resultados de los ensayos:

**Tabla 122**

Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L ( $\text{kg/cm}^2$ ) –  
a/c: 0.56

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
7	0.00	342
7	0.50	340
7	0.75	337
7	1.00	333
14	0.00	378
14	0.50	379
14	0.75	382
14	1.00	374
21	0.00	392
21	0.50	394
21	0.75	398
21	1.00	387
28	0.00	404
28	0.50	408
28	0.75	411
28	1.00	394

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.106)



Figura 74: Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Agave Americana L Respecto a los Días de Rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )

Fuente: “Concreto con Adición de Fibras de Agave Americana L y su Influencia en la Resistencia a Esfuerzos Axiales en San Carlos – Huancayo”, por Lara (2020, p.122)

## 5.2. Contrastación de hipótesis

### 5.2.1. Contrastación de la primera hipótesis

Hipótesis 1: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas aumenta el asentamiento del hormigón.

Hipótesis auxiliar:

H0: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas no aumenta el asentamiento del hormigón.

H1: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas si aumenta el asentamiento del hormigón.

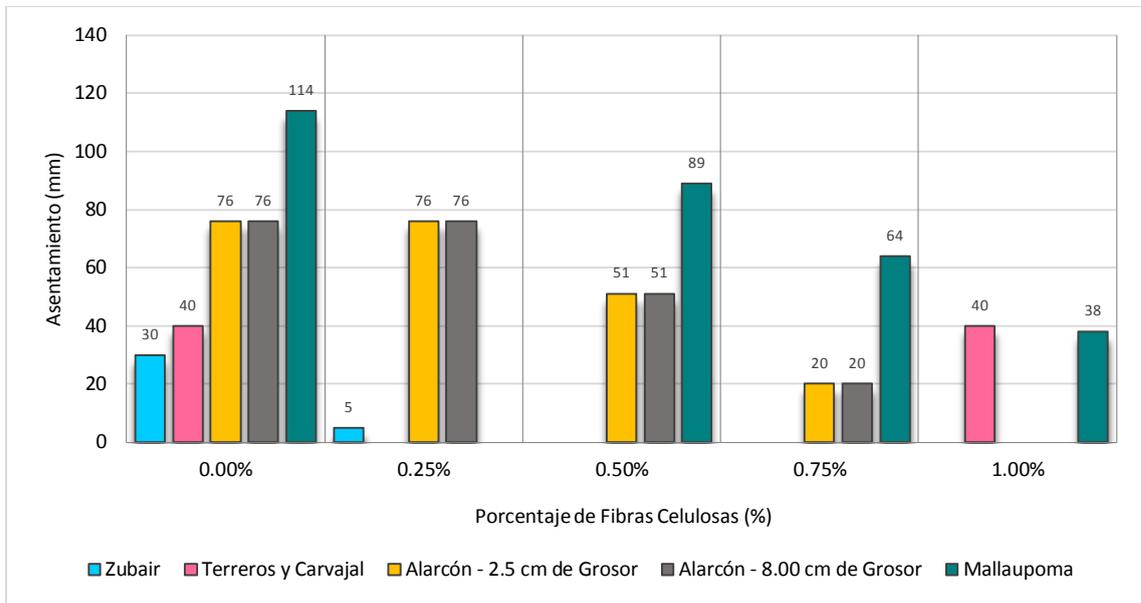


Figura 75: Asentamiento – Muestras Patrón y Adición de Fibras Celulósicas (mm)

Fuente: Elaboración Propia

Observación:

En la figura 75, el autor Zubair que estudia las mezclas con adición de fibras celulósicas considera que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla patrón con un asentamiento igual a 30 mm con una consistencia plástica.

Terreros y Carvajal aplicaron fibra de cáñamo para el desarrollo de sus mezclas, indicando que su porcentaje más favorable se encuentra en la muestra patrón, con un asentamiento igual a 40 mm con una consistencia plástica.

Alarcón estudió sus mezclas con adición de fibra de cabuya, considerando como porcentaje más óptimo su muestra patrón con un asentamiento igual a 76 mm con una consistencia plástica.

Mallaupoma utilizó fibra de agave americana L para sus mezclas, logrando deducir que su porcentaje más favorable se encuentra en la muestra patrón con un asentamiento igual a 114 mm con consistencia plástica.

Se rechaza la hipótesis alterna (H1) y se acepta la hipótesis nula (H0), debido a que al analizar la figura 75, se observa que los resultados óptimos se encuentran en los diseños de mezclas patrón.

### 5.2.2. Contrastación de la segunda hipótesis

Hipótesis 2: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas aumenta la resistencia a la compresión del hormigón.

Hipótesis auxiliar:

H0: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas no aumenta la resistencia a la compresión del hormigón.

H1: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas si aumenta la resistencia a la compresión del hormigón.

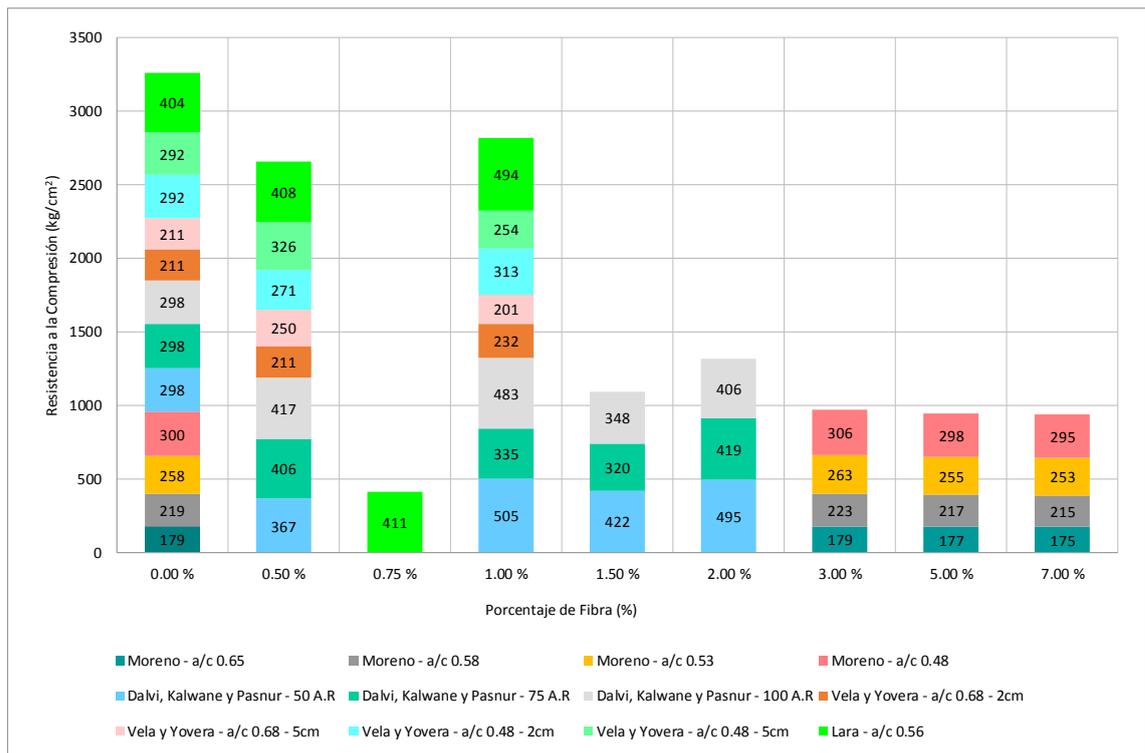


Figura 76: Resistencia a la Compresión – Muestras Patrón y Adición de Fibras Celulósicas (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración Propia

Observación:

En la figura 76, el autor Moreno apreció que el porcentaje óptimo de fibra de coco se encuentra con la adición del 3.00%, con una relación agua/cemento de 0.48 y una resistencia a la compresión de 306 kg/cm<sup>2</sup>.

Dalvi, Kalwane y Pasnur utilizaron la fibra de sisal para sus diseños de mezclas, el porcentaje más favorable fue de 2.00% de adición con una longitud de 5 cm obteniendo una resistencia a la compresión de 495 kg/cm<sup>2</sup>.

Vela y Yovera, estudiaron sus mezclas con adición de fibra de coco, en la que observaron que el porcentaje óptimo es con la adición de 0.50%, con una longitud de fibra de 5 cm, una relación agua/cemento de 0.46 y una resistencia a la compresión de 326 kg/cm<sup>2</sup>.

Lara usó la fibra de agave americana L, obteniendo el porcentaje más favorable la adición de 0.75% con una resistencia a la compresión de 411 kg/cm<sup>2</sup>. El autor aplicó un aditivo incorporador de aire (Sika Aer), teniendo como ventaja, mejorar la impermeabilidad del hormigón, el cual generó una mayor resistencia a la compresión.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), debido a que al analizar la figura 76, observamos que, al adicionar fibras celulósicas, las resistencias logran aumentar en comparación a la muestra patrón.

