



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE ARQUITECTURA**

Propuesta de placa de estuco reforzado con plástico pet reciclado como  
alternativa para cielos rasos.

**Trabajo de Titulación para optar al título de  
Arquitecto**

**Autor:**

Figueroa Caamaño, John Vicente

**Tutor:**

Arq. Jorge Luis Gallegos

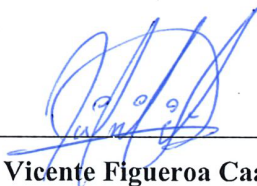
**Riobamba, Ecuador. 2025**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, John Vicente Figueroa Caamaño, con cédula de ciudadanía 1105183246, autor del trabajo de investigación titulado: Propuesta de placa de estuco reforzado con plástico Pet reciclado como alternativa para cielos rasos, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 14 de noviembre de 2025.



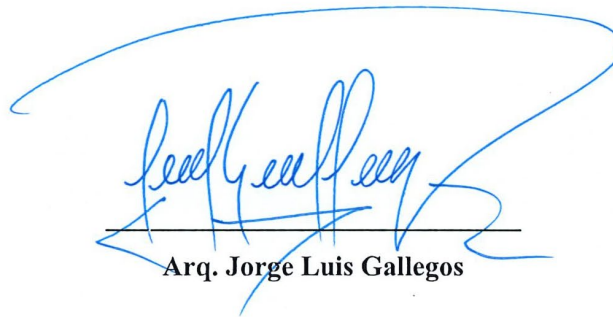
**John Vicente Figueroa Caamaño**

**C.I: 1105183246**

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Arq. Jorge Luis Gallegos catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Propuesta de placa de estuco reforzado con plástico Pet reciclado como alternativa para cielos rasos, bajo la autoría de John Vicente Figueroa Caamaño por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 14 días del mes de noviembre de 2025



**Arq. Jorge Luis Gallegos**

## **CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Propuesta de placa de estuco reforzado con plástico Pet reciclado como alternativa para cielos rasos, presentado por John Vicente Figueroa Caamaño, con cédula de identidad número 1105183246, bajo la tutoría de Arq. Jorge Luis Gallegos; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 14 de noviembre de 2025

Mgs. Héctor Cepeda  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Mgs. Fredy Ruiz  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

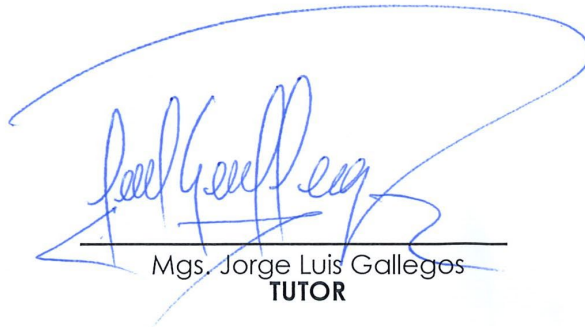
Mgs. Paul García  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



# CERTIFICACIÓN

Que, **JOHN VICENTE FIGUEROA CAAMAÑO** con CC: **1105183246** estudiante de la Carrera de **ARQUITECTURA**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado" **PROPUESTA DE PLACA DE ESTUCO REFORZADO CON PLÁSTICO PET RECICLADO COMO ALTERNATIVA PARA CIELOS RASOS.**", cumple con el 5 %, de acuerdo con el reporte del sistema Anti-plagio **COMPILATIO. NET**, porcentaje aceptado de acuerdo con la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 11 de noviembre de 2025



Mgs. Jorge Luis Gallegos  
**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Jorge y María

Ustedes, que han sido los cimientos inquebrantables de mi vida y la pieza clave para poder recorrer este largo camino. Les dedico este logro como un testimonio de su amor incondicional, su paciencia infinita y sus sacrificios silenciosos. Fueron su guía, sus consejos y su fe inquebrantable en mí los que me dieron la fuerza para empezar y la perseverancia para nunca rendirme, incluso en los momentos más difíciles. Este triunfo no es solo mío, es el reflejo de su esfuerzo y amor.

A mis queridos primos, Por su cariño y sus palabras de aliento que siempre llegaron en el momento justo. Gracias por ser esa familia que también es amiga y por ser parte importante de mi vida y de este viaje universitario.

A mis amigos de Ingeniería Civil y a mi invaluable grupo de amigos de Arquitectura, Con quienes forjé una hermandad que trasciende las aulas. Gracias por cada risa, por el apoyo académico incondicional, por las noches en vela preparando entregas y por hacer de los años universitarios una experiencia verdaderamente inolvidable. Crecimos juntos y este logro también les pertenece.

A todos ustedes, que formaron parte de este sueño, con el más profundo amor y gratitud, les dedico este triunfo

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más profundo agradecimiento se dirige, en primer lugar, a Dios y a la vida por permitirme alcanzar esta meta.

A mi alma máter, la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), por brindarme la formación profesional y humana durante estos años.

A la ciudad de Riobamba, por acogerme y brindarme la oportunidad de estudiar esta grandiosa carrera de Arquitectura, y por sus bellos paisajes que, sin duda, sirvieron de inspiración.

A mis docentes, por compartir su conocimiento y guiarme en este proceso.

A mis padres, quienes han sido mi pilar y mi mayor inspiración, y a mi pareja, mi apoyo incondicional; su amor y paciencia fueron claves para culminar esta etapa.

Un agradecimiento especial a mis primos, por su apoyo y palabras de aliento.

A mi invaluable grupo de amigos de Arquitectura, por las batallas académicas libradas juntos, el compañerismo y las alegrías compartidas.

A mis grandes amigos de Ingeniería Civil, por su amistad invaluable, su apoyo moral y por demostrar que los lazos de fraternidad van más allá de las aulas.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra forma, me brindaron una palabra de aliento y me ayudaron a llegar hasta este camino.

## ÍNDICE

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	18
1.1 ANTECEDENTES.....	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.4 OBJETIVOS.....	21
1.5 Hipótesis.....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Yeso.....	22
2.1.1 El yeso en la naturaleza.....	22
2.1.2 Proceso de Fabricación de Yeso.....	23
2.1.3 Uso del Yeso en la Arquitectura .....	24
2.2 El Estuco .....	25
2.2.1 Historia del estuco.....	26
2.2.2 Tipos de Estuco .....	27
2.2.3 Tipos de Elaboración de las Placas de Estuco.....	28
2.3 Materiales Naturales y Tradicionales.....	37
2.3.1 La cabuya .....	37
2.3.2 El Carrizo .....	38
2.3.3 Cal .....	39
2.4 Cielos Rasos .....	40
2.5 Los Plásticos.....	47
2.5.2 Reciclaje de Plásticos .....	48
2.5.3 PET reciclado en la Arquitectura .....	50
2.6 Metodología de Ensayos Técnicos.....	54

2.6.1	Máquina automática de compresión y flexión .....	54
2.6.2	Ensayo a Compresión.....	56
2.6.3	Método de resistencia a la Flexión.....	57
2.6.4	Ensayo a fuego .....	58
2.6.5	Ensayo de Absorción de Agua por Inmersión Total .....	59
2.6.6	Marco Normativo de Placas de Yeso .....	59
2.6.7	Normativa de ensayo de Resistencia a la Flexión.....	59
2.6.8	Normativa de ensayo de Resistencia a la Compresión.....	60
2.6.9	Normativa de ensayo a fuego .....	61
2.6.10	Normativa de ensayo a absorción de Agua por Inmersión Total .....	61
2.7	ANÁLISIS DE REFERENTES .....	62
2.7.1	Referente 1. Mortero de Estuco con Agregado de Corcho .....	62
2.7.2	Referente 2. Módulo a base de yeso y Totora.....	65
2.7.3	Referente 3. Ladrillos de Plástico PET Reciclado. ....	69
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....		73
3.1	Método de Investigación .....	73
3.2	Investigación teórica y Practica.....	74
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		76
4.1	Materiales y Métodos.....	76
4.1.1	Fase 1. Selección y preparación de la materia prima .....	76
4.1.2	Fase 2. Dosificación y elaboración de Probetas.....	79
4.1.3	Fase 3. Realización de ensayos técnicos .....	84
4.1.4	Análisis según el Tiempo de Fraguado .....	89
4.1.5	Ensayo a Flexión. ....	97
4.1.6	Ensayo de resistencia a la humedad .....	104
4.1.7	Ensayo contra Fuego .....	116
4.2	Elaboración de Placa de Estuco .....	121
4.3	Análisis de Resultados .....	125
4.3.1	Ensayos Preliminares .....	125
4.4	Ensayo a Compresión.....	125
4.4.1	Ensayo a flexión.....	126
4.4.2	Ensayo a Humedad.....	127
4.4.3	Ensayo a Fuego .....	129

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....	130
RECOMENDACIONES .....	131
BIBLIOGRAFIA .....	132
ANEXOS.....	135

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1</b> Código de identificación de plásticos.....	49
<b>Tabla 2</b> Datos Técnicos del PET .....	53
<b>Tabla 3</b> Metodología de la investigación .....	62
<b>Tabla 4</b> Ensayos Mecánicos Compresión.....	64
<b>Tabla 5</b> Metodología de investigación .....	66
<b>Tabla 6</b> Resultados de pruebas de Flexión y compresión.....	71
<b>Tabla 7</b> Resumen de los Referentes. ....	72
<b>Tabla 8</b> Dosificaciones del yeso Preliminares.....	79
<b>Tabla 9</b> Probetas .....	80
<b>Tabla 10</b> Probetas con agregado de Cal .....	82
<b>Tabla 11</b> Resultado de los ensayos de compresión preliminares .....	88
<b>Tabla 12</b> Dosificación de Yesos de denominación C.....	89
<b>Tabla 13</b> Tiempo de fraguado .....	90
<b>Tabla 14</b> Resistencia en probetas 1 día de fraguado.....	91
<b>Tabla 15</b> Resistencia en probetas 7 día de fraguado.....	93
<b>Tabla 16</b> Resistencia en probetas 14 días de Fraguado .....	95
<b>Tabla 17</b> Porcentaje de fibras PET recicladas .....	97
<b>Tabla 18</b> Tabla de Dosificaciones - Prueba Flexión.....	98
<b>Tabla 19</b> Resistencia F1-N (Fibra natural Cabuya).....	102
<b>Tabla 20</b> Fibras PET al 15 %.....	102
<b>Tabla 21</b> Fibras Pet 20% .....	103
<b>Tabla 22</b> Fibras PET al 25%.....	103
<b>Tabla 23</b> Probetas A1- A2.....	105
<b>Tabla 24</b> Resistencia a la humedad 2 hora .....	106
<b>Tabla 25</b> Resistencia a la humedad 12 horas.....	107
<b>Tabla 26</b> Comparación de Resultados de inmersión .....	108
<b>Tabla 27</b> Probeta C3-A y C5-A.....	109
<b>Tabla 28</b> Resistencia 2 horas a la humedad.....	110
<b>Tabla 29</b> Resistencia 24 horas a la humedad.....	111
<b>Tabla 30</b> Comparación de Resultado de inmersión C3- A y C5 - A .....	112
<b>Tabla 31</b> Probetas con Fibras PET C3 y C5 .....	113
<b>Tabla 32</b> Resistencia a 2 horas de humedad.....	114
<b>Tabla 33</b> Resistencia 24 horas de Humedad.....	115
<b>Tabla 34</b> Comparación de Resultado de inmersión C3 y C5 con Fibras PET 15% 20 % y 25%. .....	116
<b>Tabla 35</b> Probetas C3, C4, C5 para Ensayo a Fuego Directo.....	117
<b>Tabla 36</b> Resultados de Probeta C3 con fibras PET.....	118
<b>Tabla 37</b> Resultados de probeta C4 con fibras PET .....	119
<b>Tabla 38</b> Resultados de Probeta C5 con fibras PET.....	120
<b>Tabla 39</b> Resistencia de las Probetas al fuego directo.....	121



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Yeso en la Naturaleza .....	23
<b>Figura 2</b> Proceso de Fabricación del Yeso .....	24
<b>Figura 3</b> Paneles de Yeso .....	25
<b>Figura 4</b> Estuco Renacimiento .....	26
<b>Figura 5</b> Tipos de estuco y sus características principales .....	27
<b>Figura 6</b> Peinado de la cabuya sobre una plancha con clavos.....	28
<b>Figura 7</b> Depositando primero la masilla y yeso sobre un molde .....	29
<b>Figura 8</b> Cielo raso de Carrizo y Tela .....	30
<b>Figura 9</b> Molduras de estuco Patrimoniales .....	31
<b>Figura 10</b> Yeso lojano .....	31
<b>Figura 11</b> Mezcla de Yeso Lojano y Peruano .....	32
<b>Figura 12</b> Envoltura de Carrizo.....	32
<b>Figura 13</b> Placa de Estuco .....	33
<b>Figura 14</b> Rosetón .....	34
<b>Figura 15</b> Molduras de Yeso .....	34
<b>Figura 16</b> Tamizado de Yeso .....	35
<b>Figura 17</b> Tamizado de Yeso .....	35
<b>Figura 18</b> Mezcla de Cabuya con Yeso.....	36
<b>Figura 19</b> Segunda capa de Mezcla.....	36
<b>Figura 20</b> Cabuya .....	37
<b>Figura 21</b> Elaboración de Cabuya .....	38
<b>Figura 22</b> Cabuya Seca.....	38
<b>Figura 23</b> Carrizo Seco.....	39
<b>Figura 24</b> Canastas de Carrizo .....	39
<b>Figura 25</b> Cal en la construcción.....	40
<b>Figura 26</b> Partes de un Cielo raso .....	42
<b>Figura 27</b> Cielo raso de foam de 2' x 4' x 5/8" Jardín color blanco.....	43
<b>Figura 28</b> Acabado de cielo raso de madera .....	43
<b>Figura 29</b> El cielo raso de fibra de vidrio.....	44
<b>Figura 30</b> Diseños del cielo raso de PVC.....	45
<b>Figura 31</b> Cielo raso de Yeso.....	45
<b>Figura 32</b> Cielo raso de carrizo .....	46
<b>Figura 33</b> Cielo raso de estuco .....	46
<b>Figura 34</b> Cielo raso de acrílico .....	47
<b>Figura 35</b> Etalles de Vallecas 51 .....	50
<b>Figura 36</b> Fachada proyecto Vaillo+Irigay .....	51
<b>Figura 37</b> Tubos PET de plástico reciclados.....	51
<b>Figura 38</b> Máquina hidráulica para ensayos de compresión de la ESPE .....	54
<b>Figura 39</b> Máquina automática de pruebas de Flexión .....	55
<b>Figura 40</b> Máquina de Compresión inconfiada.....	55
<b>Figura 41</b> Esquema de la máquina para determinar la resistencia a la flexión.....	58
<b>Figura 42</b> Probeta de 40x40x160mm .....	63
<b>Figura 43</b> Probeta Rilem .....	63
<b>Figura 44</b> RILEM ensayo de Flexión.....	64
<b>Figura 45</b> Ensayo Mecánico.....	67

<b>Figura 46</b> Ensayo de resistencia térmica.....	67
<b>Figura 47</b> Resistencia a impacto y Humedad.....	68
<b>Figura 48</b> Diagrama del reciclado Mecánico a emplearse .....	69
<b>Figura 49</b> PROTOTIPO DE 26x12x8 cm .....	70
<b>Figura 50</b> Muestras para ensayo de flexión.....	71
<b>Figura 51</b> Diagrama de flujo de investigación experimental .....	74
Figura 52 Metodología de investigación que se utilizara.....	75
<b>Figura 53</b> Cabuya .....	77
<b>Figura 54</b> El Carrizo.....	77
<b>Figura 55</b> Plásticos PET .....	78
<b>Figura 56</b> Ensamblaje de cuchilla artesanal .....	78
<b>Figura 57</b> Fibras PET recicladas .....	79
<b>Figura 58</b> Elaboración de Probetas A1 y A2.....	80
<b>Figura 59</b> Dosificación.....	81
<b>Figura 60</b> Peso del Yeso y Cal.....	82
<b>Figura 61</b> Desmembramiento al momento de desmoldar.....	83
<b>Figura 62</b> Probetas 2 Yeso 62.5 %+ Agua 37.5 %+ Cal.....	83
<b>Figura 63</b> Probetas 3 C1- C2- C3 .....	84
<b>Figura 64</b> Probetas a ensayar.....	84
Figura 65 Probeta en Prensa.....	85
<b>Figura 66</b> Medidor de la Maquina.....	85
<b>Figura 67</b> Probeta B1 Ensayada .....	86
<b>Figura 68</b> Probeta A1 .....	86
<b>Figura 69</b> Probeta A1 .....	87
<b>Figura 70</b> Probeta B1 .....	87
<b>Figura 71</b> Probeta C1-1 Presencia de Humedad.....	90
<b>Figura 72</b> Probeta C1-7 .....	92
<b>Figura 73</b> Probeta C3-7 .....	92
Figura 74 Probeta C2 - 14 .....	94
<b>Figura 75</b> Fibras PET Reciclada .....	96
<b>Figura 76</b> Fibras PET por utilizar.....	96
<b>Figura 77</b> Probeta de ensayo a flexión de 40x40x160mm .....	99
<b>Figura 78</b> Apoyos para prueba de Flexión .....	99
<b>Figura 79</b> Ensayo a flexión .....	100
<b>Figura 80</b> Fisura en Probeta a Flexión .....	101
<b>Figura 81</b> Probeta F1-N.....	101
<b>Figura 82</b> Pesado de Probetas A1 y A2.....	105
<b>Figura 83</b> Inmersión de las Probetas A1 y A2 .....	106
Figura 84 Probetas en inmersión.....	109
<b>Figura 85</b> Probeta C3-A .....	110
<b>Figura 86</b> Probeta c5-20 .....	113
<b>Figura 87</b> Probeta tipo C3 con fibra PET.....	118
<b>Figura 88</b> Probeta tipo C4 con fibras PET .....	119
Figura 89 Probeta tipo C5 .....	120
Figura 90 Local Señor Loja.....	122
<b>Figura 91</b> Moldes para Placas de Estuco.....	122
<b>Figura 92</b> Saco con de Yeso + Cal.....	123

<b>Figura 93</b> Segunda Capa de Mezcla.....	123
<b>Figura 94</b> Placa de Estuco junto a las fibras PET .....	124
Figura 95 Aquí se Puede Observar el resultado Final de la Placa con Fibras PET Recicladas.....	124

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1</b> Probetas en MPA.....	88
<b>Gráfico 2</b> Resistencia Mpa 1 día .....	91
<b>Gráfico 3</b> Resistencia Mpa – 7 Días .....	93
<b>Gráfico 4</b> Resistencia Mpa 14 día .....	94
<b>Gráfico 5</b> Resistencia Mpa en función del tiempo .....	95
<b>Gráfico 6</b> Resultados de Pruebas de Flexión.....	104
<b>Gráfico 7</b> Comparación de Pruebas 1 hora a la humedad .....	107
<b>Gráfico 8</b> Comparación de pruebas 12 horas de humedad .....	108
<b>Gráfico 9</b> Comparativa de 2 horas de absorción .....	111
<b>Gráfico 10</b> Comparativa 24 horas de Absorción .....	112
<b>Gráfico 11</b> Comparativa de 2 horas de Absorción .....	114
<b>Gráfico 12</b> Comparativa 24 horas de absorción .....	115
<b>Gráfico 13</b> Probetas en MPA.....	125
<b>Gráfico 14</b> Resistencia Mpa en función del tiempo .....	126
<b>Gráfico 15</b> Resultados de Pruebas de Flexión.....	127
<b>Gráfico 16</b> Comparativa 24 horas de absorción .....	128
<b>Gráfico 17</b> Tiempo de Ensayo a fuego .....	129

## **RESUMEN**

La presente investigación propone el diseño y evaluación de placas de estuco para cielos rasos reforzadas con fibras de plástico PET reciclado como alternativa frente a las placas convencionales. El estudio parte de la problemática de la gestión de residuos plásticos en Ecuador, donde solo una mínima fracción del material generado es reciclado, y plantea una solución constructiva que contribuya a reducir el impacto ambiental y aprovechar un desecho abundante.

Para alcanzar este objetivo se revisaron fuentes bibliográficas sobre el comportamiento del yeso, la cal y los plásticos reciclados, luego se elaboraron diversas mezclas de yeso con cal y se definieron dosificaciones óptimas. Sobre estas mezclas se integraron fibras PET, las cuales tienen diferentes proporciones, y se fabricaron placas preliminares y placas definitivas que fueron sometidas a ensayos de compresión, flexión, absorción de agua y resistencia al fuego siguiendo las normas técnicas ecuatorianas e internacionales. Se observó que la adición de cal y, posteriormente, de fibras PET mejora notablemente la resistencia mecánica del material y que las placas con PET presentan mayor capacidad de flexión que el yeso tradicional. Además, algunas dosificaciones mostraron una menor absorción de humedad y un buen comportamiento frente a la llama directa.

Los resultados obtenidos cumplen con los requisitos de la normativa NTE INE-EN 520, lo que demuestra que el uso de las fibras PET reciclado es una opción efectiva para fabricar cielos rasos más resistentes y duraderos. Por lo tanto, esta propuesta no solo permite crear placas de estuco más económicas, sino que también fomenta el reciclaje y ayuda a reducir los residuos plásticos

**Palabras Clave:** Placa de Estuco, Yeso, fibras PET, reciclaje, sostenibilidad

### **Abstract**

This research aims to design and evaluate gypsum plaster panels for reinforced ceilings with recycled PET fibers as a sustainable alternative to traditional panels. The study addresses the critical issue of plastic waste management in Ecuador, where only a small fraction of generated plastic is recycled and proposes a constructive solution that reduces environmental impact by reusing a widely available waste stream. A literature review on gypsum, lime, and recycled plastics was conducted. Various gypsum-lime mixtures were prepared, and their optimal dosages were determined. PET fibers were then incorporated in different proportions, and pilot panels were produced. These specimens were subjected to compression, flexural, water absorption, and fire resistance tests in accordance with Ecuadorian and international standards. Results indicate that adding lime and PET fibers significantly improves the mechanical strength, panels with PET show greater flexural capacity than conventional gypsum panels. Certain mixes also exhibit lower moisture absorption and satisfactory performance under direct flame exposure. The results obtained meet the requirements of the NTE INE-EN 520 standard, demonstrating that the use of recycled PET fibers is an effective option for manufacturing ceilings that are more resistant and durable. Therefore, this proposal not only enables the production of more affordable plasterboard but also promotes recycling and reduces plastic waste.

**Keywords:** Plasterboard, Gypsum, PET fibers, recycling, sustainability.



Reviewed by:

Mgs. Sonia Granizo Lara.

**ENGLISH PROFESSOR.**

c.c. 0602088890

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCION.**

### **1.1 ANTECEDENTES**

El Ecuador ha alcanzado niveles extremos en cuanto a las estrategias para calmar el impacto ambiental. En el año 2022 el país ha generado aproximadamente 627,00 toneladas de residuos plásticos, de todo esto solo se ha reciclado apenas el 7.7 %. Esto evidencia que el reciclaje se ve afectado por faltas de políticas las cuales nos ayuden a fortalecer una economía circular eficiente (WWF,2020).

