



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR - SEDE LOJA  
ESCUELA PARA LA CIUDAD, EL PAISAJE Y LA ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
ARQUITECTO**

**TEMA:**

**“DISEÑO DE PANEL DE MICROHORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE  
CABUYA”**

**AUTOR:**

**MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR:**

**ARQ. SANTIAGO REINOSO**

**LOJA – ECUADOR**

**2020**

Yo, **Miguel Ángel Martínez Rodríguez**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría: que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación personal y que se encuentra respaldado con la respectiva bibliografía.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a **la Universidad Internacional del Ecuador**, para que el presente trabajo sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual y demás disposiciones legales.



Miguel Ángel Martínez Rodríguez

Yo, **Santiago Reinoso Ochoa**, certifico que conozco el autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo, tanto de originalidad, autenticidad, como de su contenido.



Santiago Reinoso Ochoa

**Director de Tesis**

*Primeramente, agradezco a Dios por bendecirme y permitirme cumplir con tan anhelado  
sueño.*

*Expreso mi agradecimiento a la Universidad Internacional de Ecuador, por ser la  
institución que me permitió finalizar mi carrera profesional*

*A los docentes de la carrera de Arquitectura, quienes con sus sabias enseñanzas me  
guiaron hacia nuevos horizontes del conocimiento.*

*A mi director de tesis, Arq. Santiago Reinoso, por compartir sus conocimientos y  
experiencia para el desarrollo de esta investigación.*

*En especial a mis familiares por el apoyo que supieron brindar en cada una de las etapas  
del proceso de formación profesional, cuya consecución hoy corona todos los sacrificios  
realizados.*

*La presente investigación la dedico con mucho amor y cariño a mis padres Ángel Martínez y Elizabeth Rodríguez, a mis hermanos, abuelitos y tíos que han estado junto a mí en todo momento y me han dado el apoyo para culminar este gran objetivo propuesto y ser cada día un guía para las futuras generaciones.*

*Miguel Ángel Martínez Rodríguez*

## Resumen

Hoy en día uno de los principales problemas de los compuestos cementicios como lo son morteros, hormigones y micro hormigones son sus bajas resistencias a la flexión y tracción, es por ello que las investigaciones en la actualidad estén enfocadas a reforzar estas propiedades, sustituyendo las fibras sintéticas, una de estas alternativas es la fibra de cabuya.

La presente investigación es el diseño de paneles de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya, mediante el cual se examinó como primer punto la granulometría para determinar el módulo de finura de la arena empleada, seguido del ensayo de trabajabilidad mediante el cono de Abrams, cuyos resultados permitieron optar por dosificaciones del 0.3%, 0.5% y 0.8% de fibra con respecto al peso total. Dichas dosificaciones fueron ensayadas a compresión (molde de 5x5cm, NTE INEN 498), flexión (4x4x16cm, NTE INEN 198) y tracción (briquetas graduadas, ASTM C-190) a los 7, 14 y 28 días. De tal manera que se estableció mediante el análisis comparativo que la mejor dosificación corresponde al 0.5% de adicción de fibra de cabuya para el desarrollo del panel. De acuerdo a las normativas técnicas de la construcción (NTE INEN 8336), las resistencias resultantes de las muestras de 20x20x1.5cm del panel de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya fueron de 7.8 Mpa a los 14 días, cumpliendo con los requisitos de resistencia, clasificándolo en clase 2 categoría B destinado a mampostería interior.

Finalmente, de acuerdo a los resultados en las muestras examinadas, las dimensiones finales del panel de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya son de 120x120x1.5 cm, el cual es una alternativa para mitigar el impacto ambiental provocado por la industria de la construcción, además de contribuir positivamente a las características mecánicas.

***Palabras clave:*** Panel; Fibra de cabuya; resistencia; flexión; compresión; tracción.

## Abstract

Today one of the main problems of cementitious compounds such as mortars, concretes and micro-concrete are their low flexural and tensile strengths, which is why research is currently focused on reinforcing these properties, replacing synthetic fibers, one of these alternatives is cabuya fiber.

The present investigation is the design of micro concrete panels reinforced with cabuya fibers, which was examined through the first point the granulometry to determine the fineness modulus of the sand used, followed by the workability test by means of the Abrams cone, whose results allowed opting for dosages of 0.3%, 0.5% and 0.8% of the total weight. Said dosages were tested for compression (5x5cm mold, NTE INEN 498), flexion (4x4x16cm, NTE INEN 198), traction (graduated briquettes, ASTM C-190) at 7.14 and 28 days. In such a way that it was established through comparative analysis that the best dosage corresponding to 0.5% of cabuya fiber addiction for the development of the panel. According to the technical regulations of the construction (NTE INEN 8336), the resistance resulting from the 20x20x1.5cm samples of the micro concrete panel reinforced with cabuya fibers was 7.6 Mpa at 14 days, complying with the resistance requirements , classifying it in class 2 category B for interior masonry.

Finally, according to the results in the samples examined, the final dimensions of the micro concrete panel reinforced with cabuya fibers are 120x120x1.5 cm, which is an alternative to mitigate the environmental impact caused by the construction industry. to contribute positively to the mechanics.

**Keywords:** Panel; Cabuya fiber; resistance; flexion; compression; traction.

# “DISEÑO DE PANEL DE MICROHORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE CABUYA”

## Índice de contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>vi</b>
<b>Problemática .....</b>	<b>vi</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivo General: .....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos Específicos:.....</b>	<b>3</b>
<b>Hipótesis .....</b>	<b>3</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo Uno .....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción, Antecedentes Históricos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Historia del Hormigón Reforzado con Fibras.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Contextualización de Materiales Empleados para la Fabricación de los Paneles ..</b>	<b>6</b>
1.2.1. Hormigón.....	6
1.2.2. Micro hormigones.....	6
1.2.3. Arena Sílice .....	7
1.2.4. Prefabricados .....	7
<b>1.3. Materiales Compuestos .....</b>	<b>8</b>
1.3.1. Hormigón con Fibras .....	8
<b>1.4. Aditivos .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5. Fibras .....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo Dos.....</b>	<b>11</b>
<b>Estudio Referencial de la Fibra de Cabuya e Investigaciones de Fibras en Composites Cementicios .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Cabuya.....</b>	<b>11</b>

2.1.1. Cosecha.....	12
2.1.3. Producción Ecuador.....	13
<b>2.2. Resistencia de la Fibra de Cabuya .....</b>	<b>13</b>
2.2.1. Fractografía de la Fibra de Cabuya.....	15
2.3.2. Disposición de fibras .....	17
2.3.3. Dimensiones de fibras .....	18
<b>2.4. Fibras Vegetales en el Micro Hormigón y su Protección .....</b>	<b>19</b>
2.4.1. Elementos protectores de las fibras .....	20
<b>2.5. Estado del Arte.....</b>	<b>20</b>
2.5.1 Estudios relacionados con fibras vegetales en composites cementicios.....	20
2.5.2. Discusión resultados estado del arte .....	22
2.5.3. Conclusiones.....	23
<b>Capitulo Tres.....</b>	<b>25</b>
<b>Análisis referencial de materiales prefabricados.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. Fibrocemento .....</b>	<b>25</b>
3.1.1. Dimensiones .....	26
3.1.2. Resistencia del material .....	28
3.1.3. Producción .....	29
3.1.4 Costos Económicos.....	29
<b>3.2. Cartón yeso.....</b>	<b>30</b>
3.2.1. Dimensiones .....	31
3.2.2. Resistencia del material .....	32
3.2.3. Producción .....	33
3.2.4. Costo Económico.....	33
3.2.5. Conclusiones.....	34
<b>Capitulo Cuatro .....</b>	<b>36</b>

<b>Análisis de la Norma Técnica Requerida de los Materiales y Paneles de Fibrocemento</b>	<b>36</b>
<b>4.1. Normativas NEC</b>	<b>36</b>
<b>4.2. Normas INEN y ASTM acerca de materiales y ensayos</b>	<b>37</b>
<b>4.3. Resistencia de placas de fibrocemento: referencia NTC, INEN y ASTM</b>	<b>40</b>
4.3.1. Conclusión	42
<b>Capítulo Cinco</b>	<b>43</b>
<b>Diseño del panel</b>	<b>43</b>
<b>5.1. Dosificación base 0.3%,0.5%,0.8% de fibra, Arena Sílice y Arena gruesa</b>	<b>43</b>
<b>5.2. Guía de Diseño de Mezcla</b>	<b>44</b>
5.2.1 Tratamiento Fibra de Cabuya	45
5.2.2. Determinación de Granulometría de Arena gruesa	46
5.2.3. Pesaje de Materiales	48
5.2.4. Mezclado de Morteros	49
5.2.5. Determinación de Trabajabilidad Mediante Cono de Abrams	49
5.2.6. Conclusiones ensayo de trabajabilidad	51
5.2.7. Preparación de Moldes para Especímenes	52
5.2.8. Curado de Especímenes	52
5.2.9. Fórmulas ensayos a Compresión	53
5.2.10. Fórmulas ensayos de Flexión	54
5.2.11. Fórmulas Ensayos de Tracción	55
<b>5.3. Ensayo Nro. 1. Compresión con 0.3, 0.5 y 0.8 % Fibra de Cabuya</b>	<b>55</b>
5.3.1. Resultados Ensayos de Compresión 0.3, 0.5, 0.8% de Fibra	58
5.3.2. Comparaciones Ensayos de Compresión 0.3, 0.5, 0.8% de Fibra con Respecto al Peso Total.	60
5.3.3. Conclusiones	61
5.3.4. Recomendaciones	62

<b>5.4. Ensayo Nro. 2. Flexión 0.3, 0.5 y 0.8 % fibra de cabuya.....</b>	<b>62</b>
5.4.1 Resultados ensayos de flexión 0.3, 0.5, 0.8% de fibra con respecto al peso total.....	64
5.4.2. Comparaciones Ensayos de Flexión 0.3, 0.5, 0.8% de Fibra .....	66
5.4.2. Conclusiones.....	67
5.4.3. Recomendaciones .....	67
<b>5.5. Ensayo Nro. 3. Tracción 0.3, 0.5 y 0.8 % fibra de cabuya .....</b>	<b>68</b>
5.5.1 Resultados ensayos de tracción 0.3, 0.5, 0.8% de fibra.....	70
5.5.2. Comparaciones ensayos a tracción 0.3, 0.5, 0.8% de Fibra con respecto al peso Total .....	72
5.5.3. Conclusiones.....	73
5.5.4. Recomendaciones .....	74
<b>5.6 Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya .....</b>	<b>74</b>
<b>5.7. Dosificación Muestras de Ensayo .....</b>	<b>75</b>
5.7.1. Resultados Ensayos de Flexión 0.5% de Fibra.....	77
5.7.2. Comparación Resistencia a la Flexión, (Mezcla-Panel).....	78
5.7.3. Conclusiones.....	78
5.7.4. Recomendaciones .....	79
<b>5.8. Elaboración de Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya 1200x1200x15mm.....</b>	<b>80</b>
5.8.1. Resultados Panel de Micro Hormigón 1200x1200x15mm.....	82
5.8.2. Textura Panel.....	83
<b>5.9 Ensayos de Campo.....</b>	<b>83</b>
5.9.1. Ensayo al Corte del Panel.....	83
<b>5.9.2 Ensayo Impacto.....</b>	<b>84</b>
<b>5.9.3 Ensayo Perforación.....</b>	<b>86</b>
<b>5.9.4. Permeabilidad del Panel .....</b>	<b>86</b>
<b>5.10. Discusión de Resultados .....</b>	<b>88</b>

5.10.1. Comparaciones Investigaciones y Propuesta (0.5% de Adición de Fibra).....	90
5.10.2. Tabla comparativa de Fibrocemento, Cartón yeso y Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya.....	93
5.10.3. Detalles	
Constructivos.....	92
<b>Conclusiones.....</b>	<b>101</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>104</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>105</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>109</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Planta y Fibra de Cabuya .....	11
Figura 2. Proceso y Cosecha de Fibra .....	12
Figura 3. Lugares de Producción Nacional de Fibra de Cabuya.....	13
Figura 4. Fractografía Fibra de Cabuya.....	14
Figura 5. Ruptura de la Fibra de Cabuya Ensayos de Impacto y Flexión .....	15
Figura 6. Ruptura de la Fibra a la Tensión .....	15
Figura 7. Desprendimiento de las Fibras de Cabuya Ruptura de la Fibra a la Tensión .....	16
Figura 8. Contenedores de Tensión .....	16
Figura 9. Tejidos Helicoidales.....	17
Figura 10. Distribución de Fibras .....	18
Figura 11. Dimensiones de Fibra de cabuya.....	19
Figura 12. Afectaciones de las fibras vegetales.....	19
Figura 13. Superplastificante Sikament.....	20
Figura 14. Comparación Investigaciones del Estado del Arte.....	23
Figura 15. Placas de Fibrocemento.....	26
Figura 16. Características físicas de Paneles de Fibrocemento .....	27
Figura 17. Dimensiones de Paneles de Fibrocemento (cm) .....	27
Figura 18. Características Mecánicas Paneles de Fibrocemento.....	28
Figura 19. Costo Económico de Fibrocemento .....	30
Figura 20. Paneles de Cartón Yeso.....	31
Figura 21. Dimensiones Cartón-yeso .....	31
Figura 22. Características del Yeso-Cartón.....	32
Figura 23. Costo Económico del Cartón Yeso .....	34
Figura 24. Amarre de Fibrocemento en la Estructura de la Edificación .....	37
Figura 25. Resistencias Placas Planas de Fibrocemento .....	41

Figura 26. Normativas ASTM para Placas de Fibrocemento .....	41
Figura 27. Proceso de Diseño de Mezcla .....	45
Figura 28. Procedimiento para eliminar impurezas de la fibra de cabuya .....	46
Figura 29. Procedimiento Granulométrico .....	47
Figura 30. Pesaje de Materiales .....	49
Figura 31. Procedimiento Mezcla de Cemento Hidráulico .....	49
Figura 32. Procedimiento Ensayo de Asentamiento de Mezcla .....	50
Figura 33. Resultados Asentamiento Cono de Abrams .....	51
Figura 34. Resultado Ensayo Trabajabilidad.....	51
Figura 35. Moldes para Pruebas de Resistencia de Morteros.....	52
Figura 36. Curado de Especímenes .....	53
Figura 37. Molde para Ruptura de Compresión .....	54
Figura 38. Molde para Ruptura de Flexión.....	55
Figura 39 Molde para Ruptura por Tracción .....	55
Figura 40. Procedimiento mezcla para ensayos a compresión .....	58
Figura 41. Resultados a Ensayos a Compresión.....	59
Figura 42. Comparación de Resultados a Compresión a los 7,14 y 28 Días.....	61
Figura 43. Procedimiento Mezcla para Ensayo de Flexión .....	64
Figura 44. Resultados Ensayo a Flexión .....	65
Figura 45. Comparación de Resultados a Flexión a los 7,14 y 28 Días .....	67
Figura 46. Procedimiento para Ensayo de Tracción.....	70
Figura 47. Resultado Resistencia a la Tracción.....	71
Figura 48. Comparación de Resultados Tracción a los 7,14 y 28 Días.....	73
Figura 49. Dimensiones del Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya.	75
Figura 50. Procedimiento para Muestras de Panel de Micro Hormigón .....	77
Figura 51. Resultado Resistencia a la Flexión del Panel a los 7,14 y 28 Días .....	77
Figura 52 . Comparación Resistencia Mezcla y Panel .....	78

Figura 53. Diseño de Molde en Fundición del Panel .....	81
Figura 54. Procedimiento Panel de Micro Hormigón.....	82
Figura 55. Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya .....	82
Figura 56. Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya .....	83
Figura 57. Procedimiento Corte Panel de Micro Hormigón.....	84
Figura 58. Ensayos de Impacto en el Panel .....	85
Figura 59. Ensayos de Perforación .....	86
Figura 60. Ensayos Permeabilidad .....	87
Figura 61. Comparación ensayos a compresión 28 días.....	88
Figura 62. Comparación Ensayos a Flexión 28 Días.....	89
Figura 63 Comparación Ensayos Tracción 28 Días .....	90
Figura 64. Comparación Propuesta y Estado del Arte, Ensayos a Compresión.....	91
Figura 65. Comparación Propuesta y Estado del Arte, Ensayos a Flexión .....	92
Figura 66 . Comparación Propuesta y Estado del Arte, Ensayos a Tracción .....	92

## Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades de la Fibra de Fique (cabuya).....	14
Tabla 2. Características Generales del Cartón Yeso.....	32
Tabla 3. Comparación de Materiales Referentes.....	35
Tabla 4. Normativa Colombiana de Resistencia de Placas de Fibrocemento .....	40
Tabla 5. Dosificación para Micro hormigón .....	43
Tabla 6. Muestras para Ensayos Establecidos .....	44
Tabla 7. Resultados Ensayo Granulométrico .....	48
Tabla 8. Dosificación para Micro Hormigón con 0.3% de Fibra .....	56
Tabla 9. Dosificación para Micro-Hormigón con 0.5% de Fibra.....	56
Tabla 10. Dosificación para Micro-hormigón con 0.8% de Fibra.....	57
Tabla 11. Resistencia 7,14 y 28 Días sin Adición de Fibra.....	59
Tabla 12. Resistencia a Compresión 7,14 y 28 días 0.3% de Fibra.....	59
Tabla 13. Resistencia a compresión 7,14 y 28 días, 0.5% de fibra .....	60
Tabla 14. Resistencia a Compresión 7,14 y 28 días 0.8% de Fibra.....	60
Tabla 15. Dosificación 0.3% de Fibra de Cabuya para Ensayo a Flexión .....	62
Tabla 16. Dosificación 0.5% de Fibra de Cabuya para Ensayo a Flexión .....	63
Tabla 17. Dosificación 0.8% de Fibra de Cabuya para Ensayo a Flexión .....	63
Tabla 18. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 sin Fibra.....	65
Tabla 19. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 días 0.3% de Fibra.....	65
Tabla 20. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 días 0.5% de Fibra.....	66
Tabla 21. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 días 0.8% de Fibra.....	66
Tabla 22. Dosificación para Ensayo a Tracción 0.3 % de Fibra .....	68
Tabla 23. Dosificación para Ensayo a Tracción 0.5 % de Fibra .....	69
Tabla 24. Dosificación para Ensayo a Tracción 0.8 % de Fibra .....	69
Tabla 25. Resistencia a Tracción 7,14 y 28 sin Fibra.....	71

Tabla 26. Resistencia a Tracción 7,14 y 28 días 0.3% de Fibra.....	71
Tabla 27. Resistencia a Tracción 7,14 y 28 días 0.5% de Fibra.....	71
Tabla 28. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 días 0.8% de Fibra.....	72
Tabla 29. Dosificación para Panel de Micro Hormigón de 200x200x150mm.....	76
Tabla 30. Resistencia a Flexión de panel 7, 14 y 28 Días .....	78
Tabla 31. Dosificación Panel de 1200x1200x15 mm a los 7, 14 y 28 Días.....	80
Tabla 32. Comparaciones de Prefabricados .....	93

## Índice de Anexos

Anexo 1. Certificado Ensayos en Laboratorio "GEOCONS .....	109
Anexo 2. Informe Resultante de Ensayos a Compresión con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya.....	110
Anexo 3. Informe Comparaciones de Ensayos a Compresión con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya.....	111
Anexo 4. Informe Resultante de Ensayos a Flexión con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya.....	112
Anexo 5. Informe Comparaciones de Ensayos a flexión con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya.....	113
Anexo 6. Informe Resultante de Ensayos a tracción con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya.....	114
Anexo 7. Informe Comparaciones de Ensayos a Tracción con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya.....	115
Anexo 8. Informe Resultante de Ensayos de Panel de micro Hormigón con Adición del 0.5% de Fibra de Cabuya.....	116
Anexo 9. Informe Comparaciones de Ensayos a Flexión de Panel y Mezcla con el 0.5% de Adición de Fibra .....	117
Anexo 10. Muestra sin Adición de Fibra y Muestra con Adición de Fibra a Compresión	118
Anexo 11. Muestra sin Adición de Fibra y Muestra con Adición de Fibra A Flexión.....	118
Anexo 12. Muestra sin Adición de Fibra y Muestra con Adición de Fibra a Tracción.....	118
Anexo 13. Plastificación de Muestras .....	119
Anexo 14. Curación de Muestras a Ensayar.....	119

## **Problemática**

A lo largo de la historia los hormigones y morteros han sido empleados para el desarrollo de edificaciones que han permitido el avance tecnológico del ser humano, caracterizándose por ser un material rígido y de alta resistencia a la compresión, sin embargo ha conllevado a la reducción de la resistencia a la flexión y tensión, el cual provoca fisuras o agrietamientos en estos elementos (Rodríguez & Díaz, 2017).

Por esta razón se ha optado por el uso de fibras sintéticas o metálicas las cuales mejoran considerablemente las características físico-mecánicas de los micro hormigones, pero a su vez provocan un gran impacto ambiental como lo son las grandes emisiones de CO<sub>2</sub>, aplicación de combustibles fósiles y componentes químicos para su fabricación (Pinzón, 2013). Por lo tanto se genera un gran consumo energético para su producción, siendo así que el sector de la construcción es responsable del 50% de recursos naturales empleados, el 40% de energía consumida y el 50% de residuos generados (Pertuz, 2010).

Actualmente la escasa investigación acerca de alternativas de fibras vegetales para reforzar los micro hormigones y el constante crecimiento habitacional conllevan a la demanda de prefabricados satisfagan esta necesidad. Sin embargo, las decadentes políticas de protección ambiental en el Ecuador según estadísticas ambientales del INEC, afirman que el 80% de las fabricas no presentan propuestas de protección ambiental (INEC, 2011).

Además de ello las fibras comercializadas hoy en día aumentan considerablemente los riesgos laborales, debido a que suelen salir proyectadas a gran velocidad, dado que presentan una forma similar a una grapa de oficina, pero con mayor dimensión, causando daños irreparables al personal que lo manipula. Así mismo en reiteradas ocasiones la Organización Mundial de la Salud ha manifestado que las fibras sintéticas como lo es el asbesto, provoca afectaciones hacia la salud como lo es la fibrosis pulmonar (Ossa Giraldo et al., 2014).

## **Justificación**

Las fibras vegetales y naturales siempre han estado presentes en las construcciones de nuestro país, debido a que es un material que se encuentra localmente, es así que se ha empleado para reforzar elementos que presentan baja resistencia. Se conoce la utilización

de paja en elementos como el adobe y pelo de caballo como refuerzo del mortero y yeso, sin embargo, en la actualidad la innovación de nuevos materiales exige plantear temas de investigación enfocados a mejorar las resistencias a flexión, tracción e impacto en micro hormigones con la adición de fibras vegetales.

Hoy en día la planta de cabuya cuyo nombre científico es *Furcraea Andina* y sus denominaciones comunes son el fique, penco, entre otros. Crece en forma silvestre o cultivada en los valles y laderas de los Andes, perteneciente a la familia de las Agavaceae (Aguilar et al., 2007). Siendo así una planta perenne y se encuentra localmente, abaratando costos económicos en comparación a las diferentes fibras establecidas comercialmente.

Del mismo modo la fibra de cabuya presenta tejidos helicoidales que mejoran su elasticidad y flexión, logrando ser una alternativa promisoría para sustituir las fibras sintéticas y mejorar las características físico mecánicas de micro hormigones y morteros. Reduciendo así la fragilidad que distingue a estos materiales y controlando el fisuramiento por medio de la unión de las fibras en el composite cementicio (Pinzón, 2013).

En lo que se refiere a informes relacionados con el hábitat y los asentamientos humanos, la población del Ecuador era de 14'483.499 habitantes, representando un 62,7% pertenecientes a ciudades, pronosticándose que para el año del 2020 el porcentaje se incremente al 64%, esto se reflejará en el crecimiento urbano provocando la necesidad de buscar alternativas acerca de materiales que permitan mitigar la contaminación (Subsecretaría de hábitat y asentamientos humanos-SHAH, 2015).

En efecto las fibras vegetales representan un menor impacto ambiental por ser materia prima renovable, biodegradable, de bajo peso, como aislante térmico, acústico y con resultados positivos en cuanto a resistencias a flexión (Contreras et al., 2009).

## Objetivos

### Objetivo General:

Diseñar paneles de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya, con características físico mecánicas establecidas en las normativas de la construcción.

### Objetivos Específicos:

- Investigar referencias bibliográficas acerca del hormigón reforzado con fibras de cabuya, para la sustentación del tema mediante resultados y estudios teóricos.
- Analizar los materiales referentes como el fibrocemento y cartón yeso para establecer criterios de diseño en la propuesta.
- Contrastar información acerca de las normativas de construcción y estándares de calidad nacionales e internacionales para los requerimientos de paneles prefabricados.
- Diseñar el panel de hormigón reforzado con fibras de cabuya y examinar su comportamiento mediante resultados de laboratorio.

## Hipótesis

Las fibras vegetales (Cabuya) sustituyen las propiedades físicas mecánicas de las fibras sintéticas para reforzar paneles de micro hormigón prefabricado.

## Metodología

El esquema metodológico empleado está enfocado a determinar los pasos para llegar a un resultado final, dentro de las investigaciones se encuentran:

### 1. Investigación bibliográfica

Para el desarrollo de la investigación se pretende el estudio de diferentes fuentes para la sustentación del trabajo a realizar, como lo son artículos científicos, publicaciones, artículos

técnicos y tesis acerca de materiales compuestos como resultados, análisis, teorías, hipótesis que permitan sustentar y entender la exploración.

## **2. Investigación comparativa acerca de materiales referentes**

Realizar investigación comparativa acerca de los sistemas constructivos a partir de placas prefabricadas reforzadas con fibras de cabuya, y los que se comercializan actualmente como el fibrocemento y cartón yeso.

## **3. Investigación comparativa de normativas y requerimientos**

Contrastar información acerca de las normativas NEC e INEN, vigentes en nuestro país, así como estándares de calidad ISO, y normativas Internacionales para los requisitos de los paneles prefabricados.

## **4. Investigación Descriptiva**

Describir todos los eventos realizados mediante el ensayo de laboratorio, con la finalidad de detallar todas las actividades, particularidades y procedimientos del diseño de la mezcla y del panel.

## **5. Investigación Experimental**

Examinar el comportamiento físico mecánico de los paneles de micro hormigón reforzados con fibras vegetales mediante diferentes pruebas de resistencia, con diferentes variables hasta llegar a la resolución final de los resultados.

## **Capítulo Uno**

### **Introducción, Antecedentes Históricos**

A partir de este conocimiento inicial podemos analizar el origen de los materiales y como se ha ido perfeccionando hasta llegar a un elemento conocido actualmente por SUS características de durabilidad, reducción en tiempos de fabricación, costos, entre otros. Asimismo, examinar y tener una idea clara acerca de los componentes que lo conforman.

#### **1.1. Historia del Hormigón Reforzado con Fibras**

A lo largo de la historia el hormigón ha sido empleado para diferentes funciones de la construcción, siendo un material importante para el desarrollo del ser humano, sin embargo, su uso en tiempos modernos se remonta al año de 1760 cuando, en Inglaterra. John Smeaton descubrió el empleo de hormigones mientras proyectaba el faro Eddy Stone, en el cual observó que una mezcla de caliza calcinada y arcilla daba lugar a un conglomerante hidráulico resistente al agua (Nistal et al., 2012). Posteriormente a ello surgieron diferentes evoluciones en cuanto a las mezclas para conseguir una mayor resistencia y durabilidad.

En 1824, el inglés Joseph Aspdin logra una mezcla fina de caliza y arcilla denominándola cemento portland y el 21 de octubre del mismo año lo patenta, innovando el desarrollo nuevas tecnologías que permitan mejorar las condiciones mecánicas de los elementos cementicios, con la adición de fibras sintéticas como elemento de refuerzo.

El ingeniero textil Ludwig Hastchek, funda en 1893 “la primera fábrica de asbestos Austro-húngara” y comienza su experimentación en busca de nuevos productos capaces de reducir los tiempos de construcción. Años más tarde precisamente en 1900 se realiza la combinación de materiales como el amianto y una pequeña capa de cemento portland, el cual hoy en día se conoce como el fibrocemento o fibroreforzados (Llerena, 2014).

El desarrollo de las nuevas tecnologías constructivas se impulsó en el año de 1945 después de la segunda guerra mundial debido a la gran demanda del sector de la construcción, siendo el fibrocemento el material que reemplazaría la mampostería tradicional con características favorables. (Llerena, 2014).

No obstante, el uso de este material decayó debido a la falta de minas en ciertos países para la extracción de este componente, sumándolo hacia el impacto negativo hacia la salud. (Ossa Giraldo et al., 2014).

En los últimos años la necesidad de reforzar los elementos cementicios ha provocado que las investigaciones estén enfocadas a estudiar las fibras vegetales como la cabuya para reducir el impacto económico, social y ambiental.

## **1.2. Contextualización de Materiales Empleados para la Fabricación de los Paneles**

Los materiales que forman parte de los prefabricados juegan un papel importante debido a que los mismos deben facilitar la producción industrializada en el menor tiempo posible, es por ello la necesidad de contextualizarlos y estudiarlos detalladamente.

### **1.2.1. Hormigón**

El material denominado Hormigón es una composición que ha ido evolucionando a lo largo de la historia y ha logrado el desarrollo arquitectónico de la civilización tanto a nivel internacional como nacional, es así que según la Normativa Ecuatoriana de la construcción NEC, se define como la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Esta dosificación ha permitido generar diferentes estructuras para la habitabilidad del ser humano.

De igual manera el cemento empleado para la elaboración de las edificaciones determinará el empleo del hormigón, resistencia y durabilidad.

### **1.2.2. Micro hormigones**

El micro hormigón es considerado como un material que presenta excelentes características de resistencia tanto en ensayos de mezclas como en paneles. Así mismo contiene los mismos componentes que el hormigón, excepto que el mismo no se aplica agregado grueso, refiriéndose a la grava, o dicha de otra manera se compone de cemento portland , agregados finos, agua, y aditivos (Sabalsagaray

Curuchet et al., 2018). Los micro hormigones son una alternativa susceptible para la elaboración de paneles que permitan la prefabricación.

### **1.2.3. Arena Sílice**

La arena sílice se presenta como una combinación del silicio con el oxígeno, la misma que es insoluble en el agua y se encuentra en la naturaleza en forma de cuarzo.