### 5.2.3. Contratación de la tercera hipótesis

Hipótesis 3: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas aumenta la resistencia a la flexión del hormigón.

Hipótesis auxiliar:

H0: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas, no aumenta la resistencia a la flexión del hormigón.

H1: Al analizar los porcentajes de fibras celulósicas si aumenta la resistencia a la flexión del hormigón.

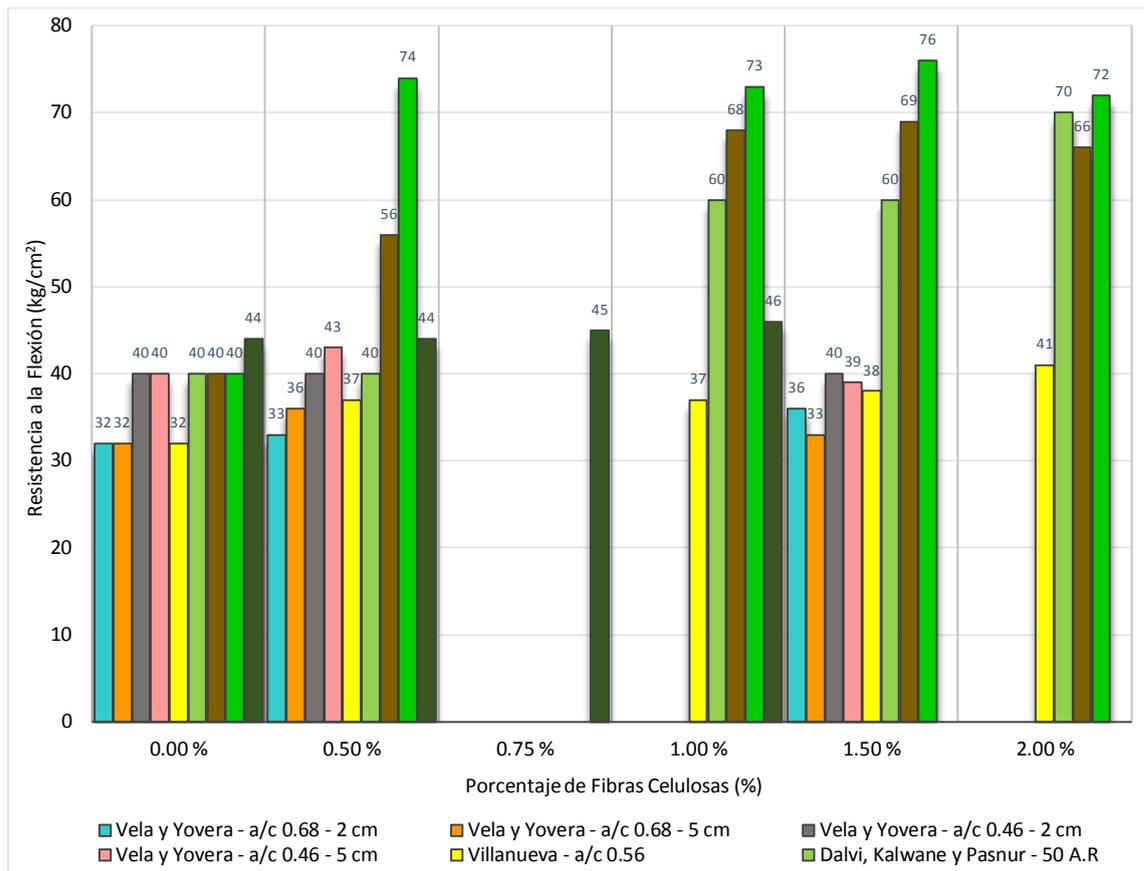


Figura 77: Resistencia a la Flexión – Muestras Patrón y Adición de Fibras Celulosas (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración Propia

Observación:

En la figura 77, los autores Vela y Yovera que estudiaron las mezclas con adición de fibra de coco, indicaron que su porcentaje más óptimo es de 0.50% con una longitud de 5 cm y una relación agua/cemento igual a 0.46 con una resistencia a la flexión igual a 43 kg/cm<sup>2</sup>.

Villanueva, aplicó fibra de coco para el estudio de sus mezclas, logrando deducir que su porcentaje más favorable es de 2.00% con una resistencia a la flexión igual a 41 kg/cm<sup>2</sup>. Dalvi, Kalwane y Pasnur, estudiaron sus mezclas adicionando fibra de sisal, indicando que su porcentaje más óptimo es de 1.50% con una longitud igual a 10 cm y una resistencia a la flexión igual a 76 kg/cm<sup>2</sup>.

Lara, aplicó fibra de agave americana L para estudiar sus mezclas, logrando concluir que su porcentaje más favorable es de 1.00% con una resistencia a la flexión igual a 46 kg/cm<sup>2</sup>.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), debido a que al analizar la figura 77, observamos que, al adicionar fibras celulósicas, las resistencias a la flexión, logran incrementar en comparación a las mezclas patrón.

#### 5.2.4. Contratación de la cuarta hipótesis

Hipótesis 4: Al analizar la relación agua/cemento aumenta la durabilidad del hormigón.

Hipótesis auxiliar:

H0: Al analizar la relación agua/cemento no aumenta la durabilidad del hormigón.

H1: Al analizar la relación agua/cemento si aumenta la durabilidad del hormigón.

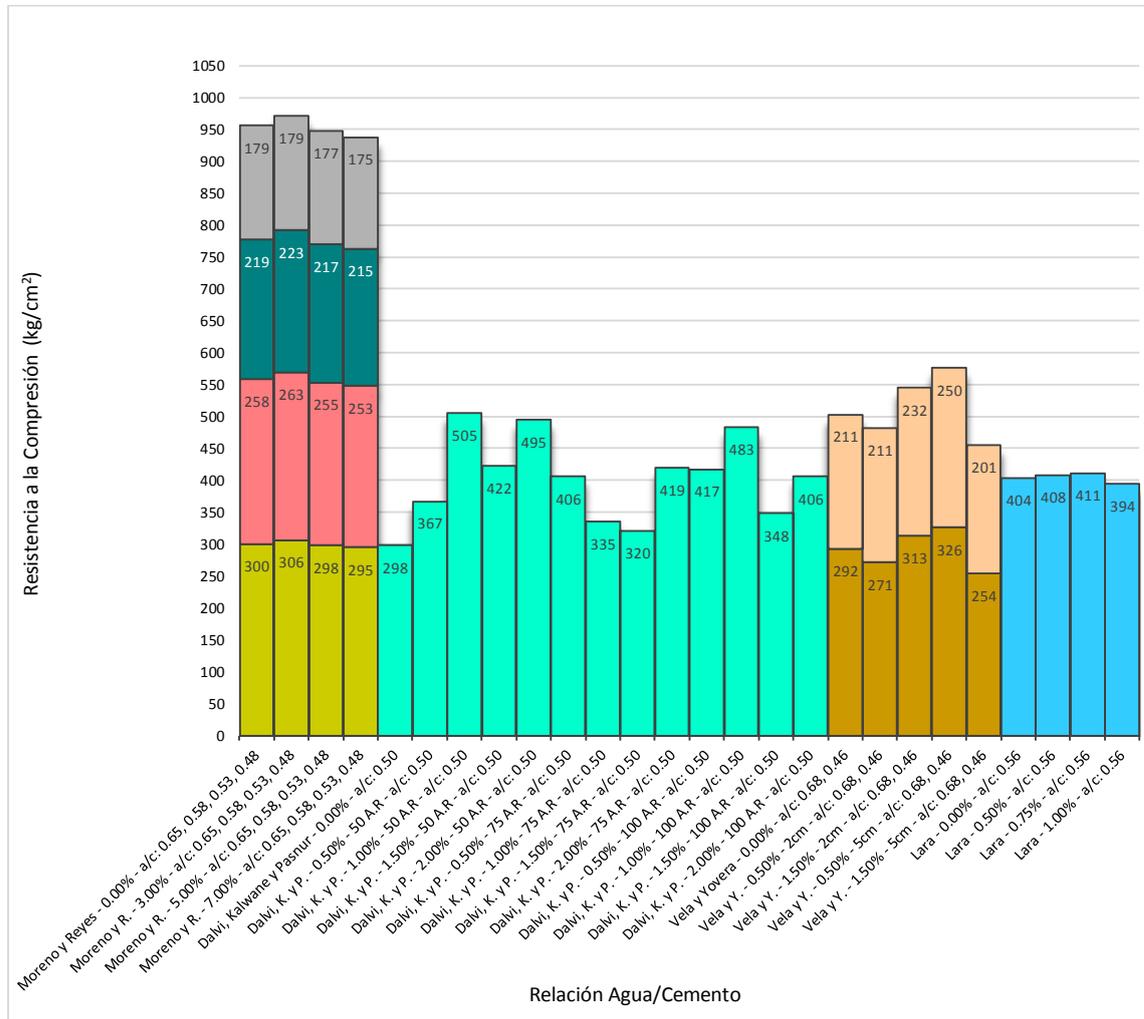


Figura 78: Resistencia a la Compresión – Muestras Patrón y Adición de Fibras Celulosas Respecto a la Relación agua/cemento (kg/cm<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración Propia

Observación:

En la Figura 78, el autor Moreno aplicó fibra de coco para el desarrollo de sus mezclas. Definió que su relación agua/cemento más óptima es igual a 0.48 debido a que la durabilidad es mayor en todos sus porcentajes.