Sin embargo, existen desafíos los cuales son significativos, como la informalidad en el sector del reciclaje y la falta de educación ambiental en la población. A pesar de que el 62.8% de los hogares ecuatorianos separa sus residuos, solo una fracción de estos llega efectivamente a las plantas de reciclaje debido a la contaminación cruzada y a la ausencia de sistemas de recolección diferenciada en muchas ciudades (Revista Gestión, 2023).

Esta perspectiva, nos deja ver que se tiene que mejorar el reciclaje en nuestro país, incluso se puede promover políticas las cuales incluyan mejor a los ciudadanos, con el fin de poder avanzar hacia una gestión más razonable a los residuos plásticos en el Ecuador



## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la producción de desechos plásticos es una problemática global que no deja de crecer. Cada año, los seres humanos generan aproximadamente 1,300 millones de toneladas de residuos plásticos, y se estima que para el año 2025 esta cifra aumentará a 2,200 millones de toneladas. El plástico se ha convertido en la principal fuente de contaminación y, en los últimos 32 años, se han recolectado 60 millones de unidades de este material (Noroña, 2018). Este aumento alarmante en la producción y desecho de plásticos plantea serios desafíos para el medio ambiente y requiere soluciones urgentes y efectivas. Además, en el mundo se comercializa aproximadamente un millón de botellas de plástico por cada minuto. Estas botellas, al entrar en el mercado, generan polución; sin embargo, solo el 9% de ellas es reciclado. Según World Wildlife Fund WWF (2020), los bajos costos de producción de plásticos nuevos y la manera en que la sociedad los ha convertido en productos de un solo uso son algunas de las razones por las que más del 75% del plástico producido hasta ahora ya se ha convertido en desechos. En Latinoamérica, se calcula que cada persona produce aproximadamente 200 botellas PET al año. Sin embargo, la mayoría de los plásticos nunca desaparecen por completo y en lugar de eso se descomponen en fragmentos más pequeños. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se generan alrededor de 1,951,785 kg de basura diariamente. Además, la falta de planificación para reutilizar o reciclar materiales de construcción de nuevos edificios y componentes podría dejar un legado de plástico tóxico para las futuras generaciones.

Gillian Hobbs, directora de Eficiencia de Recursos en el Building Research Establishment (BRE).

Desde la perspectiva del sitio, deberíamos separar los plásticos en diferentes corrientes de materiales, incluso dentro de diferentes grupos de polímeros, ya que no todos los plásticos son iguales ni se pueden reciclar de la misma manera. Además, que un producto sea etiquetado como reciclable no garantiza que realmente pueda ser reciclado. Es crucial conocer el tipo de material, asegurarse de que no esté contaminado y considerar la distancia que debe recorrer para minimizar su impacto ambiental" (Cousins, 2018). Además de los desafíos mencionados anteriormente, es fundamental reconocer el contexto específico en Ecuador, especialmente en relación con la contaminación producida por el uso indiscriminado de plástico.

El 80% de los hogares en el país utiliza fundas plásticas tipo camiseta para comprar sus alimentos, y a diario cada persona usa al menos dos elementos plásticos desechables. Esto resultó en la generación de 528.000 toneladas de residuos plásticos en 2019, equivalentes al 11% del total de desechos sólidos producidos ese año. Por otra parte, teniendo en cuenta que el plástico es una materia prima derivada del petróleo, su reciclaje, aunque se realice repetidamente, no elimina completamente su impacto contaminante, ya que este material puede permanecer en el ambiente durante varios años. Además, cuando el plástico entra en contacto con los rayos solares, genera gases tipo metano, que es uno de los principales promotores del cambio climático debido a su incidencia directa en el aumento de la temperatura del planeta (El Comercio, 2019).

En Riobamba, la cantidad de desechos sigue aumentando cada día, Actualmente el 65% de los residuos generados son orgánicos, mientras que el 35% restantes corresponden

a materiales inorgánicos. De ese 35% alrededor del 11% es plástico y el 8 % es papel y cartón. Además, el aumento de los desechos industriales ha ido en aumento debido a la producción de envases y envolturas de plástico y papel que no se pueden reutilizar (Aguirre,2020).

En definitiva, es crucial buscar soluciones constructivas que respeten los estándares de construcción y promuevan el uso sostenible de materiales tradicionales, incluso ante los desafíos planteados por la contaminación plástica.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

A lo largo de la historia, el plástico ha sido ampliamente utilizado, pero sus consecuencias ambientales devastadoras lo han convertido en uno de los principales contaminantes globales. Esta problemática nos insta a buscar alternativas sostenibles, como la propuesta de emplear placas de estuco reforzado con plástico PET reciclado como opción para cielos rasos.

La escasez de materiales tradicionales, como el carrizo y otros elementos vegetales, representa un desafío importante para la fabricación de este tipo de material. Esto hace que sea urgente buscar otras alternativas y especialmente debido a la disminución de la disponibilidad de carrizo, una fibra vegetal clave en la producción de estuco. Por eso, esta investigación se lleva a cabo, ya que en Ecuador hay poco conocimiento sobre el uso de plástico PET reciclado en la construcción, lo que genera una falta de comprensión sobre sus características y beneficios.

Esta falta de conocimiento conlleva al desperdicio de material, ya que la industria del reciclaje en nuestro país se limita a procesar el material reciclado lavándolo y triturándolo, para luego exportarlo en forma de hojuelas de PET, sin agregarle un valor significativo.

El estuco ha sido utilizado durante tiempos de antaño en intervenciones patrimoniales, esto desempeña un papel fundamental, al poder destacar la originalidad y el encanto de los edificios históricos. Ya que, este noble propósito se ve enfrentada a la escasez de los artesanos los cuales hacen estos trabajos especialidades y la baja disponibilidad de los materiales que son tradicional y más aún las fibras las cuales se utilizan para fabricar las placas de yeso, con ello tenemos una crisis. Ya que la presencia ha sido primordial en dichas restauraciones a lo largo del tiempo

Para finalizar, la placa de estuco reforzado con plástico Pet, busca encontrar una idea prometedora a esta crisis de las fibras. El plástico Pet nos ofrece ciertas ventajas como bajo costo y fácil transporte y sobre todo una nula necesidad de mano de obra especializada, al mismo tiempo esto es bueno para el medio ambiente y sobre todo contribuye al patrimonio arquitectónico dándole vida a un material muy usado en la arquitectura republicana

## **1.4 OBJETIVOS**

### **General**

- Explorar el uso de placas de estuco reforzado con plástico reciclado PET como una alternativa de material para la construcción de cielos rasos

### **Específicos**

- Investigar y analizar los procesos de fabricación del estuco, incluyendo la selección de materiales y técnicas de producción
- Determinar la resistencia mecánica a compresión y flexión, así como durabilidad frente a humedad y fuego, de las placas de estuco reforzado con plástico PET reciclado, mediante la ejecución de los ensayos de laboratorio.
- Evaluar, la influencia de los agregados de plástico reciclado PET en las propiedades y el comportamiento del estuco, a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.
- Desarrollar un prototipo de placa estuco reforzado con plástico

## **1.5 Hipótesis**

La presente investigación busca responder la siguiente interrogante:

¿la incorporación de fibras de plástico PET reciclado en la mezcla de estuco resultará en placas con una mayor resistencia y durabilidad que las reforzadas únicamente con fibras naturales?

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.**

Es primordial analizar las definiciones para poder fundamentar de mejor manera la investigación para ellos arrancamos desde los materiales tradicionales para llegar a la propuesta, revisamos primero que es el yeso y su aplicación, su método de fabricación luego tenemos, los cielos rasos.

Posteriormente, se introduce la incorporación del Plástico Pet, en el cual se detalla sus propiedades y características distintivas, la normativa que se utilizara y los tipos de ensayos los cuales se van a ejecutar, como son: compresión, flexión, fuego y humedad. Para final con un análisis de referentes los cuales han utilizado materiales reciclados.

### **2.1 Yeso**

En la elaboración de todo producto de yeso se inicia con la extracción del mineral llamado yeso, el cual puede tener un color ser gris o blanco. Este mineral básico está compuesto de sulfato de calcio químicamente combinado con agua de cristalización. El agua combinada el cual representa aproximadamente un 20% del peso del mineral de yeso.

Esta característica le brinda al yeso propiedades de resistencia al fuego y resultando (Yanza Paredes, 2022).

#### **2.1.1 El yeso en la naturaleza**

El yeso es una roca sedimentaria química compuesta mayoritariamente por el mineral del mismo nombre ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y que se forma generalmente como resultado de la precipitación por concentración de iones disueltos en agua salada o salmuera. La precipitación de sales evaporativas en cuencas restringidas se produce bajo condiciones climáticas áridas, donde la pérdida de agua es superior a la entrada. (Marín, 2023)

## Figura 1

### *Yeso en la Naturaleza*



*Fuente: Cuenca, Castilla-La Mancha*

El yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) es una sal que se precipita en ambiente sedimentario superficial (eogénesis), con texturas que podemos denominar primarias o deposicionales. Cuando el yeso se entierra a una profundidad suficiente (por acumulación de sedimentos sobre él o por movimientos tectónicos), en el ambiente diagénético denominado mesogénesis se deshidrata y se transforma en anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ). En el caso de que esta anhidrita vuelva a condiciones superficiales (por ejemplo, por erosión de los materiales que tiene encima o por movimientos tectónicos) se puede hidratar y transformarse de nuevo en yeso, que en este caso denominaríamos yeso secundario. (Sanz D. & Sepulcre A., 2022).

### 2.1.2 Proceso de Fabricación de Yeso

En la elaboración de todo producto de yeso se inicia con la extracción del mineral llamado yeso, el cual puede tener un color ser gris o blanco. Este mineral básico está compuesto de sulfato de calcio químicamente combinado con agua de cristalización. El agua combinada el cual representa aproximadamente un 20% del peso del mineral de yeso.

Esta característica le brinda al yeso propiedades de resistencia al fuego y resultando flexible para la construcción (USG, 2000).

El sulfato de calcio se extrae de las minas con la ayuda de barrenos de pólvora de mina. Según la situación del filón, la cantera puede ser a cielo abierto o en galerías. El tamaño de las piedras puede ser de hasta 50 cm de diámetro. Se hace una minuciosa selección de la piedra de yeso natural.

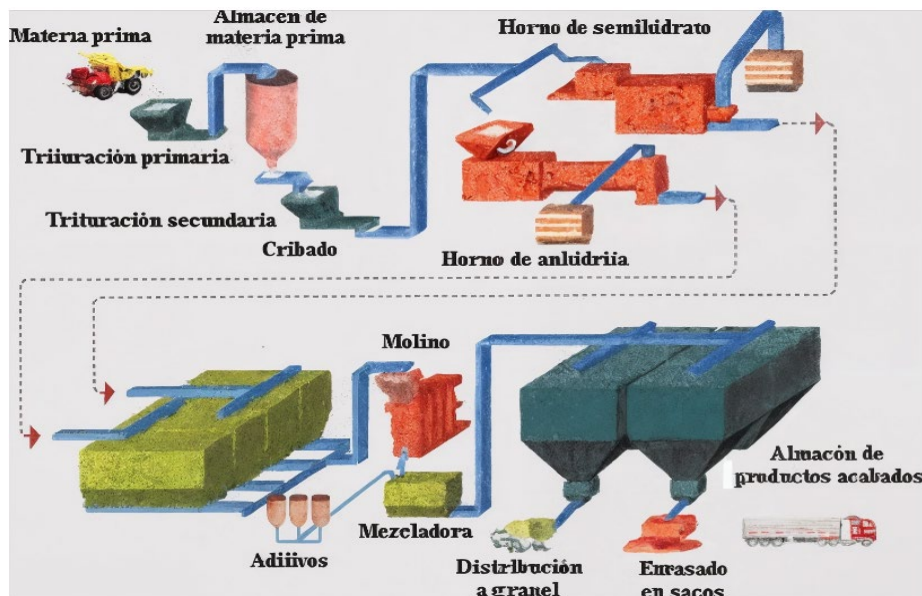
- **Trituración primaria**

La trituración de la materia prima consiste en reducir el tamaño del mineral conforme viene de la cantera, de 1m<sup>3</sup>, hasta un tamaño comprendido entre 0-40 mm. Para conseguir realizar esta reducción se utilizan machacadoras de mandíbulas o molinos cónicos como los de las figuras, los cuales por medio de los impactos reducen el tamaño del mineral.

- **Almacenamiento de materia prima triturada y trituración secundaria.**  
Una vez, realizada la operación de trituración primaria, el mineral es conducido, por medio de cintas de banda, elevadores de cangilones, etc. a los silos/parque de stock y homogeneización.
- **Hornos de calcinación**  
El material pasa por los hornos de semihidrato y anhidrita, donde se calienta a altas temperaturas para eliminar el agua y obtener yeso calcinado en diferentes formas.
- **Molino**  
El producto calcinado es llevado a un molino, donde se muele a un tamaño de partícula adecuado.
- **Mezcla**  
Después de la molienda, se procede a agregar los aditivos y se mezcla hasta ver la consistencia que uno desea
- **Distribución y envasado**  
Finalmente, el yeso se distribuye a granel o se envasa en sacos para su comercialización. Los productos acabados se almacenan en el depósito final antes de su envío. (Verónica,2013)

**Figura 2**

*Proceso de Fabricación del Yeso*



*Fuente: Ing. Janet Verónica - Universidad Del Santa*

### 2.1.3 Uso del Yeso en la Arquitectura

- **Revestimiento de superficies**  
El yeso es ampliamente utilizado como material de revestimiento en paredes y techos de interiores. Su capacidad de adaptarse a las necesidades de diseño y su facilidad de aplicación lo hacen ideal para la creación de acabados lisos

y decorativos, que proporcionan un buen confort térmico y acústico en los espacios.

- Resistencia y aislamiento

Tenemos que el yeso tiene un excelente desempeño en cuanto al aislamiento del calor gracias a sus propiedades celulares, en productos más densos el yeso también tiene un excelente aislamiento frente a otros materiales

- Resistencia al fuego

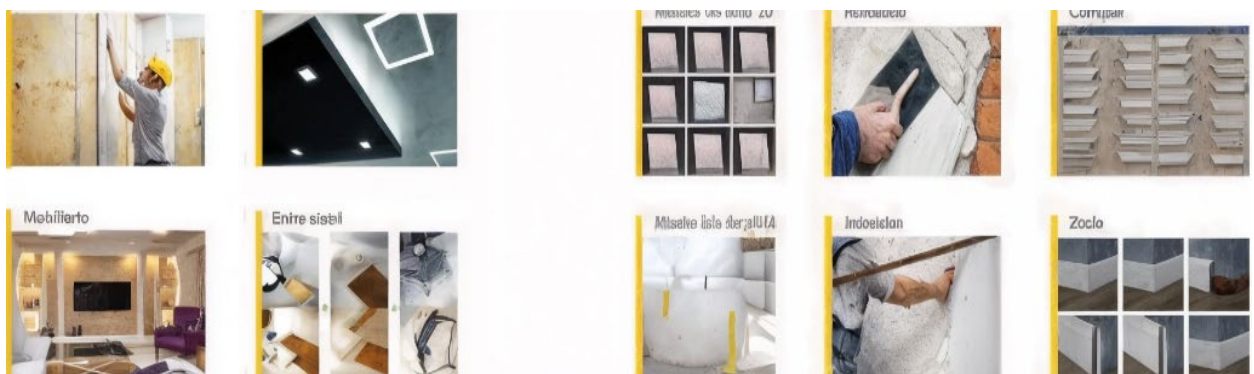
El yeso es un material ignífugo, lo cual nos explica que no se incendia tan fácilmente ya que este tiene una baja conductividad frente al fuego.

- Aplicaciones decorativas

Además de su uso en la construcción de paredes y techos, el yeso ha sido un material ornamental fundamental en estilos arquitectónicos históricos, como el barroco y rococó, donde se utilizaba para la creación de detalles decorativos, como molduras, cornisas y frisos. También ha sido usado en la fabricación de elementos decorativos y prefabricados, como escayolas (Vera,2013)

**Figura 3**

*Paneles de Yeso*



*Fuente: Cecilia, J. 2022*

## 2.2 El Estuco

Una vez que entendemos que es el yeso, vamos a profundizar en la materia central para la investigación del proyecto. El estuco, para ello es importante saber que el estuco, históricamente es una pasta fina que se usa para revestir paredes y techos y darles un acabado elegante, como si fuera mármol. Sus materiales más tradicionales siempre han sido la cal y el polvo de mármol. (Cemix,2024; Montó Pinturas,2021)

Sin embargo, para nuestro trabajo, el estuco nos interesa como el material base para hacer planchas prefabricadas que instalaremos en los cielos rasos. por eso aquí revisaremos su historia y los tipos comerciales que existen, además los diferentes métodos para fabricar las placas y sus materiales tradicionales como la cabuya, el carrizo y la cal.



### 2.2.1 Historia del estuco

Tiene una larga historia que se remonta a la antigua Grecia y Roma, donde se empleaba como material de construcción y decoración. Los árabes lo utilizaron frecuentemente como sustituto del mármol, creando formas ornamentales en lugares como la Alhambra.

Durante el renacimiento en Italia, se perfeccionaron varias técnicas que rápidamente se difundieron por Europa, y se fueron especialmente utilizadas en iglesias y palacios. Su mayor auge ocurrió en los siglos XVII y XVIII, particularmente en los estilos barroco y rococo, decorando los interiores con formas y motivos coloridos y detallados. La palabra “estuco” proviene del italiano “stucco” y es una técnica decorativa y muy versátil, que puede adaptarse a todo tipo de construcciones. Uno de los tipos más conocidos es el estuco veneciano, que se destaca por su acabado suave y brillante, y fue inventado en Venecia en el siglo XV (Mengual,s.f).

La piedra caliza, calcinada. Los artesanos consiguen manipularla para obtener resultados de gran belleza, esplendor y eficacia. Especialmente abundante en la cuenca mediterránea, la calcinación nace en el creciente fértil y se expande ampliándose con las materias y saberes que encuentra a su paso. Estas técnicas contienen una inmensa carga cultural. El estuco de cal es un mortero, se emplea en arquitectura para realizar enlucidos, relieves y esculturas. Existen variadísimas técnicas, revocos, jaspeados, al Fuego, bruñidos, lisos, mates, pétreos, brillantes. Construyeron unas gramáticas del color y las formas para completar aquellas arquitecturas con sus lenguajes. (IAPH, 2018)

#### **Figura 4**

*Estuco Renacimiento*



*Fuente: Alighieri. D .2011*

El término "estuco" se ha utilizado para definir acabados realizados con técnicas tan distintas entre sí, producto de la experimentación del hombre a lo largo de su historia, que resulta imposible resumirlo en una única definición. Siempre existieron artesanos que fueron encontrando los sistemas de trabajo para conferir a los revestimientos las propiedades físicas dureza, impermeabilidad, etc. (San nicolas (1639, pag 89)

Estos artesanos iban transfiriendo sus conocimientos entre generaciones, preservando su oficio como fuente de ventaja que hacía posible su sustento y determinando que hayan llegado a nuestros días muy pocos tratados que los recojan, con la consiguiente pérdida de gran parte del oficio (fornes, 1857)

Con la llegada de la arquitectura moderna, el estuco fue puesto en duda debido a la preferencia por diseños más simples y minimalistas. Sin embargo, logro adaptarse a los nuevos estilos y ha seguido siendo relevante en proyectos arquitectónicos actuales. El uso de técnicas modernas y materiales sostenibles ha ayudado a mantener su presencia en la construcción. El estuco ha pasado de ser la técnica sencilla en la antigüedad a convertirse en una forma artística apreciada y un elemento fundamental en la arquitectura a lo largo de la historia. Su adaptabilidad y encanto estético lo mantienen como una opción relevante y valiosa en la construcción y diseño arquitectónico en la actualidad (Cementukoymax, 2023)

### 2.2.2 Tipos de Estuco

**Figura 5**  
*Tipos de estuco y sus características principales*

Tipo de Estuco	Técnica de Acabado	Usos Principales	Imagen
Estucado en Frío	Se aplica con el color ya incluido.	Interiores y exteriores	
Estucado Liso	Colocación barata y sin complicaciones.	Fachadas posteriores y patios interiores.	
Estucado Raspado	Similar al liso, pero la tercera capa es de mayor grosor.	Exterior (fachadas rugosas).	
Estuco Imitador de Piedra	Se realiza dibujando encima del despiece para simular la mampostería.	Fachadas o muros donde se busca simular piedra.	
Estuco Veneciano	Capa base de color con terminación en pasta, con aplicación de barniz final.	Interiores y exteriores.	

*Fuente: Elaboración Propia, a partir de HN Home Homecenter (2024), Cemix (2024) y Mauricio (2013).*

## Conclusión

Se puede apreciar que el estuco es un material increíblemente versátil y que se aplican a mano, directamente en la obra, Sin embargo, la investigación pretende crear una placa prefabricada, que ya no es un simple acabado, sino un componente constructivo

### 2.2.3 Tipos de Elaboración de las Placas de Estuco

La elaboración del estuco no es compleja; sin embargo, hay varias consideraciones para tener en cuenta al momento de realizar las placas. La experiencia del artesano es fundamental para moldear las placas a su gusto, utilizando diferentes molduras, formas y acabados. Para ilustrar este proceso, mencionaré una entrevista del periódico el Mercurio el Sr. Víctor Guamán originario del Azuay y dos entrevistas propias uno de la ciudad de Riobamba y otro artesano de la ciudad de Cuenca quienes nos mostrarán las distintas maneras de realizar este trabajo.

#### 2.2.3.1 Placa de Estuco 1

##### Sr. Víctor Guamán- Artesano- Azuay

Es indiscutible que la fabricación artesanal de estucos es un verdadero arte, apreciado por arquitectos, diseñadores de interiores y, por supuesto, por los constructores, quienes aún consideran este material como una opción esencial y elegante para acabados refinados. así lo confirman don Víctor. (Mercurio, 2024).

- Materia Prima
- Carrizo
- Cabuya
- Yeso
- Cemento (en algunos casos)

Antes de comenzar a armar la plancha, hay un tiempo dedicado a preparar los materiales o la materia prima, para armar la futura plancha. Primero, la cabuya se peina sobre una plancha con clavos de varilla, luego a escarmenar, y este material se utiliza tanto para fabricar la plancha como para instalar los techos

**Figura 6**

*Peinado de la cabuya sobre una plancha con clavos*



*Fuente: Mercurio, 2024.*

Primero, el carrizo se clasifica, aunque al final se utiliza todo, sin desperdiciar nada. Se envuelve con cabuya y se coloca en la plancha con medidas ya indicadas. Al clasificar el carrizo, también se corta a las dimensiones de la plancha

### **Proceso de colocación**

Para instalar las planchas en el techo, se colocan 4 alambres en las esquinas de cada plancha de 70 x 70 cm. luego, se marca con niveles con un láser y se coloca una cuerda en los extremos de la superficie de trabajo. Después, se va instalando las planchas como si fueran cerámicas de suelo. Este proceso puede ser tan simple como un enlucido para nivelar la superficie o como un acabado decorativo.