Este material ha estado presente desde la era paleolítica como herramienta para la humanidad, debido a la abundancia de la época. Hoy en día esta materia prima es empleada en la construcción debido a sus propiedades. Dentro de las cuales encontramos morteros, hormigones, micro hormigones, fabricación de vidrio y fracturación hidráulica en sondeos geométricos. (Morano et al., 2011)

Del mismo se destaca el empleo de arena sílice en productos prefabricados de hormigón y esmaltes cerámicos, debido a pureza y calidad, sumado a la composición requerida en la normativa de fibrocemento la cual establece que se constituye por cemento, silicato de calcio formado por la reacción química de un material silíceo y un material calcáreo y reforzado con fibras.

### **1.2.4. Prefabricados**

Los prefabricados han formado parte de la evolución de la arquitectura y la solución de las necesidades constructivas de la población. Según (López & Fernández, 2015) afirman que “La prefabricación es la aplicación de ideas, comunes a cualquier industria de racionalización de procesos productivos, búsqueda de economía y desarrollo como fruto de los mayores rendimientos alcanzables en la ejecución de trabajos más repetitivos, cuidadosamente planificados, ejecutados en entornos más favorables, con medios suficientes y por personal especializado, que disfruta de trabajos más estables” (p.42).

Por consiguiente, la industrialización de estos elementos prefabricados forja una supervisión y planificación minuciosa del control de calidad para lograr un resultado final esperado, con la maquinaria calificada y la mano de obra especializada.

## **Conclusión**

Se puede concluir que los prefabricados son el proceso de industrialización, que permiten un sinnúmero de posibilidades en el ámbito de la construcción debido a se encuentran presentes en la actualidad, y la capacidad de producción se ve reflejada en la ejecución final de los materiales, la economía y el tiempo de realización. Además del empleo de materiales que permitan obtener resultados positivos en cuanto a resistencias físicas y mecánicas.

### **1.3. Materiales Compuestos**

Los materiales compuestos han estado presentes en nuestro medio para reforzar elementos, un claro ejemplo es el adobe que cuenta con tierra, paja y agua, los mismos que son encontrados en nuestro medio. (Stupengo, 2011), en la guía didáctica acerca de Materiales y Materias primas afirma que “los materiales compuestos son combinaciones macroscópicas de dos o más materiales diferentes que poseen una interface discreta y reconocible que los separa. Debido a ello, son heterogéneos (sus propiedades no son las mismas en todo su volumen). Si bien algunos materiales compuestos son naturales, la gran mayoría de los materiales compuestos utilizados en la actualidad son diseñados y fabricados por el hombre” (p.6).

#### **1.3.1. Hormigón con Fibras**

Se conoce que el hormigón es una mezcla que responde positivamente a ensayos de compresión pero que cuenta con falencias en pruebas de flexión, es por ello que se refuerza con otros elementos como el acero, vidrio, entre otros.

Dicho de otra manera, el hormigón con fibras se define como un hormigón fabricado con cemento, el cual contiene áridos finos, áridos gruesos y fibras discontinuas. Es así que las fibras presentes pueden ser artificiales o se dan de forma natural para reforzar el cemento aumentando la resistencia a la tensión, impacto, reduciendo las grietas, y disminuyendo la contracción por fraguado (SIKA, 2008).

## **Conclusión**

En el caso de la investigación los materiales compuestos han permitido un mejor desenvolvimiento de micro hormigones, hormigones y morteros, mejorando la capacidad de resistir a pruebas de flexión, compresión, impacto y fisuración.

### **1.4. Aditivos**

Para el diseño de los micro hormigones la selección de un súper plastificante bueno y eficaz es crucial, siendo importante estudiar la compatibilidad entre el cemento, el aditivo a emplear y lograr una consistencia adecuada para la dosificación a la cual se desea llegar, ya que se limita el rango del asentamiento obtenido mediante en ensayo de cono de Abrams (12 a 18 cm) (Sabalsagaray Curuchet et al., 2018).

Consecuentemente los aditivos son capaces de mejorar las propiedades de los micro hormigones según su empleo, en el caso de la investigación realizada son necesarios plastificantes o acelerantes debido a la producción de glucosa por parte de las fibras.

Los aditivos se clasifican según la norma ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) C494M en los siguientes:

TIPO A: Reductor de agua

TIPO B: Retardador de fraguado

TIPO C: Acelerador de fraguado

TIPO D: Reductor de agua y retardador

TIPO E: Reductor de agua y acelerador

TIPO F: Reductor de agua de alto efecto

TIPO G: Reductor de agua de alto efecto y retardador

### **1.5. Fibras**

A partir de que las fibras de amianto provocaban afectaciones hacia la salud, se abrió el campo destinado a la investigación que logre sustituir las propiedades que este material

proporcionaba. Según (Juárez et al., 2003) afirman que las fibras vegetales son una alternativa factible para reforzar materiales compuestos, además de ser competitivos en calidad y precio.

Sin duda no solo existen fibras vegetales, sino que las fibras corresponden a filamentos delgados y alargados en forma de cadenas y pueden ser de origen animal (pelo, plumas), sintéticas (acrílico, aramida, carbón, polipropileno, polietileno, nylon, poliéster etc.), estas últimas empleadas en la actualidad. (SIKA, 2008)

### **Conclusión**

Siendo así que los aditivos forman una parte complementaria para mejorar las características físico-mecánicas de los micro hormigones tanto en estado fresco o endurecido. Además, el empleo de esta composición química dependerá de acuerdo a la problemática que se necesite resolver.

A pesar que las fibras mejoran considerablemente las resistencias en composites cementicios estas son contraproducentes, debido al gran consumo energético para su fabricación, sumado al costo económico. Sin embargo, surgen alternativas para suplir esta necesidad, las cuales son fibras vegetales, cuyas características se asemejan a las que son utilizadas industrialmente.

## Capítulo Dos

### Estudio Referencial de la Fibra de Cabuya e Investigaciones de Fibras en Composites Cementicios

El presente capítulo se refiere al análisis de diferentes investigaciones acerca de la fibra de cabuya y su influencia en el Ecuador, producción, cosecha y estudios fractográficos que ayudan a entender su funcionamiento a nivel microscópico, y su capacidad de ser contenedores de tensión.

De igual importancia se abordó estudios acerca de fibras vegetales en composites cementicios con la finalidad de entender su comportamiento a los diferentes ensayos como compresión, flexión y tracción (**Tabla 1**).

#### 2.1. Cabuya

La cabuya es una planta cuyo nombre científico es *Furcraea Andina* y sus denominaciones comunes son el fique, penco, esto dependerá del lugar en donde se encuentre. Crece en forma silvestre o cultivada en los valles y laderas de los Andes, pertenece a la familia de las Agaváceas (Aguilar et al., 2007). A pesar que presenta un tronco pequeño que no sobrepasa los 20 cm de alto, su envergadura se encuentra en sus hojas, cuyas dimensiones corresponden de 120 a 170 cm y un ancho de 15 a 20 cm.

**Figura 1. Planta y Fibra de Cabuya**



Fuente: (Aguilar et al., 2007)

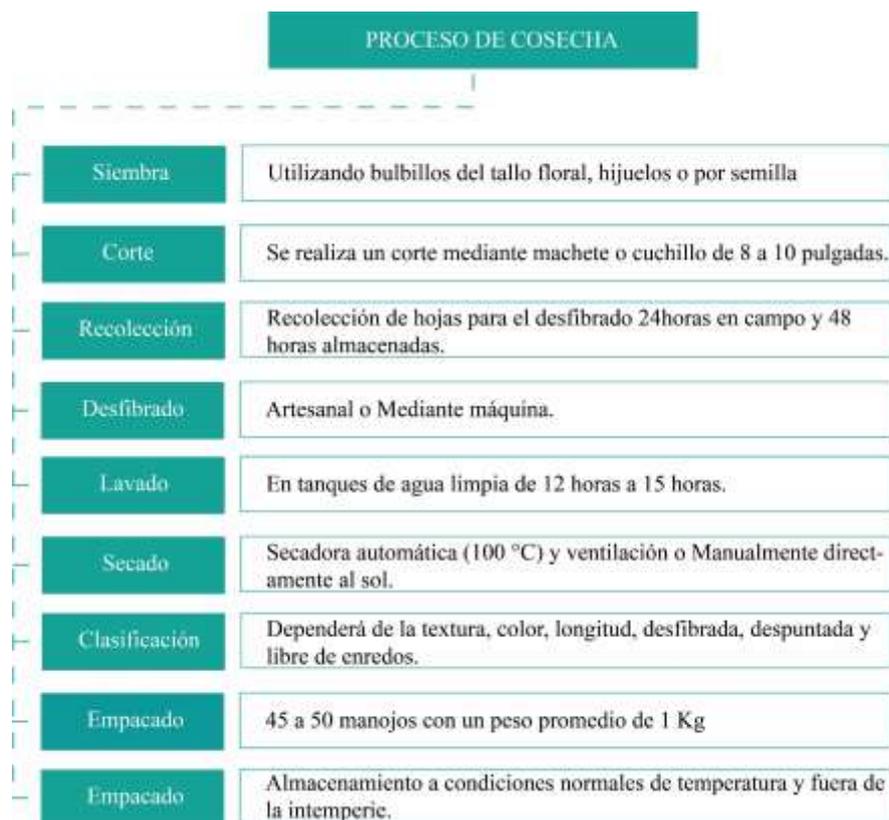
Las fibras vegetales han estado presentes en la cultura latinoamericana desde tiempos remotos, teniendo constancia que se fabricaban elementos como prendas, bolsos e incluso en la construcción de puentes.

Asimismo, la planta de cabuya presenta gran capacidad de adaptación a las diferentes condiciones ambientales, las mismas que cuentan con un color amarillo, crema o blanco y presentan una textura suave (**Figura 1**). Pueden ser fácilmente degradadas en agua salada, pero en general exhiben gran resistencia y flexibilidad (Aguilar et al., 2007).

### 2.1.1. Cosecha

La cosecha de la planta de cabuya se da en una variedad de condiciones ecológicas, y por lo general se cultivan en suelos que varían de franco arcilloso, hasta el arenoso (Checa & Jurado, 2013).

**Figura 2. Proceso y Cosecha de Fibra**



Fuente: (Checa & Jurado, 2013)

### 2.1.3. Producción Ecuador

La producción anual es de aproximadamente 1771 toneladas métricas, siendo este un cultivo no estacional y perenne, el cual se da mayormente en las zonas de Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua, Loja y en zonas áridas de la costa Manabí, Guayas y la provincia de Santa Elena (Masaco, 2018).

En la ciudad de Loja, actualmente se encuentra fácilmente en el sector Las Pitás, específicamente al noroccidente de la ciudad y sus alrededores, debido a que es la materia prima para la elaboración de paneles de cartón yeso en la Empresa Decor Estuco.

**Figura 3. Lugares de Producción Nacional de Fibra de Cabuya**



Fuente: (Masaco, 2018).

### 2.2. Resistencia de la Fibra de Cabuya

Dentro de las investigaciones analizadas se encuentra el artículo de la Universidad Simón Bolívar, Venezuela realizado por el departamento de Materiales. (Contreras et al., 2009) “La fractografía de la fibra natural extraída del fique y de un material compuesto reforzado con tejido de fibra de cabuya(fique) y matriz resina poliéster” en donde se realiza ensayos de tensión e impacto de la planta, de los cuales se obtuvo las propiedades expuestas.

**Tabla 1. Propiedades de la Fibra de Fique (cabuya)**

Propiedad	Promedio	Mínimo	Máximo
<b>Resistencia a la Tensión</b>	305,15 Mpa	200 Mpa	625,20 Mpa
<b>Módulo de Elasticidad</b>	7,52 Gpa	5,50 Gpa	25,50 Gpa
<b>Porcentaje de Elongación</b>	4,96 %	3,20 %	5,70 %

**Fuente:** (Contreras et al., 2009).

**Elaboración:** El autor

En las presentes investigaciones se pudo evidenciar que el método por el cual se realizaron los ensayos corresponde a la norma ASTM C1557 de acuerdo a la falla de tensión de la fibra, mediante el análisis microscópico.

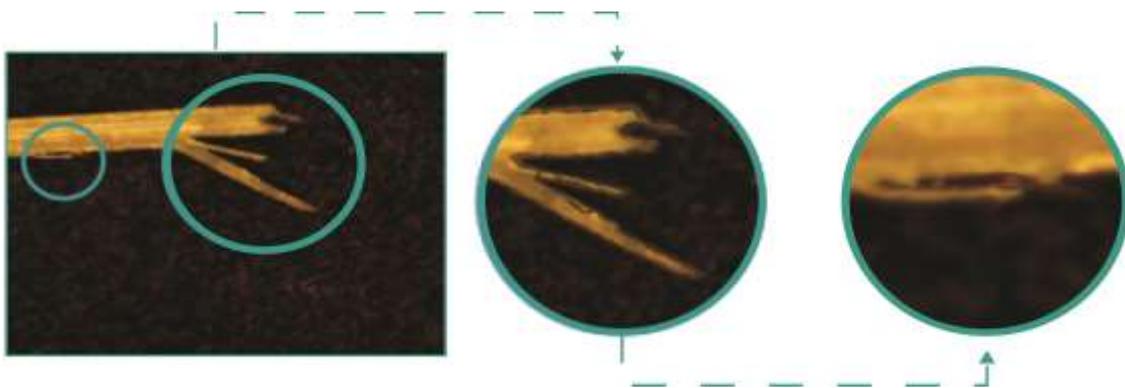
**Figura 4. Fractografía Fibra de Cabuya**

**Fuente:** (Contreras et al., 2009).

### 2.2.1. Fractografía de la Fibra de Cabuya

La imagen resultante de los ensayos por medio de estereoscopia evidencia que la fibra tiende a abrirse debido a la ruptura por la tensión denotando en si la composición interna de microfibras de una menor dimensión.

**Figura 5. Ruptura de la Fibra de Cabuya Ensayos de Impacto y Flexión**



**Fuente:** (Contreras et al., 2009).

**Elaboración:** El autor

De igual manera se pudo observar las rupturas perpendiculares a la carga axial, que fue ejercida en el ensayo de tensión, a diferentes longitudes el cual se da de forma plana.

**Figura 6. Ruptura de la Fibra a la Tensión**

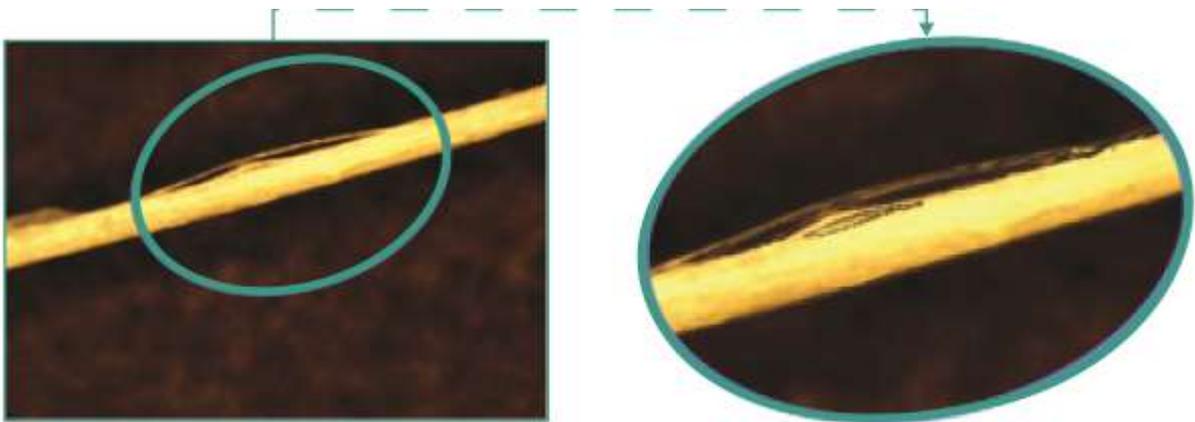


**Fuente:** (Contreras et al., 2009).

**Elaboración:** El autor

A pesar de que en ciertos casos la fibra llega a la ruptura también se aprecia desprendimientos longitudinales que se encuentran ubicados en los bordes externos de la fibra.

**Figura 7. Desprendimiento de las Fibras de Cabuya  
Ruptura de la Fibra a la Tensión**



**Fuente:** (Contreras et al., 2009).

**Elaboración:** El autor

Por añadidura se pueden encontrar impurezas que se manifiestan mediante puntos negros que pueden ser contenedores de tensión de la fibra.

**Figura 8. Contenedores de Tensión**



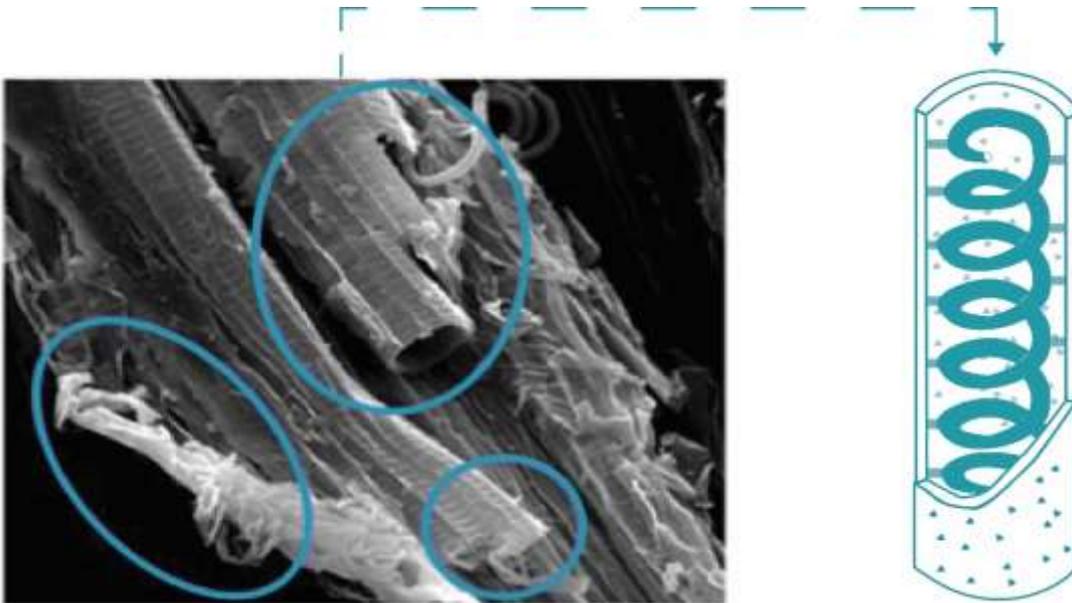
**Fuente:** (Contreras et al., 2009).

**Elaboración:** El autor

Las fibras vegetales como la de cabuya presentan tejidos helicoidales que proporcionan elasticidad a la fibra, permitiendo ser un sustituto de las fibras sintéticas debido a que

presentan buenas características mecánicas, bajo costo y logra reducir el consumo energético para su fabricación.

**Figura 9. Tejidos Helicoidales**



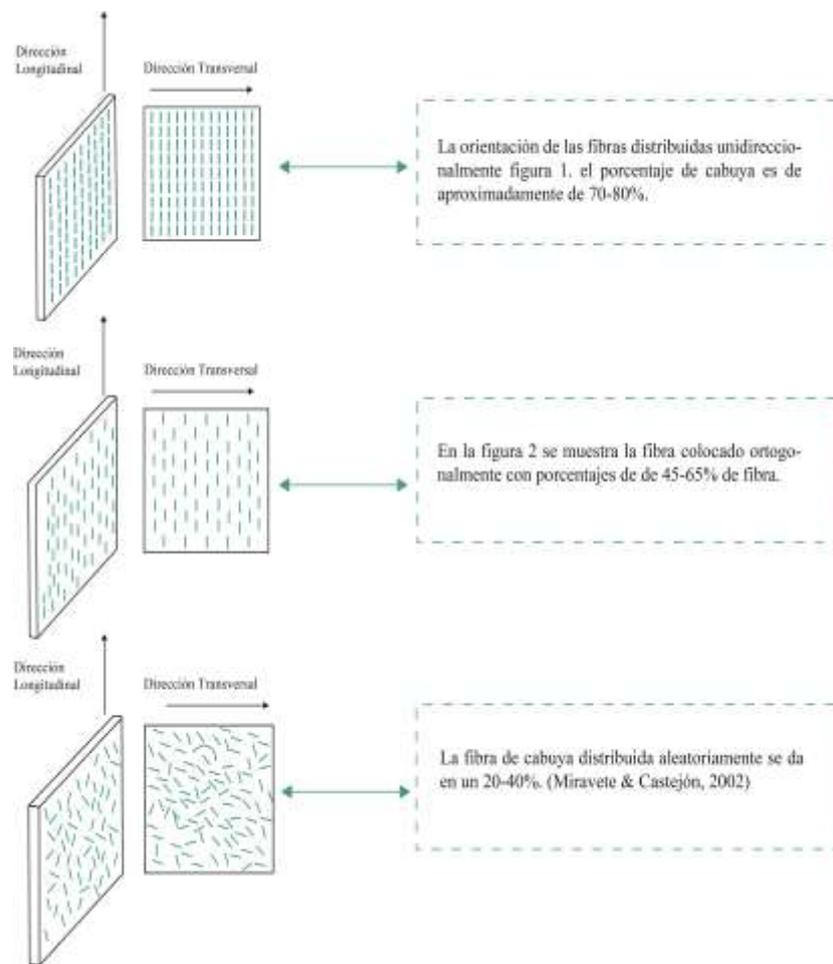
**Fuente:** (Contreras et al., 2009).

**Elaboración:** El autor

### **2.3.2. Disposición de fibras**

Dentro de los materiales compuestos entre fibras de cabuya la orientación del esfuerzo influye determinadamente en los resultados del composite y principalmente en su módulo de elasticidad. Además, las fibras continuas y colocadas paralelas y unidireccionalmente originan la estructura más resistente cuando las cargas se aplican paralelas a las fibras (Abrishambaf et al., 2017).

**Figura 10. Distribución de Fibras**



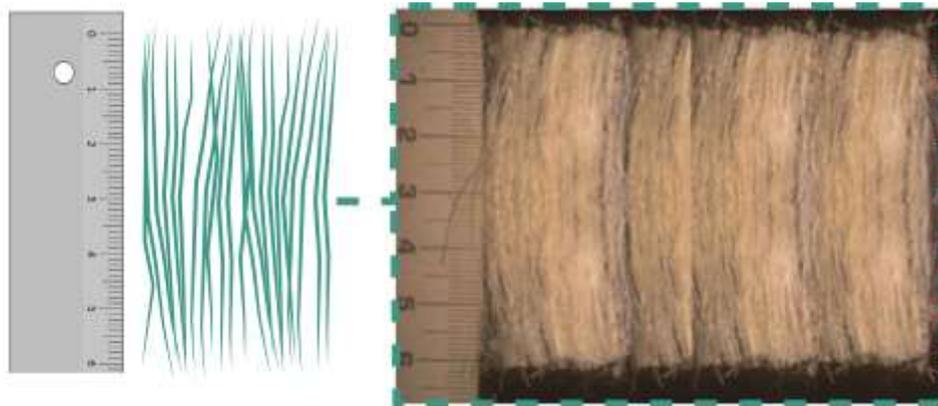
**Fuente:** (Abrishambaf et al., 2017)

**Elaboración:** El autor

### 2.3.3. Dimensiones de fibras

En la investigación referencial de (Pinzón, 2013) las fibras vegetales fueron adquiridas en Rio negro (Antioquía), donde se afirma que el uso de fibras de una mayor dimensión reducen considerablemente la trabajabilidad y resistencia de los hormigones, micro hormigones y morteros , siendo poco recomendables para el empleo en los componentes cementicios. Por ende, las dimensiones de las fibras deben ser inferiores a 6 cm.

**Figura 11. Dimensiones de Fibra de cabuya**



**Fuente:** Adaptado de (Pinzón, 2013)

**Elaboración:** El autor

#### 2.4. Fibras Vegetales en el Micro Hormigón y su Protección

Si bien es cierto las fibras presentan ventajas de tenacidad, también son susceptibles al tiempo y al medio alcalino, es así que una recopilación de investigaciones por parte de (Fuentes & Olivera, 2001) denominado “Fibras vegetales en el hormigón y su protección” afirman que las fibras vegetales pueden deteriorarse. En síntesis, se expresa en la siguiente figura.

**Figura 12. Afectaciones de las fibras vegetales**



**Fuente:** (Fuentes & Olivera, 2001)

**Elaboración:** El autor

### 2.4.1. Elementos protectores de las fibras

Las mejores soluciones para evitar o demorar la descomposición de las fibras en el hormigón son sustancias blanqueadoras y repelentes de agua o una combinación de las dos (Fuentes & Olivera, 2001). Los más empleados son el cromato de sodio, meta silicato de sodio, nitrito de sodio y ácido sulfanílico, que en algunos casos reducen la resistencia a la tensión, estos elementos son conocidos comúnmente en la construcción por plastificantes o súper plastificantes.

**Figura 13. Superplastificante Sikament**



Fuente: (SIKA, 2014)

## 2.5. Estado del Arte

En el presente apartado se analizó investigaciones referenciales que sirvieron como sustentación del tema, partiendo desde el año, tema, materiales, métodos, resultados y conclusiones (Figura 14).

### 2.5.1 Estudios relacionados con fibras vegetales en composites cementicios

- (Olivera et al., 2018), en la Investigación denominada “Biocompuesto cemento tepexil reforzado con fibras de Agave angustifolia Haw como mortero ligero”, evaluaron la resistencia de morteros con refuerzo de fibra de bagazo a la compresión de muestras de 5cmx5cmx5cm, a los 7,14 y 28 días, los mismos que se compararon con mortero común (12 Mpa). Los especímenes presentaron una reducción a los ensayos a compresión con

valores de 10.8, 7.06,6.24,6.38 y 6.19 Mpa. Siendo así la dosificación optima 1:00:01(cemento, tepexil,fibra).

- (Bernat et al., 2018), en la investigación denominada “Additioning alfa fibres in cement mortar”, evaluaron las propiedades mecánicas en cuanto a resistencias a la flexión de morteros con adición de fibra (5,15 y 24 mm) en moldes de 40x40x160mm y a compresión de 40mx40mm a los 28 días de curado. El promedio de los resultados a compresión fueron 12 Mpa con adición de fibra mientras que sin adición corresponde a 12.7 Mpa. Sin embargo, la resistencia a la flexión corresponde a 1.27 Mpa con adición de fibra y 0.89Mpa sin adición. De tal manera que las fibras contribuyen a resistencias de flexión y fisuración.
- (Rodriguez & Diaz, 2017) , en el ensayo titulado “Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento”, afirman que el uso de fibras de bagazo mejora las propiedades mecánicas aceptables en la construcción y aportan con un bajo costo.  
 Los ensayos realizados para determinar la resistencia a la flexión y compresión de cuyos materiales fueron Fibras de bagazo, cemento portland, arena de cantera(grava), silicato de sodio y agua (relación A/C 0.5). La adición de fibras fueron porcentajes de 5 y 10% con respecto al peso del cemento, en moldes 4cmx4cmx16 cm a los 7 y 28 días. De tal manera que los resultados a compresión fueron comparados sin adición de fibras (34.86Mpa), mientras que con adición fueron 29,5 Mpa y 27.8 Mpa, (fibra 3.15mm) y 28.2Mpa,25.6Mpa (fibra 8,5 mm). En cuanto a los ensayos a flexión sin adición de fibras fueron de 6 Mpa y los resultados con adición fueron de 7.5 Mpa, 6.35Mpa (fibras 3.15mm) y 6.9Mpa, 6.19Mpa (fibra 8.5 mm).
- (Pinzón, 2013), En la investigación titulada “Análisis de la resistencia a compresión y flexión del concreto modificado con fibra de fique”, Se estudiaron las resistencias a ensayos de compresión (Cilindros) y flexión (Vigas 15cmx15cmx0.53) de concreto estructural, con la finalidad de comparar la resistencia del concreto convencional y los especímenes que se encuentran con porcentajes de fibra a los 7, 14 y 28 días. Respectivamente con el 0.3%, 0.5 %, 1 %, 1.5% y 2 % de adición de fibra. Los resultados fueron alcanzar la resistencia a los 28 días (28 Mpa), de tal manera que la

adición del 0.3 % de fibra mejoro la resistencia con un resultado final de 29.06 Mpa, pero sin embargo disminuye con respecto al concreto convencional. El segundo ensayo realizado a flexión fue lograr una resistencia a los 30 Mpa. El resultado final corresponde a 31 Mpa con la adición del 0,3 % fibra. De tal forma que la adición de 0.3% de fibra fue óptima para alcanzar los objetivos, pero sim embargo la adición de fibra en porcentajes mayores a este redujeron considerablemente la resistencia.

- (Quintero & González, 2006) afirman que el uso de fibra de estopa de coco mejora la resistencia de morteros. Se analiza las propiedades físicas de adiciones de 0.5 % y 1.5% de fibra. Los materiales empleados fueron Fibra de estopa de coco, cemento portland tipo 1, arena media de río, grava de canto rodado de río, (tamaño  $\frac{3}{4}$  de pulgada), agua potable, cal para blanquear. La investigación se basó en ensayos de compresión axial, tracción indirecta y flexión, mediante el cual se empleó 5 tipos de mezclas que variaron tanto en tipo de dosificación como el diámetro de la fibra. Los resultados obtenidos a la compresión presentaron un incremento con la adición de 1.5 % de fibra de dimensiones de 2cm y 5 cm con una resistencia de 7 Mpa, De igual manera la resistencia a la tracción directa fue de 1.2 Mpa con adición del 0.5 % de fibra mientras que si adición fue de 1 Mpa.

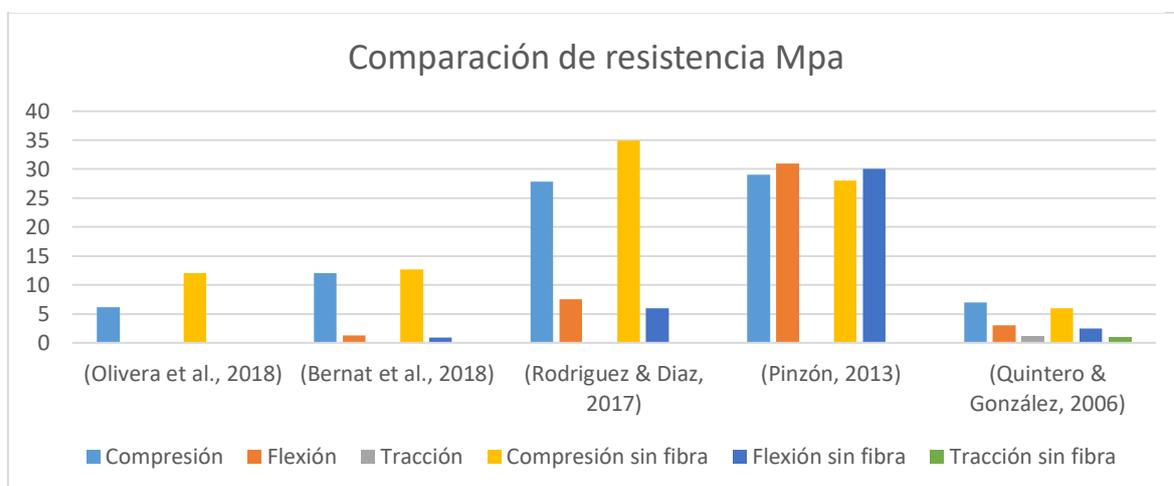
Además de ello, la adición de fibra en un 0.5% mejoro notoriamente la resistencia a la flexión llegando hasta 3 Mpa. Mientras que sin adición de fibra fue de a 2.5 Mpa. La fibra de cabuya controla el fisuramiento en elementos cementicios y su aplicación es viable en el ámbito de la construcción.