Dalvi, Kalwane y Pasnur aplicaron fibra de sisal para el proceso de sus mezclas, con una relación agua/cemento igual a 0.50. Esta relación agua/cemento será favorable siempre y cuando se use una longitud de fibra de sisal igual a 5 cm, debido a que la durabilidad es mayor respecto a las demás longitudes analizadas.

Vela y Yovera estudiaron sus mezclas aplicando fibra de coco. Definiendo como relación agua/cemento más favorable igual a 0.46. Debido a que la durabilidad del hormigón es mayor respecto a las otras mezclas analizadas con la relación agua/cemento igual a 0.68. Lara aplicó fibra de agave americana L para el desarrollo de sus mezclas de hormigón, usando una relación agua/cemento igual a 0.50. Siendo favorable sus resultados debido a que la durabilidad del hormigón aumenta progresivamente respecto a los porcentajes estudiados.

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) ya que los resultados muestran que a menor relación agua/cemento, la durabilidad del hormigón será mayor.

## DISCUSIÓN

1. Según los resultados analizados de los ensayos de asentamiento de acuerdo a las tesis y artículos investigados que tienen como autores a Zubair (2017), Terreros y Carvajal (2016), Alarcón (2018) y Mallaupoma (2019). Se obtuvo como resultado la contrastación de la hipótesis 1, en la cual se determinó que para obtener el asentamiento influye los tipos de fibras, longitud y porcentajes de fibras para la elaboración del diseño de mezcla de hormigón de acuerdo a la Figura 75.
2. Los diferentes resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de acuerdo a las tesis y artículos investigadas que tienen como autores Moreno y Reyes (2018), Dalvi, Kalwane y Pasnur (2016), Vela y Yovera (2016) y Lara (2020), se pudo contrastar la hipótesis 2 aceptada, en la cual se obtuvieron los óptimos porcentajes en el rango del 0.5% al 3.0% de fibra de coco reportando mejoras de la resistencia a la compresión entre 306 kg/cm<sup>2</sup> y 326 kg/cm<sup>2</sup> respecto a su mezclas patrón en un rango de 2% a 12% respectivamente. De igual manera se alcanzaron los resultados más favorables de fibra de sisal en un rango de 0.5% al 1.0%, teniendo mejoras de resistencia a la compresión con 417 kg/cm<sup>2</sup> a 505 kg/cm<sup>2</sup> en relación a sus mezclas patrón en un rango entre 39% y 69% respectivamente. Finalmente se obtuvieron los óptimos porcentajes para la fibra de agave americana L, en el rango del 0.50% a 0.75%, indicando que se presentaron una mejor resistencia a la compresión entre 408 kg/cm<sup>2</sup> y 411 kg/cm<sup>2</sup> en comparación a sus mezclas patrón entre 1% y 2% de acuerdo a la Figura 76.
3. Los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión de las tesis y artículos que tienen como autores Vela y Yovera (2016), Villanueva (2016), Dalvi, Kalwane y Pasnur (2016) y Lara (2020), que contrastaron la hipótesis 3 aceptada, en la cual se demostraron que los porcentajes óptimos fueron en el rango de 0.50% al 2.00% de fibra de coco obteniendo mejoras en sus resultados respecto a la resistencia a la flexión entre 37 kg/cm<sup>2</sup> y 43 kg/cm<sup>2</sup> respecto a sus mezclas patrón en un rango entre 8% y 15%. Seguido de los resultados obtenidos más favorables para fibra de sisal, con unos óptimos porcentajes entre 0.50% al 2.00%, mostrando mejoras en la resistencia a la flexión entre 72 kg/cm<sup>2</sup> y 74 kg/cm<sup>2</sup>, respecto a sus mezclas patrón en un rango de 80% a 85% respectivamente. Finalmente se obtuvieron los óptimos porcentajes en el rango del 0.75% al 1.00% de fibra de agave

americana L, obteniendo mejoras de resistencia a la flexión entre 45 kg/cm<sup>2</sup> y 46 kg/cm<sup>2</sup>, respecto a sus mezclas patrón en un rango entre 2% y 5% de acuerdo a la Figura 77.

4. Según los resultados analizados respecto a la relación agua/cemento para incrementar la durabilidad del hormigón, que tienen como autores Moreno y Reyes (2018), Dalvi, Kalwane y Pasnur (2016), Vela y Yovera (2016) y Lara (2020). Se obtuvo como resultado la contrastación de la hipótesis 4 aceptada, se determinó las óptimas relación agua/cemento entre 0.48 y 0.58 con un porcentaje de fibra de 3%, mejorando su resistencia a la compresión en un rango de 223 kg/cm<sup>2</sup> y 263 kg/cm<sup>2</sup>, respecto a sus mezclas patrón en un 2% para ambas mezclas ensayadas con fibra de coco. De igual manera, se obtuvo que la relación agua/cemento igual a 0.50 con un porcentaje de fibra de sisal entre 0.50% y 2.00% es óptima para mejorar la resistencia a la compresión, reportando mejoras entre 406 kg/cm<sup>2</sup> y 417 kg/cm<sup>2</sup>, respecto a sus mezclas patrón en un rango de 36% y 40%. Finalmente, se obtuvo que la relación agua/cemento igual a 0.56 con un porcentaje de fibra de agave americana L entre 0.50% y 0.75% es óptima para mejorar la resistencia a la compresión, reportando mejoras entre 408 kg/cm<sup>2</sup> y 411 kg/cm<sup>2</sup>, respecto a sus mezclas patrón en un rango de 1% y 2% de acuerdo a la Figura 78.

Al haber determinado los óptimos porcentajes de fibras celulósicas, se observó que los resultados varían en las cantidades de agregados, peso de cemento y relación agua/cemento demostrando que todos estos elementos contienen diferentes características que pueden influir los resultados en pequeña o gran medida. Logrando así mejorar la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y durabilidad del hormigón.

## CONCLUSIONES

1. En el asentamiento del hormigón con la adición de fibras celulósicas, se definió que el hormigón reforzado con 0.5% de fibra de agave americana L, se obtuvo un asentamiento de 89 mm, teniendo este un 79% de asentamiento respecto a la mezcla control. Debido a que depende de la cantidad de agua, tipos de fibra, tipos de cemento y proporciones de fibras, puesto que el diseño de la mezcla del hormigón determinará en última instancia su trabajabilidad.
2. En los ensayos de resistencia a la compresión se puede concluir que el hormigón reforzado con fibra de sisal con una adición de 0.5% es el que mejor responde a los esfuerzos de compresión, con una resistencia de 417 kg/cm<sup>2</sup>. La fibra de agave americana L con una resistencia de 408 kg/cm<sup>2</sup> con una adición de 0.5% y la fibra de coco con una resistencia de 326 kg/cm<sup>2</sup> con una adición de 0.5%. Los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión muestran mejores resultados que la muestra patrón de cada fibra.
3. En los ensayos de resistencia a la flexión se puede concluir que el hormigón reforzado con fibra de sisal con una adición de 0.5% es el que mejor responde a los esfuerzos de flexión, con una resistencia de 74 kg/cm<sup>2</sup>. La fibra de agave americana L con una resistencia de 44 kg/cm<sup>2</sup> con una adición de 0.5% y la fibra de coco con una resistencia de 43 kg/cm<sup>2</sup> con una adición de 0.5%. Los resultados de los ensayos de la resistencia a la flexión muestran mejores resultados que la muestra patrón de cada fibra.
4. Se pudo deducir que, para la durabilidad del hormigón con la incorporación de fibras celulósicas, respecto a la relación agua/cemento, tuvo el resultado más favorable en la fibra de sisal con una relación agua/cemento de 0.50 y una resistencia a la compresión de 417 kg/cm<sup>2</sup>. La fibra de agave americana L con una relación agua/cemento de 0.56 y una resistencia a la compresión de 408 kg/cm<sup>2</sup> y la fibra de coco con una relación agua/cemento de 0.46 y una resistencia a la compresión de 326 kg/cm<sup>2</sup>. Esto se debe a que las fibras de sisal son de carácter antiestático, por lo tanto; no absorben la humedad o el agua de forma inmediata. Además, es muy resistente con un bajo mantenimiento mostrando un mínimo de desgaste.