Una vez la plancha fija se aplica unos parches para sellar las costuras, de forma que quede una superficie uniforme cubierta con una malla, que protege el material de posibles grietas. luego se empasta las rayas, se aplica una capa adicional de pasta para pulir, se lija y finalmente, se pinta, dejando el cielo raso blanco

### **Figura 7**

*Depositando primero la masilla y yeso sobre un molde*



*Fuente: Mercurio, 2024.*

### **Proceso de fabricación**

- Dimensiones 70 cm por 70cm
- Molde de vidrio con codales para que no se riegue la masa de yeso depositada en esta superficie.
- Luego viene la cabuya.
- Otra base de masilla que se llama para pulir, acompañada de cemento para reforzar la plancha.
- En unos cinco minutos se fragua y se la puede alzar. Luego viene el proceso de secado al sol, que puede durar hasta tres días.
- Una plancha bien seca da un blanco natural puro

### **Conclusión**

El método del Sr. Guamán es más apegado a la tradición artesanal. Su proceso es completamente manual, desde la preparación de la cabuya hasta el secado del sol, lo que hace muy dependiente del clima y bastante lento, pudiendo tardar hasta varios días en secar una placa, tres días para ser más concreto. Sin embargo, es una placa con de alta calidad y un acabado natural y puro.

#### **2.2.3.2 Placa de Estuco 2**

##### **Estucos el Genio – Cuenca**

Ubicado en la autopista Sur E35, a unas cuabras del Mall del Río, este taller se destaca por su trayectoria de años en el oficio. Se especializa en la elaboración de todo tipo de estuco y ofrece además servicios en gypsum y trabajos relacionados con cielos rasos. El taller también se encarga de la instalación de todos los materiales, asegurando calidad y precisión en cada proyecto.

Una de las características de este taller es la fabricación no solo de cielos rasos de yeso sino también utilizando lo que es el carrizo y la tela con esto se tiene una solución mucho más económica y con esto combina técnicas más tradicionales

#### **Figura 8**

*Cielo raso de Carrizo y Tela*

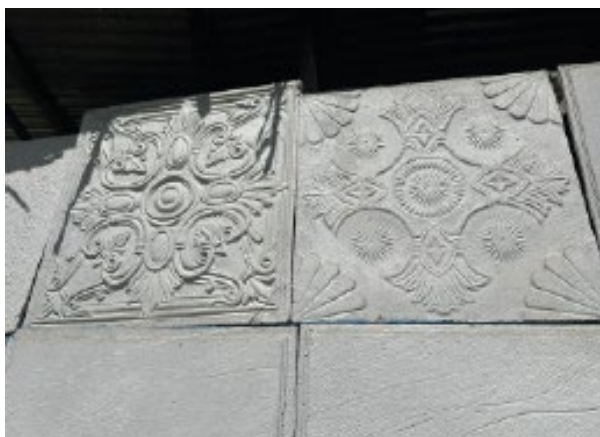


*Fuente: Estucos el genio, 2020*

Placas de Estuco con diferentes molduras, adaptándose a la comodidad de los clientes, un recurso muy utilizado en Cuenca, esto debido a la cantidad de casas patrimoniales existentes



**Figura 9**



*Molduras de estuco Patrimoniales*

*Fuente: Elaboración propia*

#### Materia Prima

- Carrizo
- Cabuya
- Yeso
- Cemento (en algunos casos)

Para la elaboración del producto, se utilizan varios materiales de alta calidad.

La cabuya un material esencial es exportado directamente de Riobamba y el carrizo un material fundamental del sector San Fernando, además se trabaja con dos tipos de yeso una Lojano y otro de Perú

**Figura 10**

*Yeso lojano*

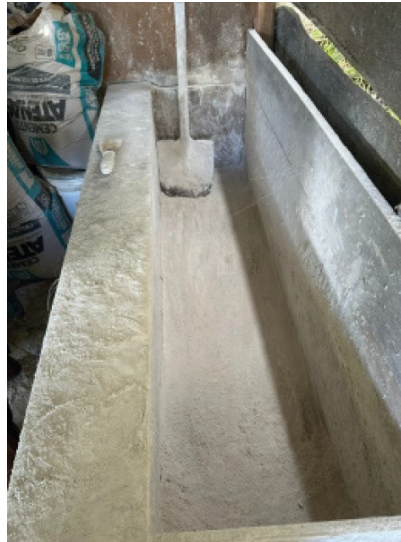


*fuentes: Elaboración Propia*

Primero mezclar el yeso lojano y el yeso peruano para obtener una mejor consistencia del material y tamizar la mezcla para eliminar los grumos. Esto ayuda a que el acabado final sea más liso según palabras del dueño del local.

**Figura 11**

*Mezcla de Yeso Lojano y Peruano*



*Fuente: Elaboración Propia*

Segundo se procede a envolver las fibras de cabuya en el carrizo para que se adhieran mejor al material, este paso es muy crucial, ya que se necesita paciencia y sobre todo experiencia para que las fibras queden firmes y no se van a soltar al momento de ponerlos en el molde.

**Figura 12**

*Envoltura de Carrizo*



*Fuente: Elaboración propia*



### **Dosificación**

Primero tenemos 4 puñados del yeso el cual se va a mezclar proporcionalmente con el agua a próximamente  $\frac{1}{2}$  litro de este líquido, luego de esto revolvemos y aplicamos la mezcla al molde para proceder a colocar las fibras de cabuya y luego de este si la mezcla no se encuentra consistente se procede a agregar unos 3 o 5 puñados de cemento, lo cual ayuda a tener una mezcla más homogénea y consistente.

- Aplicar la segunda capa de mezcla sobre la fibra de cabuya
- Agregar el carrizo a la mezcla y cubrir con una última capa de yeso.
- Dejar que la mezcla se seque durante 10 a 15 minutos hasta que se endurezca.
- Una vez seca y endurecida la mezcla, trasladar el producto a otro lugar para desmoldarlo

**Figura 13**

*Placa de Estuco*



*fuentes: Elaboración propia*

### **Conclusión**

Este taller representa una optimización del método tradicional. La clave aquí es la eficiencia. Primero al momento de mezclar dos tipos de Yesos, buscan mejorar la consistencia del material desde el inicio. Su gran ventaja es el tiempo de fraguado que se reduce a solo 10 a 15 minutos haciendo su producción mucho más rápida y eficiente.

### 2.2.3.3 Placa de Estuco 3

#### **Sr. José Loja -Cielo Raso “Cuenca”- Riobamba**

El local se encuentra en el sector Licán, a lo largo de la Carretera Panamericana E35, en la vía a Cuenca. Su propietario, el Sr. José Loja, es un destacado artesano con 15 años de experiencia. Sus trabajos se distinguen en molduras, rosetones, pisos flotantes y, sobre todo, placas de estuco

#### **Figura 14**

*Rosetón*



*fuentes: Elaboración propia*

Trabajos realizados por el Sr. José Loja, quien anteriormente se dedicó a la intervención patrimonial, implicaron la creación de placas de estuco con diversas molduras. Actualmente, estas técnicas se han dejado de usar en favor de materiales más modernos, que, según palabras del artesano Loja, son más frágiles y delicados. Esto se puede ilustrar en la figura 12 y 13

#### **Figura 15**

*Molduras de Yeso*



*fuentes: Elaboración propia*

Estas placas, debido a su elaboración más compleja y detallada, tienen un costo más elevado en comparación con las que son simples y llanas. Los precios pueden oscilar entre 8 y 15 dólares, dependiendo de factores como el tamaño y el diseño de la moldura.

#### **Materia Prima**

yeso

Carrizo

Cabuya

El yeso se lo trae de Guayaquil ya que este ofrece una mejor resistencia en comparación a otros yesos, un mayor fraguado al final, pero para utilizarlo primero se tamiza el material, asegurando que no queden grumos antes de mezclarlo con el agua. Esto ayuda a que la mezcla se mas consistencia y homogénea

**Figura 16**

*Tamizado de Yeso*



*fuelle: Elaboración propia*

Después de tamizar el yeso, procedemos a preparar el molde para verter la mezcla. Utilizamos una base de vidrio con patrones variados que realzan la placa, evitando que sea completamente lisa. Además, para los laterales, empleamos perfiles de aluminio que permiten ajustar las dimensiones de las placas según las necesidades del cliente

Base de Vidrio con Patrón

**Figura 17**

*Tamizado de Yeso*



*Fuente: Elaboración propia*

Una vez preparado el molde, procedemos a la mezcla añadiendo agua al yeso hasta obtener una pasta similar a la goma, de consistencia ligeramente densa. Sobre la base de vidrio con patrones, colocamos una capa fina de fibras de cabuya. Luego vertemos la mezcla sobre las fibras y la distribuimos uniformemente para que se integre con la cabuya, formando así la primera capa de agregado

**Figura 18**

*Mezcla de Cabuya con Yeso*



*Fuente: Elaboración propia*

Luego de la primera capa de mezcla y cabuya, agregamos una segunda capa de la mezcla de yeso. Sobre esta capa, colocamos carrizo envuelto previamente en cabuya para mejorar su adherencia al material. Finalmente, añadimos una última capa de mezcla y nivelamos la placa, ya que el material comienza a endurecerse a los cinco minutos y después de este tiempo ya no puede ser trabajado.

**Figura 19**

*Segunda capa de Mezcla*



*fuentes: Elaboración propia*

Para finalizar, esperamos aproximadamente 10 minutos para que el yeso se endurezca lo suficiente y luego procedemos a desmoldar la placa. Una vez desmoldada, se guarda en un lugar adecuado hasta que esté completamente seca. En esta etapa, si la placa de estuco está ligeramente desalineada, se puede enderezar para garantizar su correcta forma

## **Conclusión**

El enfoque del Sr. Loja destaca por su especialización en el detalle y la personalización, una herencia clara de su trabajo en rasuraciones patrimoniales. Utiliza, moldes de vidrio con patrones y perfiles de aluminio para crear placas decorativas y de dimensiones ajustables, lo que justifica su mayor costo. Además, es muy selectivo con su materia prima, usando un yeso específico por su calidad y resistencia.

## **2.3 Materiales Naturales y Tradicionales**

Luego de haber visto como se fabrican las placas, queda claro que cada artesano tiene sus propios métodos y más allá de sus pequeñas diferencias en técnicas, todos coinciden en algo fundamental, la selección correcta de los materiales, ya que la base del éxito de las placas no está solo en el proceso sino en la calidad de los materiales. Por ello ahora veremos las características de cada uno de los materiales mencionados entre ellos tenemos la Cabuya, el Carrizo, además veremos el papel de la Cal, un componente clave que mejora la trabajabilidad y durabilidad de la mezcla.

### **2.3.1 La cabuya**

Tenemos que la cabuya es una planta bastante común en el Ecuador, donde es más utilizado por los campesinos del sector para alimentar el ganado vacuno. Esta fibra natral se obtiene por medio de un proceso el cual va por varias etapas como triturado, desmenuzado, cocido, secado y clasificado (Marín,2023).

**Figura 20**

*Cabuya*



*Fuente: Elaboración Propia*

Para poder tener la fibra primero tenemos la ayuda de algún objeto que pueda golpear sobre una superficie plana, se procede a golpear las pencas para extraer toda el agua del material, luego de esto se quita con algún objeto filoso su capa verde la que subre la penca, para quitar los residuos restantes y tener la fibra deseada(Marín,2023).



**Figura 21**

*Elaboración de Cabuya*



*Fuente: Arquialter, 2014*

Una vez obtenida la fibra deseada se tiene una cocción del material durante un tiempo de 100 minutos hasta que podemos observar que tiene un color blanco intenso, luego de esto ponemos a secar durante 4 a 5 días , es importante que esta fibra no se moje durante este proceso por que puede perjudicarse

Cuando la fibra está completamente seca presenta un color amarillo pálido; se continúa con su peinado (claseado) utilizando una tabla con clavos para separar las fibras más pequeñas, dando como resultado una fibra uniforme, lista para usar. (Arquialter, 2014)

**Figura 22**

*Cabuya Seca*



*Fuente: Arquialter, 2014*

### **2.3.2 El Carrizo**

Según (Solís, 1960) el empleo del carrizo en las zonas centrales del país es muy extendido en la construcción de techados, tumbados, paredes, esterillas, esteras para tumbados, cerramientos de gallineras, patios y jardines; para la manufactura de flautas, castillos de juegos pirotécnicos, pitos, canastos, cestos grandes. Así mismo en la jardinería se usa al carrizo para sostén de tomateras y trepadoras. El carrizo desempeña un papel igual de importante que la caña guadúa en la región Costa ya que en las zonas rurales y casas de campo de la región interandina del país es muy empleado.

**Figura 23**  
*Carrizo Seco*



*Fuente: Elaboración Propia*

Al carrizo se lo considera un material artesanal vivo debido a que en diferentes partes del país como Paute es explotado para la realización de distintos artesanados “como sombreros decorativos, canastos, hueveras, paneras, porta plantas, piletas, jarrones, roperos, floreros, fruteros, violeteros, cuchareras, sillas, repisas y otros”. El uso de este material se remonta a la época cañari quienes lo usaban para la elaboración de instrumentos musicales como las flautas y para la construcción de chozas.

**Figura 24**  
*Canastas de Carrizo*



*Fuente: GAD Tungurahua, 2020*

### 2.3.3 Cal

La cal ha sido utilizada como material de construcción desde tiempos antiguos debido a sus propiedades técnicas y sostenibilidad. Su aplicación abarca diversas áreas, como revestimientos y acabados, además también tenemos la estabilización de suelos hasta la restauración de edificaciones históricas

Estabilización de suelos: La cal se emplea para mejorar las características de suelos arcillosos, aumentando su resistencia y reduciendo su plasticidad. Este proceso es fundamental en la construcción de carreteras y otras infraestructuras (Gordillo Cal de Morón, 2023).

Mortero: La incorporación ayuda a que la cal en morteros mejora su manera de trabajar y sobre todo su adherencia. Ya que, facilita la corregir fallas en las estructuras existentes sin causar daños adicionales (Saldaña, 2018).

### **Aplicaciones en la Arquitectura**

- Construcción sostenible: La cal es un material ecológico que, al ser producido a temperaturas más bajas que el cemento, genera menos emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, su uso en combinación con otros materiales naturales promueve prácticas constructivas sostenibles (Linares, 2009)

Además de eso las estructuras construidas con cal tienen una vida útil prolongada, resistiendo las inclemencias del tiempo y el desgaste (Gordillo Cal de Morón, 2023).

**Figura 25**

*Cal en la construcción*



*Fuente: Horcalsa.*

En conclusión, la cabuya y el carrizo son la estructura interna de la placa, el refuerzo que le da cuerpo y resistencia. Para esta investigación es crucial entender que no son los únicos componentes. Se incorporará la cal como un agregado, ya que como se mencionó antes tiene beneficios en las estructuras.

## **2.4 Cielos Rasos**

El uso más conocido para las placas de estuco es en la construcción de cielos rasos o más conocidos también como tumbados o falso techo. Sin embargo, su función no solo es decorativa también cumple un papel técnico muy importante.

Generalmente, se usan para crear una superficie lisa que oculta tanto las imperfecciones de la estructura, como vigas o desniveles como las instalaciones eléctricas, sanitarias o de aire acondicionado en los techos. Sin embargo, el tipo de cielo raso que se elige depende de la función específica que se le asigne. Puede ser desde un simple enlucido



para nivelar, hasta una capa que aporte aislamiento acústico o térmico o incluso una estructura diseñada para integrar la iluminación.

### **Característica**

- De aislamiento térmico: Mantiene frescos los ambientes calientes y conserva el calor en temperaturas bajas
- De aislante acústico (Yiliam, 2023)

Los cielos rasos son construcciones no estructurales, es decir que no están capacitados para transmitir esfuerzos o cargar más allá de su propio peso. Los cielos rasos afectados por cargas o movimientos de otros elementos de la construcción deben prever juntas de dilatación y control para evitar fisuras al absorber este esfuerzo

En la revista EMB Construcción señala las características de los cielos rasos de la siguiente manera. (Feijoó Agila, 2014).

**Estética:** encontramos diversidad de texturas, colores, materiales que ayudan a la construcción de un cielo raso y cuentan con gran versatilidad estética. Estos cielos rasos tienen la característica de dejar una cavidad o plenum entre las placas y losas de la estructura resistente, este espacio que se deja es utilizado las diferentes instalaciones para que no afecten la estética del espacio. (Feijoó Agila, 2014).

**Resistencia al fuego:** En la actualidad la mayoría de los materiales que se encuentran en el medio son resistentes al fuego, pueden soportar distintos períodos de tiempo expuestos a altas temperaturas, además su importancia de crear barreras contra incendios que retardan o impiden la propagación del fuego; es así como los cielos rasos ayudan como protección para las estructuras, ductos e instalaciones, u otros elementos vulnerables al fuego (Feijoó Agila, 2014).

**Comportamiento al fuego:** El comportamiento e importancia de los materiales al entrar en contacto con el fuego, implica efectos de combustibilidad como la cantidad de humo y partículas incandescentes que liberan los materiales al incinerarse, esto puede variar dependiendo de las características de cada material comprendido en los cielos rasos falsos, y se debe tomar en cuenta al momento de la construcción y el diseño.

**Acústica:** De la acústica depende que los usuarios encuentren confort en una habitación o no, el diseño acústico de una habitación se basa en la absorción del ruido y el aislamiento del espacio (Feijoó Agila, 2014).

los elementos estructurales pesados son buenos aislantes del ruido como por ejemplo el hormigón. Algunos sistemas de cielos falsos pueden tener un coeficiente de absorción  $NRC=1$  (absorción del 100% del sonido en las frecuencias de 250, 500, 1000 y 2000 Hz), favoreciendo el rendimiento acústico y mejorando la inteligibilidad de las palabras. 250, 500, 1000 y 2000 Hz), favoreciendo el rendimiento acústico y mejorando la inteligibilidad de las palabras (Feijoó Agila, 2014).

**Acondicionamiento Térmico:** El acondicionamiento térmico de un espacio no solo afecta al confort, sino involucra un tema de economía si se consigue controlar el flujo de calor tratando de alcanzar una construcción eficiente energéticamente, los cielos rasos

pueden proveer aislamiento térmico y estabilidad en la energía calórica de esta manera se logra tener un espacio térmico con humedad (Feijoó Agila, 2014).

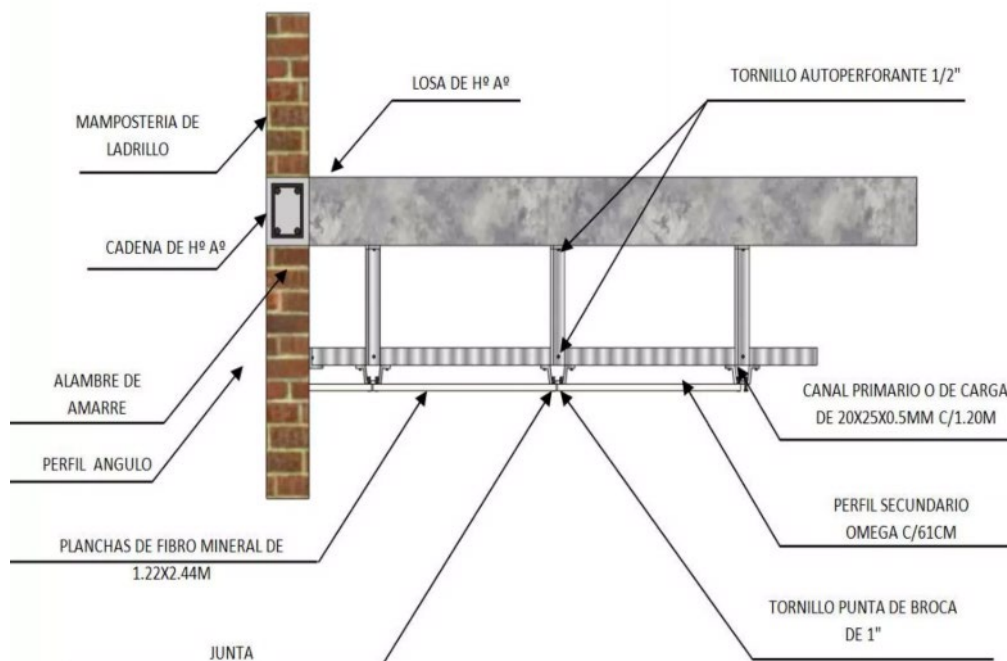
**Resistencia a la humedad:** Según su materialidad, los cielos rasos pueden ser resistentes a la humedad, dependiendo donde son utilizados en lugares exteriores o espacios con humedad. (Feijoó Agila, 2014).

Los cielos rasos modulares se caracteriza porque pueden ser removidos con gran facilidad, lo que ayuda en lugares donde necesita realizar inspecciones o mantenimiento en ductos o equipos ubicados sobre el nivel del cielo raso.

**Reflexión de luz:** Cuando se va a diseñar se debe tomar en cuenta varios aspectos como la cantidad de luz que necesita el espacio el tipo de luz y la ubicación de las diferentes fuentes para que exista una correcta iluminación (Feijoó Agila, 2014).

En la siguiente ilustración se muestra la ubicación de cielo raso en una casa

**Figura 26**



*Partes de un Cielo raso*

*fuelle: Yilium, L 2023*

#### 2.4.1.1 Tipos de Cielos Rasos

##### **Cielo raso de Foam**

Son láminas moldeadas de Poliestireno expandido (EPS) son ligeras con patrones profundamente estampados que añaden un aspecto estético al techo. La estructura celular del poliestireno expandido absorbe el sonido, añade aislamiento, y son fáciles de instalar, manejar y cortar, por lo que son una excelente opción a un bajo costo. “es definitivamente para aminorar el calor proveniente de los techos hacia el interior de las viviendas

**Figura 27**

*Cielo raso de foam de 2' x 4' x 5/8" Jardín color blanco*



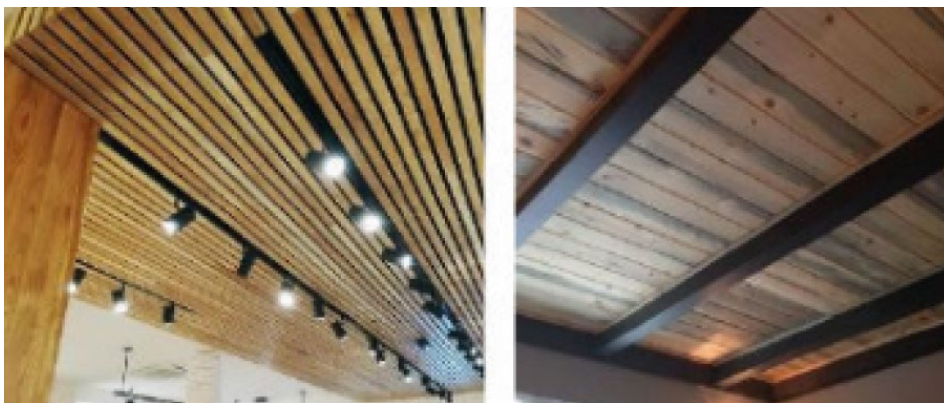
*fuelle: Yilium, L 2023*

### **Cielo raso de madera**

El cielo raso de madera, ofrece muchísimas posibilidades de diseño y fabricación, gracias a la nobleza y calidez de la madera. Este tipo de cielo raso es la combinación ideal de diseño y elegancia para dar forma y estilo a diferentes espacios de interiores. Desde ambientes y espacios de viviendas particulares hasta grandes obras comerciales donde la madera es protagonista

**Figura 28**

*Acabado de cielo raso de madera*



*fuelle: Yilium, L 2023*

Los cielos rasos de madera son fabricados de forma industrializada y están compuestos por bandejas o paneles de madera, estas chapas al ser naturales poseen tonos y

vetas únicas en cada pieza. Además, debido a su sistema de instalación permite un fácil acceso de las zonas a registrar

### **Cielo raso de fibra mineral**

El cielo raso de fibra mineral está compuesto principalmente por fibras minerales, como la lana de roca o la fibra de vidrio, que se unen con resinas y aditivos para formar paneles. Además, está realizado por una lámina semirrígida de fibra de vidrio, y muchas veces son recubiertas en una de sus caras por una placa de PVC. Son materiales inorgánicos (a diferencia de la madera), por lo que no sufren variaciones de tamaño visibles con los cambios de temperatura, siendo además ideales para repeler mejor el fuego, y otras variables que siempre pueden complicar los materiales de construcción, como lo son la humedad y los hongos

#### **Figura 29**

*El cielo raso de fibra de vidrio*



*fuentes: Yiliam, L 2023*

### **Cielo raso PVC**

El cielo raso en PVC ideal para el sistema de construcción liviana para cielos rasos y muros, ofrece diversos acabados. Se caracteriza por su diseño altamente decorativo, su impermeabilidad, inmune a plagas y hongos, fácil instalación y de limpiar. Este tipo de cielo raso tiene características técnicas similares a la fibra de vidrio, ya que también cuenta con aislamiento térmico y acústico y es resistente al fuego. No obstante, la estética es superior, están compuesto en un 60% de PVC El PVC es para muchos el más versátil de los plásticos, pues combina propiedades termoplásticas junto a la rigidez. Todo esto permitirá que, a diferencia de la madera, no tengan riesgo de pudrirse o de sufrir desgaste por la exposición a ciertos químicos. Muchos cielos falsos de PVC pueden tener una estética similar a la madera, pero con las ventajas propias de un polímero.