### **2.5.2. Discusión resultados estado del arte**

En conclusión las diferentes trabajos realizados en composites cementicios, de los cuales (Olivera et al., 2018) afirman que la adiciones de fibras de agave reducen considerablemente el peso de los morteros y concuerdan con (Rodriguez & Diaz, 2017) donde se concluye que las fibras vegetales reducen la resistencia a la compresión entre un 5% a 45% con respecto a los elementos sin fibras. Sin Embargo, (Quintero & González, 2006) y (Pinzón, 2013) afirman que el uso de fibras aumentó la resistencia en 1.5% con respecto al mortero sin fibras. (Quintero & González, 2006), García S, Salcedo S. (2006) y (Bernat et al., 2018), en

los ensayos realizados a flexión concluyen que las fibras mejoran notoriamente entre un 15% a 30% la resistencia en comparación a los que no cuentan con fibras vegetales. Además, la resistencia a la tracción fue de 1 Mpa mientras que con adición de fibra correspondió a 1.2 Mpa.

**Figura 14. Comparación Investigaciones del Estado del Arte**



Elaboración: El autor

### 2.5.3. Conclusiones

- La disposición aleatoria de las fibras representan una mayor cohesión hacia el cemento en comparación a las que están ubicadas ortogonalmente y direccionalmente, además de ello los porcentajes representan un menor empleo de fibras siendo de un 20 a 40%.
- Los diámetros de las fibras corresponden a 300mm para morteros mm de acuerdo a recomendaciones de investigaciones previas.
- En todos los resultados investigados la resistencia a la compresión disminuye entre el 5% a 45% con respecto a los que se encuentran sin adición de fibras.
- La adición de fibras mejora la resistencia a la flexión considerablemente y mantiene unida la muestra ensayada.
- Los porcentajes de fibras vegetales en composites cementicios se encuentran entre el 0.3% hasta el 1.5 % respectivamente.
- Las dosificaciones corresponden a aproximadamente 1.71 kg de fibra de cabuya por cada saco de cemento y su tiempo de mezcla es de 5 a 10 min.

- La adición de 0.3% de fibra con respecto al agregado fino y una relación de agua y cemento de 0.485 representa una mayor resistencia en cuanto a los ensayos de laboratorio.
- Se puede concluir que la solución para prevenir descomposición de la fibra de cabuya sin perder las propiedades de tensión es el meta silicato de sodio, que no es más que la composición que presentan los impermeabilizantes o plastificantes utilizados en la construcción

## Capítulo Tres

### Análisis referencial de materiales prefabricados

Dentro de la investigación los posibles materiales que más se asemejan a los paneles de hormigón con fibras vegetales, son el fibrocemento, cartón yeso. Siendo estos los paneles más idóneos para analizar y comparar en cuanto a su resistencia, dimensión y costos económicos (Tabla 3)

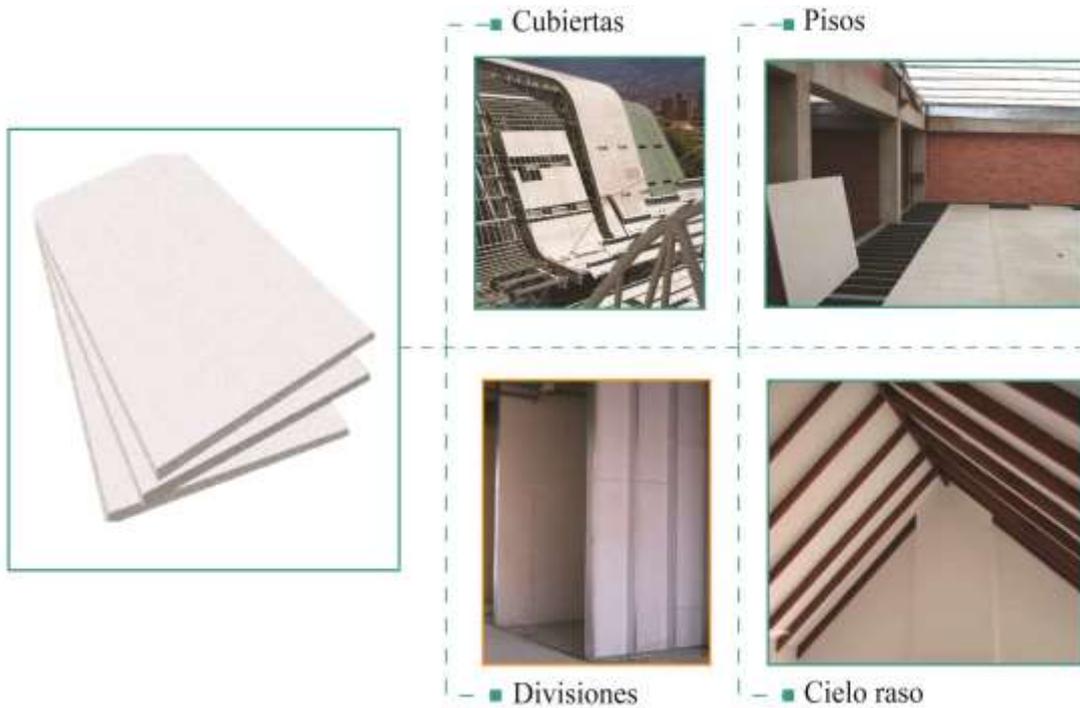
#### 3.1. Fibrocemento

El material en seco de Eternit, está constituido por una mezcla de cemento portland, fibras de celulosa, agua y aditivos. Mediante esta composición facilita el proceso de construcción tradicional de la mampostería.

Las placas de fibrocemento son empleadas en tabiques divisorios, portantes, antepechos entre otros, logrando ser un material sismo resistente, sencillo, versátil y flexible.

La cámara interna libre (tipo sándwich) permite también la inserción de materiales para incrementar el aislamiento acústico y térmico, logrando soluciones de altos coeficientes de aislamiento térmico y acústico muy económicas, y sin necesidad de re engrosar los muros (Eternit, 2020).

**Figura 15. Placas de Fibrocemento**



**Fuente:** (Eternit, 2020).

**Elaboración:** El autor

### **3.1.1. Dimensiones.**

Las dimensiones y espesores de las placas de fibrocemento dependen del uso en el cual va a estar empleado. En el caso del material referencial para mampostería y elementos de división es necesario analizar la aplicación del material de dimensiones de 2.44 m x 1.22 m con espesor de 8 mm y un peso de 35.48kg por unidad. Pero sin embargo si el acabado del revestimiento es más pesado se debe emplear el material de fibrocemento de 10mm.

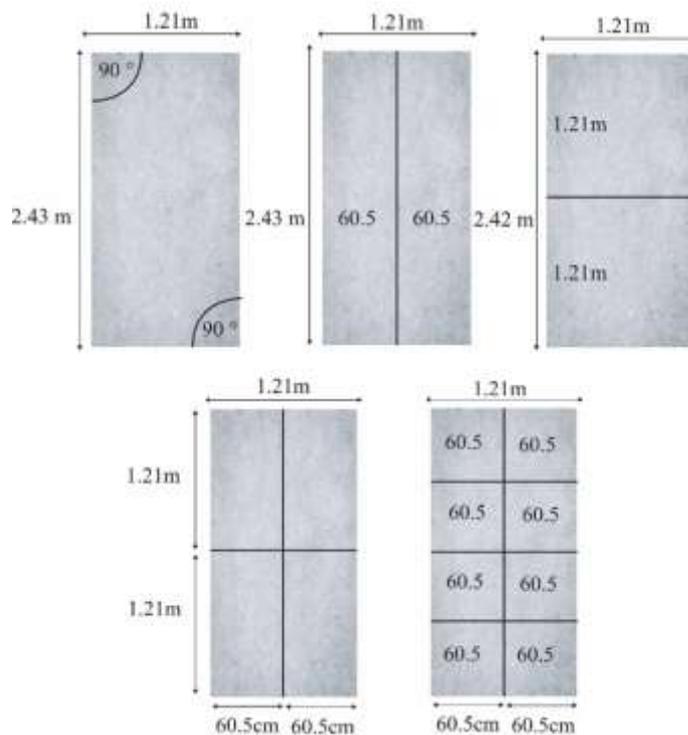
**Figura 16. Características físicas de Paneles de Fibrocemento**

Espesor (mm)	Formato (mm)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Usos recomendados / Descripción
4	1214 x 605	4.38	Cielos rasos suspendidos.
6	2440 x 1220	26.61	Cielos rasos a junta perdida, revestimientos interiores, muros curvos.
8	2440 x 1220	35.48	Muros interiores, aleros, cielos rasos a junta perdida, casetas sanitarias, ductos, formaletas.
10	2440 x 1220	44.35	Fachadas, bases para techos, mesones, estanterías, muros en zonas húmedas y alto tráfico.
14	2440 x 1220	62.10	Fachadas, entrepisos, bases para techos, mesones, estanterías.
17	2440 x 1220	75.40	Entrepisos, estanterías, mesones.
20	2440 x 1220	88.71	Entrepisos, estanterías, mesones.

Fuente: (Eternit, 2020).

En cuanto a modificaciones de sus dimensiones, se rectifican los cuatro bordes de la placa quedando en dimensiones de 2.43 m x 1.22 m con el espesor correspondiente. Las dimensiones de corte deben ser submúltiplos de este.

**Figura 17. Dimensiones de Paneles de Fibrocemento (cm)**



Fuente: Elaboración Propia

Elaboración: El autor

### 3.1.2. Resistencia del material

La resistencia a la flexión de las placas de fibrocemento de 10 mm es de 7 Mpa en resistencia paralela y 10 Mpa en resistencia perpendicular, la misma que está establecida en la Norma Técnica de Colombia (NTC), normativas ASTM (American Society Testing and Material) y NTE INEN 8336.

**Figura 18. Características Mecánicas Paneles de Fibrocemento**

DESCRIPCIÓN	VALORES PROMEDIO	UNIDAD	ENSAYO
<b>Clasificación</b>			
Tipo	B	-	NTC 4373
Categoría	3	-	
<b>Dimensiones (Tolerancias)</b>			
Espesor (e) e $\leq$ 6mm.	$\pm$ 0,6	mm.	NTC 4373
e $>$ 6mm.	$\pm$ 10	%	
Largo o Ancho (d): d $\leq$ 1000 mm.	$\pm$ 5	mm.	
1000 mm. $<$ d $\leq$ 1600 mm.	$\pm$ 0,5	%	
d $>$ 1600 mm.	$\pm$ 8	mm.	
Escuadra	2,6	mm./m.	
<b>Propiedades</b>			
Densidad Ambiente (Promedio)	1,25	kg/dm <sup>3</sup> gr/cm <sup>3</sup>	NTC 4373 ASTM C-1185 ISO - 8336
Contenido de Humedad	12	%	
Absorción de Agua	35	%	
Resistencia a la Flexión Longitudinal (A)	8	Mpa	
Resistencia a la Flexión Transversal (A)	15	Mpa	
Resistencia a la Flexión Longitudinal (S)	5,5	Mpa	
Resistencia a la Flexión Transversal (S)	9,5	Mpa	
Resistencia Ciclos calor-luvia	25	Ciclos	
Resistencia Ciclos de agua caliente	25	Ciclos	
Variación lineal (de 30% a 90% HR)	0,10 0,012	cm./m. in./ft.	
Retracción	1,6 0,019	mm./m. in./ft.	
Transmisión del vapor de agua	1,91	g./h-m <sup>2</sup>	ASTM E-96
Movimiento Hidrico Longitudinal (Paralelo)	1,5	mm./m.	INTERNA
Movimiento Hidrico Longitudinal (Perpendicular)	1,5	mm./m.	
Resistencia térmica R (Eterboard 8 mm.)	0,023 0,13	m <sup>2</sup> K/W ft <sup>2</sup> hr <sup>2</sup> F/BTU	ASTM C-120
Coeficiente de conductividad térmica K	0,346	W/mK	
	2,4	BTU in./hr <sup>2</sup> F	
Módulo de Elasticidad Longitudinal (A)	41.162,55 585.331	kg/cm <sup>2</sup> lb/sqin	ASTM C-1185
Módulo de Elasticidad Transversal (A)	35.553,17	kg/cm <sup>2</sup>	
	505.566	lb/sqin	
Combustibilidad	No		ASTM E-136
Índice de Generación de Humo	<5		ASTM E-84
Índice de Propagación de Flama	0		
Resistencia esfuerzo cortante (Eterboard 8mm.)	193,41	Kg/m	
Valor cortante lineal	130	lb/sqft	
<b>Resistencia a la tracción</b>			
Resistencia a la tracción, paralela	4,8	Mpa	ASTM D-209
Resistencia a la tracción, perpendicular	3,5	Mpa	
<b>Resistencia a la compresión (20% de deflección)</b>			
Paralela a la superficie	4,8	Mpa	ASTM D-209
Perpendicular a la superficie	3,5	Mpa	
Coeficiente de Reducción de Ruido	0,05	-	ASTM C-423
<b>Resistencia al impacto IZOD</b>			
Eterboard de 11 mm.	3,09	Kg-cm/cm	ASTM D-256
Eterboard de 17 mm.	3,33	Kg-cm/cm	

A = Condiciones Ambientales  
S = Saturado

Fuente: (Eternit, 2020).

Elaboración: El autor

Además de ello las propiedades mecánicas en cuanto a compresión y tracción corresponden a 4.8 y 3.5 Mpa de la normativa ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) D 209.

### **3.1.3. Producción.**

Para la elaboración del fibrocemento el cemento debe presentar las características de calidad, de fraguado lento y endurecimiento rápido. Después de ello las fibras deben ser examinadas para ser colocados lo más finamente posible para el contacto con la pasta de cemento. Este proceso se realiza en una mezcladora de rodillo.

Los porcentajes de cemento oscilan entre 80 Y 90 %, mientras que la fibra vegetal es de 10 a 15 % dependiendo del manejo de su peso. Una vez Obtenida la mezcla, pasa por una maquina laminadora que consta de tamizado, aspirados y prensados. Este último paso elimina el 20 % y 30% de agua. (Eternit, 2020).

El resultado genera planchas ásperas y con bordes irregulares que son corregidas por maquinas rectificadoras y moldes de prensa, llegando al último paso de curado que dura 2 o 3 días en ambientes cerrados por vapor de agua a presión o simplemente se utiliza el secado al aire libre.

### **3.1.4 Costos Económicos.**

Los costos económicos de las placas de fibrocemento rondan 10.27\$ el m<sup>2</sup> con unas dimensiones de 1.22mx2.44mx10mm, correspondiente a bloques de cemento, adoquines, postes y prefabricados de hormigón.

**Figura 19. Costo Económico de Fibrocemento**

Código	Material	Unidad	PU USD \$	Categoría	VAE
1234	Fibrocemento 1,2*2,4m x 10mm	u	30.800	CUBIERTAS, DIVISORES, CIELOS RASOS	EP
1235	Pavimentado (doblado en dos capas) 150	m2	8.800	EXTRAS	EP
1236	Geomembrana PVC C-750 (0,75mm)	m2	5.000	EXTRAS	EP
1237	Geomalla 8x1100 o equivalente	m2	2.850	EXTRAS	EP
1238	Ladrillo 24*10*8 común (6,5lb)	u	6.100	LADRILLOS DE ARCILLA	EP
1239	Baque de arcilla de 40x20x10	u	6.500	LADRILLOS DE ARCILLA	EP
1240	Ladrillo visto 30*10*9CM	u	6.820	LADRILLOS DE ARCILLA	EP
1241	Ladrillo común 20,5x14x6,5 cm	u	6.200	LADRILLOS DE ARCILLA	EP
1242	Guadua 6m	u	6.000	MADERA DE ASERRADERO	EP
1243	Puntales de 3m	u	1.200	MADERA DE ASERRADERO	EP
1244	Batentes de laurel para puerta	lpo	11.520	MADERA TRATADA Y TABLEROS	EP
1245	Pasamanos madera de yarezo, oqueo o ml	ml	76.800	MADERA TRATADA Y TABLEROS	EP
1246	Puerta wawañ doble hoja madera laurel	u	270.000	MADERA TRATADA Y TABLEROS	EP
1247	Panel de aglomerado 2,44*2,16m x 1/2" pl	u	18.620	MADERA TRATADA Y TABLEROS	EP
1248	Barridos de madera laurel a:8cm x 1,25" u	u	4.500	MADERAS, TABLEROS Y ELEMENTOS P/ EP	EP
1249	Pasamanos de madera laurel o similar 4" ml	ml	100.000	MADERA TRATADA Y TABLEROS	EP
1250	Panel aluminio estándar natural + doble u	u	45.000	CARPINTERIA METÁLICA/MADERA, CER	EP
1251	Tabla de uilo seca capitada, machete u	u	14.000	MADERA TRATADA Y TABLEROS	EP
1252	Tablón de yumbungu seco capitado 2" u	u	36.000	MADERA DE ASERRADERO	EP
1253	Tablón de encofrado 21*4,5x 2,8m u	u	6.000	MADERAS, TABLEROS Y ELEMENTOS P/ EP	EP
1254	Viga madera yarezo 10*10 cm x 4,00m ml	ml	5.500	MADERA DE ASERRADERO	EP
1255	Viga yumbungu 15*15 cm ml	ml	26.700	MADERA DE ASERRADERO	EP
1256	Viga de eucalipto 20*20 cm incluye tra ml	ml	18.000	MADERA DE ASERRADERO	EP
1257	Viga de eucalipto 12*12 cm x 1,5m u	u	17.800	MADERA DE ASERRADERO	EP
1258	Duela yumbungu a:7cm seca machete u	u	5.300	MADERA DE ASERRADERO	EP
1259	Duela yumbungu a:10cm seca machete u	u	5.500	MADERA DE ASERRADERO	EP
1260	Duela encofrado de 5cm * 2,8m u	u	8.400	MADERAS, TABLEROS Y ELEMENTOS P/ EP	EP

Fuente: (Jaramillo & Jácome, 2018).

### 3.2. Cartón yeso

El material de yeso cartón es una placa que está constituida por un centro de yeso laminado, mientras que sus dos superficies exteriores están conformadas por cartón, es decir “estas están compuestas por resina, salvo el interior en contacto con el yeso que se trata con polímeros del tipo silenos siloxanos. Este último repele el agua, recubre las fibras de celulosa sin cerrar totalmente el espacio entre las fibras” (Villanueva et al., 1994). Presenta grandes ventajas en cuanto a sustitución del ladrillo tradicional y el cemento en techos, es por ello el empleo más frecuente de este material es en la mampostería y cielos rasos.

**Figura 20. Paneles de Cartón Yeso**



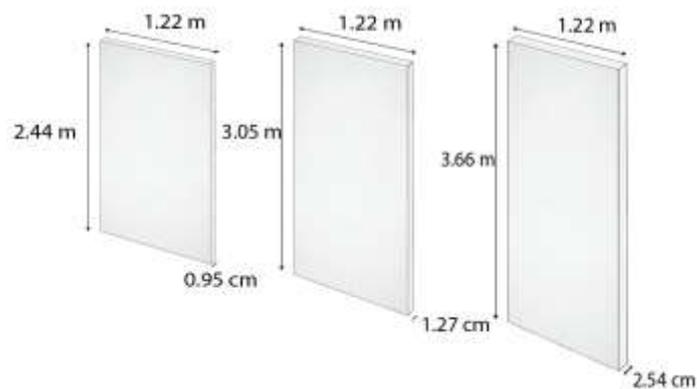
**Fuente:** (Sodimac, 2019)

**Elaboración:** El autor

### 3.2.1. Dimensiones

Las dimensiones de las placas de cartón yeso estándar son: 1.22x2.44 m, 1.22x3.05m, 1.22x3.66 m con espesor de 0.95cm, 1.27 cm, 1.58 cm y 2.54 cm. Las dimensiones que más se utilizan en mampostería o elementos divisorios corresponden a las medidas de 1.22x2.44 m con un espesor de 1.27 cm y un peso de 28.50 kg por unidad, cuyo nombre específico es placa tipo Estándar (Std).

**Figura 21. Dimensiones Cartón-yeso**



**Fuente:** (Abad et al., 2011)

### 3.2.2. Resistencia del material

La resistencia del material depende de las características y las recomendaciones de uso. El yeso cartón según la fabricación se define por su resistencia hacia el fuego y la humedad, pero si embargo debido a su espesor no logra ser un aislante acústico. De tal manera que en la Normativa NEC INEN 1688 la resistencia a la compresión mínima es de 8 Mpa mientras de acuerdo a la NEC INEN-EN 520 corresponde a 4.6 Mpa.

**Tabla 2. Características Generales del Cartón Yeso**

Dimensiones	1.22x2.44mx1.27cm
Peso	28.50 kg
Relación fuego	M1 no inflamable
Conductividad térmica	0'18 W/m °C
Resistencia Compresión	6 Mpa
Resistencia a la flexión	4.6 Mpa

Fuente: NTE INEN-EN 520

Elaboración: El autor

**Figura 22. Características del Yeso-Cartón**

Atributo	Detalle
Características	Se fabrica en diferentes espesores y largos, de borde rebajado. Las planchas se utilizan como base de tabiques con revestimientos cerámicos, vitrificados o cualquier otro tipo de material utilizado en zonas húmedas. Sus planchas se reconocen por su papel verde claro y su tape lateral verde negro.
Marca	Volcan
Material	Yeso cartón
Medidas	1,22 x 2,44 m
Espesor	1/2"
Peso	9,5 kg
Libre de asbestos	No
No se pisa	No
Resistente a la humedad	SI
Resistente al fuego	SI
Aislamiento de sonido	No
Fácil de instalación	SI
Color	Verde claro
Uso	Ideal para revestimientos de tabiques, muros, techos, cieloraso y en general en la construcción de cualquier tipo de edificación residencial, comercial e industrial.
Garantía	Por defecto de fábrica
Procedencia	Chile
Recomendaciones	Los zanillos han de colocarse en lugares cubiertos y aplomarse sobre ellos en un piso limpio, en el centro de las habitaciones más grandes. Muchas veces es preferible colocar la cantidad necesaria de paneles en el lugar donde se utilizarán. Todos los materiales que se empleen en la obra deben conservarse dentro de sus empaques hasta que lleguen el momento de utilizarlos.
Tipo	Planchas de Drywall
Certificado de Uso no oficial	<a href="#">Ver certificado</a>
Zona de despacho	Villón solo para Atequipo
Categoría	Tabiquería y techumbre
Familia	Tabiquería, techumbre y aislación

Fuente: (Sodimac, 2019)

### **3.2.3. Producción.**

La producción de las placas de yeso-cartón se desarrolla en 3 fases, las cuales son la dosificación, el endureciendo y el secado. Primeramente, en el proceso de dosificación se aplica en el yeso, agua y aditivos que se mezclan dependiendo del tipo de placa. Después de ello el material resultante se transporta a un eje giratorio hasta conseguir un amasado homogéneo e idóneo para aplicarla sobre el papel. La pasta se coloca sobre una lámina de papel sobre dos telas vibratorias para lograr un espesor y largo uniforme.

Posterior a ello se procede a cortar la lámina y a revisar meticulosamente mediante un control dimensional y visual las posibles fallas, como lo son rugosidades, cuevas en las placas, una adherencia incorrecta del papel a la placa, entre otros.

Una vez cortada las placas e identificadas las posibles fallas, se procede a secar a una temperatura de 180 ° C a 250 ° C por unos 45 min para eliminar el agua excedente. Y por último nuevamente se verifica la placa resultante, se identifica los bordes transversales, etiquetadas y almacenadas para su posterior venta (IPIAC NERY, 2015).

### **3.2.4. Costo Económico**

Según el presupuesto de Obras Civiles con el Software Obras 5.0 del Ingeniero Wilson Jaramillo, el costo de la placa de gypsum es de aproximadamente 3.5 dólares el m<sup>2</sup> (inc. IVA), usado en cubiertas, divisiones, cielos rasos y cornisas.

**Figura 23. Costo Económico del Cartón Yeso**

● Círculo 3D - 3DView3D - Materialist  
● Material - Selección - Cervecería Material - Ayuda

Código	Material	Unidad	PU USD \$	Categoría	VAF
411	Yeso	m <sup>2</sup>	3.588	CUBERTAS, DIVISORES, CELOS RASC ND	
412	Perfiles de fijación	gts	1.500	CUBERTAS, DIVISORES, CELOS RASC EP	
413	Perfil estructural	kg	1.250	HERRO, ELEMENTOS ESTRUCTURALES EP	
414	Placas de hierro	u	1.500	HERRO, ELEMENTOS ESTRUCTURALES EP	
415	Plat. Acero galvanizado tipo I	u	8.800	CUBERTAS, DIVISORES, CELOS RASC EP	
416	Perfor. outaperforadas 21/2"	u	0.200	CUBERTAS, DIVISORES, CELOS RASC EP	
417	Arandelas de neopreno	u	0.050	CUBERTAS, DIVISORES, CELOS RASC EP	
418	Varilla de 10 mm	m	0.800	HERRO, ELEMENTOS ESTRUCTURALES EP	
419	Llave de paso 3/4" White 1/2"	u	8.040	PIEZAS SANITARIAS Y GRIFERIA EP	
420	Lavandería Plástica	u	90.000	PIEZAS SANITARIAS Y GRIFERIA ND	
421	Tubo cuadrado 38x38x1.5mm	m	2.100	HERRO, ELEMENTOS ESTRUCTURALES EP	
422	Sisagra 75x3mm	u	4.000	CARPINTERIA METÁLICA/MADERA, CER EP	
423	Platino 32x3	m	0.400	HERRO, ELEMENTOS ESTRUCTURALES EP	
424	Chapa Travers (colocada)	u	15.000	CARPINTERIA METÁLICA/MADERA, CER EP	
425	Canañ de bnd	m	11.000	CUBERTAS, DIVISORES, CELOS RASC EP	
426	Encofrado metálico de bordillo	m	2.000	EXTRAS EP	
427	Lustr./material seleccionada	m <sup>2</sup>	7.000	AGREGADOS EP	
428	Afalte de imprimación	l	1.000	EXTRAS EP	
429	Material fino cribado	m <sup>3</sup>	16.000	AGREGADOS EP	
430	Material granular	m <sup>3</sup>	16.500	AGREGADOS EP	
431	Afalte asp e rc-250	kg	0.500	AGLOMERANTES EP	
432	Encofrado de paja de revoque	u	25.000	EXTRAS EP	
433	Tubería PVC rígido extrus. 18	m	4.520	OBRA VIAL EP	
434	Cota teñón	u	1.250	EXTRAS EP	
435	Collar de derivación 1/2"	u	3.000	TUBERIA Y ACCESORIOS DE AGUA POT. EP	
436	Codo 90 1/2"	u	0.300	TUBERIA Y ACCESORIOS DE AGUA POT. EP	
437	Material de repararvaco	m <sup>2</sup>	6.500	AGREGADOS EP	

Datos del Material  
 Código: 411  
 Material: Yeso  
 Categoría: CUBERTAS, DIVISORES, CELOS RASC Y CORNASAS  
 PU USD \$: 3.588  
 VAF: ND  
 CPC: 075000000  
 VAF para transporte de material: EP  
 CPC para transporte de material:

Fuente: (Jaramillo & Jácome, 2018)

### 3.2.5. Conclusiones.

- Los elementos prefabricados que se desarrollan a nivel local, tanto como los que se encuentran en una proximidad más distante, manifiestan las mismas características en cuanto al objeto de estudio, es decir sirve como un elemento divisorio de espacios, como lo son el cartón yeso y fibrocemento.
- El proceso de elementos prefabricados implica un proceso de dosificación de mezclas totalmente homogéneos hasta llegar al punto de secado del material hasta llegar a la resistencia adecuada para su funcionamiento.
- Los materiales referenciales permiten obtener datos referenciales para una comparación:

**Tabla 3. Comparación de Materiales Referentes**

Material	Dimensiones	Espesor	Peso	Resistencia	Empleo	Costo
Fibrocemento	2.44mx1.22	8mm a 10mm	35.48	4.8 Mpa C.	Cubiertas,	10.27
			kg-44.55 kg	8 Mpa F.	Divisiones, cielos rasos, cornisas.	\$ m <sup>2</sup>
Cartón yeso	2.44mx1.22m	12.7mm	28.50kg	6 Mpa C.  4.6 Mpa F.	Cubiertas, divisiones, cielos rasos, cornisas	3.5 \$ m <sup>2</sup>

**Fuente:** (Eternit, 2020), (NTE INEN-EN 520).

**Elaboración:** El autor

## Capítulo Cuatro

### **Análisis de la Norma Técnica Requerida de los Materiales y Paneles de Fibrocemento**

En el análisis acerca de los materiales y paneles de hormigón, se abordará como primera instancia la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC), o normativas semejantes que permitan establecer las diferentes calidades de control. Cabe recalcar que la NEC se constituye de diferentes normativas internacionales.

La normativa “NEC” es promovida por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), convenios de cooperación con la Cámara de Construcción de Quito para la elaboración y el desarrollo de once capítulos priorizados, a través de la gestión y la coordinación de Comités Técnicos Especializados con la finalidad de cumplir con todas las exigencias básicas de seguridad y calidad de todo tipo de edificaciones. (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2014).