## RECOMENDACIONES

1. Para mejorar el asentamiento, se debería agregar aditivos plastificantes o superplastificantes a las mezclas de hormigón, ya que estos permiten dosificaciones hasta cinco veces mayor sin alterar el tiempo de fraguado, logrando de esta manera mejorar la fluidez y trabajabilidad del hormigón en estado fresco.
2. En el caso de la resistencia a la compresión, se sugiere la utilización de cenizas de fibras celulósicas, las cuales nos permitirán conocer hasta que porcentaje de sustitución de fibras celulósicas se podrían realizar con respecto al peso del cemento, manteniendo las propiedades del hormigón.
3. Para la resistencia a la flexión, se recomienda trabajar considerando las longitudes de las fibras entre el diámetro de las mismas, para tener una mejor manejabilidad; teniendo como precaución que las fibras no se adhieran entre sí.
4. Para mejorar la durabilidad del hormigón se recomienda realizar ensayos experimentales, con diferentes aditivos superplastificantes y adiciones, manteniendo las mismas proporciones de los diseños, considerando que; al incrementar la resistencia, está influye en la durabilidad.

Para futuras investigaciones se recomienda promover el uso de fibras celulósicas con aditivos plastificantes, superplastificantes y adiciones, que evalúen la influencia de estos aditivos en los ensayos de asentamiento, compresión, flexión y durabilidad, debido a que las fibras celulósicas se encuentran en abundancia y con facilidad en diversas zonas. Esto es favorable debido a que se disminuye la cantidad de cemento, lo cual conlleva a reducir los costos, tener un hormigón de buena calidad y contribuir en la reducción de la contaminación ambiental, enmarcando dentro de los objetivos de desarrollo sostenible, ya que la investigación corresponde a los objetivos 11 y 12, que son; ciudades y comunidades sostenibles; y producción de consumos responsables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, V. (2018). Determinación del contenido óptimo de fibra de cabuya para mejorar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Alegre, C. (2018). Resistencia a la flexión en vigas de concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , al adicionar en un 5% y 10% de fibra de agave de lechuguilla (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú.
- ASTM C78 / C78M-21 (2021). Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading. West Conshohocken, 12 de enero.
- ASTM C172 / C172M-17 (2017). Standard Practice for Sample Collection of Freshly Mixed Concrete. West Conshohocken, 01 de octubre.
- ASTM C1611 / C1611M-21 (2021). Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. West Conshohocken, 09 de agosto.
- Bellido, L. (2018). Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Bharath, P., & Shrikanth, A. (2017). Effect of Fibre Length and Percentages of Sisal on Strength of Concrete, 4(9), 4583-4593. Recuperado de <https://www.xilirprojects.com/wp-content/uploads/2019/11/17-IJARSET-bharath.pdf>
- Conde, C. & Bonilla, N. (2019). Evaluación del comportamiento físico – mecánico de un concreto hidráulico con adición de fibras de guadua angustifolia kunth (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Dalvi, D., Kalwane, U., y Pasnur, P. (2016). Effect of fibre length and percentage of sisal on strength of concrete, 3(1), 923-932. Recuperado de <http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-mtech-projects/Civil/Civil%20M.tech%20Projects%202017%20-2018/2.%20Concrete%20Projects/BASE%20PAPERS/14.fiber%20length.pdf>
- Dhawan, A., Gupta, N., Goyal, R. y Saxena, X. (2020). Evaluation of mechanical properties of concrete manufactured with fly ash, bagasse ash and banana fibre. Materialstoday: proceedings, 44(1), 1-6. doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.006

- Fernandes, J. (2018). Fabricação e caracterização de compósitos de concreto com adição de fibra de coco para confecção de pisos permeáveis (tesis de maestría). Centro Universitário de Volta Redonda, Río de Janeiro, Brasil.
- Flores, M., Jesús, H., Magaña, G., Jesús, J., Ávalos, C., Manuel, V. y Yolanda, Y. (2011). Características morfológicas de plántulas de dos especies forestales tropicales propagadas en contenedores biodegradables y charolas Styroblock (Revista). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.
- INDECOPI (2015). Norma Técnica Peruana 339.034. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima, 02 de enero.
- INDECOPI (2009). Norma Técnica Peruana 339.035. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. Lima, 20 de febrero.
- INDECOPI (2017). Norma Técnica Peruana 339.036. CONCRETO. Práctica para muestreo de mezclas en concreto fresco. Lima, 27 de agosto.
- INDECOPI (2012). Norma Técnica Peruana 339.078. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Lima, 31 de octubre.
- Kumar, R. y Kesavan, V. (2020). Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber. *Materialstoday: proceedings*, 22(3), 1-6 doi: 10.1016/j.matpr.2019.10.158
- Lara, L. (2020). Concreto con adición de fibras de agave americana l. y su influencia en la resistencia a esfuerzos axiales, en San Carlos-Huancayo. Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- Lázaro, L. (2018). Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado Con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca Recuay-Ancash, 2017 (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Ancash, Perú.
- Mallaupoma, G. (2019). Comportamiento del concreto con adición de fibras de Agave americana L para la mejora de sus propiedades en estado fresco, San Carlos-Huancayo, 2017 (tesis de pregrado). Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- Moreno, G. & Reyes, L. (2018). Análisis de la resistencia a los esfuerzos de compresión y tracción en el hormigón hidráulico modificado con fibra de coco (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá. Colombia.

- Mudiyono, R. y Sudarno, S. (2019). The Influence of Coconut Fiber on the Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks. *Engineering, technology & Applied Science Research*, 9(5), 1-3. doi: 10.48084/etasr
- Paluri, Y., Mogili, S., Mudavath, H. y Noolu, V. (2020). Effect of fibres on the strength and toughness characteristics of recycled aggregate concrete. *Materialstoday: proceedings*, 38(5), 1-3. doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.555
- Paricaguán, B & Muñoz, J. (2019, 26 de julio). Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar cane bagasse fibers. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/707/70760276009/html/index.html>
- Quilluya, A. & Flores, D. (2019). Influencia de las fibras de Totorá (*Schoenoplectus californicus*) en la resistencia mecánica del concreto (tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Ramamoorthy, S; Kundu, C; Baghaei, B; Adekunle, K. y Skrifvars, M. (2013). Compuestos verdes basados en celulosa regenerada por fibras textiles para compuestos estructurales, (13), 1-5. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/261141387\\_Green\\_Composites\\_Based\\_On\\_Regenerated\\_Cellulose\\_Textile\\_Fibers\\_For\\_Structural\\_Composites](https://www.researchgate.net/publication/261141387_Green_Composites_Based_On_Regenerated_Cellulose_Textile_Fibers_For_Structural_Composites)
- Romero, L. y Vega, M. (2019). Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de vástago de plátano en propiedades físico-mecánicas del concreto hidráulico en pavimentos (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Sivaraja, M., Kandasamy, N., Velami, M y Sudhakaran, P. (2009). Estudio sobre la durabilidad de los materiales compuesto de hormigón con fibras naturales evaluando la resistencia mecánica y las propiedades microestructurales (tesis de pregrado). Universidad de Anna – Trichy, Tiruchirapalli, India.
- SENCICO (2020). Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.060 Concreto Armado. Lima, 15 de diciembre.
- Terreros, L. & Carvajal, I. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Vela, L. & Yovera, R. (2016). Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando con fibra de estopa de coco (tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Chiclayo.