**Figura 30**

*Diseños del cielo raso de PVC*



*fuelle: Yilium, L 2023*

### **Cielo raso de yeso**

Este se hace a base de yeso laminado o cartón- yeso lo cual es una capa de yeso sobre dos capas de cartón

El cielo raso de yeso es de fácil instalación y limpieza. Su superficie es durable y de bajo mantenimiento, lo que lucirá como nuevo a través de los años y es buen aislante térmico. Su costo inferior en comparación con el PVC. Suele ser la primera elección de muchos clientes que desconocen del cielo raso en PVC

fuelle: (Yilium, 2023) Universidad Tecnologi de Panamá

**Figura 31**

*Cielo raso de Yeso*



*fuelle: Yilium, L 2023*

### **Cielo raso de carrizo**

El cielo raso de carrizo está compuesto de un entramado para formar una membrana estable del cielo raso

**Figura 32**

*Cielo raso de carrizo*



*fuelle: Amaya, M 2016*

### **Cielo raso de estuco**

El estuco proviene del italiano stucco siendo una forma de terminación o decoración de paredes y techo, interiores o exteriores, basada en pinturas y diferentes tipos de mortero que permiten la obtención de diferentes texturas. Dada su versatilidad se adapta a cualquier tipo de construcción o época.

El estuco es un panel fabricado a mano con cemento, yeso, cabuya y siete pedazos de carrizo.

**Figura 33**

*Cielo raso de estuco*



*fuelle: Amaya, M 2016*



### **Cielo raso de acrílico**

Las láminas acrílicas pueden ser formadas en frío en el sitio de la construcción, o termoformadas en cualquier configuración. Ningún otro material para cubiertas ofrece una posibilidad tan amplia para diseñar y lograr ambientes naturales y atractivos, seleccionando al mismo tiempo la cantidad y calidad de luz que el diseño requiera. Su garantía de fábrica es de 10 años, su vida útil es de 25 años.

**Figura 34**

*Cielo raso de acrílico*



*fuelle: Amaya, M 2016*

## **2.5 Los Plásticos**

Todos los sistemas constructivos han funcionado por años, sin embargo, la construcción moderna siempre está buscando alternativas que sean más ligeras y duraderas, sobre todo sostenibles, ahora dejaremos de lado los componentes tradicionales para centrarnos en un material que ha revolucionado muchas industrias y tiene un enorme potencial en la Arquitectura. Los plásticos, analizaremos su uso, sus ventajas y como su reciclaje y características se convierten en una oportunidad para desarrollar nuevos componentes constructivos.

Por eso en esta sección analizaremos que los desechos plásticos representan un impacto ambiental, visual y ecológico significativo por sus características intrínsecas, además los objetos plásticos en la intemperie tardan más de 100 años en descomponerse. Los residuos plásticos industriales se ofrecen casi limpios, no necesitan el prelavado lo que agiliza su introducción en los procesos de transformación. Entre los plásticos existentes podemos encontrar de alta y baja densidad, cuyas características son diferentes según su composición" (Caibinagua, 2013, p. 27).

### **2.5.1.1 Uso**

El uso de plásticos en el sector de la construcción permite ahorrar energía, reducir costes y mejorar la calidad de vida, al mismo tiempo que protege el medio ambiente. Las aplicaciones de plástico suelen ser fáciles de instalar y requieren un mantenimiento mínimo.

Existen más de 7 familias diferentes de plásticos y la mayoría tienen algo diferente que ofrecer al sector de la construcción. Entre otras cosas:

En la estructura de un edificio, los plásticos se utilizan para los aislamientos, las ventanas, el cableado, el sistema de tuberías y los revestimientos para techos.

Dentro de las casas, los plásticos se emplean en los papeles pintados, suelos, toldos, los muebles y encimeras de las cocinas y los muebles, mamparas y sanitarios del baño. (PlasticsEurope. 2012)

#### 2.5.1.2 Ventajas

El uso de plásticos en la construcción ha revolucionado las técnicas arquitectónicas, gracias a sus propiedades duraderas, versátiles y económicas. Entre las ventajas destacan:

- **Durabilidad y resistencia:** Los plásticos son resistentes a la corrosión y tienen una vida útil larga, de hasta 50 años en algunas aplicaciones como tuberías y ventanas
- **Aislamiento eficiente:** Son excelentes aislantes térmicos y acústicos, lo que mejora la eficiencia energética de los
- **Ligereza y facilidad de instalación:** Los materiales plásticos son fáciles de manejar, transportar y almacenar, lo que reduce el costo y tiempo de instalación en proyectos de construcción
- **Reciclaje y sostenibilidad:** Los plásticos pueden ser reciclados y, al final de su vida útil, pueden utilizarse para generar energía térmica (PlasticsEurope, 2012).

El sector de la construcción ha experimentado avances significativos en cuanto al reciclaje de plásticos, particularmente en Europa, donde se gestionan y procesan los residuos plásticos generados en este sector. Este proceso no solo mitiga el impacto ambiental, sino que también favorece el establecimiento de una economía circular dentro de la industria constructiva

En principio se pueden crear plásticos con casi cualquier combinación de propiedades para adaptarlos a prácticamente cualquier aplicación imaginable. Debido a esas atractivas propiedades, cada vez se utiliza más el plástico en las siguientes aplicaciones.

(Europe Plastic, 2018)

#### 2.5.2 Reciclaje de Plásticos

El Dr. Juris Balodiss director de Proyectos en el Centro Tecnológico de Letonia (Cordis, 2010), afirma los siguientes conceptos:

Reciclaje o reciclamiento es la acción y efecto de reciclar (aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse). El reciclaje implica dar una nueva vida al material en cuestión, lo que ayuda a reducir el consumo de recursos y la degradación del planeta.

##### 2.5.2.1 Concepto

El reciclaje puede realizarse de manera total o parcial, dependiendo de tipo de material. Aunque algunos materiales se pueden transformar en materia prima, mientras que otros permiten crear productos nuevos. De esta manera el proceso puede variar según lo que se quiera obtener de cada material



### 2.5.2.2 Proceso

La base del reciclaje consiste en convertir un desecho en una materia prima o un producto útil. Por ejemplo, una botella de plástico vacía puede terminar en la basura o reciclarse, dándole un nuevo ciclo de vida y de esta forma reducir el impacto ambiental

### 2.5.2.3 Clasificación de plásticos reciclables

**Tabla 1**

*Código de identificación de plásticos*

NOMBRE	SIGLAS	USOS	CÓDIGO
<b>Polietileno tereftalato</b>	PET	Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros	 PETE
			1 código de reciclaje de plástico PET
<b>Polietileno</b>	PE	Se usa en filmes plásticos procedentes de embalajes de golosinas, yerba, jabones, etc.	 HDPE
			Polietileno de baja densidad
			 LDPE
			Polietileno de alta densidad
			Código de reciclaje de plásticos PE (Alta y baja densidad)
<b>Polipropileno bi-orientado</b>	BOPP	Residuos industriales	 PP
			Código de plástico reciclado BOPP

*Nota. La tabla muestra los códigos de identificación para diferentes resinas plásticas.*

*Adaptado de "¿Qué son los códigos de identificación de plásticos?" por QuimiNet, 2021.*

### Conclusión

Lo que esta tabla nos deja claro es que la palabra plástico en realidad se refiere a una gran familia de materiales diferentes y no todos son iguales. Pero lo más importante es el código numérico que vemos dentro del triángulo de reciclaje ese es como el carnet de identidad de cada tipo de plástico

Para la investigación, esto es fundamental. Nos confirma que podemos identificar y aislar de manera precisa el material que nos interesa el PET, simplemente buscando el código de número 1. Esto no permite justificar el por qué nos centramos específicamente en este tipo de plástico y no en otros.

### 2.5.3 PET reciclado en la Arquitectura

Si nos adentramos en el mundo de la arquitectura con plástico refiriéndonos, no a meras piezas que complementen, sino a partes importantes del edificio podemos ver varios ejemplos ejecutados merecedores de un aplauso. Como el situado en el Pau de Vallecas en Madrid (Vallecas 51, obra del estudio SOMOS Arquitectos) .... «Una de las apuestas ha sido la utilización de paneles de policarbonato, que juegan con tres tonos de color verde» donde los paneles de plástico permiten obtener un mayor aislamiento térmico y acústico.

Es un material totalmente reciclable, de muy bajo coste de fabricación, transporte y maniobrable gracias a su ligero peso (Ovacen, Sf)

a continuación, en la siguiente figura encontramos un proyecto a base de Plásticos PET reciclados y otros plásticos.

**Figura 35**

*Etalles de Vallecas 51*



*Fuente: SOMOS Arquitectos, 2016*

Estos paneles consiguen, a través de una gradación de tonos y brillos, combinados con un sustrato de color neutro determinado por la capa exterior de la fachada, la

combinación adecuada de ambos materiales para hacer vibrar toda la fachada, entrando en resonancia con esa luz. Característica de la ciudad de Madrid. (archdaily)

Volvemos a otra fachada donde el plástico es el elemento principal. En esta sala de celebración de eventos sociales el estudio Vaillo+Irigay ha tomado tubos de plástico reciclados pintados de verde para darle personalidad a la fachada. En el interior han usado vidrio rehusado para el suelo jugando con el reflejo al entrar la luz. Vamos, que, reutilizando plástico y vidrio, se pueden crear edificios muy trendy, como se puede mostrar en la figura 34

**Figura 36**

*Fachada proyecto Vaillo+Irigay*



*Fuente: Alquiarter, 2014*

Este proyecto nos encanta por su gran compromiso con el planeta. Todavía en proceso, consiste en la construcción y rehabilitación de viviendas sociales en diversos puntos de la provincia de Extremadura. El objetivo es construir de la manera más sostenible posible haciendo uso de materiales naturales y reciclados para alcanzar edificios de consumo de energía con baja huella de carbono

**Figura 37**

*Tubos PET de plástico reciclados*



*Fuente: Arquialter, 2014*

### **2.5.3.1 Aplicaciones del PET**

La utilización de plásticos reciclados, específicamente PET, en la construcción se ha propuesto como una solución tanto para la reducción de residuos plásticos como para la mejora de las características de materiales constructivos. Esta investigación analiza como el PET reciclado puede reemplazar parcialmente los agregados gruesos en la mezcla de adoquines de concreto para su uso en espacios públicos (Aguilar, 2023).

El Polietileno Tereftalato (PET) es un material muy utilizado en varias industrias gracias a sus características únicas. Su principal uso es envases y empaques, donde se encuentra en productos como botellas de bebidas carbonatadas, agua, aceites, conservas, cosméticos, productos químicos y farmacéuticos. El PET es ideal para estos productos por que mantiene su integridad

Esta versatilidad en grosor y aplicación destaca la importancia del PET en la electrónica moderna (Mariano, 2011).

Debido a esto tenemos que la alta resistencia del PET es generalmente utilizada en varias industrias como la textil y se emplea para hacer telas y cuerdas, también tenemos partes de cinturones e hilos de costura. Con todo esto podemos entender como la durabilidad y fuerza de este material es bastante versátil para varias áreas (Mariano,2011.)

El Pet es un material que ha sido necesario en varias industrias debido a sus propiedades y si duración y capacidad de mantener la seguridad de los productos además sus aplicaciones no solo empiezan desde envases o empaques sino también aparatos electrónicos y textiles en algunos de los casos, esto nos deja evidencia de su importancia en la actualidad

### 2.5.3.2 Características físicas del PET. Reciclado

**Tabla 2**

*Datos Técnicos del PET*

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,34 – 1.39
Resistencia a la tensión	Mpa	59 – 72
Resistencia a la compresión	Mpa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza		Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 <sup>-4</sup> / °C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)		3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar		Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado		Excelente
Calidad óptica		Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 – 254

*Nota. La tabla muestra las Características del Plástico PET  
Adaptado de Características del PET. por QuimiNet, 2021.*

### Conclusión

El Plástico PET sobresale en cuanto a sus propiedades tanto mecánicas como térmicas, lo que lo hace apto para diversas aplicaciones lo cual incluye al sector de la construcción y sobre todo a la fabricación de productos industriales. Sus caracterizas más

sobresalientes son resistencia hacia la tensión sin comprometer sus estructuras y soportar cargas permanentes

**Propiedades Térmicas:** El PET reciclado tiene una baja dilatación térmica, lo que significa que mantiene su forma incluso cuando la temperatura varía, lo que lo hace adecuado para diversos entornos. Además, su alta temperatura de fusión le permite seguir siendo estable incluso en condiciones de calor moderado

**Resistencia a agentes externos:** Por su alta resistencia química y su capacidad para bloquear la humedad, el PET reciclado es ideal para usarlo en aplicaciones al aire libre o en ambientes húmedos, como pavimentos y revestimientos de concreto

**Aislamiento eléctrico y propiedades ópticas:** El PET reciclado se caracteriza por su alto aislamiento eléctrico, lo que lo hace adecuado para su uso en la industria eléctrica.

## 2.6 Metodología de Ensayos Técnicos

En esta sección se va a verificar las propiedades de las placas ya que, aquí se describirán los ensayos de laboratorio que se analizarán para medir su comportamiento mecánico y físico, como la resistencia a la compresión, a la flexión su reacción al fuego y su capacidad de absorción de agua. Además, para que nuestros resultados tengan validez, todo este proceso se enmarcaba en la normativa técnica correspondiente, que nos servirá como punto de comparación y garantizara la fiabilidad del estudio

### 2.6.1 Máquina automática de compresión y flexión

Las máquinas para realizar las pruebas de compresión y flexión son: prensa de hormigón la cual tiene una capacidad de 200 toneladas, su resultado puede ser expresado en Mpa, PSI, kg/cm<sup>2</sup> y para la prueba de flexión es máquina de ensayo Marshall y C.B.R. la cual tiene una capacidad de 10.000 lb.(Yanza Paredes, 2022)

Para realizar las pruebas las probetas deberán cumplir con la norma INEN 520 (Yanza Paredes, 2022).

**Figura 38**

*Máquina hidráulica para ensayos de compresión de la ESPE*



*fuentes: Esteban, C. 2010*

**Figura 39**

*Máquina automática de pruebas de Flexión*



*fuelle: TESTMAK*

### **Máquina de Compresión Inconfinada**

Para poder ensayar los diferentes materiales no tan fuertes como es el caso del yeso, principalmente en las primeras etapas, esta máquina es fundamental ya que nos permite tener una mejor precisión al momento de ensañarlo, por su diseño nos permite aplicar cargas de manera más sutil y se puede apreciar mejor los resultados

A continuación, se muestra la Máquina de compresión inconfinada.

**Figura 40**

*Máquina de Compresión inconfinada*



*Fuente: Elaboración Propia*

La máquina de compresión inconfinada es más adecuada para poder valorar las propiedades que tienen las placas de yeso o en este caso las probetas ya que su alta sensibilidad nos pretermite detectar las pequeñas fisuras que se presenta en los ensayos de laboratorio

### **Control preciso**

El avance manual permite una aplicación de carga más controlada, evitando deformaciones no deseadas en el material. Y una adecuación para materiales frágiles Su diseño es ideal para materiales como el yeso, que pueden ser sensibles a la presión excesiva.

Por otra parte, la Prensa Hidráulica es mejor cuando se hace aplicaciones con materiales más resistentes como el hormigón, cerámica o cualquier otro material fuerte, donde se requiere una mayor fuerza

- Materiales más resistentes por su capacidad para aplicar altas presiones en materiales con mayor resistencia a la compresión

## **2.6.2 Ensayo a Compresión**

El ensayo de resistencia a la compresión tiene como objetivo determinar la capacidad de los materiales para resistir cargas sin fracturarse, un aspecto crucial en la evaluación de su desempeño. (Méndez & Pérez, 2015).

### **Normas Aplicables**

La AST C39/C39M establece un método estándar para probar la resistencia a la compresión. Aunque, la NTP 339.034 es la norma peruana equivalente que define los procedimientos para medir la resistencia a la compresión. (Incal,2017).

### **Preparación de Probetas**

El modelo de las probetas tiene dimensiones estándar: un diámetro de 150 mm y una altura de 300 mm (Méndez Y Pérez ,2015).

### **Proceso de Moldeo**

Se prepara una mezcla uniforme del material a ensayar con una relación determinada. Luego, se vierte la mezcla en moldes previamente engrasados, en capas de 25 mm de espesor. Cada capa se compacta con golpes transversales para eliminar el aire atrapado, y al final, se nivela la superficie con una espátula (Méndez Y Pérez ,2015).

### **Curado de las Probetas**

Las probetas se mantienen en los moldes durante 24 horas en condiciones de alta humedad (90% a 100%) y temperatura controlada (entre 15°C y 38°C) (Méndez & Pérez, 2015).

Posteriormente, las probetas se retiran de los moldes y se curan en agua a 23°C hasta el momento del ensayo (Méndez & Pérez, 2015).

### **Prensa Hidráulica**

Se utiliza la Prensa para calibrar y luego se coloca las probetas para proceder con el ensayo

Se aplica una carga de compresión a una velocidad constante de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s (aproximadamente  $25 \pm 5$  kg/cm<sup>2</sup>/s).

La carga va aumentando gradualmente hasta que la probeta sufre una fractura visible (Peréz,2017).



### **Cálculo de la Resistencia a la Compresión**

Se calcula con la Siguiete Formula

Donde:

$$F'c = \frac{F}{A}$$

F: Es la carga máxima que se aplica (medida en Newtons o Kilogramos-fuerza).

A: Es el área de la sección transversal de la probeta (medida en mm<sup>2</sup> o cm<sup>2</sup>)

(Méndez Y Pérez ,2015).

### **Interpretación de Resultados**

1. Si uno o dos de los resultados difieren más del 15% del promedio, deben ser descartados y solo se debe reportar el promedio de los resultados restantes (Pérez,2017).
2. Si tres o más resultados muestran diferencias mayores al 15%, se debe repetir la prueba y descartar los resultados inconsistentes (Méndez & Pérez, 2015).

### **Importancia de Ensayo**

1. Ajustar las proporciones de los componentes del material para lograr un mejor rendimiento (Méndez & Pérez, 2015).
2. Garantizar que el material utilizado en la construcción cumpla con las normas técnicas nacionales como internacionales (Incal,2017).

### **2.6.3 Método de resistencia a la Flexión**

La prueba de flexión primordialmente nos ayuda a entender la capacidad que tiene algún material de resistir los esfuerzos de flexión sin romperse o quebrarse esto tiene importancia en materiales como ladrillos o paneles

#### **Método de ensayo**

Las probetas para la prueba de flexión suelen tener forma prismática y dimensiones estándar de 150 mm x 500 mm. Se aplica una carga centrada en la probeta, hasta alcanzar el punto de fractura (Pérez, 2017).

#### **Cálculo de Resistencia a la Flexión**

La resistencia a la flexión (MOR) se calcula utilizando la fórmula:

$$MOR = \frac{3PL}{2bd^2}$$

donde:

P = Carga máxima aplicada (en Newtons o kilogramos-fuerza).

L = Longitud de la probeta.

b= Ancho de la probeta.

d= Altura de la probeta (Pérez, 2017).

#### **Tipos de Carga Aplicada**

Durante las pruebas de flexión, se pude aplicar dos tipos de carga:

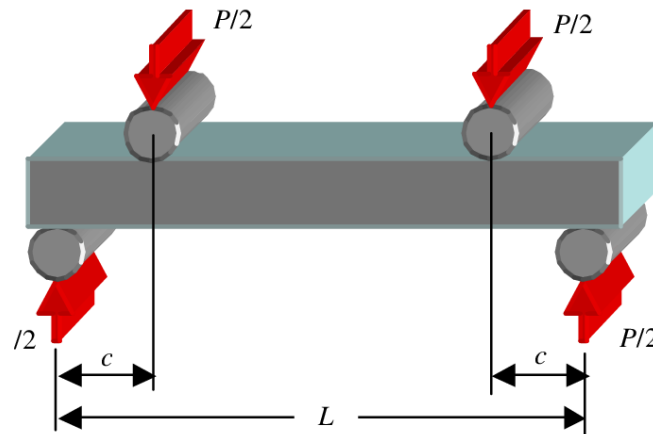
1. Carga Centralizada: Se aplica en el centro de la probeta, lo que provoca una deformación simétrica en ambos extremos del material
2. Carga Puntual: En este caso, la carga se aplica sobre un área específica lo cual, genera un comportamiento de flexión más localizado y diferente.

### Aplicaciones del Ensayo

En el ensayo a flexión es esencial para la construcción como losas, vigas, y paneles los cuales estarán expuestos a cargas no uniformes. también se utiliza en el diseño de elementos prefabricados (Pérez, 2017).

**Figura 41**

*Esquema de la máquina para determinar la resistencia a la flexión*



Nota Apoyos en ensayo

Adaptada de NTE INEN-EN 520 (p.9), por Norma Técnica Ecuatoriana, 2018 Y ANTONIO MARTIN, JUNIO, 2004

### 2.6.4 Ensayo a fuego

Para realizar este ensayo, se siguen una serie de pasos rigurosos que incluyen la preparación de las probetas, el uso de equipos adecuados y la aplicación controlada de la llama directa:

- **Preparación de Probetas:** Se seleccionan cinco probetas de las cuales tres deben cumplir con la normativa de resistencia. Las probetas deben tener dimensiones de 50 mm x 300 mm y deben contar con perforaciones específicas en sus extremos para asegurarse de que permanezca suspendidas durante la exposición al fuego (Norma Chilena NCh 146,2000)
- **Equipo de Ensayo:** Se utiliza un mechero Meker con una boquilla de 19mm de diámetro. Este tipo de mechero proporciona una llama constante, que se usa para exponer las probetas a altas temperaturas. Las termocuplas de aluminio-cromo (tipo K) se colocan en puntos estratégicos de las probetas para medir y controlar la temperatura durante el ensayo.