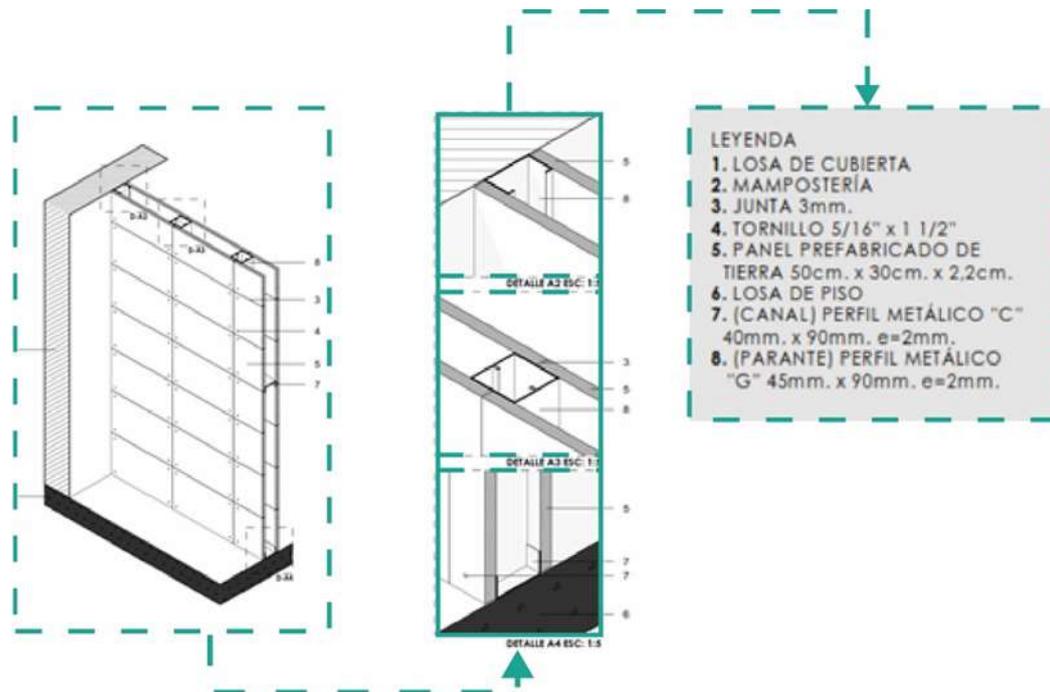
Los paneles de hormigón reforzado con fibras vegetales (cabuya), desempeñan la función de ser elemento divisorio, que previamente está sujeta a una estructura, pero que no soportan ninguna carga estructural. Sin embargo, en el capítulo de mampostería estructural hace referencia a las resistencias, ensayos y controles de calidad (**Figura 24**).

#### **4.1. Normativas NEC**

Las normativas referenciales que se abordadora son aquellas que se asemejan a la funcionalidad a la cual va destinado los paneles de hormigón reforzado con fibra de cabuya, de las cuales se sintetiza y se analiza las expuestas a continuación:

En la Normativa MIDUVI: Guía Acerca Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m instituye que: En los muros no estructurales establece que elementos que no cumplen con una función estructural, como división de mampostería, fachada y de decoración, deberán estar aseguradas a la estructura de la edificación. De tal manera los paneles de micro hormigón con fibras de cabuya deben estar colocados respetando estos requerimientos, como lo es el caso expuesto a continuación:

**Figura 24. Amarre de Fibrocemento en la Estructura de la Edificación**



Fuente: (Abad et al., 2011)

Elaboracion: El autor

#### 4.2. Normas INEN y ASTM acerca de materiales y ensayos

Dentro de las Normativa Ecuatoriana de la construcción es importante abarcar las normas INEN acerca de los materiales que vamos a emplear para el desarrollo de los prefabricados de micro hormigón. Es así que la investigación se encamina de la manera más completa y específica en basarse en las normas dispuestas actualmente para lograr un resultado satisfactorio.

En la normativa INEN: 9.2. Evaluación y aceptación de los materiales establece los siguientes requerimientos:

- **Cemento:** Las normativas señaladas en la normativa ecuatoriana de la construcción se encuentran sustentadas en el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, de los cuales el cemento debe cumplir con dichas características:
  - NTE INEN 152
 Cemento Portland Requisitos:
  - NTE INEN 490

- NTE INEN 2380.

En la normativa INEN de aceptación de los materiales: 9.2.3. Agua, 10.1.3. Agua.

Para el empleo de agua en el micro hormigón tiene que encontrarse en buen estado, dicho de otra forma, si es potable es apta para dosificación y aceptación en el desarrollo de las mezclas. Además, no debe presentar cantidades de elementos como ácido, álcalis, sales, materiales orgánicos, cloruros e iones. El cual está estipulado en la norma ASTM 1062.

- **Relación agua/cemento**

En cuanto a la relación agua/cemento es del 0.5 para todo tipo de cemento (ISO), y 0.485 Portland puro (ASTM), Además de ello debido a que la investigación se emplea materiales como la arena y el cemento, es necesario factores como la trabajabilidad, durabilidad, retracción, entre otros.

- **En la normativa INEN de aceptación de los materiales: 10.1.4. Aditivos**

En el caso de las investigaciones realizadas acerca de la preservación de las fibras en el hormigón, es requerida la aplicación de aditivos que mejoran las características físico-mecánicas, permiten preservar las fibras de cabuya dentro de la matriz cementosa y logran proteger el material de agentes externos. Los aditivos para fabricar hormigón fluido, como lo son plastificantes y plastificantes retardadores de fraguado se basan en la norma ASTM C 1017/C1017M.

- **En la normativa de aceptación de los materiales: 3.4. Arena normalizada**

La arena empleada debe estar lo más limpia posible para su empleo en el desarrollo de los paneles de hormigón con fibras de cabuya, aportando a sus propiedades de tenacidad. Además de determinar el análisis granulométrico para establecer el módulo de finura de la arena empleada. Se debe utilizar arena conforme a los requisitos que se especifican en NTE INEN 873.

- **En la normativa NTE INEN 488: Ensayos de Compresión de morteros**

La normativa NTE INEN 488:2009 establece que el procedimiento se basa en la elaboración de 3 cubos de arista de 50 mm, y el punto de ruptura se desarrollara a los 7, 14 y 28 días de curado, Además de ello se desarrollará en una maquina triaxial, que nos determinara el punto de resistencia.

- **En la normativa NTE INEN 198: Ensayo a Flexión de morteros**

De igual manera de acuerdo con la NTE INEN 198, para ensayos de flexión se establece probetas de dimensiones de 40x40x160mm. Para la rotura se coloca dos apoyos de 15 cm. Por consiguiente las pruebas se realizan en un tiempo de 7, 14 y 28 días. Una muestra tipo viga de hormigón que es sometida a una fuerza de 168 lbf en un periodo mayor a 15 seg, hasta que ocurra la rotura.

- **En la normativa ASTM C 190 : Ensayo Tracción de morteros**

El ensayo de tracción de morteros consiste en la aplicación de fuerza en moldes tipo briquetas con la finalidad de establecer el esfuerzo máximo y la resistencia alcanzada. Se establece de acuerdo a los 7, 14 y 28 días de curación y se realiza como normativa 3 muestras por cada ensayo. Después de la retirar las muestras de la camara de curación, se debe esperar

- **En la Normtativa NTE INEN 8336 : Ensayo a Flexión de placas**

Conforme a la normativa NTE INEN 8336, las placas de fibrocemento deben ser probadas en un tiempo de curado a los 7 y 14 días, con dimensiones recomendables de 250x250mm, o ajustar de acuerdo a la máquina de laboratorio, en una distancia entre apoyos recomendable de 150 a 200 mm. De tal manera que la fuerza debe ser constante en un periodo no menor a 15 seg hasta el momento de la rotura, con el objetivo de alcanzar la resistencia mínima de 7 Mpa.

- **Ensayo de Permeabilidad NTE INEN 8336.**

Consiste en la colocación de placas de fibrocemento de dimensiones establecidas y colocación de agua potable. Después de 24 horas realizar el informe visual del estado de la placa.

#### **4.3. Resistencia de placas de fibrocemento: referencia NTC, INEN y ASTM**

Las normativas establecidas en la Normativa Colombiana corresponden al tipo B, categoría 3, que corresponden a materiales de uso interno como lo son las divisiones, además de las diferentes propiedades de acuerdo al uso.

**Tabla 4. Normativa Colombiana de Resistencia de Placas de Fibrocemento**

Resistencia Flexión	Valor Mínimo	Unidad	Norma
Saturado Longitudinal	5.5	Mpa	NTC 4373
Saturado Transversal	9.5	Mpa	NTC 4373
Seco Longitudinal	8.0	Mpa	NTC 4373
Seco Transversal	15.0	Mpa	NTC 4373

**Fuente:** (Eterboard, 2018).

**Elaboración:** El autor

La normativa colombiana expone valores de resistencia a la flexión con los valores permitidos en cuanto a requisitos de calidad y resistencia.

Por otro lado, la Normativa Ecuatoriana NTE 8336 acerca de placas de fibrocemento corresponde a la categoría C, clase 2, destinado a espacios interiores, y en el caso de la investigación a mampostería interior. Por ende, debe cumplir con la siguiente resistencia.

Figura 25. Resistencias Placas Planas de Fibrocemento

Propiedad Física	Requisito mínimo de desempeño del ensayo			Requisitos del ensayo	Método de ensayo
	Categoría A (Condición saturada)	Categoría B (Condición saturada)	Categoría C (Condición ambiental)		
Densidad	Ver 5.6.3	Ver 5.6.3	Ver 5.6.3	Ver 7.3.2	Anexo E
Módulo de rotura					
Clase 1	4 MPa	4 MPa	4 MPa	Ver 7.3.1	Anexo C
Clase 2	7 MPa	7 MPa	7 MPa		
Clase 3	13 MPa	13 MPa	10 MPa		
Clase 4	18 MPa	18 MPa	16 MPa		
Clase 5	24 MPa	24 MPa	22 MPa		

Fuente: NTE INEN 8336

Además de ello las normas ASTM acerca de los ensayos realizados a las placas de fibrocemento podemos sintetizar resultados obtenidos en cuanto a los diferentes requerimientos exigidos.

Figura 26. Normativas ASTM para Placas de Fibrocemento

PROPIEDAD	VALOR *	UNIDAD	ENSAYO
Absorción	32	%	ASTMD1037
Densidad	1,25	Kg/dm <sup>3</sup>	ASTMD1037
Contenido de Humedad	10	%	ASTMD1037
<b>Movimientos hídricos</b>			
Estiramiento de seco al aire a saturado	0,55	mm/m	ASTMC1185
Encogimiento de saturado a seco al horno	2,39		
<b>Movimientos Térmicos</b>			
Encogimiento de 105°C a 25°C	6,5x10 <sup>-6</sup>	m/m°C	ASTMD696
<b>Módulo de elasticidad (E)</b>		MPa	ASTMC120
Seco longitudinal	7,902		
Seco transversal	6,799		
Saturado longitudinal	5,769		
Saturado transversal	4,738		
<b>Resistencia a la flexión (MOR)</b>		MPa	ASTMC120
Seco al ambiente longitudinal	15,0		
Seco al ambiente transversal	9,0		
Saturado longitudinal	10,5		
Saturado transversal	6,5		
<b>Resistencia a la tracción del clavo</b>		kg	ASTMD1037
En húmedo	32,0		
En seco	64,7		
<b>Resistencia última a la compresión</b>	9,2	N/mm <sup>2</sup>	
Paralela a la fibra F <sub>csb</sub>			
<b>Resistencia última a la tracción</b>	5,5	N/mm <sup>2</sup>	
Sentido débil F <sub>tsb</sub>			
<b>Resistencia al impacto (Charpy)</b>		KJ/m <sup>2</sup>	ASTMD256
Seco al horno	1,56		
Saturado	2,86		

Fuente: (León, 2004)

### **4.3.1. Conclusión**

Las Normativas y ensayos expuestos permiten comprender las diferentes pruebas a las cuales estan sometidos, además de brindarnos información precisa acerca de las resistencias de las placas de fibrocemento en cuanto a compresión y flexión.

Las normativas permiten establecer los requerimientos minimos a los cuales estan sometidas las mezclas y las placas de fibrocemento.

## Capítulo Cinco

### Diseño del panel

El diseño de panel corresponde como primera instancia a la fase experimental basado en ensayos de granulometría, tratamiento de fibra y asentamiento de la dosificación, seguido al diseño de un determinado número de muestras las cuales fueron sometidas a pruebas de resistencia (

**Tabla 6**). De la misma forma se realizó la selección de la dosificación que mantenga mejores características entre manejabilidad y resistencia.

#### 5.1. Dosificación base 0.3%,0.5%,0.8% de fibra, Arena Sílice y Arena gruesa

Con la finalidad de establecer una dosificación que cumpla con las características técnicas y resistencias establecidas en las normativas de construcción es pertinente la comparación de diferentes ensayos de laboratorio para el diseño de una mezcla con los mejores resultados que posteriormente será empleada en el panel de micro hormigón.

**Tabla 5. Dosificación para Micro hormigón**

Proporciones Materiales 1m3 de micro hormigón			
Materiales	Masa (Kg/m3)	Volumen Absoluto (m3)	Proporciones
Cemento	625	0.203	1
Arena S y G	1461	0.573	2
Agua	335.5	0.336	0.5

Fuente: (Avila, 2019).

Elaboración: El autor

**Datos importantes**

**Densidad del cemento=3.08 g/cm<sup>3</sup> Densidad de la Arena=2.55 g/cm<sup>3</sup>**

**Tabla 6. Muestras para Ensayos Establecidos**

Ensayos totales Establecidos				
Ensayo	Normativa	7 días	14 días	28 días
<b>Compresión</b> 	NTE 498 	9	9	9
<b>Tracción</b> 	ASTM C190 	9	9	9
<b>Flexión</b> 	NTE 198 	9	9	9

Elaboración: El autor

**5.2. Guía de Diseño de Mezcla**

Mediante esta investigación se aborda la importancia de la guía de diseño para establecer una secuencia de procesos ordenados y comprensibles con la finalidad de reducir el margen de error tanto en mezcla como en el diseño del panel. A continuación, se sintetiza el procedimiento de la siguiente manera:

**Figura 27. Proceso de Diseño de Mezcla**



**Elaboración:** El autor

### 5.2.1 Tratamiento Fibra de Cabuya

La fibra de cabuya al ser un material biodegradable es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros para su conservación y aplicación en la mezcla. Según (Baldeón, 2013), “Las fibras de cabuya presentan un PH de 6.97”, es decir que presenta una alcalinidad neutra, que no afecta el hormigón. Sin embargo, se debe eliminar el azúcar presente en las fibras mediante el lavado y posterior secado al sol.

**Figura 28. Procedimiento para eliminar impurezas de la fibra de cabuya**



**Elaboración:** El autor

Para determinar el contenido de humedad de la fibra se colocó 23gr de fibra en la balanza electrónica, posterior a esto se utilizó una estufa de laboratorio a una temperatura de 110°C en un tiempo de 10 minutos. El peso final es 22.5gr, siendo así el porcentaje de humedad del 2.27%.

### 5.2.2. Determinación de Granulometría de Arena gruesa

El módulo de finura se determina mediante un análisis granulométrico basado en la Normativa INEN 696:2001, que se basa en pasar el árido a través de mallas que permitan dividir el material para establecer la finura. Mientras que los tamices normalizados se basan en la normativa de arena normalizada.

**Figura 29. Procedimiento Granulométrico**



**Elaboración:** El autor

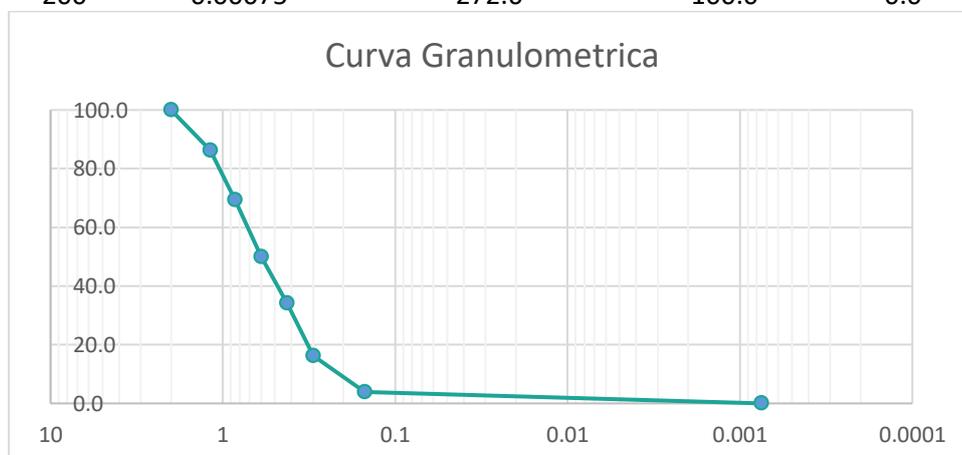
Como primer paso para determinar el módulo de finura de la arena se procedió a colocarla sobre una superficie de metal para evitar contaminación, se realizó una mezcla del árido, aplanado de la arena y posteriormente el cuarteo hasta llegar al porcentaje adecuado para emplearlo.

En la segunda etapa se pesó la muestra en la balanza electrónica para determinar el peso en estado seco (300gr), a continuación, se lavó el material para eliminar contaminantes que afecten los ensayos, posterior a ello se coloca en la estufa de laboratorio a 100°C durante 24 horas. La muestra se volvió a pesar en estado seco cuyo resultado fue de 273.6 gr

Como último paso se procedió a vaciar los 273.6gr en los Tamices Normalizados en la Normativa 873 de arena Normalizada, calculando el porcentaje retenido y el porcentaje pasante. A continuación, se explica la curva granulométrica:

**Tabla 7. Resultados Ensayo Granulométrico**

ENSAYO GRANULOMETRICO(gr)				
# tamiz	Abertura (mm)	Peso acumulado (gr)	%Acumulado	%Pasante
10	2	0	0.0	100.0
16	1.18	37.3	13.7	86.3
20	0.85	83.7	30.7	69.3
30	0.6	136.4	50.0	50.0
40	0.425	179.6	65.9	34.1
50	0.3	228.2	83.7	16.3
100	0.15	262.2	96.2	3.8
200	0.00075	272.6	100.0	0.0



Elaboración: El autor

### 5.2.3. Pesaje de Materiales

Para tener un margen de error mínimo en cuanto a la dosificación se empleó la balanza mecánica detallada en cada proceso de dosificación. Además de ello fue necesario encerar para poder tener el peso de la masa sin la fuente de contención.

**Figura 30. Pesaje de Materiales**

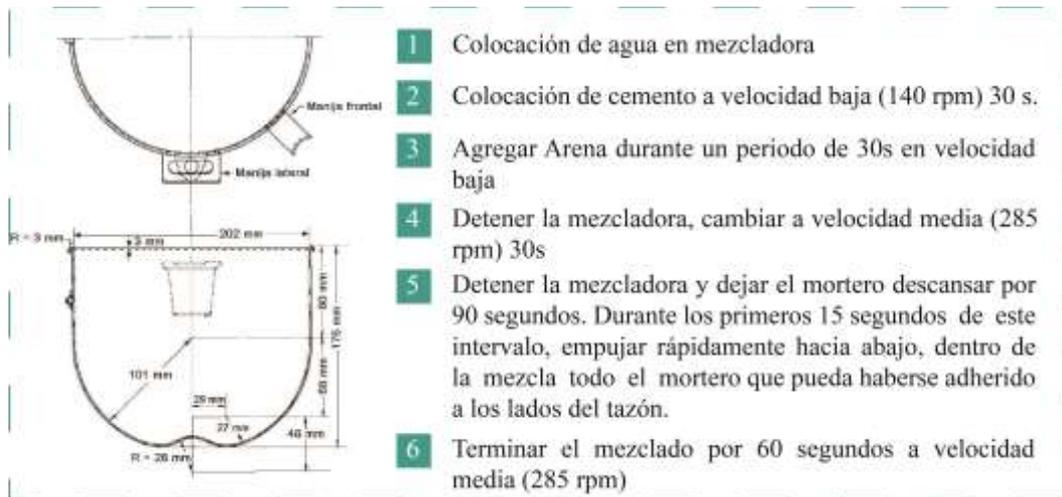


Elaboración: El autor

### 5.2.4. Mezclado de Morteros

Basados en la Normativa NEC INEN 155 de cemento hidráulico.

**Figura 31. Procedimiento Mezcla de Cemento Hidráulico**



Fuente: NEC INEN 155

Elaboración: El autor

### 5.2.5. Determinación de Trabajabilidad Mediante Cono de Abrams

De acuerdo a la Normativa NEC NTE INEN 1 578:2010 acerca de hormigón de cemento hidráulico es indispensable para determinar el asentamiento de la mezcla.

De tal manera se estableció ensayos de asentamiento para determinar así el porcentaje de fibra aceptable, manteniendo la relación resistencia-trabajabilidad (Figura 34). A continuación, se detalla el proceso con cada uno de los porcentajes.

**Figura 32. Procedimiento Ensayo de Asentamiento de Mezcla**



- |  |  |
|--|--|
| 1 Herramientas: Espátula, apisonador, flexómetro, superficie lisa y limpia | 2 Se procedió a humedecer los materiales antes de los ensayos            |
| 3 Colocación de mezcla en cono de abrams, hasta 1/3 del molde              | 4 Uso de apisonador hasta 25 veces con respecto a cada parte de llenado. |
| 5 Mediante espátula se eliminó el excedente de material.                   | 6 Se verificó que todo el molde este de acuerdo al molde.                |

**Elaboración:** El autor

Las dimensiones del cono de Abrams empelado en los ensayos corresponden a una altura de 8cm, diámetros D1 (mayor)=9cm y D2(menor)=4.5cm. De tal manera que se realizó una relación de acuerdo a las dimensiones de los conos normalizados cuyas dimensiones corresponden a una altura de 30cm, diámetros D1 (mayor)=21cm y D2(menor)=11cm.

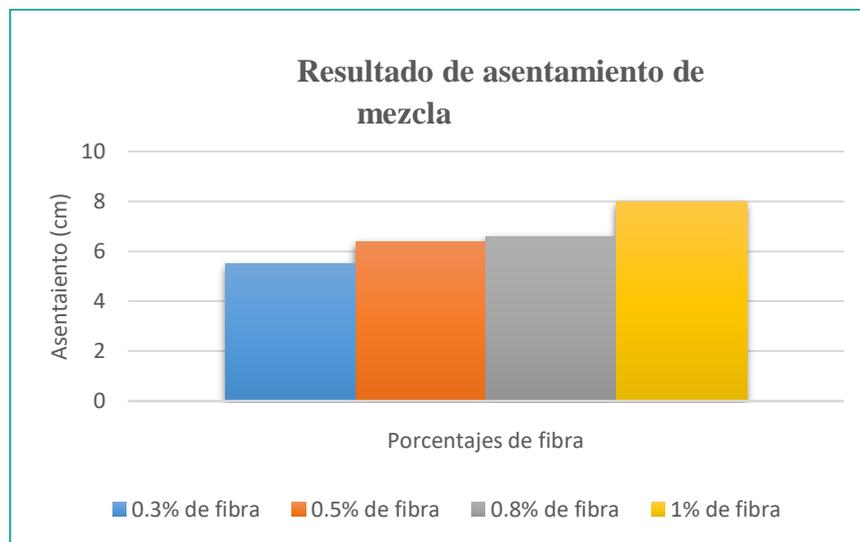
**Figura 33. Resultados Asentamiento Cono de Abrams**



Elaboración: El autor

### 5.2.6. Conclusiones ensayo de trabajabilidad.

**Figura 34. Resultado Ensayo Trabajabilidad**



Elaboración: El autor

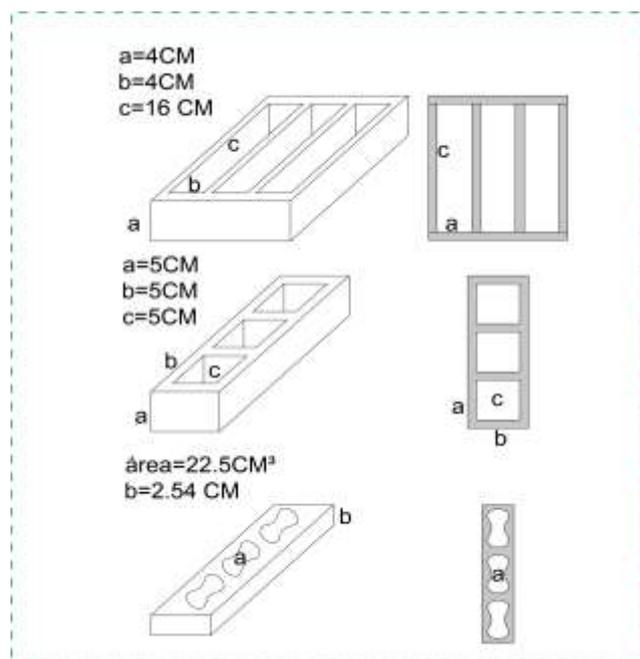
- Mediante los resultados de asentamiento basados en el cono de abrams se obtuvo que la trabajabilidad disminuye de acuerdo al aumento de porcentaje de fibra de cabuya.
- Al emplear el 0.3% de fibra se observó que la trabajabilidad es buena, debido a que el asentamiento es de 2.5 cm y respecto al cono normalizado corresponde a 9.37 cm. La consistencia es plástica.

- Al aplicar el 0.5% de fibra se evidencio que la trabajabilidad disminuye, y su asentamiento es de 1.6 cm que corresponde a 6 cm del cono de Abrams normalizado. La consistencia es plástica.
- Al 0.8 % de fibra el asentamiento es de 1.4 cm que corresponde a 5.25 cm del cono de abrams normalizado. La consistencia es plástica.
- La aplicación del 1% de fibra en la mezcla genero complicaciones a la hora de la trabajabilidad siendo un asentamiento de 0 cm. Consistencia seca y no recomendable.
- Debido a que la mezcla con el 1% de adición de fibra no hay asentamiento y es de poca trabajabilidad, la cual afectara en el diseño del panel de micro-hormigón con fibra, se optó por porcentajes menores del 1% de la fibra. Se empleó el 0.3%, 0.5% y 0.8% de fibra respectivamente.

### 5.2.7. Preparación de Moldes para Especímenes

La determinación de los moldes para especímenes se basa en la normativa NEC INEN 498, para ensayos de compresión de morteros y NEC INEN 198 en ensayos de flexión.

**Figura 35. Moldes para Pruebas de Resistencia de Morteros**



Elaboración: El autor

### 5.2.8. Curado de Especímenes

Se basa en el curado de muestras de la NEC INEN 1576. Hormigón de cementos hidráulicos. El curado se realiza en obra.

**Figura 36. Curado de Especímenes**



- 1 Curado Inicial: Inmediatamente después del moldeo y terminado, el espécimen debe ser almacenado por un período de hasta 48 horas a una temperatura entre 16 °C y 27 °C, en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes.
- 2 Curado Final: Una vez concluido el curado inicial y dentro de 30 minutos después de remover los especímenes de los moldes, curarlos a una temperatura de 23 °C ± 2 °C, manteniendo todo el tiempo sus superficies con agua libre, utilizando tanques de almacenamiento o cámaras de curado, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 2 528.

Fuente: (Avila, 2019)

Elaboración: El autor

### 5.2.9. Fórmulas ensayos a Compresión

Ensayos de compresión basados en la normativa NEC INEN 498 en cubos de arista de 50 mm. Con resistencias reglamentadas en la ASTM d 1037= 9.2 Mpa. La resistencia a la compresión corresponde a:

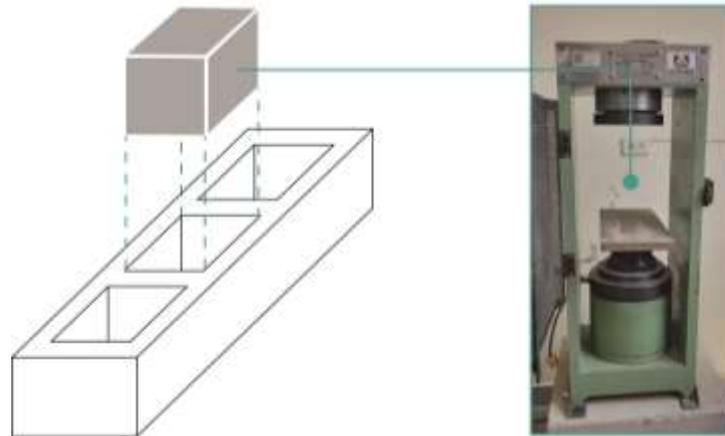
$$f_m = \frac{P}{A}$$

$f_m$ =Resistencia a la compresión en Mpa

$P$ =Carga total Máxima de la falla, N

$A$ =Área de sección transversal del cubo al que se aplica la carga, mm<sup>2</sup>

**Figura 37. Molde para Ruptura de Compresión**



Elaboración: El autor

### 5.2.10. Fórmulas ensayos de Flexión

Los ensayos de flexión se contemplan en la Normativa Nec 1 en 198, en un molde de 40mmx40mmx160mm. Para calcular la resistencia a la flexión se empleó la siguiente fórmula:

$$R_f = \frac{6M}{b^3} = 1.5 \frac{P_f \cdot l}{b^3}$$

$R_f$ =Resistencia a la flexión

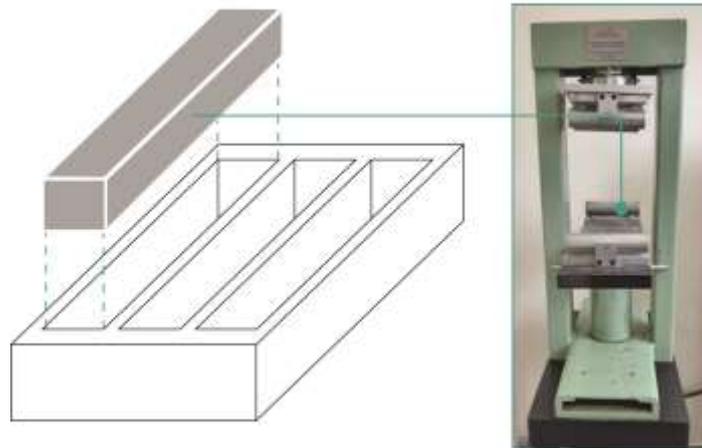
$M$ =Momento flector (módulo de rotura), en N/mm

$b$ =Arista de la sección cuadrada del prisma, en mm

$P_f$ =Carga de rotura a flexión, en N

$l$ = Distancia entre apoyos, en mm

**Figura 38. Molde para Ruptura de Flexión**



Elaboración: El autor

### 5.2.11. Fórmulas Ensayos de Tracción.

ASTM 1037 Tracción de morteros deben cumplir con la resistencia de 5,5 Nmm<sup>2</sup>

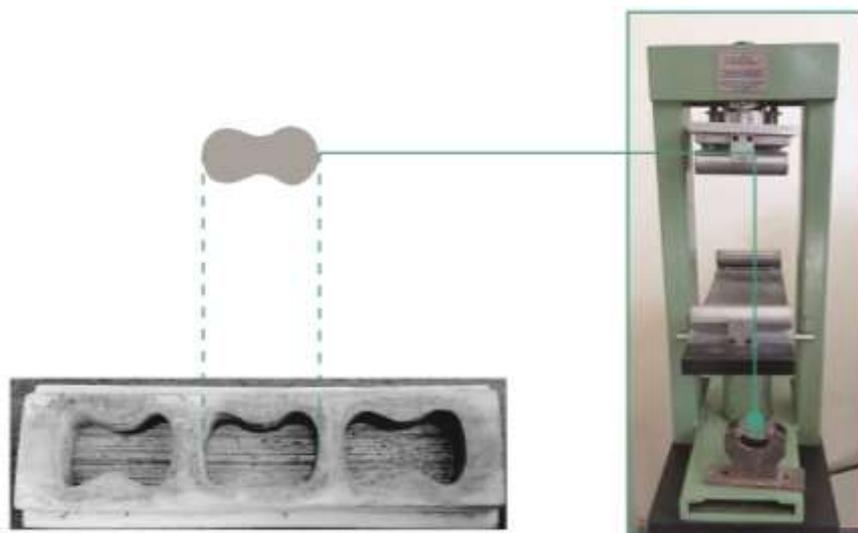
$$RT = \frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Área transversal}}$$

$RT$  = Resistencia a la tensión

$C_{m\acute{a}x.}$  = Carga máxima

$A_t$  = Área transversal

**Figura 39 Molde para Ruptura por Tracción**



Elaboración: El autor

### 5.3. Ensayo Nro. 1. Compresión con 0.3, 0.5 y 0.8 % Fibra de Cabuya

Como primer ensayo de laboratorio se establece que el porcentaje inicial se basa en previos estudios de la Ingeniera (Pinzón, 2013). Acerca de análisis de la resistencia a la compresión y flexión del concreto modificado con fibras de cabuya.