- Villanueva, N. (2016). Influencia en la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Xu, H., Shao, Z., Wang, Z., Cai, L., Li, Z., Jin, H. y Chen, T. (2020). Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber. *Construction and building materials*, 26(1), 1-18. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120610
- Zambrano, A. (2016). Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya (tesis de pregrado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Zubair, N. (2017). Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension (tesis de maestría). University of Victoria, Victoria, Canadá.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Índices	Instrumentos	Metodología
¿En qué medida las <b>fibras celulósicas</b> influyen en las <b>propiedades físico-mecánicas del hormigón</b> ?	Analizar las <b>fibras celulósicas</b> para mejorar las <b>propiedades físico- mecánicas del hormigón</b> .	Al analizar las <b>fibras celulósicas</b> se mejoran las <b>propiedades físico- mecánicas del hormigón</b> .	<b>Fibras celulósicas</b>	<b>Porcentajes de fibras celulósicas</b>  <b>Relación agua/cemento</b>	Artículos científicos especializados, Tesis, fuentes documentales, fichas técnicas e internet.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente		Ficha técnica Rheocell Foam	
a) ¿En qué medida los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> influyen en el <b>asentamiento del hormigón</b> ?	a) Analizar los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> para incrementar el <b>asentamiento del hormigón</b> .	a) Al analizar los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> aumenta el <b>asentamiento del hormigón</b> .		<b>Asentamiento del hormigón</b>		El método es deductivo, la orientación es aplicada y según la captación de información es retrolectiva. El tipo de investigación es descriptiva, explicativa y correlacional. El nivel es descriptivo. El diseño es, según propósito experimental; según mediciones es longitudinal y según cronología es observacional.
b) ¿En qué medida los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> influyen en la <b>resistencia a la compresión del hormigón</b> ?	b) Analizar los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> para incrementar la <b>resistencia a la compresión del hormigón</b> .	b) Al analizar los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> aumenta la <b>resistencia a la compresión del hormigón</b> .	<b>Propiedades físico-mecánicas del hormigón</b>	<b>Resistencia a la compresión del hormigón</b>	NTP 339.034 NTP 339.035 NTP 339.036 NTP 339.078 ASTM C 39 ASTM C 78 ASTM C 172	
c) ¿En qué medida los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> influyen en la <b>resistencia a la flexión del hormigón</b> ?	c) Analizar los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> para incrementar la <b>resistencia a la flexión del hormigón</b> .	a) Al analizar los <b>porcentajes de fibras celulósicas</b> aumenta la <b>resistencia a la flexión del hormigón</b> .		<b>Resistencia a la flexión del hormigón</b>		
d) ¿En qué medida la <b>relación agua/cemento</b> influye en la <b>durabilidad del hormigón</b> ?	d) Analizar la <b>relación agua/cemento</b> para incrementar la <b>durabilidad del hormigón</b> .	d) Al analizar la <b>relación agua/cemento</b> aumenta la <b>durabilidad del hormigón</b> .		<b>Durabilidad del hormigón</b>		

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 2: Matriz de Revisión Bibliográfica

Fuente	Autor	Título	Cita Bibliográfica
1	Alarcón, V.	Determinación del contenido óptimo de fibra de cabuya para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .	Alarcón, V. (2018). <i>Determinación del contenido óptimo de fibra de cabuya para mejorar la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></i> (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
2	Alegre, C.	Resistencia a la flexión en vigas de concreto $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> , al adicionar en un 5% y 10% de fibra de agave de lechuguilla.	Alegre, C. (2018). <i>Resistencia a la flexión en vigas de concreto <math>f'c= 210</math> kg/cm<sup>2</sup>, al adicionar en un 5% y 10% de fibra de agave de lechuguilla</i> (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú.
3	Bellido, L.	Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera.	Bellido, L. (2018). <i>Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera</i> (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
4	Bharath, P y Shrikanthm, A.	Effect of Fibre Length and Percentages of Sisal on Strength of Concrete.	<a href="https://www.xilirprojects.com/wp-content/uploads/2019/11/17-IJARSET-bharath.pdf">Bharath, P., &amp; Shrikanth, A. (2017). Effect of Fibre Length and Percentages of Sisal on Strength of Concrete, 4(9), 4583-4593. Recuperado de https://www.xilirprojects.com/wp-content/uploads/2019/11/17-IJARSET-bharath.pdf</a>
5	Conde, C. y Bonilla, N.	Evaluación del comportamiento físico – mecánico de un concreto hidráulico con adición de fibras de guadua angustifolia kunth.	Conde, C. & Bonilla, N. (2019). <i>Evaluación del comportamiento físico – mecánico de un concreto hidráulico con adición de fibras de guadua angustifolia kunth</i> (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
6	Dalvi, D; Kalwane, U y Pasnur, P.	Effect of fibre length and percentage of sisal on strength of concrete.	<a href="http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-mtech-projects/Civil/Civil%20M.tech%20Projects%202017%20-2018/2.%20Concrete%20Projects/BASE%20PAPERS/14.fiber%20length.pdf">Dalvi, D., Kalwane, U., y Pasnur, P. (2016). Effect of fibre length and percentage of sisal on strength of concrete, 3(1), 923-932. Recuperado de http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-mtech-projects/Civil/Civil%20M.tech%20Projects%202017%20-2018/2.%20Concrete%20Projects/BASE%20PAPERS/14.fiber%20length.pdf</a>
7	Dhawan, A., Gupta, N., Goyal, R. y Saxena, X.	Evaluation of mechanical properties of concrete manufactured with fly ash, bagasse ash and banana fibre.	Dhawan, A., Gupta, N., Goyal, R. y Saxena, X. (2020). Evaluation of mechanical properties of concrete manufactured with fly ash, bagasse ash and banana fibre. <i>Materialstoday: proceedings</i> , 44(1), 1-6. doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.006
8	Fernandes, J.	Fabricação e caracterização de compósitos de concreto com adição de fibra de coco para confecção de pisos permeáveis.	Fernandes, J. (2018). <i>Fabricação e caracterização de compósitos de concreto com adição de fibra de coco para confecção de pisos permeáveis</i> (tesis de maestría). Centro Universitário de Volta Redonda, Río de Janeiro, Brasil.
9	Kumar, R. y Kesavan, V.	Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber.	Kumar, R. y Kesavan, V. (2020). Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber. <i>Materialstoday: proceedings</i> , 22(3), 1-6 doi: 10.1016/j.matpr.2019.10.158
10	Lara, L	Concreto con adición de fibras de agave americana l. y su influencia en la resistencia a esfuerzos axiales, en San Carlos-Huancayo.	Lara, L. (2020). <i>Concreto con adición de fibras de agave americana l. y su influencia en la resistencia a esfuerzos axiales, en San Carlos-Huancayo</i> . Universidad Continental, Huancayo, Perú.
11	Lázaro, L	Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado Con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca Recuay-Ancash 2017.	Lázaro, L. (2018). <i>Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado Con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca Recuay-Ancash, 2017</i> (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Ancash, Perú.

12	Mallaupoma, G.	Comportamiento del concreto con adición de fibras de Agave americana L para la mejora de sus propiedades en estado fresco, San Carlos-Huancayo 2017.	Mallaupoma, G. (2019). <i>Comportamiento del concreto con adición de fibras de Agave americana L para la mejora de sus propiedades en estado fresco, San Carlos-Huancayo, 2017</i> (tesis de pregrado). Universidad Continental, Huancayo, Perú.
13	Moreno, G. y Reyes, L.	Análisis de la resistencia a los esfuerzos de compresión y tracción en el hormigón hidráulico modificado con fibra de coco.	Moreno, G. & Reyes, L. (2018). <i>Análisis de la resistencia a los esfuerzos de compresión y tracción en el hormigón hidráulico modificado con fibra de coco</i> (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá. Colombia.
14	Mudiyono, R. y Sudarno, S.	The Influence of Coconut Fiber on the Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks	Mudiyono, R. y Sudarno, S. (2019). The Influence of Coconut Fiber on the Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks. <i>Engineering, technology &amp; Applied Science Research</i> , 9(5), 1-3. doi: 10.48084/etasr
15	Paluri, Y., Mogili, S., Mudavath, H. y Noolu, V.	Effect of fibres on the strength and toughness characteristics of recycled aggregate concrete.	Paluri, Y., Mogili, S., Mudavath, H. y Noolu, V. (2020). Effect of fibres on the strength and toughness characteristics of recycled aggregate concrete. <i>Materialstoday: proceedings</i> , 38(5), 1-3 doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.555
16	Paricaguán, B.	Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar cane bagasse fibers.	<a href="https://www.redalyc.org/jatsRepo/707/70760276009/html/index.html">Paricaguán, B. (2019, 26 de julio). Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar cane bagasse fibers. Recuperado de https://www.redalyc.org/jatsRepo/707/70760276009/html/index.html</a>
17	Quilluya, A. y Flores, D.	Influencia de las fibras de Tatora ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ) en la resistencia mecánica del concreto.	Quilluya, A. & Flores, D. (2019). <i>Influencia de las fibras de Tatora (Schoenoplectus californicus) en la resistencia mecánica del concreto</i> (tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
18	Ramamoorthy, S; Kundu, C; Baghaei, B; Adekunle, K. y Skrifvars, M.	Compuestos verdes basados en celulosa regenerada por fibras textiles para compuestos estructurales.	<a href="https://www.researchgate.net/publication/261141387_Green_Composites_Based_On_Regenerated_Cellulose_Textile_Fibers_For_Structural_Composites">Ramamoorthy, S; Kundu, C; Baghaei, B; Adekunle, K. y Skrifvars, M. (2013). Compuestos verdes basados en celulosa regenerada por fibras textiles para compuestos estructurales, (13), 1-5. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261141387_Green_Composites_Based_On_Regenerated_Cellulose_Textile_Fibers_For_Structural_Composites</a>
19	Romero, L. y Vega, M.	Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de vástago de plátano en propiedades físico-mecánicas del concreto hidráulico en pavimentos.	Romero, L. y Vega, M. (2019). <i>Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de vástago de plátano en propiedades físico-mecánicas del concreto hidráulico en pavimentos</i> (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
20	Terreros, L. y Carvajal, I.	Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo.	Terreros, L. & Carvajal, I. (2016). <i>Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo</i> (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
21	Vela, L. y Yovera, R.	Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando con fibra de estopa de coco.	Vela, L. & Yovera, R. (2016). <i>Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando con fibra de estopa de coco</i> (tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Chiclayo.
22	Villanueva, N.	Influencia en la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto.	Villanueva, N. (2016). <i>Influencia en la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto</i> (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
23	Xu, H., Shao, Z., Wang, Z., Cai, L., Li, Z., Jin, H. y Chen, T.	Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber.	Xu, H., Shao, Z., Wang, Z., Cai, L., Li, Z., Jin, H. y Chen, T. (2020). Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber. <i>Construction and building materials</i> , 26(1), 1-18. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120610