Se observan y se anotan los datos más relevantes en las pruebas como la temperatura que tiene en su interior o en momento en que tiene algún agrietamiento, con esto se puede apreciar si cumple con la normativa o falla en esta

Para ellos utilizamos dos materiales en específico

Los sujetadores, estos se encargan de sostener a las probetas y las termocuplas lo cuales son sensores que envían señales de temperatura y el mechero Meker: Proporciona una llama directa que utiliza para exponer las probetas a temperatura extremadamente altas.

### 2.6.5 Ensayo de Absorción de Agua por Inmersión Total

El ensayo de absorción de agua por inmersión total se utiliza para evaluar la capacidad de los materiales de construcción para absorber agua. Este ensayo es importante para determinar cómo un material resistirá la exposición a condiciones de humedad, lo cual es fundamental para garantizar su durabilidad en aplicaciones que estarán expuestas a la intemperie o ambientes húmedos.

Las Probetas deben ser pesadas antes y después de la inmersión en agua, para calcular el aumento en peso debido a la absorción del agua.

- **Inmersión en Agua:**

Las Probetas se sumergen completamente en agua potable durante un período de tiempo determinado. Este puede ser un primer período corto de 1 hora y un segundo período más largo de 24 horas (Reinoso & Torres, 2023).

- **Evaluación de Resultados:**

Después de cada período de inmersión, se mide el peso de las Probetas y se calcula el porcentaje de absorción de agua en relación con el peso inicial del material.

#### **Conclusión**

En este ensayo de inmersión es crucial para poder evaluar cómo se comporta el material frente a condiciones de humedad, especialmente si va a ser un material el cual se va a exponer en exteriores y con esto se puede evaluar si permite ser usado para exteriores o solo interiores

### 2.6.6 Marco Normativo de Placas de Yeso

#### 2.6.7 Normativa de ensayo de Resistencia a la Flexión

El ensayo de flexión tiene como objetivo determinar la capacidad de un material para resistir la deformación o rotura cuando se le somete a una carga que tiende a doblarlo o flexionarlo. Este ensayo es fundamental, ya que los materiales de construcción deben ser capaces de soportar cargas sin romperse ni deformarse excesivamente (UNE-EN 13279-2:2014). (Cevallos, 2022; Yanza, 2022).

#### **Norma Utilizada**

Este ensayo se realiza siguiendo la norma UNE-EN 13279-2:2014, que establece los métodos para ensayar la resistencia a flexión de yesos y conglomerantes a base de yeso para la construcción (UNE-EN 13279-2, 2014). (Cevallos, 2022; Yanza, 2022).

- **Metodología**

- **Preparación de las Probetas:**

Las probetas prismáticas deben tener las dimensiones estándar de 160 mm de largo, 40 mm de ancho y 40 mm de espesor.

Estas dimensiones son el estándar para los ensayos de Flexión en yeso, ya que permiten evaluar de manera adecuada como se deforma el material al aplicar la carga. Ç

La probeta debe ser colocada con 2 apoyos los cuales deben estar a unos 100 mm de distancia los cuales simulan como seria el material frente a una carga real

Una carga central se aplica en el centro de la probeta hasta que esta se rompa o se deforme permanentemente.

La carga se aplica de manera gradual y controlada hasta que la probeta alcance su punto de ruptura o flexión máxima.

#### **Medición de la Resistencia**

La carga máxima que soporta la probeta antes de romperse es registrada en Newton (N).

Esta carga máxima se utiliza para calcular la resistencia a la flexión en unidades de megapascuales (MPa), utilizando la siguiente fórmula:

$$RF = 0,0234 \times F$$

donde:

RF es la resistencia a la flexión en MPa.

F es la carga máxima en la rotura en kN (UNE-EN 13279-2, 2014).

### **2.6.8 Normativa de ensayo de Resistencia a la Compresión**

#### **Norma Utilizada**

Este ensayo también se realiza según las directrices de la UNE-EN 13279-2:2014, que establece los procedimientos para medir la resistencia a compresión de los yesos de construcción (UNE-EN 13279-2, 2014).

#### **Metodología**

- **Preparación de las Probetas:**

Para el ensayo de compresión, se utilizan los restos de las probetas que fueron sometidas previamente al ensayo de flexión. Es decir, los fragmentos que quedaron de la probeta después de la fractura de flexión se usan para el ensayo de compresión.

- Las dimensiones de la probeta para este ensayo son similares: 40 mm de largo, 40 mm de ancho y 40 mm de espesor.
- Configuración del Ensayo
- Las probetas se colocan entre dos platos de acero de la máquina de compresión, con los lados laterales de la probeta en contacto con los platos.
- La carga de compresión se aplica uniformemente sobre la probeta, aumentando de manera gradual hasta que la probeta se rompa o se deforme permanentemente.

#### **Aplicación de la Carga**

La carga se incrementa hasta que la probeta colapse, y la carga máxima se registra en kN (kilonewtons).

#### **Medición de la Resistencia**

La resistencia a compresión se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$RF = \frac{FX100}{1600}$$

donde:

RF es la resistencia a compresión en MPa.

F es la carga máxima en la rotura en kN (UNE-EN 13279-2, 2014).

### **2.6.9 Normativa de ensayo a fuego**

El ensayo de resistencia al fuego o cohesión del núcleo a altas temperaturas tiene como objetivo evaluar la resistencia de materiales de construcción cuando son sometidos a altas temperaturas (llama directa), para determinar su capacidad de resistir el fuego sin comprometer sus propiedades estructurales esenciales. Este ensayo se basa en las normativas NTE INEN-EN 520 y NCh 146 (Yanza, 2022),

que definen los procedimientos y requisitos técnicos a seguir para asegurar que los materiales no solo resistan la exposición directa al fuego, sino que también mantengan su integridad durante un tiempo determinado.

Se toman en cuenta las normas internacionales que definen las condiciones de ensayo, así como los parámetros de tiempo y temperatura, para garantizar que el material cumpla con los requisitos de seguridad para su uso en la construcción. Según la norma ecuatoriana, una probeta debe resistir al menos 15 minutos de exposición a la llama directa sin romperse para probar el ensayo. En cambio, la normativa chilena permite hasta 30 minutos sin ruptura para que el material sea considerado adecuado.

### **2.6.10 Normativa de ensayo a absorción de Agua por Inmersión Total**

NCh2456.Of2001 (Chile): Esta norma chilena establece un método para la determinación del coeficiente de absorción de agua de los materiales de construcción en contacto con agua. Es aplicable a morteros de estucos y otros materiales de construcción.

La probeta se sumerge en agua durante un periodo definido. A través de esta inmersión, se determina la cantidad de agua absorbida por el material en un tiempo determinado (generalmente entre 24 y 72 horas, dependiendo del tipo de material).

Se mide el incremento de peso de la probeta, que se utiliza para calcular el coeficiente de absorción de agua. Este valor se expresa generalmente en porcentaje de peso sobre la masa inicial de la probeta.

Para llevar a cabo este método se sigue la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 520

Las probetas para este ensayo tienen dimensiones de  $300\text{ mm} \pm 1.5\text{ mm} \times 300\text{ mm} \pm 1.5\text{ mm}$  cada placa, y se realiza el ensayo en una de las caras de la probeta. Deben acondicionarse a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa del  $50\% \pm 5\%$ .

Además de la máquina de ensayo, se utiliza una balanza que permita lecturas de 0.01 gramos y un recipiente apropiado para la inmersión de la probeta.

## 2.7 ANÁLISIS DE REFERENTES

### 2.7.1 Referente 1. Mortero de Estuco con Agregado de Corcho

#### Tema

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TERMO ACÚSTICAS Y MECÁNICAS DE MORTERO DE ESTUCO CON AGREGADO DE CORCHO RECICLADO.

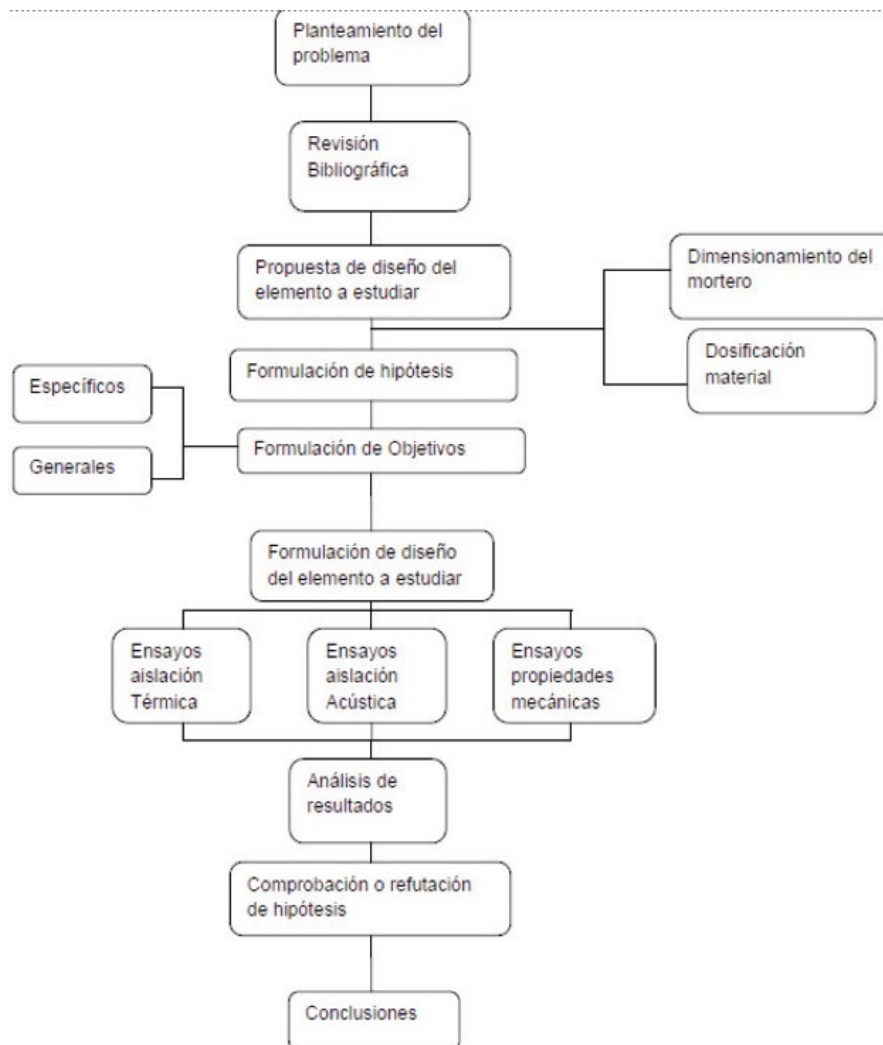
**Autor:** Felipe Eduardo Aranda Galleguillos

#### Metodología de Investigación

El siguiente esquema señala la metodología que se empleara para determinar la capacidad termo – acústica y mecánica del elemento propuesto.

**Tabla 3**

*Metodología de la investigación*



*fuelle: Felipe, E. 2015*

El estudio se enfoca en evaluar las propiedades mecánicas y termoacústicas de un mortero de estuco que incorpora corcho reciclado como reemplazo parcial de la arena. Los objetivos específicos incluyen diseñar un mortero que cumpla con las normativas vigentes, y determinar sus propiedades mecánicas y de aislación térmica y acústica en comparación con un mortero estándar

### **Introducción**

El estudio busca introducir a la construcción el agregado de corcho reciclado como una alternativa a la reducción de residuos y la mejora de las propiedades de los materiales de construcción

### **Materiales**

- Cemento portland puzolánico: Utilizado como base del mortero.
- Arena: Comparada con el corcho reciclado.
- Corcho reciclado: Triturado y utilizado en diferentes proporciones (10%, 20%, 30%) en reemplazo de la arena.

- Agua: Para la mezcla del mortero

### **Desarrollo Experimental**

- Recopilación de materiales: Identificación y recolección de corcho, cemento, arena y ladrillos.
- Confección del mortero: Mezcla de cemento, agua y proporciones variables de corcho triturado.
- Construcción de muros de albañilería: Utilizando el mortero confeccionado.
- Ensayos de laboratorio: Para evaluar propiedades mecánicas, consistencia, y capacidades termoacústicas del mortero

**Figura 42**

*Probeta de 40x40x160mm*



*fuentes: Felipe, E. 2015*

## **ENSAYO MECÁNICO**

**Figura 43**

*Probeta Rilem*



*Felipe, E. 2015*

## ENSAYO TÉRMICO

**Figura 44**

*RILEM ensayo de Flexión*



*fuelle: Felipe, E. 2015*

## Cuadro Resumen de Ensayos Mecánicos

**Tabla 4**

Ensayos	Requisitos NCh 2256/1 Of 2001	Cumple	100/0	90/10	80/20	70/30
<i>Mecánicos</i>			<i>Compresión.</i>			<i>Ensayos</i>
Consistencia (mm)	180 - 200	Sí	187	191	192	199
Resistencia a la compresión (Mpa)	2,5	Sí	23,65	20,61	18,05	17,19
Adherencia (Mpa)	0,2	Sí	0,86	0,79	0,75	0,69

*fuelle: Felipe, E. 2015*

## Resultados de Ensayos Térmicos y Acústicos

- **Consistencia:** Todas las mezclas mantienen una consistencia óptima dentro del rango exigido, permitiendo su uso en estucos para muros.
- **Resistencia a la compresión:** Todas las mezclas superan el requisito mínimo de 2,5 Mpa, con la mezcla de mayor adición de corcho triturado superándolo en un 290%.
- **Adherencia:** Todas las mezclas cumplen con el requisito mínimo de adherencia de 0,2 Mpa.

## Resultados de Ensayos Térmicos y Acústicos

- Ensayo de aislación térmica: Los muros estucados con mortero de corcho reciclado mostraron una disminución en la densidad, lo que provoca una



disminución en el coeficiente de conductividad térmica y aumenta el flujo de calor, favoreciendo el aislamiento térmico.

- Ensayo de aislación acústica: Los muros estucados con mortero de corcho reciclado mejoraron las propiedades acústicas al reducir la intensidad sonora comparado con los muros sin estucar

### **Conclusión**

Todas las mezclas de mortero con corcho reciclado son aptas para ser utilizadas como estuco en muros, cumpliendo con los requisitos normativos en términos de consistencia, resistencia a la compresión y adherencia.

El uso de este material reciclado el corcho ayuda a mejorar las propiedades del mortero en este caso sus propiedades térmicas, encontrando un material sostenible para la construcción

### **2.7.2 Referente 2. Módulo a base de yeso y Totora**

#### **Tema:**

DISEÑO DE UN MÓDULO A BASE DE YESO Y TOTORA CON CUALIDADES TÉRMICAS PARA DIVISIONES INTERNAS, EN EL CANTÓN LOJA. (Yanza, 2022).

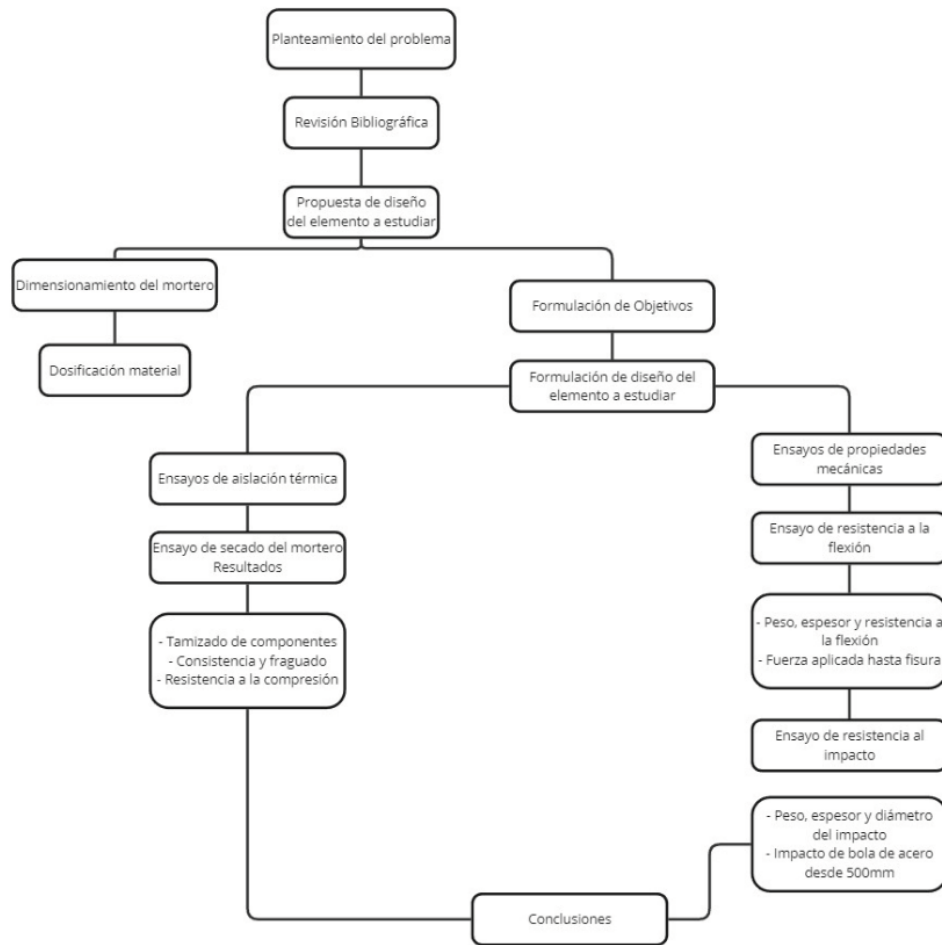
**Autor:** Jessica Cecilia Yanza Paredes

#### **Metodología de Investigación**

La metodología de la investigación fue de tipo experimental con un enfoque cualitativo. Se inició con la elaboración de morteros con diferentes dosificaciones, seguidos de pruebas para asegurar el cumplimiento normativo. Posteriormente, se desarrollaron probetas (paneles) con la mejor dosificación para someterlos a pruebas adicionales

**Tabla 5**

*Metodología de investigación*



*fuelle: Cecilia, J. 2022*

La investigación tiene como objetivo diseñar un módulo a base de yeso y totora con cualidades térmicas para divisiones internas en el cantón Loja. Se busca mejorar el confort térmico en las viviendas construidas con mampostería tradicional y reducir los costos de construcción. Se realizaron pruebas experimentales para determinar las propiedades físicas y térmicas del módulo desarrollado (Yanza, 2022)

### **Introducción**

La investigación aborda la problemática de la pérdida de confort térmico en viviendas tradicionales y propone el uso de paneles de yeso reforzados con fibras naturales (totora). El objetivo es desarrollar un módulo que sea tanto eficiente térmicamente como económico. Los objetivos específicos incluyen la revisión bibliográfica, análisis cualitativo de la totora, descripción de normativas y experimentación para evaluar el comportamiento del módulo

### **Materiales**

- Yeso
- Totora
- Aditivos
- Agua
- Madera y malla de gallinero (para la estructura de los paneles)

### **Desarrollo Experimental**

El desarrollo experimental consistió en la creación de morteros con diferentes dosificaciones de yeso y totora. Se realizaron pruebas de secado, adherencia, resistencia a la flexión, impacto, humedad, fuego y térmica. Los paneles que cumplieron con las normativas fueron seleccionados para pruebas adicionales

**Figura 45**

*Ensayo Mecánico*



*fuelle: Cecilia, J. 2022*

**Figura 46**

*Ensayo de resistencia térmica*



*fuelle: Cecilia, J. 2022*

### **Ensayo de secado del mortero**

- Se tamizaron los componentes secos para mejorar la mezcla.
- La consistencia del mortero se determinó por la cantidad de agua.

- Mayor cantidad de agua resultó en mayor tiempo de secado.
- La resistencia a la compresión se observó en la ruptura de las probetas

#### **Ensayo de resistencia a la flexión**

- Realizado con la normativa ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y de la misma forma se utilizó la siguiente normativa chilena NCh 146.
- Se utilizaron 8 probetas con diferentes configuraciones.
- Se midió cada probeta para ver las dimensiones y de la misma forma se puso sobre un apoyo de 3 puntos para evaluar la prueba

- **Ensayo de Impacto**

- ejecutado con la normativa ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la normativa internacional chilena NCh 146.
- Se utilizaron 9 probetas con diferentes configuraciones.
- Se midió el peso, el espesor y el diámetro del impacto.
- Se dejó caer una bola de acero desde una altura de 500mm y se midió el diámetro del impacto en mm

**Figura 47**

*Resistencia a impacto y Humedad*



*fuelle: Cecilia, J. 2022*

#### **Conclusión**

El caso de estudio nos presenta como un material tradicional como el yeso con el añadido de alguna fibra en este caso fibra de cabuya, es una solución para mejorar el confort térmica en divisiones internas.

Se observo como siguió un proceso que partió desde su elaboración de mortero con distintas dosificaciones hasta llegar a la fabricación de los paneles, las cuales fueron sometidas a ensayos técnicos para medir su desempeño, especialmente en pruebas de flexión e impacto bajo las normativas NTE- EN 520 y la Nch 14, lo que otorga una validez y fiabilidad a los resultados.

### 2.7.3 Referente 3. Ladrillos de Plástico PET Reciclado.

#### Tema

LADRILLOS DE PLÁSTICO RECICLADO PARA MAPOSTERÍA NO PORTANTE

**Autor:** Rosa Nathaly Flores Ramírez

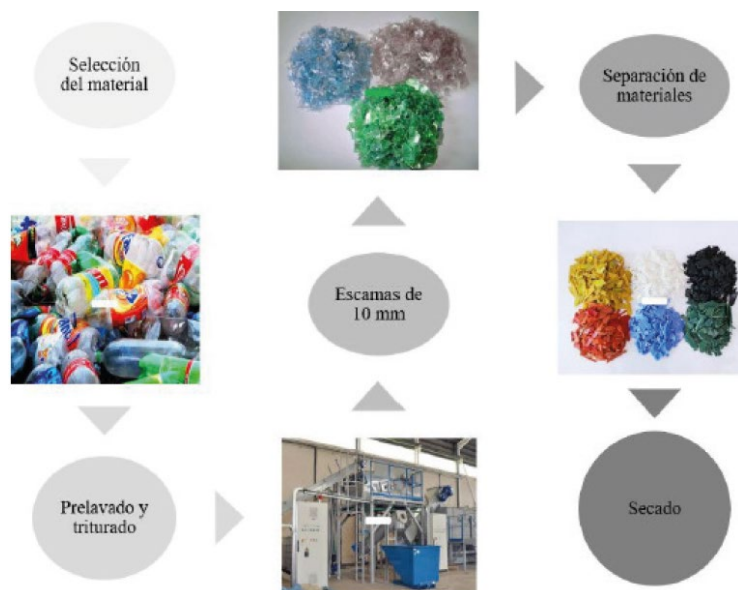
#### Metodología

Para ellos tenemos 3 fases de realización

- Tenemos que recolectar los plásticos PET y también triturados con una máquina de molienda.
- Tenemos que derretir el plástico para poder ocuparlos en los moldes hechos para la investigación
- Realizar los diferentes ensayos tanto de compresión como de flexión y humedad, con esto podemos evaluar de una mejor manera las propiedades del material.
- Esta tesis se centra en una investigación que busca tener una solución más ecológica al material de construcción y poder reducir la contaminación por plásticos desechados.