**Tabla 8. Dosificación para Micro Hormigón con 0.3% de Fibra**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Compresión					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
	1m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Un.de medición	1m <sup>3</sup>	0.001125	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Cemento	0.203	0.00023	3080.00	0.70	703
Arena Sílice	0.143	0.00016	2550.00	0.41	410
Arena Gruesa	0.43	0.00048	2550.00	1.23	1234
Agua	0.336	0.00038	1000.00	0.38	378
Fibra 0.3%					7
Aditivo 0.8%			1120.00		5.02
TOTAL					2739

Elaboración: El autor

**Tabla 9. Dosificación para Micro-Hormigón con 0.5% de Fibra**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Compresión					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
	1m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Un.de medición	1m <sup>3</sup>	0.001125	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Cemento	0.203	0.00023	3080.00	0.70	703
Arena Sílice	0.143	0.00016	2550.00	0.41	410
Arena Gruesa	0.43	0.00048	2550.00	1.23	1234
Agua	0.336	0.00038	1000.00	0.38	378
Fibra 0.5%					13
Aditivo 0.8%			1120.00		5.02
TOTAL					2752

Elaboración: El autor

**Tabla 10. Dosificación para Micro-hormigón con 0.8% de Fibra**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Compresión					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
	1m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Un.de medición	1m <sup>3</sup>	0.001125	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Cemento	0.203	0.00023	3080.00	0.70	703
Arena Sílice	0.143	0.00016	2550.00	0.41	410
Arena Gruesa	0.43	0.00048	2550.00	1.23	1234
Agua	0.336	0.00038	1000.00	0.38	378
Fibra 0.8%					20
Aditivo 0.8%			1120.00		5.02
TOTAL					2766

Elaboración: El autor

- **Equipos y herramientas**

Balanza digital, recipientes, moldes para especímenes Probeta de 500 cm<sup>3</sup>, flexómetro o calibrador, mezcladora, tazón y paleta, apisonador, cronometro, espátula.

- **Materiales**

Cemento, arena sílice, arena gruesa, agua potable, aditivo plastificante BV 40, fibra de cabuya.

- **Procedimiento**

1. Pesaje de los materiales con relación al volumen de 0.001125 m<sup>3</sup>, correspondiente a moldes de la NTE INEN 498. Cemento, Arena Sílice, Arena gruesa, agua y aditivo plastificante Bv40.
2. Mediante la máquina mezcladora se procedió a colocar los materiales pesados, basándonos en la NTE INEN 155, hasta llegar a una pasta homogénea. Así mismo se calculó la trabajabilidad mediante el cono de Abrams.
3. Se aceitó los moldes para evitar complicaciones en el desencofrado, se colocó la mezcla hasta la parte media del molde hasta apisonar 24 veces para eliminar el aire, después de ello se agrega más mezcla hasta sobrepasar el molde y se repite el mismo proceso de apisonar. Como último paso con la espátula se elimina el excedente de material.

**Figura 40. Procedimiento mezcla para ensayos a compresión**



**Elaboración:** El autor

### **5.3.1. Resultados Ensayos de Compresión 0.3, 0.5, 0.8% de Fibra**

El espécimen de dimensiones de 5cmx5cmx5cm fue colocado en la prensa de hormigón modelo MQH-2 para así poder determinar la resistencia alcanzada a los 7,14 y 28días.

**Figura 41. Resultados a Ensayos a Compresión**



Elaboración: El autor

**Tabla 11. Resistencia 7,14 y 28 Días sin Adición de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MC1	17.6	16	28
MC2	14.8	16	20
MC3	15.2	15.8	24
MC promedio	15.8	16	24

Elaboración: El autor

**Tabla 12. Resistencia a Compresión 7,14 y 28 días 0.3% de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MC1	13.2	19	18
MC2	15.9	17	19
MC3	14.5	16	17
MC promedio	14.5	17.3	18

Elaboración: El autor

**Tabla 13. Resistencia a compresión 7,14 y 28 días, 0.5% de fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MC1	12	15	18
MC2	10	14.5	18
MC3	11	14	17.5
MC Promedio	11	14.5	17.8

Elaboración: El autor

**Tabla 14. Resistencia a Compresión 7,14 y 28 días 0.8% de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MC1	8	15	16
MC2	11	13	17
MC3	9.4	14	16.5
M Promedio	9.4	14	16.5

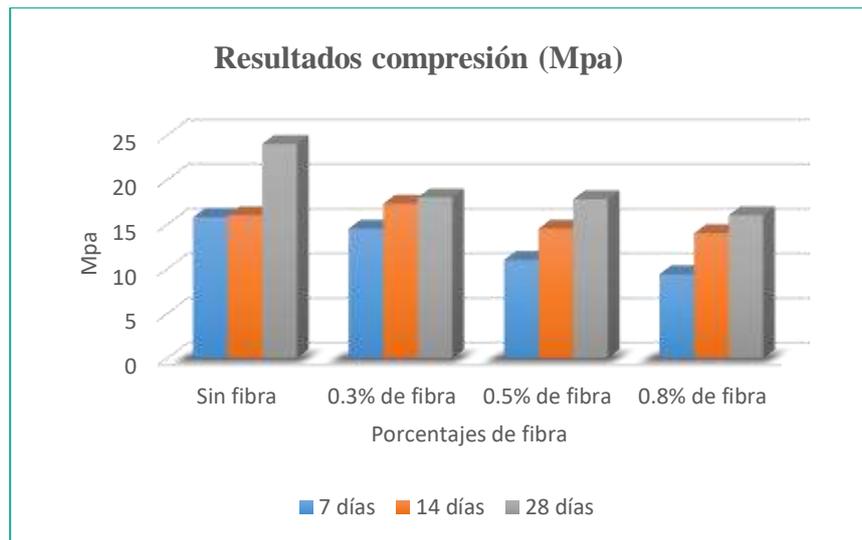
Elaboración: El autor

### 5.3.2. Comparaciones Ensayos de Compresión 0.3, 0.5, 0.8% de Fibra con Respecto al Peso Total.

De acuerdo a los resultados de los ensayos, la adición de fibras de cabuya a los 7 días es menor a los que no cuentan con fibras.

La resistencia a los 14 días se verificó que el 0.3% mejoró considerablemente la resistencia y adiciones de 0.5% y 0.8% se mantuvieron por debajo de las que no contenían fibras (**Figura 41. Resultados a Ensayos a Compresión.**

A los 28 días de curado, se evidenció que ninguno de los porcentajes sobrepasa la resistencia a la muestra que no contenía fibras.

**Figura 42. Comparación de Resultados a Compresión a los 7,14 y 28 Días**

**Elaboración:** El autor

### 5.3.3. Conclusiones

En todos los resultados expuestos se examinó que la resistencia de las adiciones de fibra del 0.3%, 0.5% y 0.8% del peso total no superó a las establecidas sin adición de fibra.

La adición de fibras de cabuya reduce el peso de las muestras con respecto a las que no contienen fibras, generando así morteros ligeros.

Porcentajes del 0.3%. 0.5% y 0.8% provocan que la muestra se mantenga cohesionada después de la ruptura a la compresión.

El aumento progresivo de fibra de cabuya reduce la resistencia a la compresión debido a que se sustituye los materiales compuestos por fibras.

Las mejores dosificaciones para los ensayos de compresión corresponden al 0.5% de fibra, debido a los resultados de trabajabilidad, porcentaje, además que la resistencia alcanzada a los 28 días fue de 17.8 Mpa (**Tabla 13**).

### 5.3.4. Recomendaciones

El uso de fibras cabuya en composites cementicios crea morteros más ligeros generando la posibilidad de investigaciones enfocadas a reducir el peso en las edificaciones.

La fibra de cabuya reduce la resistencia a la compresión limitando su uso a elementos que no son estructurales.

La velocidad recomendada en la máquina de compresión corresponde a 1kN/s y una precarga del 1%, debido a que la ruptura no debe ser menor a 10 s.

### 5.4. Ensayo Nro. 2. Flexión 0.3, 0.5 y 0.8 % fibra de cabuya

De acuerdo al estado del arte investigado las fibras vegetales mejoran considerablemente la resistencia a la flexión en composites cementicios, y lograr reducir fisuraciones. De tal manera que se generan dosificaciones para desarrollar especímenes de 4cmx4mx16 cm.

**Tabla 15. Dosificación 0.3% de Fibra de Cabuya para Ensayo a Flexión**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Flexión					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
	1m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr)
Medición	1m <sup>3</sup>	0.002304	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr)
Cemento	0.203	0.00047	3080.00	1.44	1441
Arena Sílice	0.143	0.00033	2550.00	0.84	840
Arena Gruesa	0.43	0.00099	2550.00	2.53	2526
Agua	0.336	0.00077	1000.00	0.77	774.144
Fibra 0.3%					17
Aditivo 0.8%			1120.00		10.29
TOTAL					5581

Elaboración: El autor

**Tabla 16. Dosificación 0.5% de Fibra de Cabuya para Ensayo a Flexión**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Flexión					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
		m <sup>3</sup>			
Medición	1m <sup>3</sup>	0.002304	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr)
Cemento	0.203	0.00047	3080.00	1.44	1441
Arena Sílice	0.143	0.00033	2550.00	0.84	840
Arena Gruesa	0.43	0.00099	2550.00	2.53	2526
Agua	0.336	0.00077	1000.00	0.77	774.144
Fibra 0.3%					27
Aditivo 0.8%			1120.00		10.29
TOTAL					5618

Elaboración: El autor

**Tabla 17. Dosificación 0.8% de Fibra de Cabuya para Ensayo a Flexión**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Flexión					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
		m <sup>3</sup>			
Medición	1m <sup>3</sup>	0.002304	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr)
Cemento	0.203	0.00047	3080.00	1.44	1441
Arena Sílice	0.143	0.00033	2550.00	0.84	840
Arena Gruesa	0.43	0.00099	2550.00	2.53	2526
Agua	0.336	0.00077	1000.00	0.77	774.144
Fibra 0.3%					44
Aditivo 0.8%			1120.00		10.29
TOTAL					5635

Elaboración: El autor

- **Equipos y herramientas**

Balanza digital, recipientes, moldes para especímenes Probetas normalizadas, flexómetro o calibrador, mezcladora, tazón y paleta, apisonador, cronometro, espátula.

- **Materiales**

Cemento, arena sílice, arena gruesa, agua potable, aditivo plastificante BV 40, fibra de cabuya.

- **Procedimiento**

1. Pesaje de los materiales con relación al volumen de  $0.002304\text{m}^3$ , correspondiente a moldes de la NTE INEN 198. Cemento, Arena Sílice, Arena gruesa, agua y aditivo plastificante Bv40.
2. Se procedió a colocar los materiales basados en la NTE INEN 155 para cementos hidráulicos, hasta llegar a una pasta homogénea.  
Se aceitó los moldes para evitar complicaciones y se procedió a colocar la mezcla
3. Se colocó una capa de 25 mm de micro hormigón y se apisono 12 veces en un lapso de 12 s. Esto se repite hasta sobrepasar y mediante la espátula se eliminó material restante.

**Figura 43. Procedimiento Mezcla para Ensayo de Flexión**

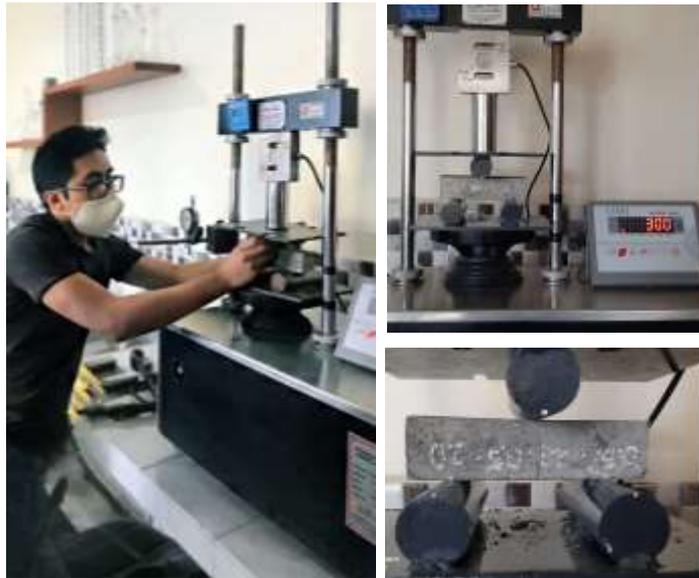


Elaboración: El autor

#### **5.4.1 Resultados ensayos de flexión 0.3, 0.5, 0.8% de fibra con respecto al peso total.**

Los ensayos de flexión son realizados en la máquina semiautomática Marshall y C.B.R. Siendo así que los resultados a los ensayos se obtuvieron a los 7, 14 y 28 días de curado.

**Figura 44. Resultados Ensayo a Flexión**



Elaboración: El autor

**Tabla 18. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 sin Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MSF1	2.9	3.3	4.1
MSF2	3	3.2	4.6
MSF3	3.1	3.1	4.9
M promedio	3	3.2	4.5

Elaboración: El autor

**Tabla 19. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 días 0.3% de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MF1	3.1	4.2	4.8
MF2	3.2	3.7	5.2
MF3	3.2	4.5	5.1
MF promedio	3.2	4.1	5

Elaboración: El autor

**Tabla 20. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 días 0.5% de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MF1	4.4	5.3	5.2
MF2	4.1	5.3	5.9
MF3	3.7	5.4	5.2
MF promedio	4.1	5.3	5.4

Elaboración: El autor

**Tabla 21. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 días 0.8% de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MF1	4.3	4.6	5.7
MF2	3.8	5.2	6.5
MF3	4.1	4.8	6
MF Promedio	4.1	4.9	6

Elaboración: El autor

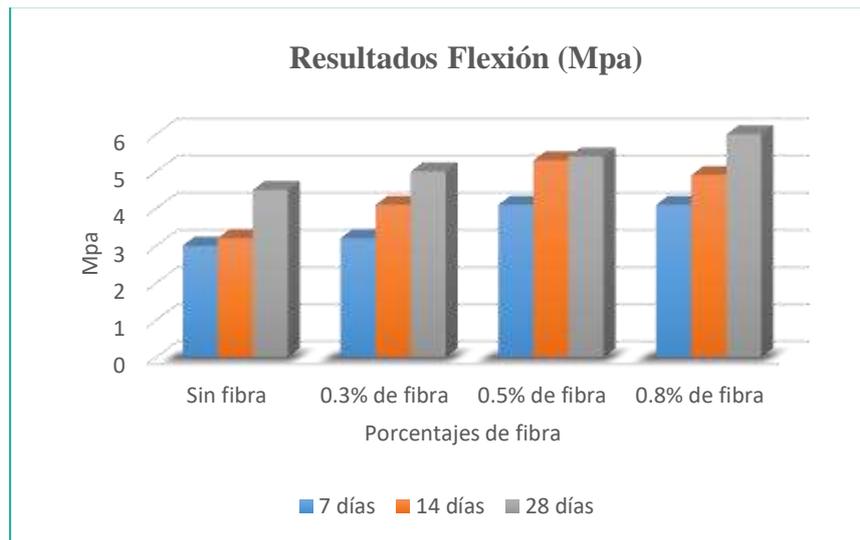
#### 5.4.2. Comparaciones Ensayos de Flexión 0.3, 0.5, 0.8% de Fibra

A los 7 días de curado se evidenció que la adición de fibras de cabuya mejora la resistencia a la flexión en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.8% con respecto a los que no contenían este elemento.

El resultado de los ensayos a los 14 días mejoró considerablemente en todos los porcentajes con respecto a los que no contenían fibra, sin embargo, hubo disminución de resistencia en el 0.8% de fibra (**Figura 44**).

Por consiguiente, la resistencia a los 28 días, se apreció que el incremento de fibras mejora la resistencia a la flexión con 5, 5.4 y 6 Mpa.

**Figura 45. Comparación de Resultados a Flexión a los 7,14 y 28 Días**



Elaboración: El autor

#### 5.4.2. Conclusiones

Las adiciones de fibras en porcentajes del 0.3%,0.5% y 0.8% aumentaron la resistencia con resultados a los 28 días de 5, 5.4 y 6 Mpa. Mientras que el elemento que no contenía fibras alcanzó los 4.5 Mpa.

El incremento progresivo de las fibras de cabuya mantiene cohesionada la matriz de micro hormigón, lo que provoca que no se genere una ruptura del elemento.

La fibra al presentar el pH neutro no afecta la resistencia en el micro hormigón, logrando una compatibilidad de los componentes. (Figura 28)

Las fibras de cabuya son una alternativa para sustituir las fibras sintéticas en adiciones del 0.5%, generando un material que reduce el impacto medio ambiental.

#### 5.4.3. Recomendaciones

Al emplear el mayor porcentaje de fibra de cabuya la trabajabilidad disminuye considerablemente, generando inconvenientes debido a que se crea burbujas de aire e inclusive los filos tienden a estropearse.

Debido a que la máquina es empleada de forma semiautomática la fuerza aplicada corresponde a 168 lbf en 15 seg de forma constante, debido a que es el tiempo mínimo al cual debe estar sometida la muestra.

La distancia entre apoyos debe ser igual o menor a 150 mm, considerado en la normativa para flexión de morteros.

La fibra utilizada se colocó en estado seco para evitar excedentes de agua y por ende una menor resistencia del elemento.

### 5.5. Ensayo Nro. 3. Tracción 0.3, 0.5 y 0.8 % fibra de cabuya

(Contreras et al., 2009), afirman que la fibra de cabuya presenta resultados favorables en cuanto al ensayo a la tracción, denotando la importancia de este material en posteriores ensayos.

Como aporte de la investigación se aplica ensayo a la tracción en el composite cementicio con adición de fibras para determinar la última resistencia. De tal manera que se dosificó de acuerdo a las siguientes tablas.

**Tabla 22. Dosificación para Ensayo a Tracción 0.3 % de Fibra**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Tracción					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
		m <sup>3</sup>			
U Medición	1m <sup>3</sup>	0.000514	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Cemento	0.203	0.00010	3080.00	0.32	321
Arena Sílice	0.143	0.00007	2550.00	0.19	187
Arena Gruesa	0.43	0.00022	2550.00	0.56	564
Agua	0.336	0.00017	1000.00	0.17	172.704
Fibra 0.3%					4
Aditivo 0.8%			1120.00		2.30
TOTAL					1249

**Elaboración:** El autor

**Tabla 23. Dosificación para Ensayo a Tracción 0.5 % de Fibra**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Tracción					
Materiales	Volumen	Volumen m <sup>3</sup>	Peso E.	Masa	Masa
U de medición	1m <sup>3</sup>	0.000514	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Cemento	0.203	0.00010	3080.00	0.32	321
Arena Sílice	0.143	0.00007	2550.00	0.19	187
Arena Gruesa	0.43	0.00022	2550.00	0.56	564
Agua	0.336	0.00017	1000.00	0.17	172.704
Fibra 0.5%					6
Aditivo 0.8%			1120.00		2.30
TOTAL					1251

Elaboración: El autor

**Tabla 24. Dosificación para Ensayo a Tracción 0.8 % de Fibra**

Dosificación de materiales para 9 especímenes Tracción					
Materiales	Volumen	Volumen m <sup>3</sup>	Peso E.	Masa	Masa
U de medición	1m <sup>3</sup>	0.000514	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr )
Cemento	0.203	0.00010	3080.00	0.32	321
Arena Sílice	0.143	0.00007	2550.00	0.19	187
Arena Gruesa	0.43	0.00022	2550.00	0.56	564
Agua	0.336	0.00017	1000.00	0.17	172.704
Fibra 0.5%					10
Aditivo 0.8%			1120.00		2.30
TOTAL					1255

Elaboración: El autor

- **Equipos y herramientas**

Balanza digital, recipientes, moldes para especímenes Probetas normalizadas, calibrador, mezcladora, tazón y paleta, apisonador, cronometro.

- **Materiales**

Cemento, arena sílice, arena gruesa, agua potable, aditivo plastificante BV 40, fibra de cabuya.

- **Procedimiento**

1. Para determinar la dosificación se calculó de acuerdo a  $0.000514 \text{ m}^3$  que corresponden a los moldes normalizados. Además de ello se colocó los materiales en la balanza electrónica para comprobar su peso. Posterior a ello se procedió a encerrar los moldes con aceite ante posibles inconvenientes en el desencofrado.
2. Se situó los materiales de acuerdo a la secuencia determinada en la NTE INEN 155, hasta conseguir una pasta homogénea. Así mismo la fibra de cabuya \ Se coloca la mezcla en los moldes hasta llegar a 1/2 del mismo, y después se realiza 12 compactaciones. Se repite el proceso hasta sobrepasar el molde y eliminar excedentes de mezcla con la espátula.

**Figura 46. Procedimiento para Ensayo de Tracción**



Elaboración: El autor

### 5.5.1 Resultados ensayos de tracción 0.3, 0.5, 0.8% de fibra

Los resultados de los ensayos a tracción se realizaron a los 7, 14 y 28 días de curado, cuyos resultados se evidencian en las tablas.

**Figura 47. Resultado Resistencia a la Tracción**

Elaboración: El autor

**Tabla 25. Resistencia a Tracción 7,14 y 28 sin Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MTSF1	3.9	4	5
MTSF2	4	4.1	5.1
MTSF3	4	4.2	5.3
Promedio	4	4.2	5.1

Elaboración: El autor

**Tabla 26. Resistencia a Tracción 7,14 y 28 días 0.3% de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MT1	3.4	3.6	4.5
MT2	3.6	3.8	4.7
MT3	3.6	4	5
MT promedio	3.5	3.8	4.7

Elaboración: El autor

**Tabla 27. Resistencia a Tracción 7,14 y 28 días 0.5% de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MT1	4.1	4.2	5.3
MT2	4.1	4.6	5.7
MT3	4	4.4	5.5
MT promedio	4.1	4.4	5.5

Elaboración: El autor

**Tabla 28. Resistencia a Flexión 7,14 y 28 días 0.8% de Fibra**

Resultados de Ensayos			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MT1	4.8	4	5
MT2	4.6	5.5	6.8
MT3	4.7	5.6	6
MT promedio	4.7	5	6

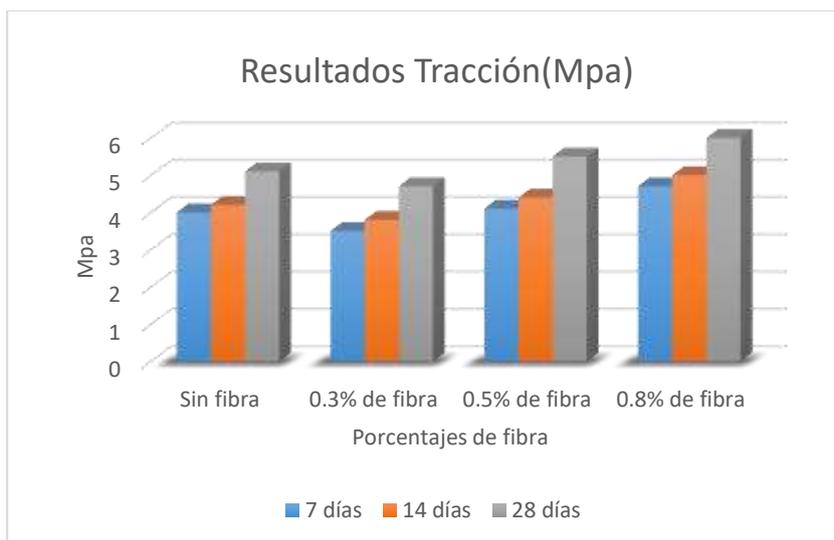
Elaboración: El autor

### 5.5.2. Comparaciones ensayos a tracción 0.3, 0.5, 0.8% de Fibra con respecto al peso Total

Según los estudios establecidos en la normativa ASTM C-190 acerca de ensayos a tracción, las resistencias a los 7 días sin adición de fibra fueron de 4 Mpa, mientras que con adición del 0.3% de fibra fue de 3.5 Mpa, Sin embargo, adiciones del 0.5% y 0.8% de fibra fueron superiores con 4.1 y 4.7 Mpa respectivamente.

De igual manera se apreció que la resistencia a los 14 días sin adición de fibra fue de 4.2Mpa y la resistencia con el 0.3% de fibra alcanzó 3.8 Mpa. Las adiciones de 0.5% y 0.8% son superiores con 4.4 Mpa y 5 Mpa.

Los especímenes sin adición de fibra a los 28 días corresponden a una resistencia mayor en comparación con la adición del 0.3%. Por otro lado, los porcentajes del 0.5% y 0.8% tuvieron mejor respuesta a la tracción, presentado 5.5 Mpa y 6 Mpa.

**Figura 48. Comparación de Resultados Tracción a los 7,14 y 28 Días**

Elaboración: El autor

### 5.5.3. Conclusiones

Las fibras de cabuya en adiciones del 0.3% y 0.5% mejoran las características mecánicas de la dosificación en los diferentes días de curado siendo la resistencia final de 5.5 y 6 Mpa, mientras que sin adición corresponde a 4 Mpa.

El porcentaje del 0.3% de adición de fibra presentó menor resistencia a los 7,14 y 28 días en comparación con las muestras que no contenían fibras de cabuya, denotando así que el uso de este porcentaje no contribuye a mejorar la tracción del micro hormigón.

La adición del 0.3% de fibra corresponde a una resistencia final de 3.5 Mpa, mientras que las adiciones del 0.5% y 0.8% es de 5.5 y 6 Mpa. De este modo se concluye que adiciones superiores a 0.5% contribuyen al ensayo (Tabla 27).

Después de ocurrida la ruptura de las muestras, la fibra de cabuya mantiene unida las dos partes, sin embargo, la rotura que presenta es considerable (Figura 47).

#### **5.5.4. Recomendaciones**

Se recomienda realizar e investigar los ensayos a tracción en morteros con adición de fibras, debido a la escasez de información acerca de este tema, con la finalidad de comprobar la resistencia de la fibra y su comportamiento final.

Es recomendable aplicar una fuerza de 1kn/s y esperar a que la precarga de la máquina empiece a ejercer fuerza en el elemento, para realizar el ensayo de forma eficaz.

Emplear moldes de metal debido a que en la madera se dificulta sacar las muestras debido a la forma que presenta, el cual puede estropearla e inclusive fracturarla.

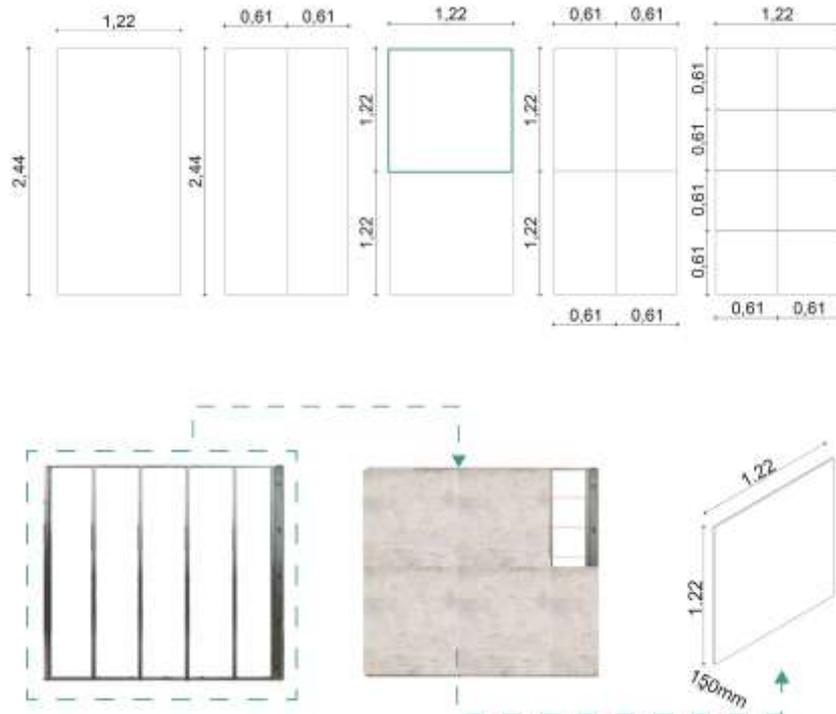
#### **5.6 Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya**

Debido a los resultados comparativos obtenidos de los diferentes porcentajes de adiciones de fibras vegetales a ensayos de compresión, (Figura 42), ensayos a flexión (Figura 45) y ensayos a tracción (Figura 48), es pertinente debido a las características mecánicas y de trabajabilidad, que la dosificación del panel corresponda a porcentajes de adición de fibra en un 0.5%.

De tal manera que los diseños de los paneles de micro hormigón corresponden a dimensiones referenciales investigadas como fibrocemento y el cartón yeso.

Además de ello el diseño conlleva el empleo del sistema drywall facilitando su construcción y anclaje. De este modo las medias corresponden a 1200 mmx1200mmx150mm respectivamente.