24	Zambrano, A.	Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya.	Zambrano, A. (2016). <i>Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya</i> (tesis de pregrado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
25	Zubair, N.	Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension.	Zubair, N. (2017). <i>Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension</i> (tesis de maestría). University of Victoria, Victoria, Canadá.

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3: Matriz de Tesis y Artículos Nacionales e Internacionales

N°	Título - español	Título - inglés/ portugués	Autor	Referencia (cita)
1	Determinación del contenido óptimo de fibra de cabuya para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .	Determination of the optimum content of fiber of cabuya to improve the compressive strength of concrete $f'c = 210$ kg / cm <sup>2</sup> .	Alarcón, V.	Alarcón, V. (2018). <i>Determinación del contenido óptimo de fibra de cabuya para mejorar la resistencia a la compresión del concreto <math>f'c=210</math> kg/cm<sup>2</sup></i> (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
2	Resistencia a la flexión en vigas de concreto $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> , al adicionar en un 5% y 10% de fibra de agave de lechuguilla.	Flexural strength in concrete beams $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> , when adding 5% and 10% of lechuguilla agave fiber.	Alegre, C.	Alegre, C. (2018). <i>Resistencia a la flexión en vigas de concreto <math>f'c= 210</math> kg/cm<sup>2</sup>, al adicionar en un 5% y 10% de fibra de agave de lechuguilla</i> (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú.
3	Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera.	Mechanical properties of lightweight concrete with incorporation of wood chips.	Bellido, L.	Bellido, L. (2018). <i>Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera</i> (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
4	Efecto de la longitud de la fibra y los porcentajes de sisal sobre la resistencia del hormigón.	Effect of Fibre Length and Percentages of Sisal on Strength of Concrete.	Bharath, P y Shrikanth, A.	<a href="https://www.xilirprojects.com/wp-content/uploads/2019/11/17-IJARSET-bharath.pdf">Bharath, P., &amp; Shrikanth, A. (2017). Effect of Fibre Length and Percentages of Sisal on Strength of Concrete, 4(9), 4583-4593. Recuperado de https://www.xilirprojects.com/wp-content/uploads/2019/11/17-IJARSET-bharath.pdf</a>
5	Evaluación del comportamiento físico – mecánico de un concreto hidráulico con adición de fibras de guadua angustifolia kunth.	Evaluation of the physical-mechanical behavior of a hydraulic concrete with the addition of guadua angustifolia kunth fibers.	Conde, C. y Bonilla, N.	Conde, C. & Bonilla, N. (2019). <i>Evaluación del comportamiento físico – mecánico de un concreto hidráulico con adición de fibras de guadua angustifolia kunth</i> (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
6	Efecto de la longitud de la fibra y el porcentaje de sisal sobre la resistencia del hormigón.	Effect of fibre length and percentage of sisal on strength of concrete.	Dalvi, D; Kalwane, U y Pasnur, P.	<a href="http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-mtech-projects/Civil/Civil%20M.tech%20Projects%202017%20-2018/2.%20Concrete%20Projects/BASE%20PAPERS/14.fiber%20length.pdf">Dalvi, D., Kalwane, U., y Pasnur, P. (2016). Effect of fibre length and percentage of sisal on strength of concrete, 3(1), 923-932. Recuperado de http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-mtech-projects/Civil/Civil%20M.tech%20Projects%202017%20-2018/2.%20Concrete%20Projects/BASE%20PAPERS/14.fiber%20length.pdf</a>
7	Evaluación de propiedades mecánicas de hormigones fabricados con cenizas volantes, cenizas de bagazo y fibra de banano.	Evaluation of mechanical properties of concrete manufactured with fly ash, bagasse ash and banana fibre.	Dhawan, A., Gupta, N., Goyal, R. y Saxena, X.	Dhawan, A., Gupta, N., Goyal, R. y Saxena, X. (2020). Evaluation of mechanical properties of concrete manufactured with fly ash, bagasse ash and banana fibre. <i>Materialstoday: proceedings</i> , 44(1), 1-6. doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.006
8	Fabricación y caracterización de composites de hormigón con adición de fibra de coco para la realización de suelos permeables.	Fabricação e caracterização de compósitos de concreto com adição de fibra de coco para confecção de pisos permeáveis.	Fernandes, J.	Fernandes, J. (2018). <i>Fabricação e caracterização de compósitos de concreto com adição de fibra de coco para confecção de pisos permeáveis</i> (tesis de maestría). Centro Universitário de Volta Redonda, Río de Janeiro, Brasil.
9	Estudio experimental de propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras: Efecto de la fibra de celulosa, fibra de alcohol polivinílico y fibra de poliolefina.	Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber.	Kumar, R. y Kesavan, V.	Kumar, R. y Kesavan, V. (2020). Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber. <i>Materialstoday: proceedings</i> , 22(3), 1-6 doi: 10.1016/j.matpr.2019.10.158
10	Concreto con adición de fibras de agave americana l. y su influencia en la resistencia a esfuerzos axiales, en San Carlos-Huancayo.	Concrete with the addition of American agave fibers l. and its influence on resistance to axial forces, in San Carlos-Huancayo.	Lara, L.	Lara, L. (2020). <i>Concreto con adición de fibras de agave americana l. y su influencia en la resistencia a esfuerzos axiales, en San Carlos-Huancayo</i> . Universidad Continental, Huancayo, Perú.
11	Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado Con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca Recuay-Ancash	Technical Comparison between Concrete Reinforced with Natural Fibers and Conventional Concrete in the Recuay-Ancash Brand District.	Lázar, L.	Lázar, L. (2018). <i>Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado Con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca Recuay-Ancash, 2017</i> (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Ancash, Perú.
12	Comportamiento del concreto con adición de fibras de Agave americana L para la mejora de sus propiedades en	Behavior of concrete with the addition of Agave americana L fibers to improve its	Mallaupoma, G.	Mallaupoma, G. (2019). <i>Comportamiento del concreto con adición de fibras de Agave americana L para la mejora de sus propiedades en estado fresco, San Carlos-Huancayo, 2017</i> (tesis de pregrado). Universidad Continental, Huancayo, Perú.