**Figura 48**

*Diagrama del reciclado Mecánico a emplearse*



*Fuente: Rosan N. 2019*

La tesis de Rosa N. Flores se centra en el diseño y prototipo de ladrillos de plástico utilizando polímero PET reciclado. La investigación busca ofrecer una sostenible y económica a los materiales de construcción tradicionales, reduciendo el impacto ambiental del plástico desechado.

#### Introducción

La investigación evalúa las características de los plásticos de las botellas de denominación PET, las cuales permiten apreciar si pueden ser utilizadas como ladrillos que

no solo contribuyen a la reducción de contaminación, sino que también proporcionan un material de construcción ecológico y que ayuda a reducir los plásticos en el mundo.

#### **Figura 49**

*PROTOTIPO DE 26x12x8 cm*



*Fuente: Rosan N. 2019*

Utilizamos

- Plástico triturado Pet
- Bascula
- Moldes prefabricados
- Guantes

#### **Desarrollo Experimental**

En este caso se divide por fases de las cuales tenemos: Ensayo a Flexión

- Método: Las muestras se someten a esfuerzos de flexión para determinar la resistencia.

- Resultados: Se obtuvo un promedio de 126.7 MPa

Ensayo a Compresión

- Método: Evaluación de la resistencia a la compresión.

- Resultados: Se obtuvo un esfuerzo promedio de 109.93 Kg/cm

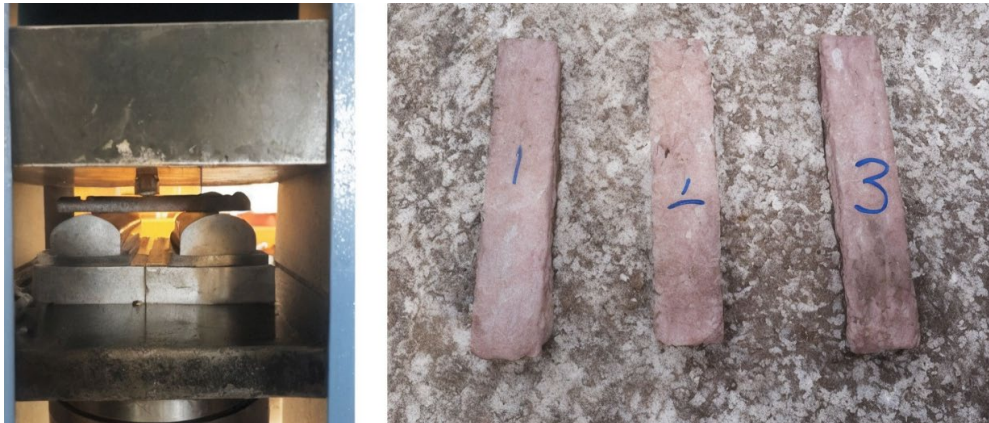
Ensayo de Absorción de Agua

- Método: Medición de la absorción de agua en las muestras.

Se pudo apreciar que una pequeña absorción del 0.27% en comparación de la norma que dice que tiene un máximo de 0.5%

**Figura 50**

*Muestras para ensayo de flexión*



*Fuente: Rosan N. 2019*

### **Resultados de Ensayo a la Flexión**

**Tabla 6**

*Resultados de pruebas de Flexión y compresión*

<b>Muestra</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>	<b>Muestra</b>	<b>Esfuerzo (kg/ cm<sup>2</sup>)</b>
1	128.5	1	110.5
2	125.3	2	108.7
3	126.3	3	110.6
<b>Promedio</b>	<b>126.7</b>	<b>Promedio</b>	<b>109.93</b>

*Fuente: Rosan N. 2019*

### **Conclusión**

Los ladrillos de PET muestran una resistencia a la flexión promedio de 126.7 MPa, lo que indica una alta capacidad para soportar fuerzas de flexión sin romperse. Esta resistencia es comparable a la de materiales de construcción tradicionales, lo que hace que los ladrillos de PET sean adecuados para aplicaciones estructurales específicas.

Los ladrillos tienen propiedades las cuales puedes comprarse a los tradicionales los cuales son macizos, pero son igual de funcionales en varios aspectos siendo de una manera concreta una opción más factible para la construcción.

### **Resumen de los referentes**

Los referentes exploran varios aspectos y enfoques diferentes pero cada uno de ellos tiene una importancia en el diseño de nuevos materiales contractivos y en los cuales podemos apreciar los siguientes resultados.



**Tabla 7***Resumen de los Referentes.*

<b>Referente de Investigación</b>	<b>Materiales Utilizados</b>	<b>Conclusión Clave</b>
<b>Referente 1. Mortero de Estuco con Agregado de Corcho</b>	Mortero de estuco con agregado de corcho reciclado en proporciones de 10% 20% y 30%	La adición de corcho mejora significativamente las propiedades térmicas y acústicas, siendo una opción viable para la construcción.
<b>Referente 2. Módulo a base de Yeso y Totorá</b>	Módulo prefabricado compuesto de yeso con un agregado de Cal y fibra de totora.	Los paneles mejoran el confort térmico, son económicos y cumplen con las normativas vigentes, destacando el valor de los recursos locales.
<b>Referente 3. Ladrillos de plástico PET reciclado</b>	Ladrillos fabricados exclusivamente a partir de botellas PET trituradas y derretidas.	El producto posee propiedades adecuadas para muros no portantes y representa una alternativa sostenible que contribuye a la reducción de desechos plásticos.

*Fuente: Elaboración Propia*

El referente 2, que aborda el diseño de un módulo de yeso y totora, se considera el más relevante, ya que tiene varios aspectos importantes para la presente investigación que se detallan a continuación.

- El referente cumplió con las dos normativas planteadas, la ecuatoriana como la chilena, y con esto se puede replicar a otros tipos de investigación que tengan un propósito similar
- Se registraron de manera adecuada todas las fases de la investigación, en este caso tenemos ensayos de resistencia, adherencia, impacto, humedad y de propiedades térmicas
- La fase metodología y experimental fue estructurada de manera adecuada, desde la preparación de los diferentes morteros, las dosificaciones que se hicieron para la investigación, como se elaboraron las probetas para los ensayos y todo esto asegurando que todo el proceso pueda ser replicado.



## **CAPÍTULO III. METODOLOGIA.**

### **3.1 Método de Investigación**

El objetivo general de esta investigación es explorar el uso de placas de estuco reforzado con plástico reciclado PET como una alternativa de material para la construcción de cielos rasos. Para lograr este objetivo, se utilizará tanto métodos cualitativos como cuantitativos. Para ellos los métodos cuantitativos nos van a ayudar a evaluar datos durante la experimentación lo cuales serán muy específicos, mientras que los cualitativos se enfocarán en las propiedades y características del material.

#### **Diseño**

Para ello se seleccionarán los materiales adecuados y se determinarán las técnicas de producción del estuco reforzado con plástico reciclado PET

Definir las dosificaciones que se van a usar dentro del estudio

#### **Recopilación de Datos**

Se documentará las etapas sobre el proceso de producción, desde la selección de materiales, como se preparan estos y de la misma manera su fabricación.

#### **Las pruebas Mecánicas Flexión y Compresión**

Las placas fabricadas serán ensayadas a pruebas de compresión y flexión para evaluar sus características físicas y como actúa el material frente a esto.

Estas pruebas permitirán evaluar las propiedades de las placas de estuco tradicionales con las que contienen agregados de plástico PET reciclado en diferentes dosificaciones, para ello tenemos las siguientes (15%,20%, 25 %).

#### **Análisis de Resultados**

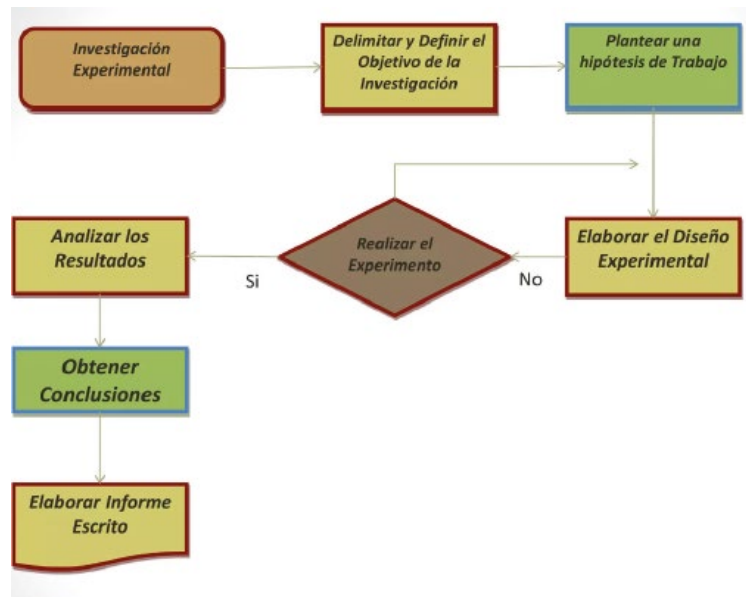
Los datos cuantitativos obtenidos de las pruebas se analizarán utilizando métodos estadísticos, en este caso tablas comparativas y gráficos para ver las estadísticas y de desempeño del material.

Una vez analizado los resultados obtenidos se evaluará si el uso de Plástico Pet, en las placas de estuco se convierte en una alternativa viable

Según los resultados de los ensayos, se desarrollará el prototipo de placa de estuco con las fibras de Plástico PET.

Figura 51

Diagrama de flujo de investigación experimental



fuelle: Montilan, J 2014

Se empieza con una fase experimental la cual es clave para nuestra investigación, con ello fijamos metas claras las cuales vamos a cumplir

Elaboramos una hipótesis la cual nos ayude a definir el objetivo de la investigación.

Se procede a emplear el diseño y si el plan es sólido se procede a realizar la experimentación la cual debe ser clara y concisa, una vez acabado con esto tenemos el análisis de resultados el cual debe ser objetivo según los datos obtenidos y verificar si se cumplen con el diseño que se planteó. Una vez aprobado esto tenemos conclusiones bien fundamentadas

### 3.2 Investigación teórica y Practica

- **teórica**

Se evaluará estudios que nos ayuden con información sobre la elaboración de placas de estuco y sobre la inclusión de las Fibras PET en la construcción

- **Pruebas Prácticas**

Se construirá las placas de estuco con diferentes cantidades y longitudes de fibras de plástico PET reciclado. Luego, evaluaremos el comportamiento de las muestras frente a los ensayos mecánicos

#### Este estudio es exploratorio y descriptivo

- **Exploratorio:** Investigaremos las nuevas características que el estuco puede lograr al incorporar fibras de plástico PET reciclado, un área poco explorada dentro de la contricción en la arquitectura, aunque ya existe más estudios sobre construcciones en plásticos

- **Descriptivo:** Describiremos en detalle cómo cambian las propiedades físicas y mecánicas del estuco al añadir fibras recicladas, y los resultados de nuestras pruebas serán evaluadas según las investigaciones previas

### Modalidad de la Investigación

Mejorar la calidad y sostenibilidad de las construcciones utilizando estucos reforzados con materiales reciclados, contribuyendo así a estructuras más duraderas y amigables con el medio ambiente y de la misma forma empezar a utilizar materiales tradicionales los cuales ya no se usan en la actualidad

### Método

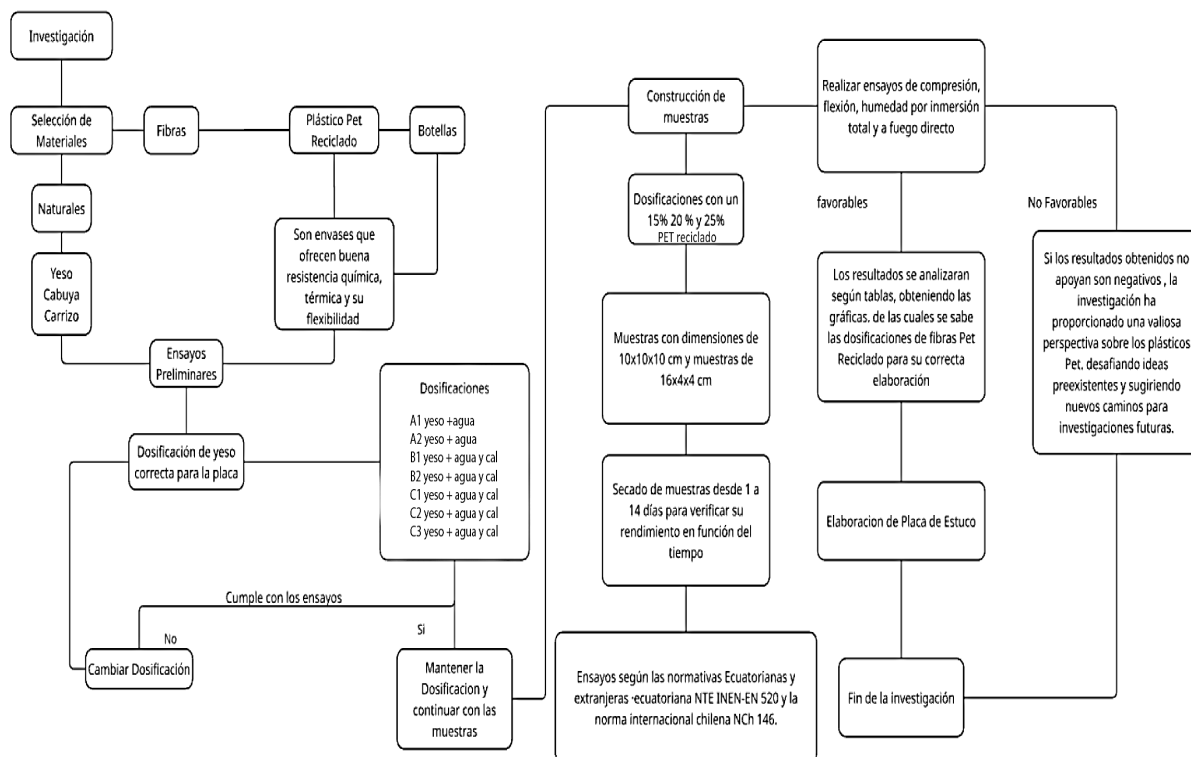
#### Usaremos un método inductivo y analítico

**Inductivo:** Observaremos cómo se comportan las Probetas de estuco con fibras de plástico PET reciclado y llegaremos a conclusiones sobre su garantía como material de construcción.

**Analítico:** Analizaremos con precisión los datos durante nuestras pruebas y revisión de estudios anteriores para encontrar las mejores combinaciones de fibras recicladas que ayuden a las propiedades del estuco.

Figura 52

Metodología de investigación que se utilizara



Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Materiales y Métodos

Para la construcción de probetas de placa de estuco con plástico reciclado, el proceso se puede dividir en 3 fases principales, que aseguran una ejecución correcta. A continuación, se detallan estas fases

- **Fase 1. Selección y preparación de la materia prima**

Se seleccionará yeso lojano junto con fibras naturales, Cabuya, Carrizo y las fibras PET recicladas. Se realizarán pruebas manuales para verificar la calidad de estos materiales y su adecuación para la fabricación de planchas de estuco.

- **Fase 2. dosificación y elaboración de Probetas**

Seleccionado el yeso, se procederá a determinar la dosificación correcta. Para el diseño de las probetas, siguiendo el procedimiento explicado en la normativa, las cuales indican las diferentes dimensiones de probetas que se debe tomar para su análisis. Se elaborarán Probetas de estuco con diferentes porcentajes **(15%, 20, 25%) fibras PET** recicladas, con una longitud de 12 cm a 15 cm. Estas probetas serán analizadas por diferentes métodos para determinar mediante la experimentación y garantizar una placa de buena calidad.

- **Fase 3. realización de ensayos técnicos**

Ensayos técnicos para evaluar las propiedades físico-mecánicas.

- **Ensayo a la compresión:** Para determinar la capacidad de la placa a soportar las cargas directas
- **Ensayo a flexión:** Para medir cómo se comporta la placa al ser doblada, un factor clave en los cielos rasos
- **Ensayo de absorción de agua (humedad):** Para evaluar su comportamiento en contacto con el agua, midiendo la diferencia de peso entre la masa seca y la masa húmeda tras un periodo de inmersión
- **Ensayo de resistencia al fuego:** para observar su reacción ante la llama directa

El análisis detallado de los datos obtenidos en cada uno de estos ensayos permitirá identificar la dosificación óptima de fibras PET. El objetivo es verificar si su incorporación, tal como se planteó en la hipótesis, es una estrategia efectiva para fabricar placas de estuco más resistentes y duraderas.

#### 4.1.1 Fase 1. Selección y preparación de la materia prima

##### 4.1.1.1 Materiales naturales

###### **Cabuya**

Para obtener la cabuya, iniciamos una visita al mercado Dávalos, conocido por su variedad de materiales. Aquí, localizamos varios proveedores que ofrecen cabuya de alta calidad y nos aseguramos de que la cabuya provista cumple con los estándares necesarios, verificando su resistencia y durabilidad, ya que los artesanos locales la utilizan regularmente en sus productos.

**Figura 53**



*Cabuya*

*Fuente: Elaboración Propia*

### **Carrizo**

- Además de comprar en el mercado, exploramos las áreas periféricas de Riobamba, donde el carrizo crece naturalmente, asegurando así una recolección sostenible

**Figura 54**

*El Carrizo*



*Fuente: Elaboración Propia*

#### **4.1.1.2 Fibras PET Recicladas**

Para la extracción de las fibras de Plástico, primero vamos a reciclar algunas botellas o envases los cuales deben tener la denominación PET esto ya que los plásticos PET tiene propiedades mecánicas excelentes (resistente al desgaste y al plegado)

**Figura 55**  
*Plásticos PET*



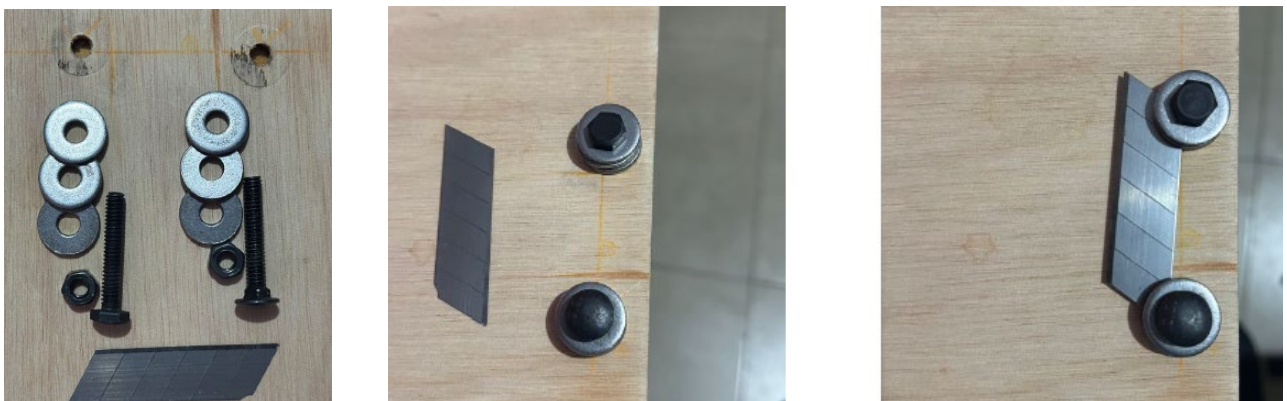
*Fuente: Elaboración Propia*

#### **Extracción de Fibras PET Recicladas.**

El proceso de extracción se realizó mediante la construcción de un dispositivo de corte artesanal, el cual se detalla a continuación:

1. Montaje: Sobre un tablero de MDF, se fijó una cuchilla de estilete utilizando un sistema de arandelas y tornillos, la cantidad de arandelas que se escojan van a determinar el grosor que tendrá la fibra, para la investigación se determinó un grosor de 2 a 3 milímetros.

**Figura 56**  
*Ensamblaje de cuchilla artesanal*



*Fuente: Elaboración Propia*

2. Extracción de fibras: Para obtener las fibras, se realizó un corte inicial en la base de la botella. luego, se hizo rotar manualmente la botella contra la cuchilla, generando así un hilo de plástico continuo y uniforme, el cual será utilizado como las fibras PET recicladas.

**Figura 57**

*fibras PET recicladas*



*Fuente: elaboración Propia*

#### **4.1.2 Fase 2. Dosificación y elaboración de Probetas**

Primero realizamos varias Probetas que ayudarán a determinar la dosificación correcta del yeso, lo cual será fundamental para una ejecución adecuada de los ensayos posteriores.

En la siguiente tabla, se presentan las diferentes dosificaciones que se considerarán para los ensayos de compresión del yeso, con el objetivo de identificar la mejor dosificación.

**Tabla 8**

*Dosificaciones del yeso Preliminares*

<b>Probetas</b>	<b>Material</b>			<b>Porcentaje</b>
<b>A1</b>	Yeso	Agua		Yeso 50% + Agua 50%
<b>A2</b>	Yeso	Agua		Yeso 50% + Agua 50%
<b>B1</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 62.5 % + Agua 37.5 % + Cal
<b>B2</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 62.5 % + Agua 37.5 % + Cal
<b>C1</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 34.29 % + Agua 42.86% + Cal 22.86%
<b>C2</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 26.67 % + Agua 33.33 % + Cal 40.00 %
<b>C3</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 50.00 % + Agua 33.33 % + Cal 16.67%

*Fuente: Elaboración Propia*

Antes de incorporar las fibras PET, era crucial establecer una mezcla base del yeso, la cual ofrezca la mejor resistencia posible. Por eso, el objetivo de esta fase es experimentar

con la tabla 7, para encontrar cual de todas las probetas es la dosificación óptima para la investigación. Por lo cual tenemos lo siguiente.

Los moldes de 10x10x10 cm que serán utilizados para las pruebas de compresión, porque es una medida estándar para los ensayos de compresión, ya que es una forma cubica como la norma EN 12390, que asegura una medición precisa y comparable de la resistencia a compresión

### **Elaboración de Probetas A1. Y A2**

Estas Probetas se hicieron únicamente con agua y yeso. Su propósito es analizar si el agregar la cal a las probetas de yeso mejora su rendimiento

**Tabla 9**

*Probetas*

<b>Probetas</b>	<b>Material</b>		<b>Porcentaje</b>
<b>A1</b>	Yeso	Agua	Yeso 50% + Agua 50%
<b>A2</b>	Yeso	Agua	Yeso 50% + Agua 50%

*Fuente: Elaboración Propia*

Para la elaboración de estas primeras probetas vertemos la mezcla en los moldes según la dosificación antes mostrada. Esto se hace de manera rápida ya que el yeso se seca muy rápidamente. Luego vamos vertiendo en capas suaves, golpeando ligeramente los laterales para eliminar burbujas de aire.