**Figura 49. Dimensiones del Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya a los 7,14 y 28 Días**



Elaboración: El autor

### 5.7. Dosificación Muestras de Ensayo

Según la Normativa NTE INEN 8336 acerca de placas de fibrocemento (**Figura 25**) establece que la dimensión entre apoyos es de 150 mm para ensayos a flexión, y las dimensiones recomendadas corresponden a 250mmx250mm o se debe ajustar de acuerdo a la máquina de laboratorio. De tal manera que las dimensiones para muestras de ensayos a flexión corresponden a 200mmx200mmx15mm. Sin embargo, son muestras de la dosificación del diseño del panel, el cual no provoca que los resultados sufran cambios.

Además de ello la resistencia establecida en la normativa recomienda que las rupturas se generen a los 7 y 14 días, deduciendo que la resistencia a los 28 días se calcula mediante la proyección de materiales compuestos de cemento.

**Tabla 29. Dosificación para Panel de Micro Hormigón de 200x200x150mm**

Dosificación de materiales para 3 muestras de panel					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
	1m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr)
Un. de medición		0.0018			
Cemento	0.203	0.00037	3080.00	1.13	1125
Arena Sílice	0.143	0.00026	2550.00	0.66	656
arena Gruesa	0.43	0.00077	2550.00	1.97	1974
Agua	0.336	0.00060	1000.00	0.60	605
Fibra 0.5%					21
Aditivo 0.8%			1120.00		8
<b>TOTAL</b>					<b>4381</b>

Elaboración: El autor

- **Equipos y herramientas**

Recipientes, moldes para especímenes, paleta, apisonador, cronometro.

- **Materiales**

Cemento, arena sílice, arena gruesa, agua potable, aditivo plastificante BV 40, fibra de cabuya.

- **Procedimiento**

1. Se procedió a aceitar los moldes de 200x200x15mm, de tal manera que no presenten inconvenientes para obtener la muestra. Por consiguiente, la colocación de los materiales (Agua, cemento, arena sílice, Arena Gruesa, Plastificante Bv40), continuamente del mezclado.
2. Se ubicó la fibra de cabuya en la mezcla y se procedió a continuar mezclando hasta llegar a una mezcla homogénea.
3. A continuación, la mezcla fue colocada en los moldes, hasta llegar a ½ del mismo, se varillo para eliminar bolsas de aire e igualmente se apisonó.
4. Se repitió el proceso de mezcla y se procedió a eliminar excedentes de material con la llana metálica.

**Figura 50. Procedimiento para Muestras de Panel de Micro Hormigón a los 7,14 y 28 Días**



Elaboración: El autor

### 5.7.1. Resultados Ensayos de Flexión 0.5% de Fibra

**Figura 51. Resultado Resistencia a la Flexión del Panel a los 7,14 y 28 Días**



Elaboración: El autor

**Tabla 30. Resistencia a Flexión de panel 7, 14 y 28 Días**

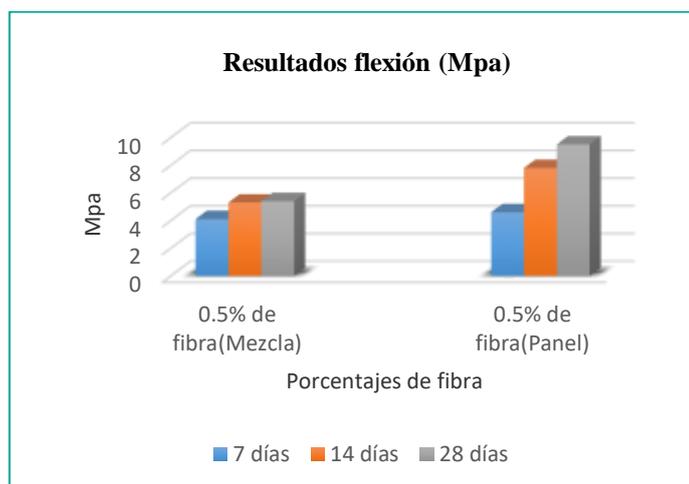
Resultados de Ensayos muestra panel			
Muestras	7 días Mpa	14 días Mpa	28 días Mpa.
MF1	4.8	7.7	9.6
MF2	4.4	7.8	9.8
MF3	4.6	7.8	9.8
Promedio	4.6	7.8	9.6

Elaboración: El autor

### 5.7.2. Comparación Resistencia a la Flexión, (Mezcla-Panel)

La resistencia a los 7 días corresponde a 4.6 Mpa y a los 14 días de 7.6 Mpa, cumpliendo con la normativa NTE INEN 8336. Además, su proyección a los 28 días de elementos cementicios corresponde a 9.6 Mpa, siendo superior a las resistencias de la mezcla en todos los días de curado en comparación con la mezcla (**Tabla 16**), cuyo resultado a los 28 días corresponde a 5.4 Mpa.

**Figura 52 . Comparación Resistencia Mezcla y Panel  
a los 7,14 y 28 Días**



Elaboración: El autor

### 5.7.3. Conclusiones

Las resistencias de los paneles de micro hormigón a los 7 días corresponden a un promedio final de 4.6 Mpa, a los 14 días 7.6 Mpa, mientras que la proyección a los 28 días es de 9.6 Mpa.

Las resistencias de los paneles de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya a los 14 días corresponden a 7.6, cumpliendo con la normativa NTE INEN 8336 acerca de las placas de fibrocemento, la cual establece como resistencia mínima 7 Mpa.

Los paneles de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya se clasifican en la categoría C, clase 2 destinados a aplicaciones interiores como paredes interiores, pisos y contra pisos de baldosa, donde pueden estar sometidas al calor y humedad. Pero no a heladas.

Al ocurrir la ruptura el elemento presentó un fisuramiento y un pandeo en la parte central, sin embargo, la adición del 0.5% de adición de fibra provocó que la muestra se mantenga cohesionada. (Figura 51)

Los paneles presentaron mejor respuesta a los ensayos de flexión con respecto a la dosificación del 0.5 % de fibra de cabuya.

### 5.7.4. Recomendaciones

Después de la colocación de la dosificación en los moldes, se debe mezclar nuevamente para evitar errores entre las muestras.

Al colocar la muestra en la máquina semiautomática Marshall, se debe aplicar una fuerza constante hasta el momento de rotura. El ensayo debe ser en un lapso mayor a 15 seg. Es recomendable trabajar con moldes de madera resistente al agua o con metal debido a que al estar en contacto con el agua se empieza a deformar.

### 5.8. Elaboración de Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya 1200x1200x15mm

De acuerdo resultados obtenidos en las muestras de 200x200x15mm (Tabla 30), reglamentarias para ensayos de flexión, el diseño del panel corresponde a la composición de cemento tipo GU, arena sílice, arena gruesa, aditivo sika plastificante Bv40, agua, fibra de cabuya (0.5% del peso total en estado seco).

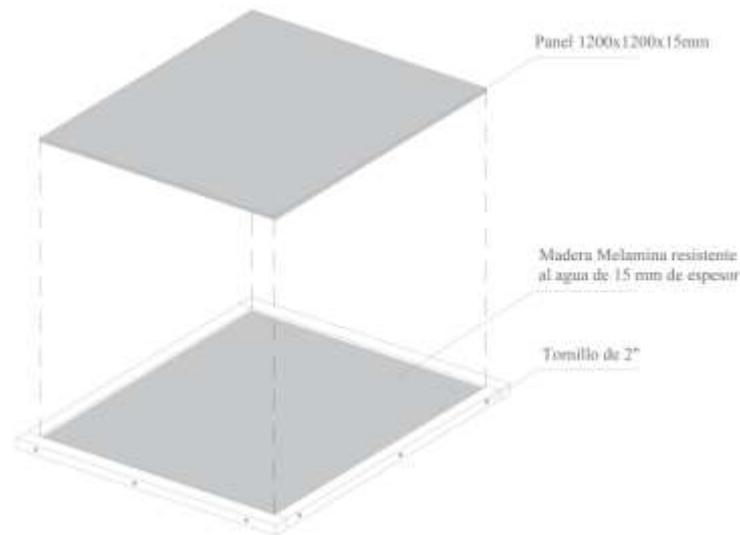
**Tabla 31. Dosificación Panel de 1200x1200x15 mm a los 7, 14 y 28 Días**

Dosificación de materiales para panel de micro hormigón					
Materiales	Volumen	Volumen	Peso E.	Masa	Masa
Un. de medición	1m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	(kg m <sup>3</sup> )	(kg)	(Gr)
Cemento	0.203	0.00438	3080.00	13.51	13505
Arena Sílice	0.143	0.00309	2550.00	7.88	7876
Arena Gruesa	0.43	0.00929	2550.00	23.68	23684
Agua	0.336	0.00726	1000.00	7.26	7258
Fibra 0.5%					261
Aditivo 0.8%			1120.00		96.47
TOTAL					52585

Elaboración: El autor

Además de ello el diseño de es necesario que la construcción del molde sea la correcta, es así que se diseñó en base a los requerimientos de la fundición, es decir se compone de madera melanina resistente al agua de 15mm y tornillos de 2'' para facilitar el desmontaje final.

**Figura 53. Diseño de Molde en Fundición del Panel**



**Elaboración:** El autor

- **Equipos y herramientas**

Balanza digital, recipientes, moldes para especímenes Probetas normalizadas, paleta, apisonador, cronometro.

- **Materiales**

Cemento, arena sílice, arena gruesa, agua potable, aditivo plastificante BV 40, fibra de cabuya.

- **Procedimiento**

1. Se procedió a aceitar el molde de 1200x1200x150 mm , para después generar la mezcla en base de la tabla establecida durante 10 min de tal manera que la dosificación sea lo más homogénea posible.
2. Se procedió a colocar la mezcla en el molde, con el objetivo de distribuir y llenar  $\frac{1}{2}$  del molde y así poder apisonar y eliminar bolsas de aire. Por consiguiente, se completó la fundición y se repitió el procedimiento hasta eliminar excedentes de material mediante la regla metálica.

**Figura 54. Procedimiento Panel de Micro Hormigón**



Elaboración: El autor

### 5.8.1. Resultados Panel de Micro Hormigón 1200x1200x15mm

**Figura 55. Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya**



Elaboración: El autor

### 5.8.2. Textura Panel

La textura del panel de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya se debe al diseño anticipado del molde (**Figura 53**).

**Figura 56. Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya**



Elaboración: El autor

## 5.9 Ensayos de Campo

Los ensayos de campo son una parte complementaria de las pruebas antes realizadas, debido a que en los paneles prefabricados se puede generar cortes y perforaciones para ser colocados en el sistema drywall. Igualmente pueden ser sometidos a la humedad e impactos.

### 5.9.1. Ensayo al Corte del Panel.

- **Equipos y herramientas**

Amoladora, Disco de corte

- **Materiales**

Panel de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya

- **Procedimiento**

1. Colocar adecuadamente el disco de corte en la amoladora para el ensayo de corte.
2. Se procedió a señalar y realizar el corte de manera simétrica de acuerdo a recomendaciones establecidas en los fibrocementos.
3. Se realizó dos cortes en los extremos de panel debido a las dimensiones.
4. Resultado final del panel cortado, cuyas dimensiones corresponden a 610mmx1220mm, logrando ser así un material resistente al corte y con la posibilidad de realizar diferentes cortes para su empleo.

**Figura 57. Procedimiento Corte Panel de Micro Hormigón**



**Elaboración:** El autor

### 5.9.2 Ensayo Impacto.

De acuerdo a investigaciones la prueba de impacto se realizó de forma empírica basándose en la NTE 1227, siendo un ensayo no normalizado, cuya finalidad fue analizar visualmente el comportamiento de la placa de micro hormigón ante diferentes pesos.

- **Procedimiento**

1. Colocar el peso de 300gr a una distancia de 1.5 m de la placa.
2. Colocar el elemento cuyo peso corresponde a 5000gr a 1.5 m de la placa y dejar caer.

- **Resultados**

En el primer ensayo se evidenció que al dejar caer el material cuyo peso fue de 300gr, la placa de fibrocemento se mantiene intacta o simplemente con una mancha.

Al dejar caer un peso de 2000gr en la placa de fibrocemento ocurre fisura miento y pandeo de la placa, siendo una desventaja en este material.

**Figura 58. Ensayos de Impacto en el Panel**



Elaboración: El autor

### 5.9.3 Ensayo Perforación

Para la investigación el empleo de taladro es fundamental para sujetar el material a una estructura, es por ello que se realizó la prueba de perforación, para determinar su comportamiento visualmente.

- **Procedimiento**

1. Materiales: Taladro, broca (depende del tipo de uso que vaya a cumplir).
2. El panel debe estar sujeto a distintos apoyos nivelados. Se colocó el taladro de forma perpendicular al panel y se aplica fuerza hasta la perforación del panel
3. Resultado final de la perforación del panel

En los resultados finales se evidenció que no presenta fisuras ni agrietamientos, por lo que es recomendable para el empleo en mampostería interior.

**Figura 59. Ensayos de Perforación**



**Elaboración:** El autor

#### 5.9.4. Permeabilidad del Panel

El ensayo de permeabilidad establece como requerimiento el ensayo de permeabilidad a paneles de fibrocemento de las categorías A, B y C, siendo así indispensable el presente ensayo.

- **Procedimiento**

1. Aplicar una cantidad especificada de agua a la cara superior de una probeta de lámina situada horizontalmente por un período de tiempo prescrito. El examen visual de la probeta de ensayo determina el cumplimiento de los requisitos de la norma.

- **Resultados**

Se evidenció que, transcurrido las 24 horas colocado en agua, en el panel no mostro gotas de agua en las superficies, sino que simplemente el elemento absorbió el agua, cumpliendo así con la normativa establecida de fibrocementos clase A, B Y C.

**Figura 60. Ensayos Permeabilidad**



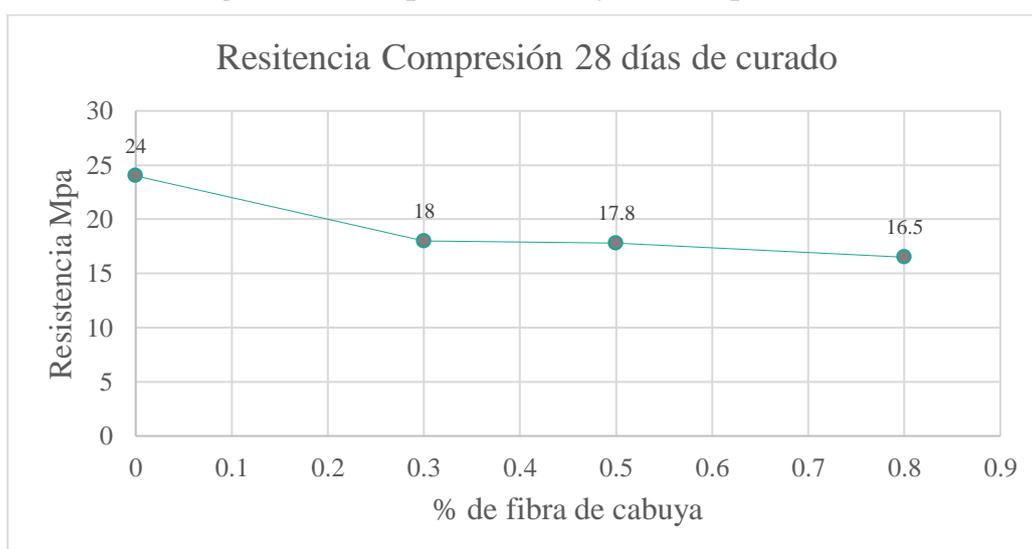
Elaboración: El autor

## 5.10. Discusión de Resultados

- **Ensayos a Compresión**

El resultado de los ensayos a compresión a los 28 días de curado se evidencia que la resistencia es inferior a la que no cuenta con fibras. La muestra sin adición de fibra corresponde a 24 Mpa (Tabla 11) mientras que las adiciones de 0.3%, 0.5% y 0.8% de adición de fibra con respecto al peso total obtuvo 18 Mpa (Tabla 12), 17.8 (Tabla 13) y 16.5 Mpa (Tabla 14).

**Figura 61. Comparación ensayos a compresión 28 días**

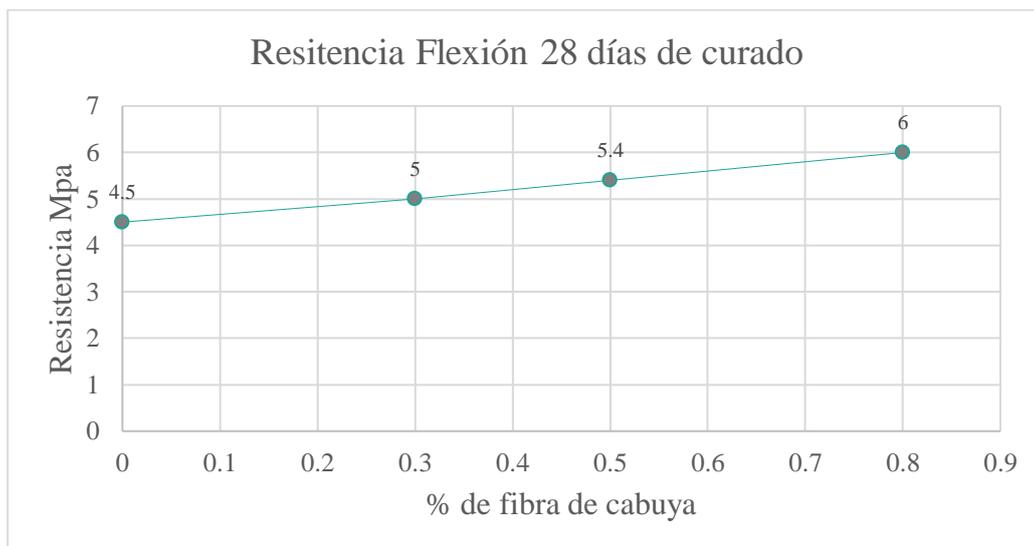


Elaboración: El autor

Las mejores dosificaciones con adición de fibra corresponden a porcentajes de 0.3% y 0.5%, debido a que la resistencia con la adición de 0.8% es menor a los 7,14 y 28 días. Además de ello trabajabilidad se reduce considerablemente

- **Ensayos a Flexión**

Por el contrario, las resistencias obtenidas con adiciones del 0.3%, 0.5%, 0.8% de fibra de cabuya mejoran las características de flexión a los 7,14 y 28 días de curado, en comparación a elementos que no contienen fibras, con resultados 5 Mpa (Tabla 19), 5.4 Mpa (Tabla 20) y 6 Mpa respectivamente (Tabla 21), mientras que sin adición de fibra corresponde a 4.5 Mpa (Tabla 18).

**Figura 62. Comparación Ensayos a Flexión 28 Días**

Elaboración: El autor

Se evidencia que la adición progresiva de fibra aumenta la resistencia a la flexión, además que los elementos después de la ruptura mantienen unido el elemento y la fisura que se genera es mínima. Denotándose así que la fibra contribuye a reducir y controlar los agrietamientos (**Figura 45**).

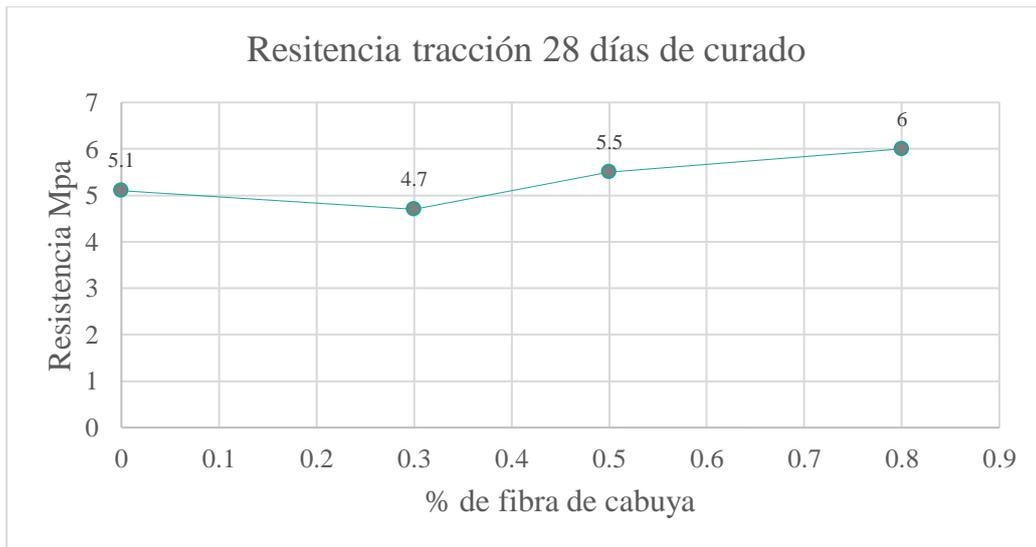
- **Ensayos a Tracción**

Los resultados expuestos en la (**Figura 48**), evidencian que el uso de fibra de cabuya en adiciones de 0.5% y 0.8% adquieren una mejor resistencia a los 7, 14 y 28 días en comparación a los que no cuentan con las fibras de cabuya. Pero adiciones del 0.3% de fibra no superan en ninguno de los días de curado a los ensayos sin fibra.

Las muestras resultantes a los 28 días sin adición de fibra corresponden a 5.1 Mpa (**Tabla 25**), mientras que adiciones del 0.3%, 0.5% y 0.8% de fibra fueron de 4.7 Mpa (**Tabla 26**), 5.5 Mpa (**Tabla 26**) y 6 Mpa (**Tabla 28**).

Después de la ruptura de las muestras se examinó el comportamiento de la fibra de cabuya en el composite cementicio, denotando que a pesar el elemento no se fragmenta la ruptura del mismo es bastante evidente.

**Figura 63. Comparación Ensayos Tracción 28 Días**

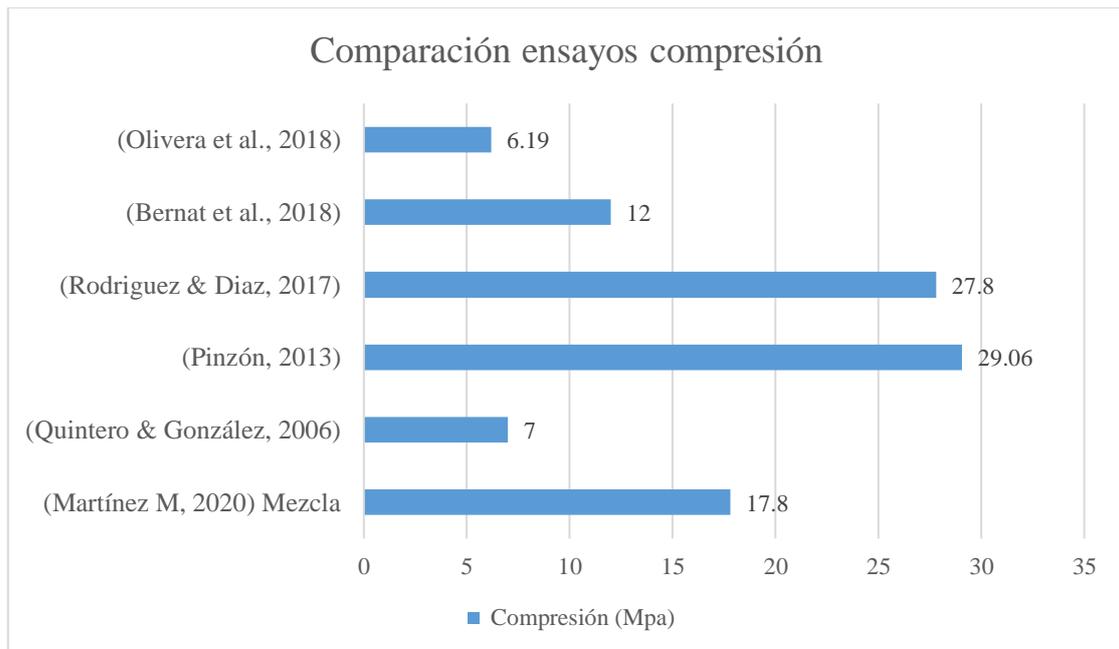


Elaboración: El autor

#### **5.10.1. Comparaciones Investigaciones y Propuesta (0.5% de Adición de Fibra)**

- **Comparativa Ensayo a Compresión**

Los resultados expuestos son similares a (Olivera et al., 2018) con resistencia de 6.19 Mpa, (Rodríguez & Díaz, 2017) 27.8 Mpa y (Bernat et al., 2018) 12Mpa. (Quintero & González, 2006), donde afirman que el uso de fibra vegetal reduce la resistencia debido a que se presenta disminución a la compresión. Pero por otro lado es diferente a (Pinzón, 2013), debido a que la resistencia con adición de fibras aumenta en 1.5% con un resultado final de 29.06 Mpa.

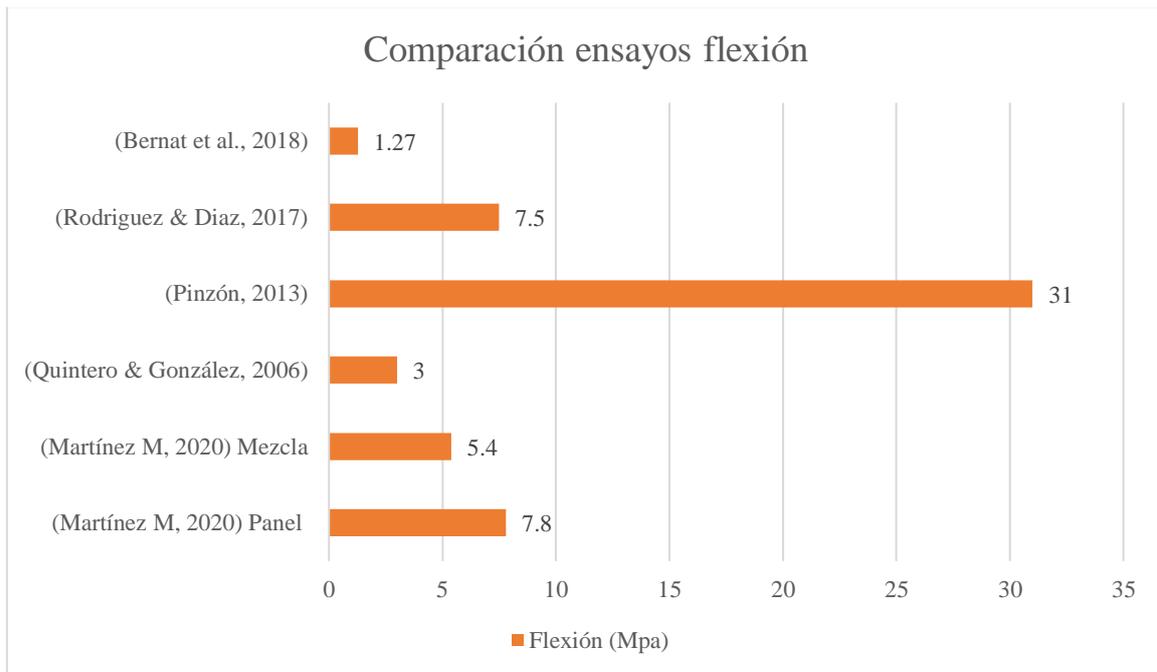
**Figura 64. Comparación Propuesta y Estado del Arte, Ensayos a Compresión**

**Elaboración:** El autor

- **Comparativa Ensayo a Flexión**

Los resultados obtenidos son equivalentes a (Rodriguez & Diaz, 2017) 7.5 Mpa, (Quintero & González, 2006) 3 Mpa, (Bernat et al., 2018) 1.27 Mpa y (Pinzón, 2013) 31 Mpa, donde se afirma que la adición de fibras contribuye positivamente la resistencia a la flexión y es una alternativa para reducir el impacto ambiental y el costo económico. También el diseño del panel de micro hormigón cumple con las normativas de flexión superando la mayoría de las investigaciones, incluidas las de la mezcla de la investigación.

**Figura 65. Comparación Propuesta y Estado del Arte, Ensayos a Flexión**

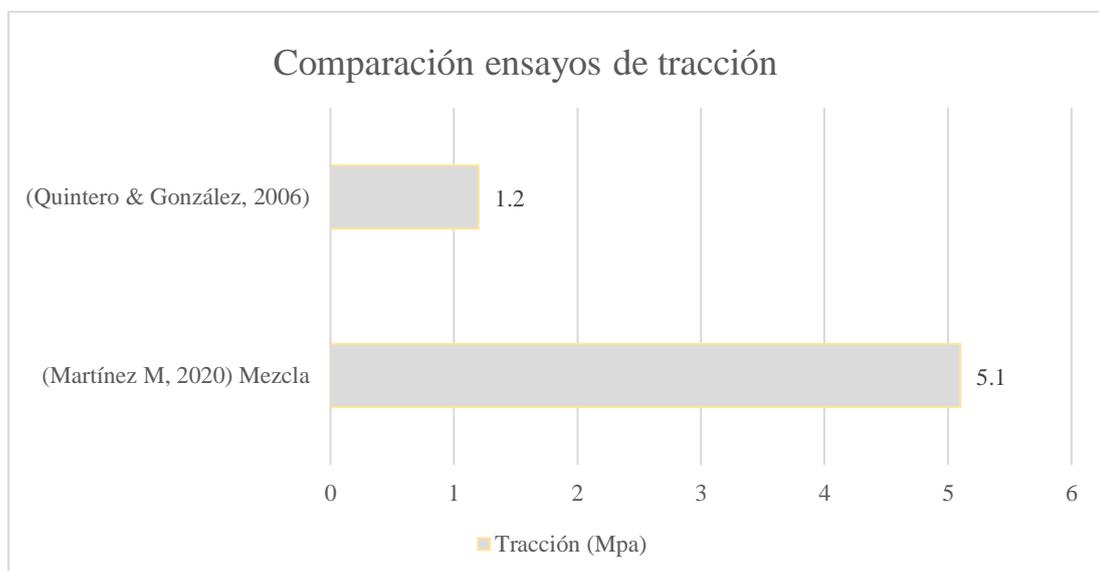


Elaboración: El autor

- **Comparativa Ensayo a Tracción**

Por tanto, la investigación es similar a la realizada por (Quintero & González, 2006) 1.2 Mpa debido a que las fibras contribuyen a mejorar la tensión en los morteros de cemento. Sin embargo, la mayoría de trabajos investigados no cuentan con este ensayo.

**Figura 66 . Comparación Propuesta y Estado del Arte, Ensayos a Tracción**



Elaboración: El autor

Cabe recalcar que investigaciones de (Rodríguez & Díaz, 2017) (Quintero & González, 2006), presentan valores más altos de resistencia debido a que se emplea árido de mayor dimensión, enfocado a refuerzo estructural.