	estado fresco, San Carlos-Huancayo 2017.	properties in fresh condition, San Carlos-Huancayo 2017.		
13	Análisis de la resistencia a los esfuerzos de compresión y tracción en el hormigón hidráulico modificado con fibra de coco.	Analysis of the resistance to compression and traction forces in the hydraulic modified with coconut fiber.	Moreno, G. y Reyes, L.	Moreno, G. & Reyes, L. (2018). <i>Análisis de la resistencia a los esfuerzos de compresión y tracción en el hormigón hidráulico modificado con fibra de coco</i> (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
14	La influencia de la fibra de coco en la resistencia a la compresión y a la flexión de los adoquines.	The Influence of Coconut Fiber on the Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks.	Mudiyono, R. y Sudarno, S.	Mudiyono, R. y Sudarno, S. (2019). The Influence of Coconut Fiber on the Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks. <i>Engineering, technology &amp; Applied Science Research</i> , 9(5), 1-3. doi: 10.48084/etasr
15	Efecto de las fibras sobre las características de resistencia y tenacidad del hormigón agregado reciclado.	Effect of fibres on the strength and toughness characteristics of recycled aggregate concrete.	Paluri, Y., Mogili, S., Mudavath, H. y Noolu, V.	Paluri, Y., Mogili, S., Mudavath, H. y Noolu, V. (2020). Effect of fibres on the strength and toughness characteristics of recycled aggregate concrete. <i>Materialstoday: proceedings</i> , 38(5), 1-3 doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.555
16	Estudios de las propiedades mecánicas del hormigón armado con fibras de bagazo de caña de azúcar	Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar cane bagasse fibers.	Paricaguán, B.	<a href="https://www.redalyc.org/jatsRepo/707/70760276009/html/index.html">Paricaguán, B. (2019, 26 de julio). <i>Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar cane bagasse fibers</i>. Recuperado de https://www.redalyc.org/jatsRepo/707/70760276009/html/index.html</a>
17	Influencia de las fibras de Totora (Schoenoplectus californicus) en la resistencia mecánica del concreto.	Influence of Totora (Schoenoplectus californicus) fibers on the mechanical resistance of concrete.	Quilluya, A. y Flores, D.	Quilluya, A. & Flores, D. (2019). <i>Influencia de las fibras de Totora (Schoenoplectus californicus) en la resistencia mecánica del concreto</i> (tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
18	Compuestos verdes basados en celulosa regenerada por fibras textiles para compuestos estructurales.	Green compounds based on cellulose regenerated by textile fibers for structural compounds.	Ramamoorthy, S; Kundu, C; Baghaei, B; Adekunle, K. y Skrifvars, M.	<a href="https://www.researchgate.net/publication/261141387_Green_Composites_Based_On_Regenerated_Cellulose_Textile_Fibers_For_Structural_Composites">Ramamoorthy, S; Kundu, C; Baghaei, B; Adekunle, K. y Skrifvars, M. (2013). <i>Compuestos verdes basados en celulosa regenerada por fibras textiles para compuestos estructurales</i>. (13), 1-5. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261141387_Green_Composites_Based_On_Regenerated_Cellulose_Textile_Fibers_For_Structural_Composites</a>
19	Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de vástago de plátano en propiedades físico-mecánicas del concreto hidráulico en pavimentos.	Study of the effect of different amounts of banana stem fiber on the physical-mechanical properties of hydraulic concrete in pavements.	Romero, L. y Vega, M.	Romero, L. y Vega, M. (2019). <i>Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de vástago de plátano en propiedades físico-mecánicas del concreto hidráulico en pavimentos</i> (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
20	Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo.	Analysis of the mechanical properties of a conventional concrete adding hemp fiber.	Terreros, L. y Carvajal, I.	Terreros, L. & Carvajal, I. (2016). <i>Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo</i> (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
21	Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando con fibra de estopa de coco.	Evaluation of the mechanical properties of concrete added with coconut tow fiber.	Vela, L. y Yovera, R.	Vela, L. & Yovera, R. (2016). <i>Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando con fibra de estopa de coco</i> (tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Chiclayo.
22	Influencia en la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto.	Influence of the addition of coconut fiber on the strength of concrete.	Villanueva, N.	Villanueva, N. (2016). <i>Influencia en la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto</i> (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
23	Estudio experimental de propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras: Efecto de la fibra de celulosa, fibra de alcohol polivinílico y fibra de poliolefina.	Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber.	Xu, H., Shao, Z., Wang, Z., Cai, L., Li, Z., Jin, H. y Chen, T.	Xu, H., Shao, Z., Wang, Z., Cai, L., Li, Z., Jin, H. y Chen, T. (2020). Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber. <i>Construction and building materials</i> , 26(1), 1-18. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120610
24	Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya.	Study of the physical-mechanical characteristics of concrete blocks with cabuya fiber.	Zambrano, A.	Zambrano, A. (2016). <i>Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya</i> (tesis de pregrado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
25	Efectos de la adición de micro fibras de celulosa sobre las propiedades mecánicas del hormigón bajo flexión y tensión uniaxial.	Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension.	Zubair, N.	Zubair, N. (2017). <i>Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension</i> (tesis de maestría). University of Victoria, Victoria, Canadá.

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 4: Matriz de Referencia

N°	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
1	Determinación del contenido óptimo de fibra de cabuya para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	Realizar ensayos de compresión para determinar la resistencia del concreto reforzado con fibra de cabuya de 2.5 cm, 8.0 cm de longitud, así como del concreto sin refuerzo.	Experimental	Resistencia a la compresión y asentamiento	Los mejores resultados fueron de 192.48 kg/cm <sup>2</sup> , obtenidos al evaluar la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad, con fibra de cabuya de 2.5cm de longitud para concreto con fibra al 0.25% w, si bien no supero al diseño patrón de 210 kg/cm <sup>2</sup> , fue el que más aproximación mostro aun cuando este disminuyo en un 8.3 % la resistencia.	Universidad César Vallejo	2018
2	Resistencia a la flexión en vigas de concreto $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> , al adicionar en un 5% y 10% de fibra de agave de lechuguilla.	Determinar la resistencia a la flexión de una viga de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , al adicionar en un 5% y 10% de fibra de agave lechuguilla tratada con parafina para incrementar la resistencia a la flexión.	Experimental	Resistencia a la flexión	Los resultados favorables fueron a los 28 días de curado del concreto donde la resistencia a la flexión de la muestra patrón llegó a los 125.4 kg/cm <sup>2</sup> , la adición del 5% fue de 122.1 kg/cm <sup>2</sup> y del 10% a 130 kg/cm <sup>2</sup>	Universidad San Pedro	2018
3	Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera	Evaluar las propiedades mecánicas del concreto con incorporación virutas de madera como adición en ciertos porcentajes del peso cemento mediante pruebas realizadas en el Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales.	Experimental	Asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.	Incorporando virutas de madera, se logró disminuir su peso hasta lograr concreto ligero, a pesar de que sus propiedades mecánicas disminuyen se mantiene en el rango de concreto ligero no estructural. Reduciendo el peso, se reduce también las secciones estructurales y costos de elementos estructurales	Universidad Nacional Agraria La Molina	2018
4	Effect of Fibre Length and Percentages of Sisal on Strength of Concrete.	Evaluar la compresión, tracción y flexión. resistencia del hormigón utilizando fibras de sisal como aditivo	Experimental	Relación agua/cemento, asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Los resultados obtenidos para varias combinaciones han demostrado que la resistencia a la compresión del hormigón aumenta con aumento porcentual, pero después de la dosificación de fibra al 1%, la resistencia se reduce gradualmente	International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology	2017
5	Evaluación del comportamiento físico – mecánico de un concreto hidráulico con adición de fibras de guadua angustifolia kunth.	Evaluar el comportamiento físico - mecánico de un hormigón hidráulico adicionando diferentes cantidades de fibras de guadua angustifolia kunth.	Experimental	Relación agua/cemento, asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	La resistencia del concreto hidráulico original comparada con la resistencia de las muestras modificadas adicionando diferentes cantidades de Fibra de guadua Angustifolia Kunth es menor, por lo que al aumentar la cantidad de guadua la resistencia es mayor.	Universidad Piloto de Colombia	2019
6	Effect of fibre length and percentage of sisal on strength of concrete.	evaluar la compresión, tracción y flexión. resistencia del hormigón utilizando fibras de sisal como refuerzo.	Experimental	Relación agua/cemento, asentamiento, resistencia a la	Se encuentra que el uso de fibra en el hormigón disminuye la trabajabilidad del hormigón fresco. Sin embargo, los parámetros de resistencia han	Multidisciplinary Journal of Research in Engineering and Technology	2016