**Figura 58**

*Elaboración de Probetas A1 y A2*



*Fuente: Elaboración Propia*

Quitamos el exceso de yeso con una regla metálica o un nivelador en movimiento de sierra. Este paso debe ser rápido para evitar problemas una vez que el yeso fragüe



Desmoldamos las Probetas una vez que estén completamente endurecidas, asegurándonos de que han fraguado correctamente para las pruebas de compresión posteriores

Una vez hecha la probeta se puede llegar a la siguiente conclusión

- **Dosificación A1 - A2: Yeso + Agua = 100 %**

Las Probetas denominadas A1 y A2 son las que tienen un mayor porcentaje de yeso y agua, sin agregado de cal. Estas probetas se secan más rápido, pero tienen una rigidez bastante alta.

**Figura 59**

*Dosificación*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **Elaboración de Probetas B1, B2, C1, C2 y C3**

A estas probetas se les incorporo cal en distintas proporciones, ya que, igual que el yeso, la cal es un material ampliamente utilizado en el sector de la construcción y, si se aprovechan todos sus beneficios, puede considerarse superior al cemento. Antiguamente, muchas edificaciones estaban construidas a base de cal, y no solo se utilizaba para revestimientos y pinturas.

La cal en la construcción tiene varios beneficios, mejora la resistencia del material y ayuda a que no se puedan presentar fisuras, además hidrata las construcciones, y con estas pruebas se determina si ayuda a mejorar las propiedades del yeso.

Primero, procederemos a mostrar las dosificaciones a realizar dentro de estas pruebas:

**Tabla 10**

*Probetas con agregado de Cal*

Probetas	Material			Porcentaje
<b>B1</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 62.5 % + Agua 37.5 % + Cal
<b>B2</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 62.5 % + Agua 37.5 % + Cal
<b>C1</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 34.29 % + Agua 42.86% + Cal 22.86%
<b>C2</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 26.67 % + Agua 33.33 % + Cal 40.00 %
<b>C3</b>	Yeso	Cal	Agua	Yeso 50.00 % + Agua 33.33 % + Cal 16.67%

*Fuente: elaboración Propia*

Para la preparación de las probetas con agregado de cal primero se añade los materiales en seco a un recipiente y se mezcla la proporción de Yeso y Cal, luego se empieza a revolver de manera uniforme y se agrega poco a poco el agua.

Es esencial una herramienta adecuada para mezclar, como una espátula para que no se hagan grumos y al finalizar es importante dejar reposar durante unos 10 a 15 minutos o hasta menos, esto es depende de la consistencia de la mezcla.

**Figura 60**

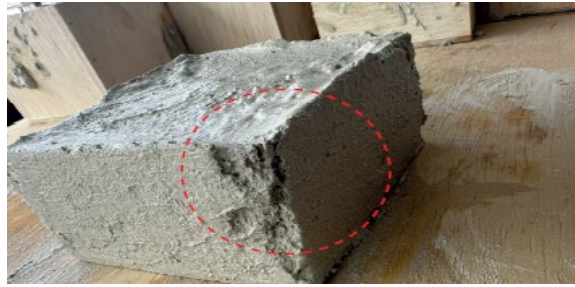
*Peso del Yeso y Cal*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 61**

*Desmembramiento al momento de desmoldar*



*Fuente: Elaboración Propia*

Tener cuidado al desmoldar los laterales y los filos ya que estos son bastantes delicados y se podrían romper o fisurar al momento de quitar el molde

Este mismo procedimiento se utilizará para todas las Probetas s, que se irán separando según su tipo de dosificación. Las probetas se denominarán como **B1, B2, C1, C2, y C3**, lo que nos ayudará a identificar de mejor manera la proporción de cada una.

### **Conclusiones**

- **Dosificación B1: Yeso 60% + Agua 40% + Cal**

Esta mezcla tiene una mayor proporción de yeso comparado con la cal y el agua. La cantidad de agua representa el 40% de la mezcla, lo que permite una buena trabajabilidad y un fraguado adecuado.

- **Dosificación B2: Yeso 40% + Agua 60% + Cal**

La cal representa una parte significativa, lo que proporciona mayor plasticidad y mejor retención de agua. La cantidad de agua es mayor, representando el 60% de la mezcla, lo que puede resultar en un tiempo de fraguado más largo. Ya que tardo alrededor de unos 20 minutos en secarse la probeta

**Figura 62**

*Probetas 2 Yeso 62.5 %+ Agua 37.5 %+ Cal*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Dosificación C1: Yeso 34.29 % + Agua 42.86% + Cal 22.86%**

En esta mezcla, el yeso constituye el 34% del total de la mezcla, mientras que el agua representa el 42%. La cal se añade en una cantidad significativa. Esta combinación ofrece una manera más fácil de trabajar con el material y un secado de unos 8 minutos.

**Dosificación C2: Yeso 26.67 % + Agua 33.33 % + Cal 40.00 %**

En esta probeta encontramos que la relación de cal es mayor y esto ayuda a que haya una mejor forma de trabajo, pero tenemos que se tarda en secar la probeta alrededor de unos 15 minutos.

**Dosificación C3: Yeso 50.00 % + Agua 33.33 % + Cal 16.67%**

En esta mezcla, el yeso constituye el 50% del total, proporcionando una rigidez y dureza considerables. El agua solo es un 33%, lo cual nos ofrece un secado más rápido, alrededor de unos 6 minutos.

**Figura 63**

*Probetas 3 C1- C2- C3*



*Fuente: Elaboración Propia*

#### **4.1.3 Fase 3. Realización de ensayos técnicos**

##### **4.1.3.1 Ensayo a compresión de Probetas Preliminares**

Las probetas A1, A2, B1, B2, C1, C2 y C3. Serán evaluadas tras el ensayo compresión con el objetivo de entender cómo la adición de cal y el ajuste de las proporciones de agua impactan las propiedades del material, y cómo reaccionan estos cambios en el yeso, sobre todo llegar a la conclusión de cuál es la mejor dosificación para poder continuar con la investigación.

- Para la prueba de compresión se utilizó la medida de 10x10x10 que esta dicho en la norma EN 12390, ya que es una medida estándar para las pruebas de compresión

**Figura 64**

*Probetas a ensayar*



*Fuente: Elaboración Propia*

Primero para iniciar con los ensayos se toma los datos para lo cual tenemos que media sea con cinta métrica o flexómetro el largo y el ancho de la probeta la cual se vaya a practicar.

Una vez que obtuvimos esto, procedemos a hacer el cálculo del área, esto es importante para determinar la resistencia a la compresión en función de la carga aplicada.

*Figura 65*  
*Probeta en Prensa*



*Fuente: Elaboración Propia*

Después de medir las dimensiones, la Probeta se coloca en la prensa de compresión (como se ve en la siguiente figura).

Se debe verificar que la probeta de yeso este alineada sobre las placas para que se pueda distribuir de mejor manera la prueba

Una vez la probeta está bien colocada, la máquina aplica carga progresivamente hasta que la probeta se fracture.

El medidor en el panel de la máquina mostrará la cantidad de carga aplicada (en kilonewtons, kN), lo que es crucial para determinar la resistencia máxima que la probeta puede soportar

**Figura 66**  
*Medidor de la Maquina*



*Fuente: Elaboración Propia*

Después de la fractura de la Probeta, se registra el valor máximo de resistencia alcanzado antes de la rotura

**Figura 67**

*Probeta B1 Ensayada*



*Fuente: Elaboración Propia*

Una vez hecho todas las Probetas se procede a hacer un cálculo, este cálculo se hace de la siguiente manera

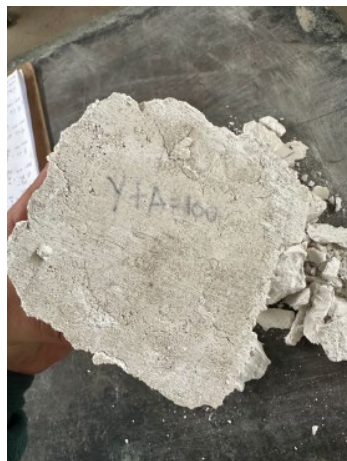
Los resultados se pueden calcular en resistencia por unidad de área ( $\text{kg}/\text{cm}^2$  o MPa), utilizando la fórmula:  $\text{Resistencia } (\text{kg}/\text{cm}^2) = (\text{Carga máxima (kg)}) / (\text{Área } (\text{cm}^2))$

Para obtener la resistencia en MPa, simplemente se realiza la conversión:

$$1\text{MPa}=10.1972\text{kg}/\text{cm}^2$$

**Figura 68**

*Probeta A1*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Probeta A1:** Tiene una resistencia a la compresión de  $38.62 \text{ kg}/\text{cm}^2$  (3.86 MPa).

**Probeta A2:** tiene una resistencia a la compresión de  $38.43 \text{ kg}/\text{cm}^2$  (3.84 MPa)



**Figura 69**  
*Probeta A1*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Probeta B1:** Presenta una mejora a la compresión de  $48.95 \text{ kg/cm}^2$  ( $4.90 \text{ MPa}$ ),

**Probeta B2:** Tiene una resistencia a la compresión de  $42.26 \text{ kg/cm}^2$  ( $4.23 \text{ MPa}$ ),  
Pero tienen mejores resultados con la adición de la cal a las probetas.

**Figura 70**  
*Probeta B1*



*Fuente: Elaboración Propia*

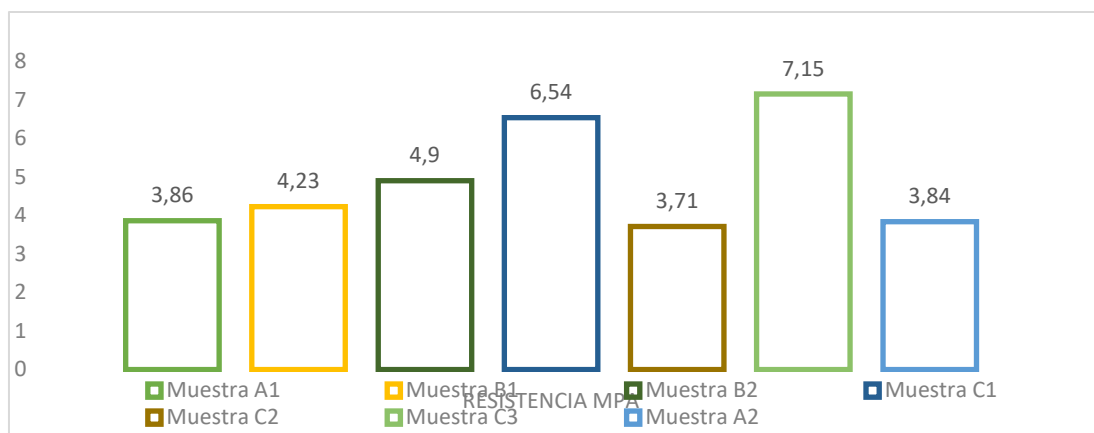
**Probeta C1:** Su resistencia es de  $65.35 \text{ kg/cm}^2$  ( $6.54 \text{ MPa}$ )

**Probeta C2:** Presenta un valor de  $37.11 \text{ kg/cm}^2$  ( $3.71 \text{ MPa}$ ).

**Probeta C3:** Es la probeta con mejor desempeño, con una resistencia a la compresión de  $71.53 \text{ kg/cm}^2$  ( $7.15 \text{ MPa}$ )

## Gráfico 1

Probetas en MPA



Fuente: Elaboración Propia

Los ensayos realizados con las diferentes Probetas de yeso demostraron que la adición de cal mejora significativamente las propiedades mecánicas del material. Las probetas sin cal (A1 y A2) mostraron una resistencia limitada, mientras que las probetas con cal (B1, B2, C1, C2 y C3) evidenciaron un aumento notable en la resistencia a la compresión. Sobre todo, si observamos a las probetas C1 y C3 que fueron las que mayor rendimiento ofrecieron dentro de la prueba.

Esto se puede evidenciar en el siguiente cuadro.

**Tabla 11**

Resultado de los ensayos de compresión preliminares

Probetas	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA (mpa)
A1	4057	38,62	3,86
A2	3690	38,43	3,84
B1	5811	42,26	4,23
B2	6443	48,95	4,9
C1	8155	65,35	6,54
C2	4292	37,11	3,71
C3	8583	71,53	7,15

Fuente: elaboración Propia



#### 4.1.4 Análisis según el Tiempo de Fraguado

En las pruebas preliminares realizadas, se consideró que para clave para la formulación de las Probetas: el porcentaje mínimo de agua no debería ser de menos del 30% de agua en las probetas, ya que, al reducir este porcentaje, el material se vuelve imposible de manejar. Un bajo contenido de agua en la mezcla dificulta la trabajabilidad y consistencia del yeso, lo que puede generar dificultades en su manipulación y moldeo, afectando la calidad final del material, de la misma manera las probetas que solo contenían agua y yeso son menos resistentes y algunas incluso presentaban algo de humedad.

Encontramos que el agregar cal en la mezcla ayudo a mejorar el material considerablemente, ya que tenemos mejores resultados en los ensayos frente a los que solamente tienen agua y yeso.

En la siguiente Tabla se muestra las nuevas dosificaciones las cuales se pondrán a prueba en función del tiempo para verificar, que tiempo debe tener las probetas para alcanzar su mayor resistencia en cuanto a los ensayos.

**Tabla 12**

*Dosificación de Yesos de denominación C*

<b>Probeta</b>	<b>Yeso (%)</b>	<b>Agua (%)</b>	<b>Cal (%)</b>
<b>C1</b>	34.29%	42.86%	22.86%
<b>C2</b>	26.67%	33.33%	40.00%
<b>C3</b>	50.00%	33.33%	16.67%
<b>C4</b>	33.33%	33.33%	33.33%
<b>C5</b>	40.00%	33.33%	26.67%

*Fuente: Elaboración Propia*

A continuación, se mostrará una tabla la cual reflejara la forma en que se va a evaluar las probetas según el tiempo de fraguado.

**Tabla 13***Tiempo de fraguado*

<b>Tiempo de Fraguado</b>	<b>Denominación de Probetas</b>	<b>Objetivo Principal del Ensayo</b>
<b>1 día</b>	C1-1, C2-1, C3-1, C4-1, C5-1	Medir la resistencia inicial del material justo después de endurecer. Sin embargo, se tenía en cuenta que, existió humedad interna en pruebas previas.
<b>7 días</b>	C1-7, C2-7, C3-7, C4-7, C5-7	El propósito es observar la evolución del material al perder humedad y empezar a identificar las mezclas con mejor desempeño a mediano plazo.
<b>14 días</b>	C1-14, C2-14, C3-14, C4-14, C5-14	Determinar si a las dos semanas el material había alcanzado su resistencia máxima

*Fuente: elaboración Propia*

Los resultados de las diferentes probetas serán evaluados en diferentes días, tenemos desde 1 día hasta los 14 días, con esto podemos evaluar el proceso de fraguado de los ensayos y las pruebas realizadas se harán desde su resistencia a la máquina de compresión

#### **Probeta 1 día de Fraguado**

En el primer día de las pruebas, se puede ver que varias probetas muestran valores de resistencia bajos, lo que sugiere que no han fraguado completamente ya que el yeso aún retiene humedad interna, lo cual impide que alcance su resistencia máxima.

#### **Figura 71**

*Probeta C1-1 Presencia de Humedad*



*Fuente: Elaboración Propia*

Tenemos que en C1 la resistencia es baja con un valor de 8,5kg/cm alrededor de(0,85MPa).

Esto significa que el material no ha alcanzado su curado completo, y su resistencia sigue siendo limitada debido a que no ha fraguado lo suficiente en este corto período de tiempo.

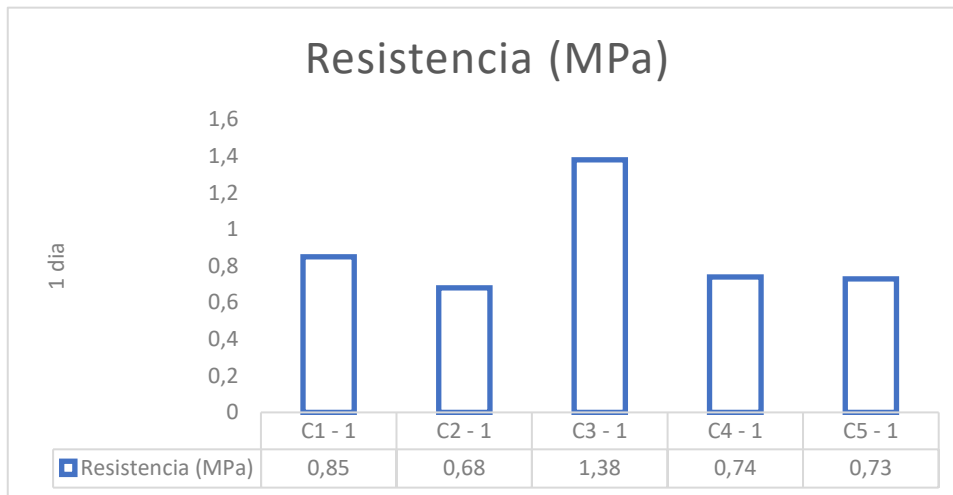
Esta humedad es bastante notoria ya que en las probetas que se hicieron y al día siguiente se desencofraron, estas aun tenían humedad por dentro lo que muestra que esperar

un día para que se pueda utilizar el material no es lo más optimo y para ello vamos a explorar los resultados frente a los 7 y 14 días

Lo cual se puede evidenciar en la siguiente grafica

**Gráfico 2**

*Resistencia Mpa 1 día*



*Fuente: Elaboración Propia*

Las probetas C1 y C3 tienen una mejor resistencia comparada con las otras, pero C3 es la que destaca con la mayor resistencia a la compresión en el primer día.

**Tabla 14**

*Resistencia en probetas 1 día de fraguado*

Probeta	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (MPa)
C1 - 1	1019	8,5	0,85
C2 - 1	826	6,75	0,68
C3 - 1	1683	13,8	1,38
C4 - 1	884	7,37	0,74
C5 - 1	892	7,29	0,73

*Fuente: Elaboración Propia*

Las probetas con menor resistencia se pueden apreciar que son C2, C4 y C5 lo cual sugiere que aún no alcanzan su máxima resistencia al primer día

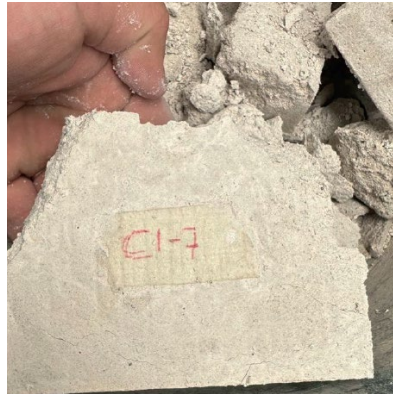
### **Probeta 7 días de Fraguado**

Se puede apreciar que las probetas tienen una mejora en su rendimiento frente al primer día, pero aún tenemos presencia de humedad en algunas de estas.

Del mismo modo se puede observar que ya la mayoría de los ensayos no presentan humedad, en este caso la probeta C1 presenta una pequeña cantidad de humedad en su interior.

**Figura 72**

*Probeta C1-7*



*Fuente: Elaboración Propia*

La probeta C3 destaca como la que ha tenido la mayor mejora en resistencia a los 7 días, alcanzando 19,58 kg/cm<sup>2</sup> (1,96 MPa). Este resultado indica que la mezcla con una mayor proporción de cal y agua ha favorecido un curado más eficiente, permitiendo que el material gane resistencia rápidamente. De la misma forma es la probeta que no tiene humedad por dentro o casi es de forma nula.

la cual se puede evidenciar en la siguiente figura. 92

**Figura 73**

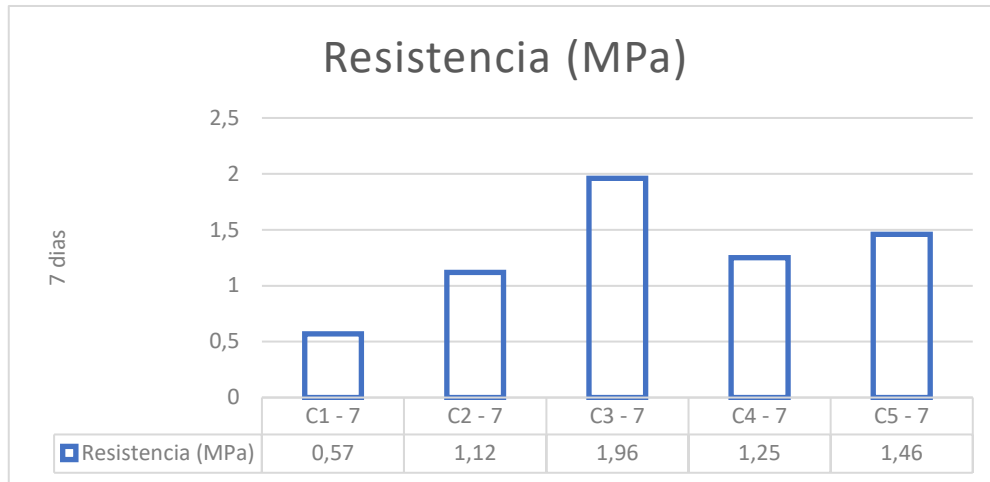
*Probeta C3-7*



*Fuente: Elaboración Propia*

### Gráfico 3

Resistencia Mpa – 7 Días



Fuente: Elaboración Propia

la probeta C1 muestra una resistencia mucho más baja, con 5,69 kg/cm<sup>2</sup> (0,57 MPa). Este resultado sugiere que la probeta C1 no ha fraguado completamente, posiblemente debido a la menor concentración de cal y también teniendo en cuenta que tiene un mayor porcentaje de agua y menor de Yeso

Se puede apreciar en la siguiente Tabla.

### Tabla 15

Resistencia en probetas 7 día de fraguado

Probeta	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)
C1 - 7	682	5,69	0,57
C2 - 7	1384	11,23	1,12
C3 - 7	2388	19,58	1,96
C4 - 7	1603	12,53	1,25
C5 - 7	1786	14,64	1,46

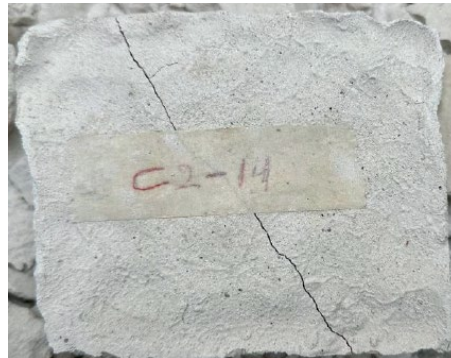
Fuente: Elaboración Propia

### Probeta 14 días de Fraguado

todas las probetas han mostrado una mejora significativa en comparación con los resultados obtenidos al primer día y al séptimo día. El material ha tenido más tiempo para curarse y endurecerse, lo que ha resultado en una resistencia mucho mayor.