### 5.10.2. Tabla comparativa de Fibrocemento, Cartón yeso y Panel de Micro Hormigón Reforzado con Fibras de Cabuya.

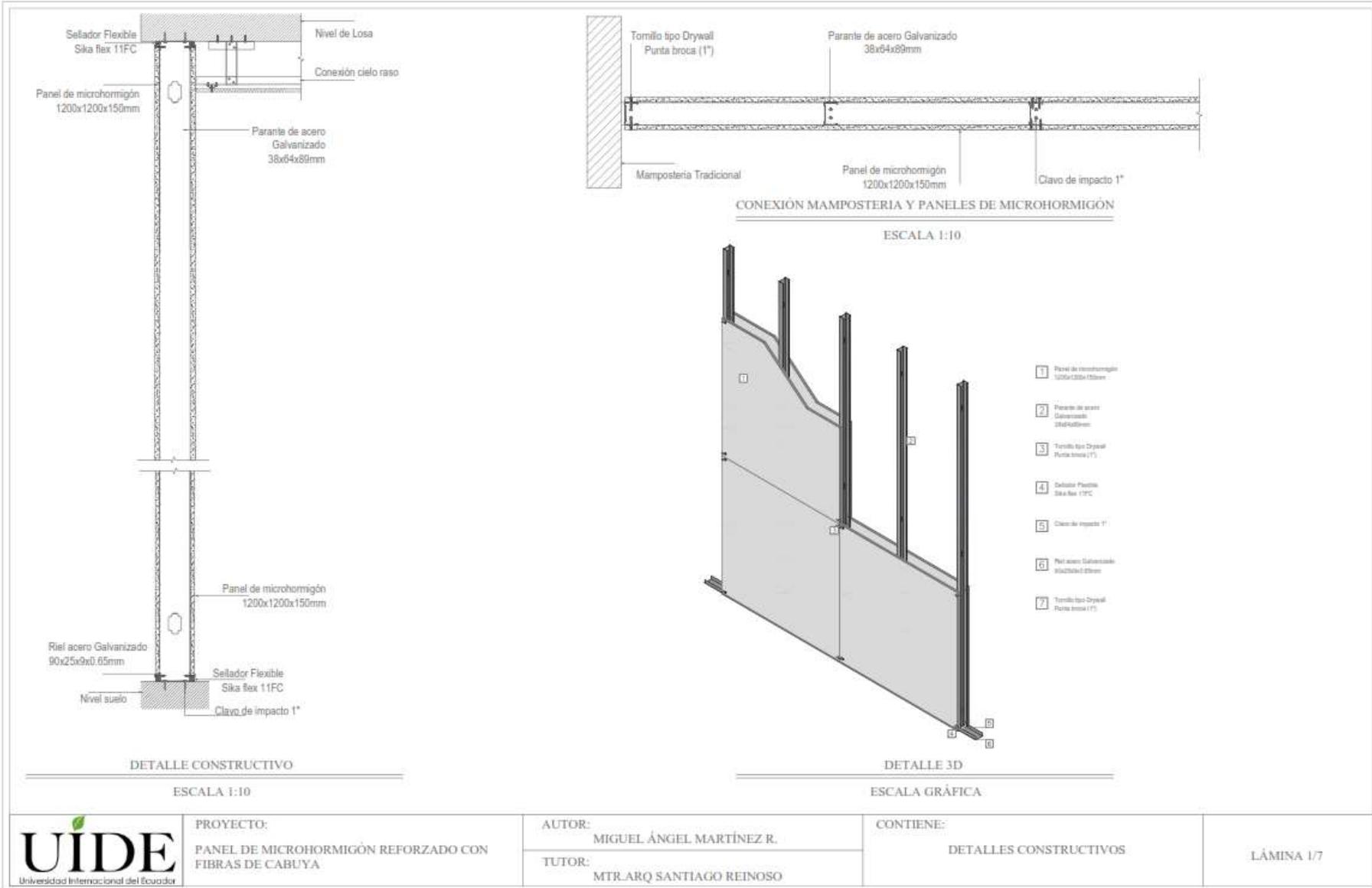
La presente tabla comparativa se basa en el análisis referencial de materiales de acuerdo al diseño (Tabla 3).

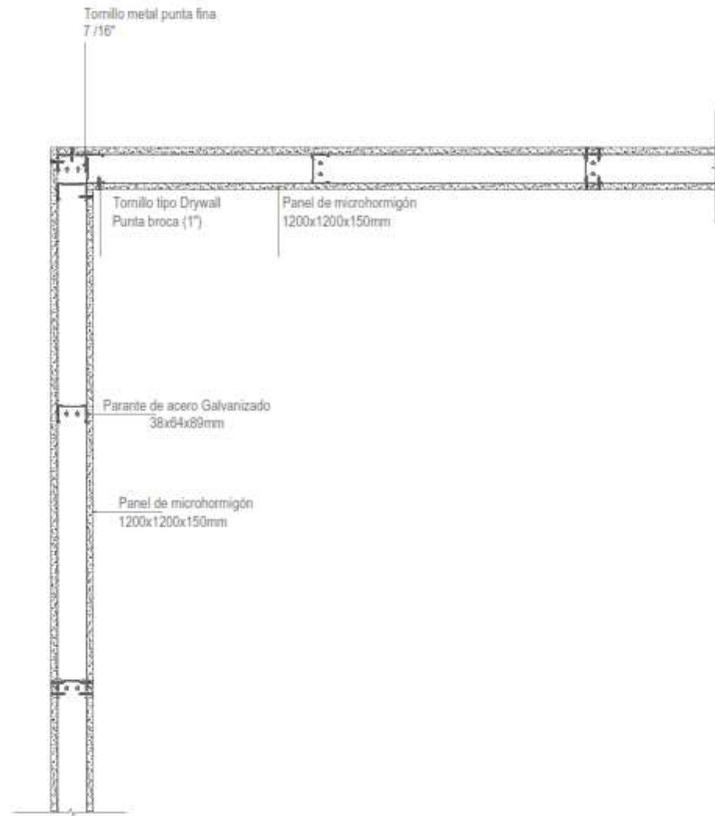
**Tabla 32. Comparaciones de Prefabricados**

Comparación de paneles prefabricados			
Material referencial	Fibrocemento	Cartón yeso	Propuesta Panel
Dimensiones (mm)	2400x1200mm	2400x1200mm	1200x1200 mm
Espesor (mm)	10mm	12.7 mm	15 mm
Peso (Kg)	44.35 Kg	28.50 Kg	41.30 Kg
Resistencia flexión (Mpa)	8 Mpa	4.8 Mpa	7.8 Mpa
Costo económico (m2)	10.27\$	3.5 \$	6.24 \$
Estructural	Revestimiento	X	X
	Estructural		
Trabajabilidad	Corte	X	X
	Perforación	X	X
Acabados	Liso	X	X
	Rugoso		
Producción	Artesanal		X
	Industrial	X	X

Fuente: El autor

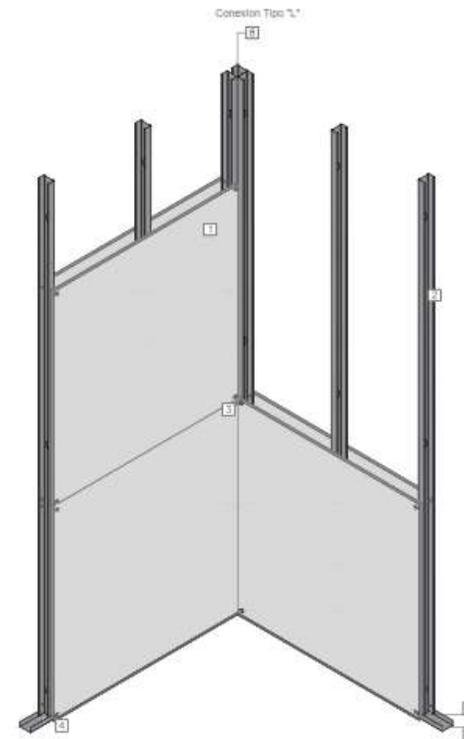
5.10.3 Detalles constructivos





CONEXIÓN TIPO L

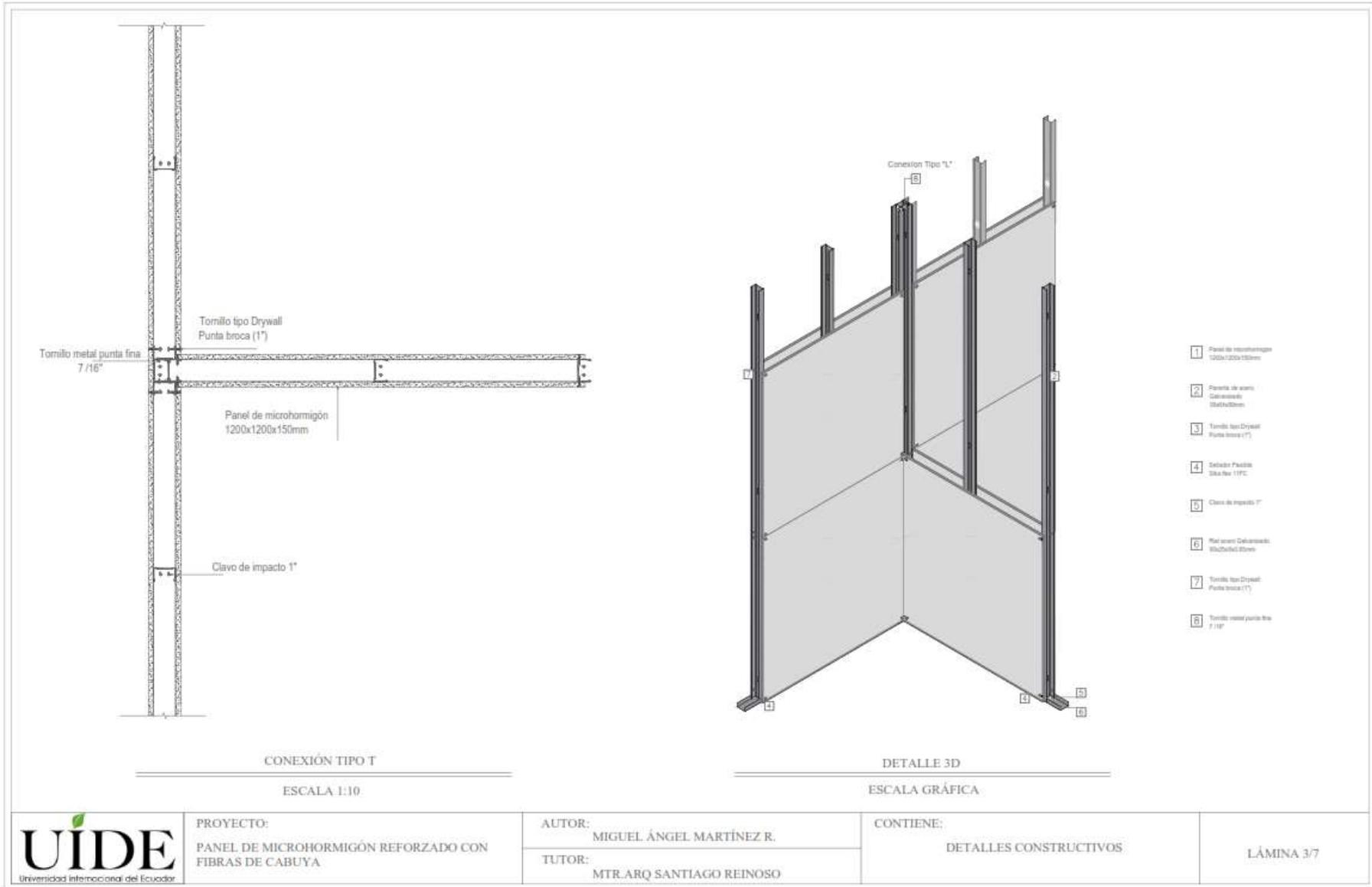
ESCALA 1:10

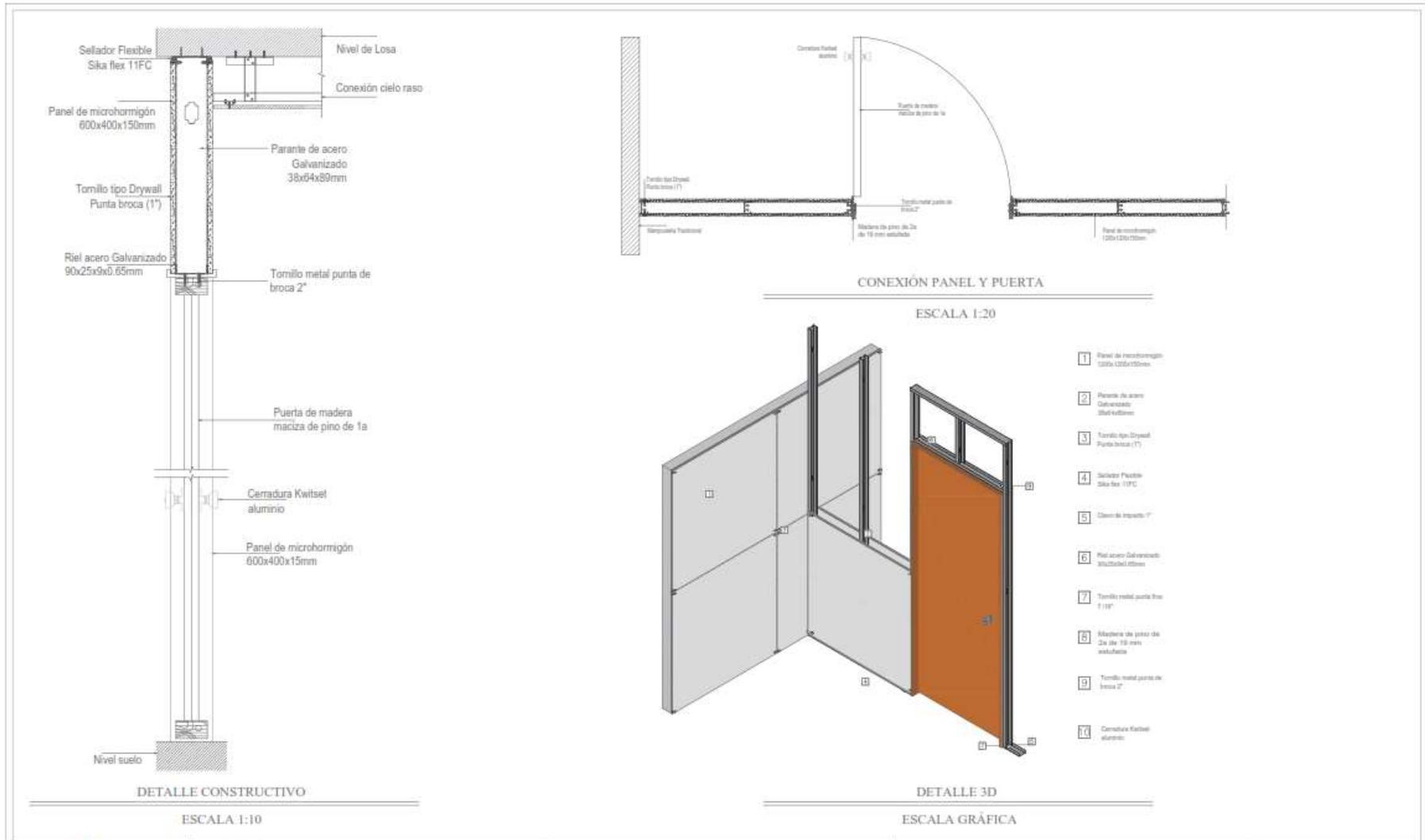


- 1 Panel de microhormigón 1200x1200x150mm
- 2 Parante de acero Galvanizado 38x64x99mm
- 3 Tornillo tipo Drywall Punta broca (1")
- 4 Tornillo Puntos 3/16x3x117C
- 5 Codo de acero 1"
- 6 Placa acero galvanizado 20x20x0,8x25mm
- 7 Tornillo tipo Drywall Punta broca (1")
- 8 Tornillo metal punta fina 7/16"

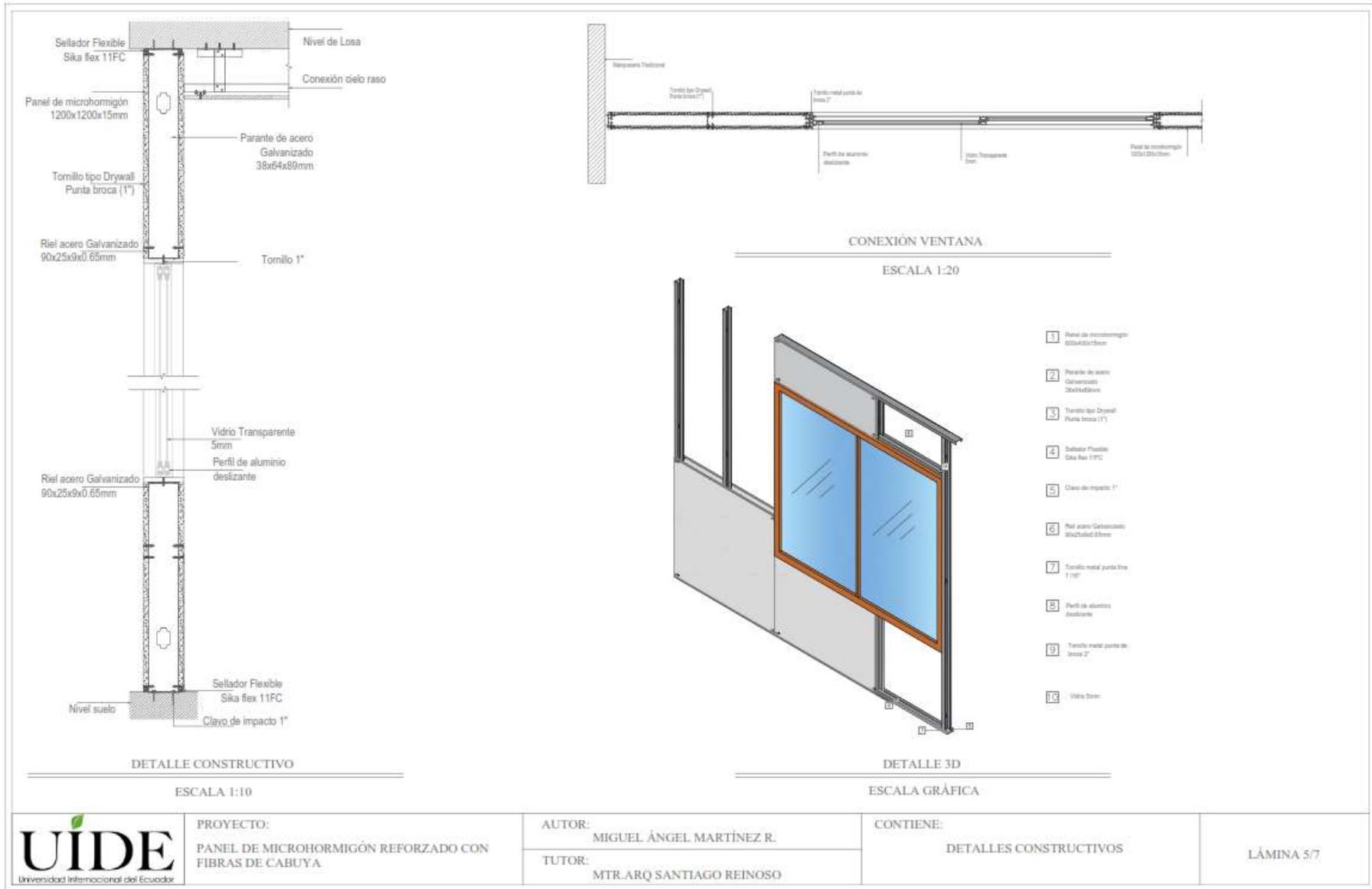
DETALLE 3D

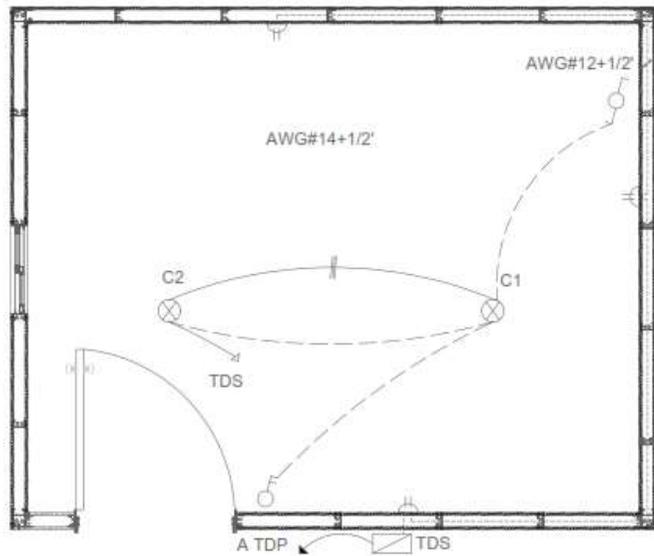
ESCALA GRÁFICA





 <p><b>UIDE</b> Universidad Internacional del Ecuador</p>	<p>PROYECTO: PANEL DE MICROHORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE CABUYA</p>	<p>AUTOR: MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ R.</p>	<p>CONTIENE: DETALLES CONSTRUCTIVOS</p>	<p>LÁMINA 4/7</p>
	<p>TUTOR: MTR.ARQ SANTIAGO REINOSO</p>			



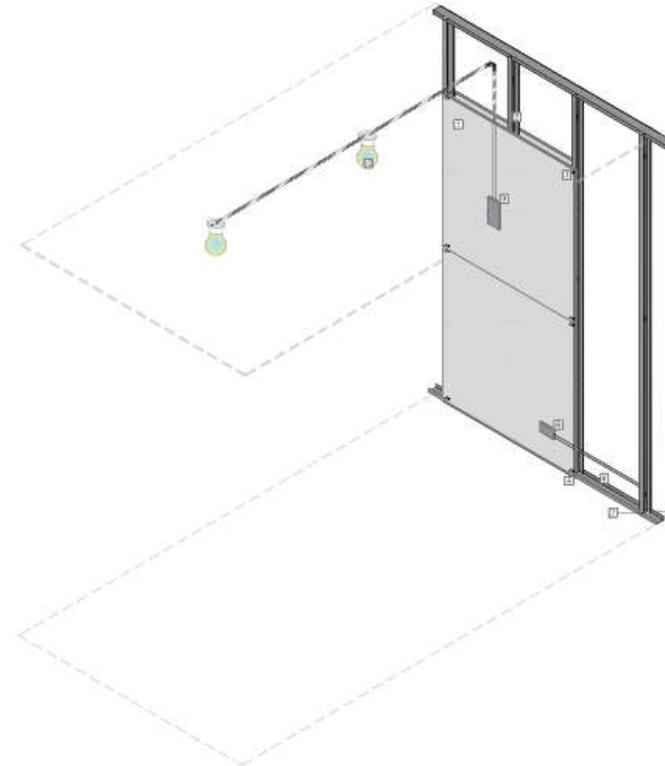


**SIMBOLOGÍA**

	Red de iluminación #14AWG+1/2'
	Línea de encendido #14AWG+1/2'
	Red de tomacorrientes AWG2x#10+1x#12
	Punto de luz
	Interruptor Doble
	Conmutador
	Tomacorriente
	Tablero de distribución secundario

**PLANTA INSTALACIONES**

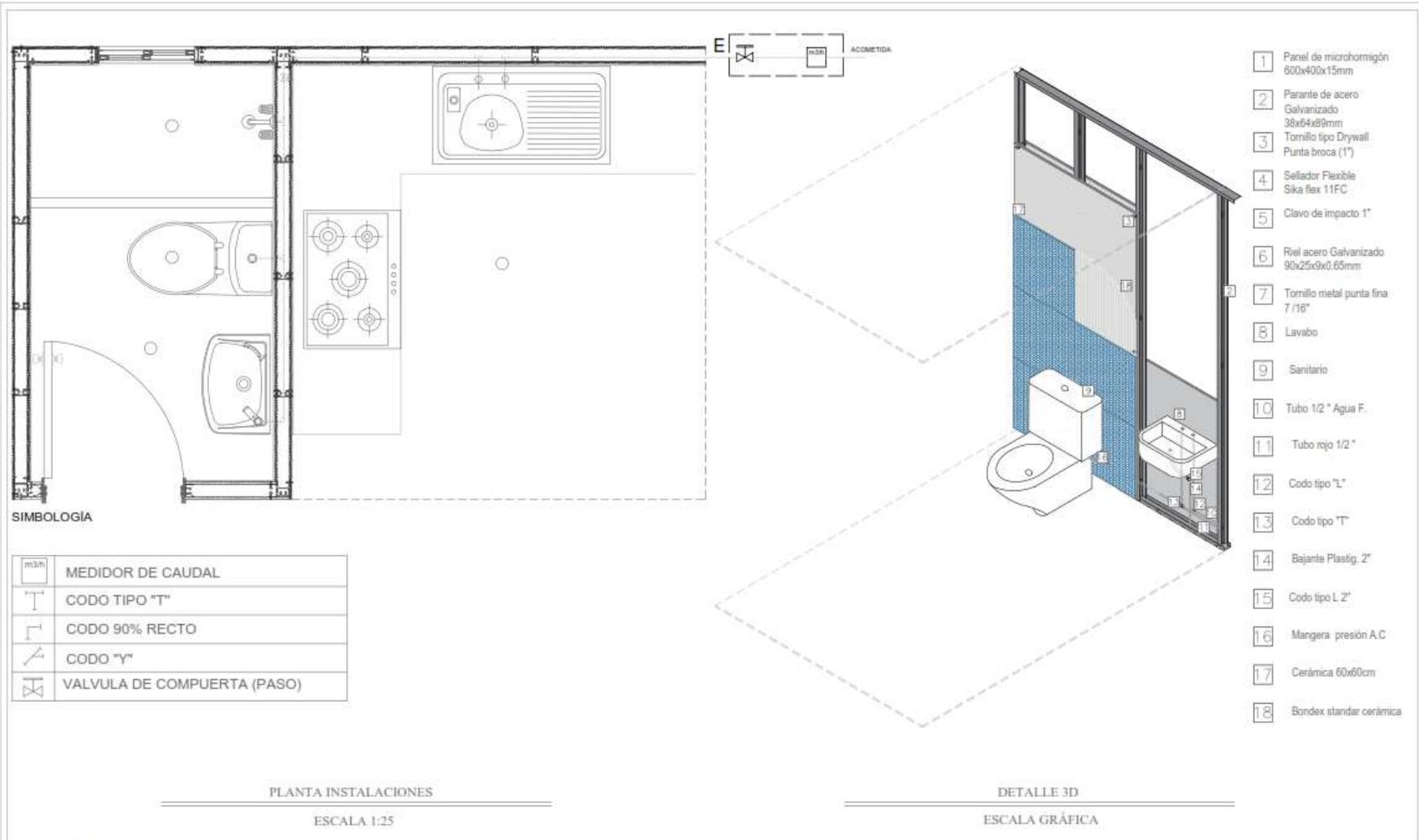
ESCALA 1:25



- 1 Panel de microhormigón 120x120x15cm
- 2 Panel de acero galvanizado 30x40x0,8mm
- 3 Torno tipo Dorsell Punto única (1")
- 4 Solador Plástico 30x40x1,5PC
- 5 Clavo de impacto 1"
- 6 Perfil acero galvanizado 30x40x0,8mm
- 7 Torno metal punta fina 7/16"
- 8 Tomacorriente
- 9 Interruptor simple
- 10 Pomo

**DETALLE 3D**

ESCALA GRÁFICA



**SIMBOLOGIA**

	MEDIDOR DE CAUDAL
	CODO TIPO "T"
	CODO 90% RECTO
	CODO "Y"
	VALVULA DE COMPUERTA (PASO)

- 1 Panel de microhormigón 600x400x15mm
- 2 Parante de acero Galvanizado 38x64x89mm
- 3 Tornillo tipo Drywall Punta broca (1")
- 4 Sellador Flexible Sika flex 11FC
- 5 Clavo de impacto 1"
- 6 Riel acero Galvanizado 90x25x9x0.65mm
- 7 Tornillo metal punta fina 7/16"
- 8 Lavabo
- 9 Sanitario
- 10 Tubo 1/2" Agua F.
- 11 Tubo rojo 1/2"
- 12 Codo tipo "L"
- 13 Codo tipo "T"
- 14 Bajante Plástig. 2"
- 15 Codo tipo L 2"
- 16 Manguera presión A.C
- 17 Cerámica 60x60cm
- 18 Bondex standar cerámica

PLANTA INSTALACIONES  
ESCALA 1:25

DETALLE 3D  
ESCALA GRÁFICA

<p><b>UIDE</b> Universidad Internacional del Ecuador</p>	<p>PROYECTO: PANEL DE MICROHORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE CABUYA</p>	<p>AUTOR: MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ R.</p>	<p>CONTIENE: DETALLES CONSTRUCTIVOS</p>	<p>LÁMINA 7/7</p>
	<p>TUTOR: MTR.ARQ SANTIAGO REINOSO</p>	<p>TUTOR: MTR.ARQ SANTIAGO REINOSO</p>		

## Conclusiones

De acuerdo a los ensayos realizados en la presente investigación, se obtiene las siguientes conclusiones

- La planta denominada científicamente como *furcraea Andina* o cabuya está presente en toda la cordillera andina y ciertas partes de la costa de Ecuador, denotando así una materia prima que se encuentra localmente, su producción se da de forma perenne y cuenta con gran capacidad de adaptación a los diferentes medios ambientales.
- Las fibras de cabuya cuentan con tejidos helicoidales que aportan positivamente a las características físicas de resistencia, principalmente a la tensión, elasticidad y elongación.
- Las fibras de cabuya al ser un material que presenta el ph ácido de 7, se considera un material neutro que no afecta la mezcla del micro hormigón y el hormigón, por ende, es apto para el empleo en dosificaciones.
- Una vez seca la fibra de cabuya en temperatura ambiental se colocó en la estufa de laboratorio donde se concluyó que esta presenta una pérdida de peso de aproximadamente el 2.27%.
- El presente trabajo investigativo considera que la fibra de cabuya es una alternativa sostenible la cual permite el desarrollo de diferentes elementos arquitectónicos, mamposterías interiores e inclusive recubrimientos que no involucren cargas estructurales ni de esta índole.
- Las adiciones de la fibra de cabuya influyen en las características de la mezcla en estado fresco, debido a que en el ensayo que se realizó mediante el cono de abrams, se concluye que porcentajes mayores al 1% de fibra con respecto al peso total, reducen considerablemente la trabajabilidad y resistencia. Siendo así que las dosificaciones que se ensayaron corresponden al 0.3%, 0.5% y 0.8% de fibra con respecto al peso total.
- La dosificación resultante para el desarrollo del micro hormigón cumple con las normativas de trabajabilidad y consistencia, la cual se determina mediante la selección correcta del módulo de finura de la arena y una relación de A/C del 0.5.