				compresión y resistencia a la flexión.	mostrado resultados prometedores.		
7	Evaluation of mechanical properties of concrete manufactured with fly ash, bagasse ash and banana fibre.	Los compuestos se fabricaron a partir de celulosa regenerada y matriz de base biológica mediante moldeo por compresión. Los materiales de refuerzo utilizados fueron Lyocell y viscosa, mientras que la matriz utilizada fue aceite de soja químicamente modificado.	Experimental	Relación agua/cemento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	La resistencia del concreto en compresión y flexión agregando 2.5% de fibra de banano con Cemento; parcialmente reemplazado por 20% de cenizas volantes y arena; parcialmente reemplazado por 10% de ceniza de bagazo revela una mejor resistencia en comparación con otras combinaciones	Materialstoday: proceedings	2020
8	Fabricação e caracterização de compósitos de concreto com adição de fibra de coco para confecção de pisos permeáveis	Utilizar fibra de coco para mejorar propiedades mecánicas del hormigón permeable y analizar las características técnicas y costo del proyecto, respetando los requisitos mínimos exigidos en la ejecución y mantenimiento de losas de hormigón permeable según NBR 16416: 2015.	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Se encontraron valores con alta variabilidad, pero esta oscilación accidental se considera apropiada para ensayos con compuestos a base de hormigón.	Centro Universitario de Volta Redonda	2018
9	Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber.	Debido a las dificultades inherentes al ensayo del hormigón bajo tensión directa, se empleó el ensayo de flexión para determinar las propiedades de tracción a través del análisis inverso del hormigón en cuestión.	Experimental	Asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.	Utilizar material de fibra obtenido de coco y ceniza de fibra de coco para así monitorear el comportamiento de la matriz del hormigón con los constituyentes del coco.	Construction and Building Materials	2019
10	Concreto con adición de fibras de agave americana L. y su influencia en la resistencia a esfuerzos axiales, en San Carlos-Huancayo.	Evaluar la influencia que tiene la adición de fibra de maguey en las propiedades de resistencia de un concreto patrón.	Experimental	Relación agua/cemento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Las pruebas de compresión de cilindros, logran afirmar que la adición de fibra de Agave Americana L, influye positivamente en la resistencia a solicitudes axiales del concreto, debido a que la fibra le aporta propiedades mecánicas de resistencia y tenacidad al concreto.	Universidad continental	2020
11	Comparación Técnica entre el Concreto Reforzado Con Fibras Naturales y el Concreto Convencional en el Distrito de Marca Recuay-Ancash	Dar a conocer el uso de las fibras naturales de la planta conocida como Penca y en base a los resultados usarlo como material para la construcción añadiéndolo al concreto y de ese modo pueda obtener un mejor comportamiento a las cargas que se le aplicarán.	Experimental	Relación agua/cemento y resistencia a la flexión.	Con la adición adecuada de fibra que es 0.3% y la longitud correcta de la misma, se puede proceder a realizar una mezcla de hormigón y esta será la adecuado porque la resistencia será mayor.	Universidad César Vallejo	2017
12	Comportamiento del concreto con adición de fibras de Agave americana	Estudiar el comportamiento de las propiedades en estado fresco del	Experimental	Relación agua/cemento y asentamiento.	Un efecto que se presenta desde las dosificaciones más bajas de adición de fibra de Agave es que reduce el asentamiento de la mezcla, ya que la	Universidad Continental	2019

	L para la mejora de sus propiedades en estado fresco, San Carlos-Huancayo 2017.	concreto premezclado de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ con adición de fibra de Agave Americana L			fibra de Agave Americana L absorbe la humedad de la mezcla además de ello por sus características de rugosidad la fricción entre la fibra y los demás componentes influyen en la disminución del asentamiento.		
13	Análisis de la resistencia a los esfuerzos de compresión y tracción en el hormigón hidráulico modificado con fibra de coco.	La investigación es desarrollada por medio de una metodología experimental que permitió determinar el porcentaje ideal que genera mejores resultados con respecto a resistencia y módulo de rotura.	Experimental	Relación agua/cemento, asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Permitió determinar que el concreto modificado con fibra de coco al 3%, presento mejoras en su resistencia a compresión en cada una de las resistencias de diseño, por otra parte, en referencia a el análisis de los resultados de la resistencia a flexión del concreto modificado, se encontró mejoras con porcentajes de fibra de coco al 7%.	Construction and Building Materials	2018
14	The Influence of Coconut Fiber on the Compressive and Flexural Strength of Paving Blocks	Determinar la influencia de la fibra de coco en la resistencia a la compresión y flexión de adoquines.	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	La adición de 0.1% de fibra de coco en una mezcla de adoquines puede aumentar su resistencia a la compresión y flexión.	Engineering, Technology & Applied Science Research	2019
15	Effect of fibres on the strength and toughness characteristics of recycled aggregate concrete.	Evaluar el uso de agregado reciclado (RA) de desechos de construcción y demolición como agregado grueso en el concreto.	Experimental	Relación agua/cemento, asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	La resistencia a la compresión de RAC mejoró sólo marginalmente con la adición de SF, la resistencia a la flexión y la resistencia a la tracción dividida aumentaron en un 35–44% y 43–52%, respectivamente.	Materialstoday: proceedings	2020
16	Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar cane bagasse fibers	Analizar las probetas con hormigón con fibras de bagazo de caña de azúcar como sustitución parcial del agregado fino, para todas las edades y su relación con el tamaño, con y sin tratamiento	Experimental	Relación agua/cemento y resistencia a la compresión.	Los concretos reforzados con fibras naturales con bagazo de caña de azúcar tienen el potencial para ser usados como materiales de construcción económicos, ya que su tendencia a medida que transcurre el tiempo de curado es similar a las mezclas elaboradas de manera tradicional.	Revista INGENIERÍA UC	2019
17	Influencia de las fibras de Totorá ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ) en la resistencia mecánica del concreto.	Ver las características estructurales del hormigón al incorporar la fibra de totora para uso en la industria de la construcción	Experimental	Resistencia a la compresión.	El contenido de fibra influyó directamente en el rendimiento mecánica y las fibras con mayor porcentaje mostraron resultados no aceptables para la investigación cual finalidad es mejorar las propiedades mecánicas del concreto	Universidad Peruana Unión	2019
18	Compuestos verdes basados en celulosa regenerada por fibras textiles para compuestos estructurales.	Identificar las fibras celulósicas con más relevancia y más potencial de uso y aplicación para el hormigón. Tanto en propiedades mecánicas como viscoelásticas.	Experimental	Resistencia a la flexión.	Las propiedades se pueden adaptar para aplicaciones específicas. En general, estas dos fibras mostraron buenas propiedades mecánicas y viscoelásticas. Los compuestos a base de Lyocell mostraron mejores propiedades en la mayoría de las pruebas	Conference: AUTEX 2013	2013
19	Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de vástago de plátano en propiedades físico-	Utilizar una fibra natural llamada vástago de plátano para realizar un estudio del efecto en diferentes proporciones de dicha materia, el cual	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Dicho concreto con fibras se le hicieron pruebas de compresión y flexión, dando como resultado un valor de resistencia más elevado, que los presentados en un concreto convencional	Universidad Piloto de Colombia	2019

	mecánicas del concreto hidráulico en pavimentos.	consiste en determinar el porcentaje ideal de adición al diseño de mezclas					
20	Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo.	Determinar y analizar las propiedades mecánicas (compresión y flexión) de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo.	Experimental	Relación agua/cemento, asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Se concluye que la adherencia entre los materiales y la fibra, generaron una mayor resistencia a la flexión y una resistencia al agrietamiento sin pérdida de material al momento de la rotura; representado una alternativa de desarrollo en el sector de la construcción, como material sostenible	Universidad Católica de Colombia	2016
21	Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando con fibra de estopa de coco.	Evaluar las propiedades mecánicas del concreto convencional y un concreto convencional adicionado con fibra de estopa de coco.	Experimental	Relación agua/cemento, asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Al finalizar los estudios se observó que al adicionar fibra de estopa de coco el concreto convencional aumenta su resistencia a la compresión, a la tracción por compresión diametral y a la flexión	Universidad Señor de Sipán	2016
22	Influencia en la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto	Estudia la influencia que presenta el concreto con respecto a la resistencia mecánica, al adicionarle diferentes porcentajes de fibra	Experimental	Relación agua/cemento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Las probetas de concreto con 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% de fibra de coco ensayadas a compresión a los 28 días de edad, presentan valores de resistencia del 95.60%, 98.39%, 76.37% y 65.73%	Universidad Privada del Norte	2016
23	Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber.	Analizar el efecto sobre la resistencia a compresión y flexión de mezclas de concreto mediante el uso de fibras de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del agregado fino a una proporción de 2,5 % en volumen.	Experimental	Asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.	El efecto sinérgico de la fibra híbrida varía con la dosis y solo con la dosis adecuada de fibra, la fibra híbrida puede tener un efecto sinérgico positivo sobre las propiedades mecánicas. El efecto sinérgico de la fibra híbrida	Construction and Building Materials	2020
24	Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya.	Estudia las características físico-mecánicas de bloques de hormigón elaborados con una mezcla de fibra de cabuya ligado con cemento portland, agua y agregados comercializados en la provincia de Imbabura	Experimental	Resistencia a la compresión.	El concreto reforzado de fibras de cabuya tratada con parafina en la cantidad adecuada es viable para elementos constructivos, como son la fabricación de bloques de hormigón u otros elementos constructivos de espesores delgados, sin embargo, es necesario estudiar a fondo la durabilidad del concreto con fibras ante diferentes condiciones climáticas y a lo largo del tiempo.	Universidad Central de Ecuador	2016
25	Effects of Micro Cellulose Fibers Addition on Concrete Mechanical Properties Under Flexure and Uniaxial Tension.	Se evaluó la resistencia a la compresión y flexión del hormigón utilizando fibras de sisal como refuerzo.	Experimental	Relación agua/cemento, asentamiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.	Se ha concluido que la adición de micro fibras de celulosa en el hormigón tiene un efecto nominal sobre las propiedades mecánicas del hormigón, y estas fibras no contribuyen a la capacidad de carga residual del hormigón, por lo que hacen que falle de una manera quebradiza una vez que se alcanza la carga máxima. alcanzado.	Repositorio Dspace	2017

Fuente: Elaboración Propia