- De acuerdo a los resultados ensayados en el laboratorio se puede concluir que las adiciones de fibras de cabuya aumentan la resistencia a la compresión en porcentajes del 0.3% y 0.5% del peso total en relación a los especímenes que no cuentan con fibras. Sin embargo, la adición progresiva de las mismas reduce la resistencia a la compresión.
- La mezcla realizada y las fibras de cabuya mantienen una buena compatibilidad, manteniendo cohesionada la muestra después de la ruptura. Además de ello reducen el peso del elemento considerándolo como un mortero ligero.
- En las adiciones del 0.3%, 0.5% y 0.8% con respecto al peso total de fibra aumentaron considerablemente la resistencia a la flexión, en comparación a las muestras que no contenían fibras. Por lo tanto, la muestra se mantiene unida y se evidencia un fisuramiento mínimo.

Con respecto al ensayo realizado a flexión se concluyó que la fibra logra controlar el fisuramiento y agrietamiento de las muestras ensayadas.

- Mediante los resultados de tracción se concluyó que adiciones del 0.5% y 0.8% del peso total de fibra mejoraron la resistencia en comparación a los que no contenían fibras. Sin embargo la adición del 0.3% de fibra presentó menor resistencia en todos los especímenes ensayados.
- La mejor dosificación de fibra corresponde al 0.5% del peso total debido a presentar mejores características físicas en todos los ensayos realizados, manteniendo la relación entre resistencia y trabajabilidad.
- Los paneles ensayados a flexión cumplen con las normativas establecidas en la construcción, clasificándolas en la categoría C, tipo 2 destinadas a usos interiores como mampostería interior, pisos, contra pisos de baldosa, donde pueden estar sometidos a humedad y calor, pero no a heladas.
- El diseño del panel corresponde a dimensiones de 1220mmx1200mmx15mm, con un peso aproximado de 41.3 kg con la adición del 0.5% de fibra con respecto al peso total. De igual importancia el diseño está basado en los diferentes materiales comerciales como lo son el fibrocemento y el cartón yeso. Además de emplear el sistema drywall el cual facilita el montaje y la producción de los prefabricados.
- Los moldes de los paneles cumplen con la función de lograr una textura lisa y bordes rectos facilitando la obtención de un material de carácter estético, el cual puede ser usado de forma natural.

- Con respecto a los ensayos de campo, se puede concluir que los paneles de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya pueden ser cortados mediante una amoladora para obtener diferentes dimensiones sin que presente fracturas y fisuramientos.
- Los paneles cumplen con la normativa NTE INEN 8336 de permeabilidad debido a que la muestra una vez retirada de la cámara de curación no evidencia la formación de gotas en la parte inferior.

## Recomendaciones

- Las fibras de cabuya deben ser colocadas en agua durante 24 horas para eliminar azúcares e impurezas.
- En el proceso de tratamiento de la fibra se recomienda secarla a temperatura ambiente y luego colocarla en la estufa de laboratorio a 100 C durante 10 minutos, de tal forma que la fibra no aumente el agua en la dosificación final.
- Se recomienda que el porcentaje de fibra de cabuya sea menor a 1% del peso total, debido a que la trabajabilidad se vuelve nula y poco recomendable.
- Realizar investigaciones complementarias, donde se utilice diferentes dimensiones de fibras de cabuya, para así obtener una idea más amplia de su trabajabilidad.
- Al ser un material biodegradable se recomienda para futuras investigaciones utilizar productos que permitan conservar las fibras dentro de la matriz cementicia e inclusive el analizar el comportamiento en un determinado tiempo.
- Para ensayos de flexión la carga aplicada en la máquina semiautomática debe ser constante y no menor a 15 seg.
- Se recomienda realizar ensayos de tracción debido a la poca investigación referencial, para de esta forma generar un análisis comparativo asertivo.
- Llevar un adecuado cronograma de actividades para la ruptura de los especímenes, con la finalidad de obtener resultados óptimos y fundamentados en las normativas de la construcción.
- Debido a la necesidad de generar una alternativa acerca de materiales que permitan mitigar la contaminación ambiental, es recomendable investigar el uso potencial de la fibra de cabuya en otros elementos e inclusive con diferentes materiales.

## Bibliografía

- Abad, M., Aguirre, J., & Pañega, F. (2011). *Diseño de paneles prefabricados de tierra*. Universidad de Cuenca.
- Abrishambaf, A., Pimentel, M., & Nunes, S. (2017). Influence of fibre orientation on the tensile behaviour of ultra-high performance fibre reinforced cementitious composites. *Cement and Concrete Research*, 97, 28–40.  
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.03.007>
- Aguilar, S., Ramírez, J., & Malagón, O. (2007). Extracción de fibras no leñosas: Cabuya (*Furcraea andina* Trel.) y banano (*Musa Paradisiaca* L.) para estandarizar un proceso tecnológico destinado a la elaboración de pulpa y papel. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 8(2), 89–98.
- Avila, H. (2019). *Propuesta de un panel prefabricado no portante de micro-hormigón con agregado de fibras de plástico tipo PET* [Universidad Internacional del Ecuador, extensión Loja]. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Baldeón, J. (2013). *Estudio de retención de metales pesados en aguas sintéticas(preparadas en el laboratorio) utilizando como lecho filtrante la fibra de cabuya furcraea andina como alternativa de biorremediación* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/766/1/UNACH-EC-IMB-2013-0001..pdf%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/766>
- Bernat, E., Puigvertb, F., Abdelmoulac, H., & Gild, L. (2018). Additioning alfa fibres in cement mortar. *Revista de La Construccion*, 17(1), 72–84.  
<https://doi.org/10.7764/RDLC.17.1.72>
- Checa, C., & Jurado, F. (2013). Mejoramiento de la calidad de la fibra de cabuya y su aplicación [Universidad Técnica del Norte]. In *La Adicion De Desperdicio Y Su Influencia En La Calidad Del Hilo Peinado* (Vol. 1).  
<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2013.07.042>
- Contreras, M. F., Hormaza, W. A., & Marañón, A. (2009). Fractografía de la fibra natural extraída del fique y de un material compuesto reforzado con tejido de fibra de fique y matriz resina poliéster. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, S1(1), 57–67. [www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html](http://www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html)

- Eterboard. (2018). *Sistema de construcción liviana*. Etenit.  
<https://www.eternit.com.co/documents/32456/170883/CARTILLA-ETERBOARD.pdf/0c954230-0837-4087-ab9a-ec411cb96ecd>
- Eternit. (2020). *PLACAS DE FIBROCEMENTO*. Eterboard.  
<https://www.eternit.com.ec/documents/4050860/12725586/FICHA-TECNICA-ETERBOARD.pdf/f93c414d-3c07-4288-a03a-f50a586539b5>
- Fuentes, M., & Olivera, W. (2001). Fibras vegetales en el hormigón y su protección. In *Monografía* (Editorial).
- INEC. (2011, August 24). *El 80% de las empresas en Ecuador no invierten en protección ambiental* /. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-80-de-las-empresas-en-ecuador-no-invierten-en-proteccion-ambiental/>
- IPIAC NERY. (2015). *Yeso Acartonado*. IPIAC. [http://ipiac-nerly.com/wp-content/uploads/2016/05/Gesso-cartonado\\_esp.pdf](http://ipiac-nerly.com/wp-content/uploads/2016/05/Gesso-cartonado_esp.pdf)
- Jaramillo, W., & Jácome, L. (2018). *Obras*.  
<http://www.innovacion.com.ec/joomla16/index.php/productos/layout/left-center-innerright>
- Juárez, C., Rodríguez, P., Rivera, R., & Rechy de Von Roth, M. (2003). *Uso de las fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en el concreto*. VII(22), 7–19.
- León, H. (2004). *Comportamiento sísmico de placas planas de fibrocemento en sección mista con perfiles de acero*. Universidad Nacional de Colombia.
- Llerena, A. (2014). *Estudio de compuestos cementíceos reforzados con fibras vegetales: Evaluación previa del comportamiento de un panel de cemento blanco con adición de meta-caolín reforzado con un textil no-tejido de fibras largas de lino y cáñamo* [Universitat Politècnica de Catalunya].  
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/2099.1/25365>
- López, A., & Fernández, D. (2015). *Una historia por escribir*.  
[https://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/historia\\_prefabricados\\_noticreto.pdf](https://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/historia_prefabricados_noticreto.pdf)
- Masaco, J. (2018). *Mortero de cemento y refuerzo de fibra vegetal de cabuya*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2014, August 19). *NORMA ECUATORIANA*

- DE LA CONSTRUCCIÓN – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Norma Ecuatoriana de La Construcción.* <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Moraño, A., Guillén, J., Martínez, J., Martínez, M., & Díaz, J. (2011). El caolin y la arena silicea como materiales de construcción. *X Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción, 1*, 374–439. <http://oa.upm.es/13103/>
- Nistal, Á., Maqueda, M. J., & Ruiz, T. (2012). El hormigón: Historia, antecedentes en obras y factores identificativos de su resistencia. *Tecnología y Desarrollo, X(10)*, 4.
- Olivera, A., Caballero, M., & Alavéz, R. (2018). Biocompuesto cemento tepexil reforzado con fibras de Agave angustifolia Haw. como mortero ligero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1(21)*, 4406–4415. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1531>
- Ossa Giraldo, A. C., Gómez Gallego, D. M., & Espinal Correa, C. E. (2014). Asbesto en Colombia: Un enemigo silencioso. *Iatreia, 27(1)*, 53–62.
- Pertuz, A. M. (2010). Construcción y Medio Ambiente. *Constructions and Environments, 1*, 105–114. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199373390.001.0001>
- Pinzón, S. (2013). *Análisis de la resistencia a compresión y flexión del concreto modificado con fibra de fique. XVI(61)*, 27–37.
- Quintero, S., & González, L. (2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. *Ingeniería y Desarrollo*, 134–150.
- Rodríguez, J., & Díaz, N. (2017). Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar, 51(1)*, 53–59. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223153894009>
- Sabalsagaray Curuchet, B. S., Boiani Casella, A. G., & Rodríguez de Sensale, G. P. (2018). *Empleo de residuos de industria cementera y arrocera en micro-hormigón para paneles de viviendas de interés social en Uruguay.* <https://doi.org/10.4995/hac2018.2018.5936>
- SIKA. (2008). Hormigón reforzado con fibras. *Sika, 1*, 24.
- SIKA. (2014). *Plastiment BV 40.* [https://ecu.sika.com/content/dam/dms/ec01/3/Plastiment\\_BV\\_40\\_PDS.pdf](https://ecu.sika.com/content/dam/dms/ec01/3/Plastiment_BV_40_PDS.pdf)
- Sodimac. (2019). *Placa de yeso cartón.* Sistema Drywall Volcan.

<https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1163892/Plancha-de-Drywall-Volcanita-1-2-RH/1163892>

Stupengo, F. (2011). *Materiales y Materias primas*. 27.

Subsecretaría de hábitat y asentamientos humanos-SHAH. (2015). *Informe nacional del ecuador*. 30–40. <http://habitat3.org/wp-content/uploads/National-Report-Ecuador-spanish.pdf>

Villanueva, L., Lasheras, F., & Hernandez, F. (1994). Modelo matemático del comportamiento mecánico en flexión del cartón-yeso. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 45, 44–51.

## Anexos

### Anexo 1. Certificado Ensayos en Laboratorio "GEOCONS"

	<p><b>"GEOCONSTRUYE CIA. LTDA."</b> <i>Espectáculos - Transmisiones &amp; Construcciones</i></p>	<p>Tel: 072-540907 Cel: 0994974048</p>
---	--	--

**CERTIFICA:**

Que el sr Miguel Ángel Martínez Rodríguez, portador de la cedula de ciudadanía 1106010315 en calidad de Estudiante de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE)-Loja, ha realizado en el laboratorio "GEOCONS", los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico de arena
- Ensayo de resistencia a compresión
- Ensayo de resistencia a la flexión
- Ensayo de resistencia a la tracción
- Ensayo de resistencia a flexión de paneles de micro hormigón reforzado con fibras de cabuya.

Las tareas realizadas fueron exclusivamente de carácter académico. De tal manera que puedo verificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente documento en lo que ha bien tuviera.

Atentamente:



---

Ing. Ramiro Jiménez Vega  
GERENTE GENERAL  
RUC:1103587653001

---

LOJA-ECUADOR A. 8 de diciembre, Tras La Clínica Nataly, CEL:0994974048. EDIFICIO GEOCONS, Oficina: 072-540907, CEL: 0994974048 SUCURSAL: YANTZAZA, Calle Zamora y Calle Las Orquideas. Correo: [geoconslaboratorio@gmail.com](mailto:geoconslaboratorio@gmail.com) [raherrive@gmail.com](mailto:raherrive@gmail.com) [www.geocons.com.ec](http://www.geocons.com.ec)

**Anexo 2. Informe Resultante de Ensayos a Compresión con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya**



**"GEOCONSTRUYE CIA. LTDA."**  
*Ingeniería - Construcción & Construcción*

Tel: 022-640007  
 Cel: 099474048

**PROYECTO DE TESIS**  
**ESTUDIANTE**  
**LABORATORIO**  
**UBICACIÓN**

INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 MÓNICA ANGLA MARTÍNEZ BUCARICAZ  
 INC. KAMBOJIMENEZ  
 CANTÓN EL MONTE, PROV. DEL DUA

**FECHA** Jul\_20

**ENSAYO 1 (COMPRESIÓN)**

**Ensayo a compresión de especímenes de faja de Jute-NITEN 488**  
**Ensayo a compresión 7 días**

Fecha de elaboración	Fecha de ruptura	Especimen	Características					Relación A/C	Peso húmedo	Peso seco	Resistencia Promedio (Mpa)
			Gravado	Área Original	Área Final	Área %	Perd. %				
Mayo-29-2020	Mayo-27-2020	MC2F 1	1	1.8	0.5	0.8	0	0.3	261 gr	255 gr	18.8
Mayo-29-2020	Mayo-27-2020	MC1	1	1.8	0.8	0.8	0.3	0.3	269 gr	245 gr	14.5
Mayo-29-2020	Mayo-27-2020	MC2	1	1.8	0.8	0.8	0.6	0.3	250 gr	239 gr	11.0
Mayo-29-2020	Mayo-27-2020	MC3	1	1.8	0.5	0.8	0.8	0.3	229 gr	220 gr	9.4
<b>Ensayo a compresión 14 días</b>											
Mayo-31-2020	Junio-03-2020	MC2F 1	1	1.8	0.5	0.8	0	0.3	261 gr	259 gr	18.0
Mayo-31-2020	Junio-03-2020	MC1	1	1.8	0.8	0.8	0.3	0.3	267 gr	256 gr	17.3
Mayo-31-2020	Junio-03-2020	MC2	1	1.8	0.8	0.8	0.6	0.3	252 gr	231 gr	14.5
Mayo-31-2020	Junio-03-2020	MC3	1	1.8	0.5	0.8	0.8	0.3	256 gr	235 gr	14
<b>Ensayo a compresión 28 días</b>											
Mayo-31-2020	Junio-17-2020	MC2F 1	1	1.8	0.5	0.8	0	0.3	262 gr	260 gr	24
Mayo-31-2020	Junio-23-2020	MC1	1	1.8	0.8	0.8	0.3	0.3	274 gr	270 gr	18.0
Mayo-31-2020	Junio-23-2020	MC2	1	1.8	0.8	0.8	0.6	0.3	259 gr	233 gr	17.6
Mayo-31-2020	Junio-23-2020	MC3	1	1.8	0.5	0.8	0.8	0.3	229 gr	223 gr	16.8

**OBSERVACIONES:** las rupturas corresponden a 3 muestras por cada ensayo



Mónica Angla Martínez Bucaricaz  
 Ingeniera de Construcción



Anexo 4. Informe Resultante de Ensayos a Flexión con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya



**"GEOCONSTRUYE CIA. LTDA."**

*Specialista - Construcción & Construcción*

Tel: 072-540907  
Cel: 0994574048

<b>PROYECTO DE TESIS:</b>	DISNO DE PASEL DE MICROHORMIGON REFORZADO CON FIBRAS DE CABUYA
<b>ESTUDIANTE:</b>	MIGUEL ANGEL MARTINEZ RODRIGUEZ
<b>LABORATORIO:</b>	ING. RAMIRO JIMENEZ
<b>UBICACION:</b>	CANTON LOJA, PROV. DE LOJA
<b>FECHA:</b>	Jul-20

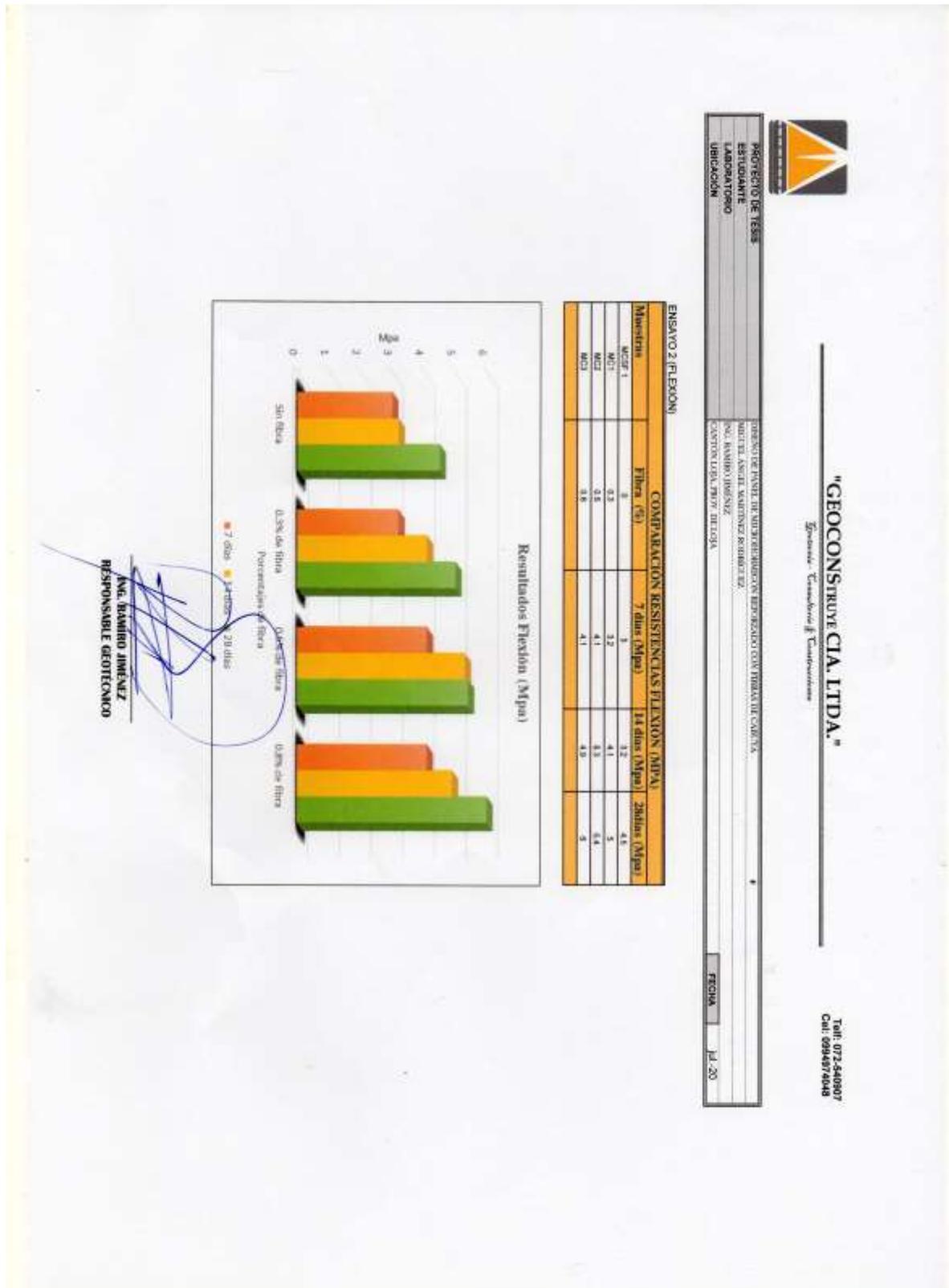
ENSAYO 2 (FLEXION)

Fecha de elaboración	Fecha de ruptura	Espesimen	Cemento	Arena Gruesa	Arena Silicea	Densificación			Relación AC	Peso húmedo	Peso seco	Resistencia Prueba (Mpa)
						Aditivo %	Fibra %	Relación AC				
<i>Ensayo a Flexión 7 días</i>												
Mayo-20-2020	Mayo-27-2020	MSF 1	1	1.5	0.5	0.8	0	0.5	515 gr	512.2 gr	3.2	
Mayo-27-2020	Junio-03-2020	MF1	1	1.5	0.5	0.8	0.3	0.5	540 gr	530 gr	4.1	
Junio-27-2020	Junio-03-2020	MF2	1	1.5	0.5	0.8	0.5	0.5	500 gr	557 gr	5.3	
Junio-08-2020	Julio-15-2020	MF3	1	1.5	0.5	0.8	0.8	0.5	537 gr	530 gr	4.1	
<i>Ensayo a Flexión 14 días</i>												
Mayo-20-2020	Junio-03-2020	MSF 1	1	1.5	0.5	0.8	0	0.5	515 gr	512.2 gr	3.2	
Mayo-27-2020	Junio-10-2020	MF1	1	1.5	0.5	0.8	0.3	0.5	540 gr	530 gr	4.1	
Mayo-27-2020	Junio-10-2020	MF2	1	1.5	0.5	0.8	0.5	0.5	500 gr	557 gr	5.3	
Junio-08-2020	Junio-21-2020	MF3	1	1.5	0.5	0.8	0.8	0.5	540 gr	530 gr	4.9	
<i>Ensayo a Flexión 21 días</i>												
Mayo-20-2020	Junio-17-2020	MSF 1	1	1.5	0.5	0.8	0	0.5	530 gr	537 gr	4.5	
Mayo-27-2020	Junio-24-2020	MF1	1	1.5	0.5	0.8	0.3	0.5	555 gr	537 gr	5	
Mayo-27-2020	Junio-24-2020	MF2	1	1.5	0.5	0.8	0.5	0.5	557 gr	545 gr	5.4	
Julio-08-2020	Julio-07-2020	MF3	1	1.5	0.5	0.8	0.8	0.5	545 gr	540 gr	6	

OBSERVACIONES: Las rupturas corresponden a 3 muestras por cada ensayo

  
Ing. RAMIRO JIMENEZ  
RESPONSABLE GEOTECNICO

**Anexo 5. Informe Comparaciones de Ensayos a flexión con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya**



**Anexo 6.** Informe Resultante de Ensayos a tracción con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya



**"GEOCONSTRUYE CIA. LTDA."**

*Empresas - Constructoras & Construcción*

Tel: 072-540907  
Cel: 0994974048

<b>PROYECTO DE TERRE</b>	DISEÑO DE PAVIMENTO DE MICROHORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE CABUYA
<b>ESTUDIANTE</b>	MIGUEL ANGEL MARTINEZ HERRERA
<b>LABORATORIO</b>	ING. ROBERTO JIMENEZ
<b>UBICACION</b>	CANTON LOMA, PROV. DE LOJA
<b>FECHA</b>	Jul-20

**ENSAYO 3 (TRACCION)**

Fecha de elaboración	Fecha de ruptura	Especimen	Ensayo a tracción 7 días					Resistencia Promedio (Mpa)			
			Cemento	Arena Gruesa	Arena Silica	Aditivo %	Fibra %				
Mayo-20-2020	Mayo-27-2020	MTSF-1	1	1.5	0.8	0.8	0	0.5	128 gr	127 gr	4
Junio-17-2020	Junio-23-2020	MT1	1	1.5	0.5	0.8	0.3	0.5	125 gr	122 gr	3.5
Junio-28-2020	Junio-07-2020	MT2	1	1.5	0.5	0.8	0.5	0.5	129 gr	126 gr	4.1
Junio-29-2020	Junio-09-2020	MC3	1	1.5	0.5	0.8	0.8	0.5	137 gr	132 gr	4.7
<b>Ensayos a tracción 14 días</b>											
Mayo-27-2020	Junio-09-2020	MTSF-1	1	1.5	0.5	0.8	0	0.5	130 gr	129 gr	4.2
Junio-17-2020	Junio-30-2020	MT1	1	1.5	0.5	0.8	0.3	0.5	128 gr	131 gr	3.8
Junio-28-2020	Junio-14-2020	MT2	1	1.5	0.5	0.8	0.5	0.5	130 gr	127 gr	4.4
Junio-29-2020	Junio-15-2020	MC3	1	1.5	0.5	0.8	0.8	0.5	137 gr	130 gr	4.5
<b>Ensayos a tracción 28 días</b>											
Junio-09-2020	Junio-07-2020	MTSF-1	1	1.5	0.5	0.8	0	0.5	132 gr	131 gr	5.1
Junio-17-2020	Junio-14-2020	MT1	1	1.5	0.5	0.8	0.3	0.5	131 gr	131 gr	4.7
Junio-28-2020	Junio-28-2020	MT2	1	1.5	0.5	0.8	0.5	0.5	131 gr	126 gr	5.5
Junio-29-2020	Junio-29-2020	MC3	1	1.5	0.5	0.8	0.8	0.5	136 gr	133 gr	6

**OBSERVACIONES:** Los especimenes corresponden a 3 muestras por cada ensayo

  
ING. ROBERTO JIMENEZ  
RESPONSABLE TECNICO

**Anexo 7. Informe Comparaciones de Ensayos a Tracción con Adiciones del 0.3%,0.5% y 0.8% de Fibra de Cabuya**



**Anexo 8. Informe Resultante de Ensayos de Panel de micro Hormigón con Adición del 0.5% de Fibra de Cabuya**



**"GEOCONSTRUYE CIA. LTDA."**

*Empresa - Comercializadora de Construcción*

Tel: 072-540907  
Cel: 0994974048

PROYECTO DE TESIS	DISNO DE PANEL DE MICROHORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE CABUYA
ESTUDIANTE	MIGUEL ANGEL MARTINEZ ROBRICHAZ
LABORATORIO	ING. RAMIRO JIMENEZ
UBICACION	CANTON TIGUA, PROV. DE LOJA
FECHA	Jul-20

**ENSAYO # (FLEXION PANEL)**

Fecha de elaboración	Fecha de registro	Especimen	Densificación					Relacion AC	Peso húmedo	Peso seco	Resistencia (Mpa)
			Cemento	Aguja Guasa	Aguja Slice	Aditivo %	Fibra %				
Julio-04-2020	Julio-11-2020	MF1	1	1.5	0.5	0.8	0.5	261 gr	268 gr	4.5	
Julio-04-2020	Julio-11-2020	MF2	1	1.5	0.5	0.8	0.5	259 gr	245 gr	4.4	
Julio-07-2020	Julio-11-2020	MF3	1	1.5	0.5	0.8	0.5	250 gr	229 gr	4.6	
<b>Ensayo a compresión 14 días</b>											
Julio-08-2020	Julio-19-2020	MF1	1	1.5	0.5	0.8	0.5	263	259 gr	7.7	
Julio-08-2020	Julio-19-2020	MF2	1	1.5	0.5	0.8	0.5	261 gr	256 gr	7.8	
Julio-09-2020	Julio-19-2020	MF3	1	1.5	0.5	0.8	0.5	232 gr	231 gr	7.8	

OBSERVACIONES: Las resistencias exigidas corresponden a 7 y 14 días según la normativa, deduciendo que la resistencia a los 28 días es de acuerdo a la proyección de elementos cementicios.

  
ING. RAMIRO JIMENEZ  
RESPONSABLE GEOTECNICO

Anexo 9. Informe Comparaciones de Ensayos a Flexión de Panel y Mezcla con el 0.5% de Adición de Fibra



**"GEOCONSTRUYE CIA. LTDA."**  
 Ingeniería - Construcción - Equipamiento

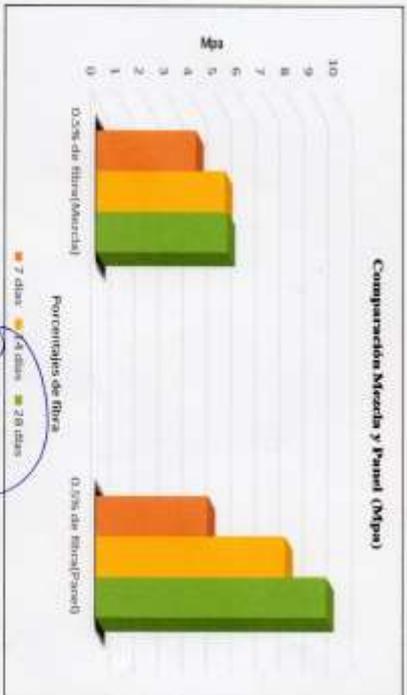
Tel: 072 640907  
 Cel: 0996776048

<b>PROYECTO DE TESIS</b>	ANÁLISIS DE PUNTA DE IMPACTO/IMPULSION REPERCUSSION CON FIBRAS DE CARBÓN
<b>ESTUDIANTE</b>	ING. RAMIRO JIMENEZ
<b>LABORATORIO</b>	ING. RAMIRO JIMENEZ
<b>UBICACION</b>	CANTON LUGA, PROV. DE LUGA

**ENSAJO 4 (FLEXION PANEL)**

Muestra	Fibra (%)	7 días (Mpa)	14 días (Mpa)	28 días (Mpa)
MP1	0.5	4.8	7.7	9.7
MP2	0.5	4.4	7.8	9.9
MP3	0.5	4.6	7.8	9.8

**Comparación Mezcla y Panel (Mpa)**



ING. RAMIRO JIMENEZ  
 RESPONSABLE GEOTECNICO

**Anexo 10.** Muestra sin Adición de Fibra y Muestra con Adición de Fibra a Compresión



**Anexo 11.** Muestra sin Adición de Fibra y Muestra con Adición de Fibra A Flexión



**Anexo 12.** Muestra sin Adición de Fibra y Muestra con Adición de Fibra a Tracción



**Anexo 13.** Plastificación de Muestras**Anexo 14.** Curación de Muestras a Ensayar