A continuación, se presenta el análisis de las probetas con mejor y peor rendimiento

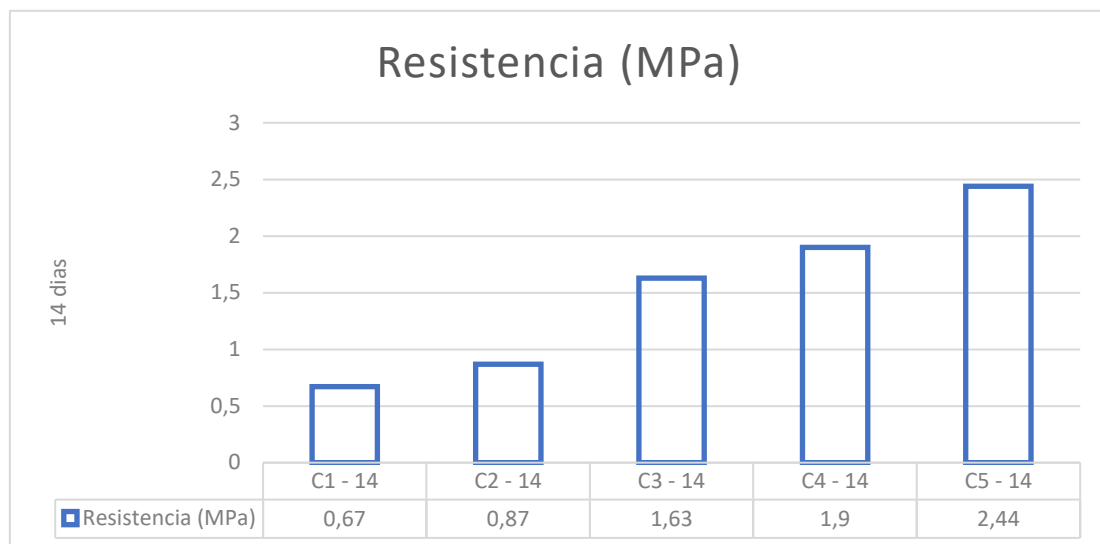
Figura 74  
Probeta C2 - 14



fuelle: Elaboración Propia

Todas las probetas han aumentado significativamente su resistencia con el tiempo.

Gráfico 4



Resistencia Mpa 14 día

Fuente: Elaboración Propia

La probeta C5 presenta la mejor resistencia a los 14 días de fraguado, con un valor destacado de 24,42 kg/cm<sup>2</sup> (2,44 MPa). Este resultado indica que esta probeta ha alcanzado su máxima resistencia gracias a la alta concentración de cal en la mezcla. La probeta C5 es la más dura y resistente, lo que la hace la opción más robusta para aplicaciones constructivas donde se requiere un material de alta resistencia a largo plazo. En la siguiente tabla se puede ver un mejor resumen sobre el ensayo de compresión.

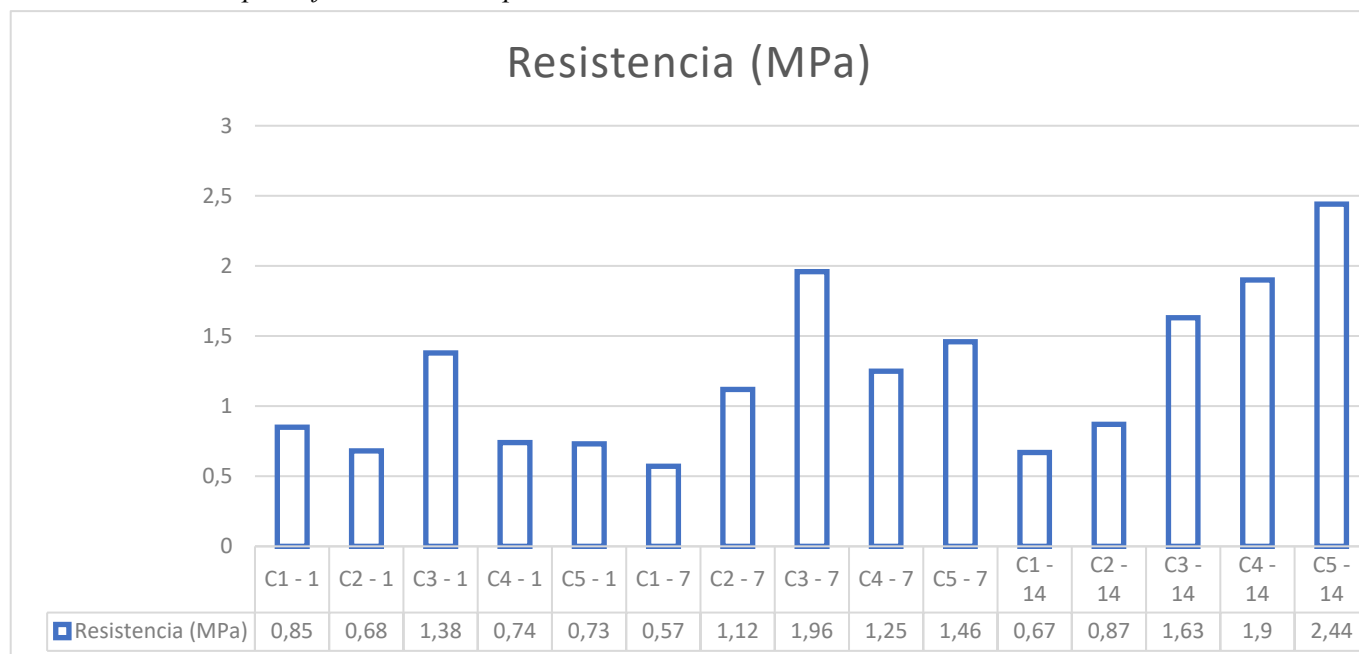
**Tabla 16***Resistencia en probetas 14 días de Fraguado*

Probeta	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)
<b>C1 - 14</b>	835	6,7	0,67
<b>C2 - 14</b>	1023	8,65	0,87
<b>C3 - 14</b>	1987	16,28	1,63
<b>C4 - 14</b>	2331	18,95	1,9
<b>C5 - 14</b>	2950	24,42	2,44

*Fuente: Elaboración Propia*

La probeta C1 muestra la peor resistencia entre las otras a los 14 días, con una resistencia de 6,7 kg/cm<sup>2</sup> (0,67 MPa). Aunque ha mejorado en comparación con al 7mo día, sigue siendo relativamente baja en términos de resistencia. Esto sugiere que la proporción de cal en esta mezcla es insuficiente para proporcionar la rigidez y dureza necesarias, lo que limita su desempeño de la misma forma el porcentaje alto de agua es causante de esto.

En el siguiente Grafico se evidencia la resistencia del material en función del tiempo.

**Gráfico 5***Resistencia Mpa en función del tiempo**Fuente: Elaboración Propia*

### **Conclusiones**

La probeta que más se destacó en la resistencia a compresión fue la C5 ya que alcanzo 24,42 kg/cm<sup>2</sup> alrededor de (2,44Mpa) tras los 14 días de fraguado, con lo cual se puede concluir que las probetas con una mayor proporción de cal han logrado mejores resultados y de la misma forma para que alcance un máximo potencial se debe esperar este tiempo.

Para finalizar la probeta C1 tuvo un rendimiento mejor, ya que las proporciones de cal eran menores, con lo cual se puede concluir que una baja concentración de cal no ayuda a mejorar el material.

#### **4.1.4.1 Influencia de las fibras PET Reciclado a la resistencia a flexión**

En este estudio, se optó por no aumentar la concentración de fibras recicladas PET más allá del 25%, debido a varias consideraciones relacionadas con el comportamiento del yeso y sus propiedades de trabajabilidad y secado.

**Figura 75**

*Fibras PET Reciclada*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 76**

*Fibras PET por utilizar*



*Fuente: Elaboración Propia*



**Tabla 17**  
*Porcentaje de fibras PET recicladas*

<b>Porcentaje de Fibra PET Reciclada</b>	<b>Objetivo</b>
<b>15%</b>	Averiguar si añadir un poco de fibra PET ya marcaba alguna diferencia notable en la resistencia de las placas.
<b>20%</b>	Aquí se espera que efectivamente, más fibra se traduciera en más resistencia a la flexión. Además, era un buen punto para observar si el impacto del PET se hacía más evidente, pero vigilando que la mezcla siguiera siendo manejable y no se volviera demasiado rígida o difícil de aplicar.
<b>25%</b>	Se decidió que este sería el límite máximo para probar. El objetivo era claro: intentar llevar la resistencia de la placa al máximo posible, usando la fibra PET

*Fuente: Elaboración Propia*

Al aumentar las fibras a más del 25% de fibra PET tenemos en cuenta que es muy complicado trabajar con el material ya que este debe tener una consistencia viscosa y con ellos se vuelve complicado poder moldear el material, por ello se decidió no aumentar a más de 25% de fibra.

#### **4.1.5 Ensayo a Flexión.**

la normativa **UNE-EN 13279-2:2014**, establece que para el ensayo de flexión se tiene que tomar en cuenta lo siguiente

##### **Preparación**

- Tenemos que las probetas deben tener dimensiones de 160mm y de 40mm x 40mm de espesor
- Para las Probetas con PET reciclado, se incorporarán agregados de plástico PET reciclado con una anchura de 2 a 3 mm y longitud de 10 a 12 cm dentro de las probetas. Esto se hace para evaluar cómo este agregado influye en las propiedades de flexión del material.

##### **Procedimiento**

- Las probetas se deben colocar a una distancia máxima de 100mm ya que entre ellos se debe colocar unos dos puntos de apoyo y el tercer punto de apoyo es la fuerza de la maquina
- Se aplica una carga central en el centro de la probeta hasta que la esta se rompa o se deforme permanentemente.
- Este ensayo evalúa la capacidad del material (en este caso, el yeso con PET reciclado) para resistir la deformación o rotura cuando se somete a una carga que tiende a doblarlo.

Para el ensayo a Flexión se seguirá utilizando la mismas Probetas C1-C2-C3-C4-C5 ya que fueron las que mejor resistencia proporcionaron en las pruebas, luego se evaluara

cual de todas estas probetas es la que mejor para la elaboración de la Placa de estuco a base de Plástico PET reciclado.

**Tabla 18**

*Tabla de Dosificaciones - Prueba Flexión*

Tabla de Dosificaciones - Prueba Flexión

Probeta	Yeso (%)	Agua (%)	Cal (%)
C1 -15% Fibra Pet	34.29%	42.86%	22.86%
C1 -20% Fibra Pet	34.29%	42.86%	22.86%
C1 -25% Fibra Pet	34.29%	42.86%	22.86%
C2- 15 % Fibra Pet	26.67%	33.33%	40.00%
C2- 20 % Fibra Pet	26.67%	33.33%	40.00%
C2 -25% Fibra Pet	26.67%	33.33%	40.00%
C3 - 15% Fibra Pet	50.00%	33.33%	16.67%
C3 - 20% Fibra Pet	50.00%	33.33%	16.67%
C3 - 25% Fibra Pet	50.00%	33.33%	16.67%
C4 - 15% Fibra Pet	33.33%	33.33%	33.33%
C4 - 20% Fibra Pet	33.33%	33.33%	33.33%
C4 - 25% Fibra Pet	33.33%	33.33%	33.33%
C5 - 15% Fibra Pet	40.00%	33.33%	26.67%
C5 - 20% Fibra Pet	40.00%	33.33%	26.67%
C5 - 25% Fibra Pet	40.00%	33.33%	26.67%

*Fuente: Elaboración Propia*

El ensayo de flexión es una prueba importante para evaluar la resistencia de las Probetas bajo carga de flexión, y se realizó de acuerdo con las siguientes etapas, tomando en cuenta que se construyeron apoyos personalizados y se utilizó una máquina de compresión inconfínada por su mayor precisión y sensibilidad en las mediciones.

- **Preparación de las Probetas**

Las probetas para evaluar en la prueba de flexión fueron construidas con la mezcla correspondiente (yeso y fibras recicladas PET). Para lo cual se procede a medir las dimensiones de las probetas en este caso se utilizó las dimensiones de 40x40x160mm, esto siguiendo la normativa establecida

**Figura 77**

*Probeta de ensayo a flexión de 40x40x160mm*



*Fuente: Elaboración Propia*

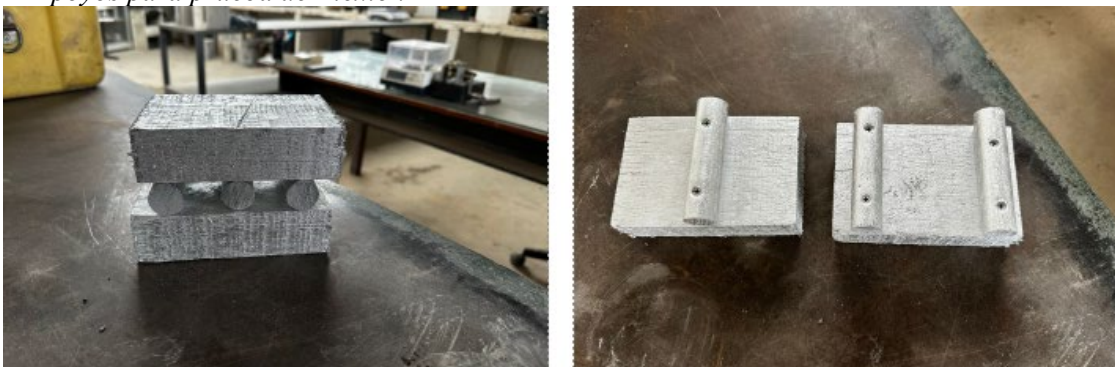
- **Construcción de los Apoyos**

Para realizar la prueba de flexión, se construyeron apoyos personalizados que tienen la función de soportar las probetas en dos puntos a una distancia fija. Esta distancia se calculó para garantizar que el material se flexionara correctamente bajo la carga.

Los apoyos fueron fabricados con una estructura que permite una distribución uniforme de la carga, asegurando que el material no se deforme de forma no controlada durante la prueba

**Figura 78**

*Apoyos para prueba de Flexión*



*Fuente: Elaboración Propia*

- **Colocación de las Probetas**

Las probetas se colocaron sobre los dos puntos de apoyo que construimos, como se observa en la figura. Los apoyos están diseñados para que la probeta quede perfectamente alineada y distribuya la carga en el centro de la probeta.

**Figura 79**

*Ensayo a flexión*



*Fuente: Elaboración Propia*

La prensa inconfiada es más sensible para realizar estas pruebas que son más frágiles y se requiere contralar mejor para tener unos resultados óptimos y precisos ya que el yeso no necesita grandes cargas como para usar una prensa hidráulica

Además, al tener un ajuste manual, el operador puede controlar el ritmo de la carga, asegurando que el material no sea sometido a una presión excesiva. La carga de flexión se aplicó de manera gradual en el centro de la probeta utilizando la máquina de compresión inconfiada

La carga se aplica lentamente, y la máquina mide la resistencia a la flexión de la probeta al presionar en el centro, observando cómo se deforma y en qué punto se produce la ruptura

Como se puede apreciar en la siguiente figura 75

**Figura 80**

*Fisura en Probeta a Flexión*



*Fuente: Elaboración Propia*

Durante la prueba, la máquina de compresión inconfiada muestra en su pantalla digital la fuerza aplicada y la resistencia máxima que soportó la Probeta antes de Presentar la fisura.

Los resultados se completan con el análisis de la capacidad de deformación del material, lo cual es importante para determinar la resistencia de este material en estructuras flexibles

### **Resultados Pruebas a Flexión**

Probeta F1-N (con fibra natural)

Para la Evaluación primero verificamos la Probeta F1- N la cual se mostró en la tabla 16. Esta probeta no contiene fibras plásticas solo contamos con una muestra de cabuya para verificar la diferencia con las probetas con agregados PET.

**Figura 81**

*Probeta F1-N*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 19***Resistencia F1-N (Fibra natural Cabuya)*

Probeta	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)
<b>f1 - n</b>	27	10	1

*Fuente: Elaboración Propia*

La fibra natural de cabuya por sí sola no confiere una gran capacidad a las placas de estuco para resistir los esfuerzos a flexión. Por lo tanto, este valor de 1 MPA se convierte en nuestro punto de referencia para poder evaluar con más precisión si las Probetas reforzadas con PET logran ser superiores y en qué medida lo hacen

**Fibras PET al 15 %**

Aquí podemos apreciar cómo actúan el yeso frente al 15% de fibras PET añadidas, las cuales van a determinar si son lo suficientemente resistentes, sobre todo con las que no tienes estas fibras.

**Tabla 20***Fibras PET al 15 %*

Probeta	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)
<b>C5 – 15% fibra PET</b>	121	26	2,6
<b>C4 - 15% fibra PET</b>	75	19	1,9
<b>C3 - 15% fibra PET</b>	103	20	2
<b>C2 - 15% fibra PET</b>	38	12	1,2
<b>C1 - 15% fibra PET</b>	43	11	1,1

*Fuente: Elaboración Propia*

Aquí podemos apreciar que las Probetas **C5, C3 y C4** son las que muestran los resultados más altos frente a las demás **C1 y C2** lo cual refiere que las Fibras PET al 15% son superiores a la Probeta **F1-N** La cual contiene fibras naturales, por consiguiente, se evaluara con los demás porcentajes 20 % y 25%

### Fibras PET al 20 %

Este porcentaje Nos ayuda a observar el efecto de la fibra de manera más rigurosa, ya que se añade más material fibroso para reforzar la estructura y también resistencia, aunque el material es un poco menos manejable

**Tabla 21**

*Fibras Pet 20%*

Probeta	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)
C5 - 20% fibra PET	151	29	2,9
C4 - 20% fibra PET	71,6	16	1,6
C3 - 20% fibra PET	105	23	2,3
C2 - 20% fibra PET	41,3	10	1
C1 - 20% fibra PET	55	13	1,3

*Fuente: Elaboración Propia*

Se puede apreciar que hubo un cambio en las Probetas donde tenemos que las que tuvieron una mayor resistencia son C3, C5 y C4 esto es casi similar a lo anterior, con lo que se puede indicar que al aumentar al 25% de fibra en el mismo caso las Probetas antes mencionadas tendrán un alcanza mayor al resto.

### Fibras PET al 25 %

**Tabla 22**

*Fibras PET al 25%*

Probeta	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)
C5 - 25% fibra PET	98	20	2
C4 - 25% fibra PET	76	19	1,9
C3 - 25% fibra PET	108	23	2,3
C2 - 25% fibra PET	48	17	1,7
C1 - 25% fibra PET	57	17	1,7

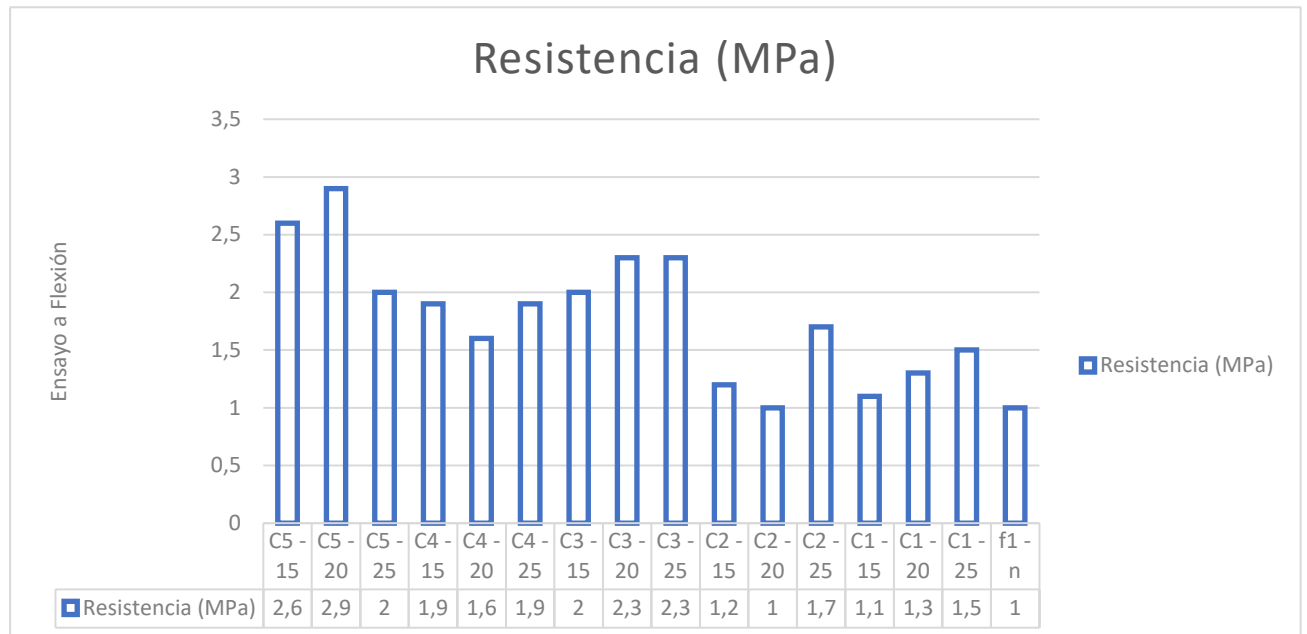
*Fuente: Elaboración Propia*

En esta tabla se puede ver que la Probeta C5 bajo su resistencia Mpa la cual era de 2,9 y bajo a 2,0, en cuanto a los demás ensayos mostraron una significativa mejora en cuanto a su resistencia en general, pero de la misma forma las muestran que son significativamente superiores son C3, C4 y C5

En el siguiente grafico podremos apreciar de menor manera los resultados de las tablas

**Gráfico 6**

*Resultados de Pruebas de Flexión*



*Fuente: Elaboración Propia*

### Conclusiones de Ensayos a flexión

En este gráfico se muestra la resistencia a la flexión (en MPa) de las Probetas con diferentes concentraciones de fibra reciclada (15%, 20%, 25%) en las Probetas C1, C2, C3, C4 y C5. El eje X muestra las distintas muestras y el porcentaje de fibra, mientras que el eje Y muestra la resistencia en MPa

- La dosificación fue un papel clave ya que, la Probeta C5 alcanzo su máxima resistencia con un 20% de fibra, sugiriendo que esa su cantidad optima
- La Probeta C4 fue muy estable, su resistencia apenas cambio, sin importar si tenía un 15%, 20% o 25 % de Fibra PET
- LA Probeta c2, funciono mejor con una cantidad de fibra del 25%, o C3, donde la cantidad de PET tuvo un impacto fuerte en el resultado final

#### 4.1.6 Ensayo de resistencia a la humedad

Este ensayo se lleva a cabo según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE **INEN-EN 520**. Para realizar este ensayo.



#### 4.1.6.1 Interpretación de Probetas A1 y A2. Ensayo de inmersión

**Tabla 23**

*Probetas A1- A2*

Probetas	Material		Porcentaje
A1	Yeso	Agua	Yeso 50% + Agua 50%
A2	Yeso	Agua	Yeso 50% + Agua 50%

Se utilizan dos probetas de placa de estuco con una dosificación del 50% yeso + 50% de agua.

Se toma datos del peso con que se inicia la prueba, luego tenemos que hacerlo después de la haber expuesto la probeta a la sumersión para verificar si absorbió una cantidad considerable de agua

**Figura 82**

*Pesado de Probetas A1 y A2*



*Fuente: Elaboración Propia*

las pruebas de inmersión con las primeras dosificaciones que contienen únicamente yeso y agua. Estas dosificaciones preliminares permitirán observar el comportamiento del yeso sin ningún agregado

**Figura 83**

*Inmersión de las Probetas A1 y A2*



*Fuente: Elaboración Propia*

Los resultados de la resistencia a la humedad de dos probetas (A1 y A2) de un material con un espesor de 70 mm, medidas después de 2 horas y 12 horas de exposición. Los siguientes datos se representarán en tablas y gráficos muestran

#### **Interpretación luego de 2 horas de inmersión de Probetas A1 y A2**

**Tabla 24**

*Resistencia a la humedad 2 hora*

Resultados (2h) de la resistencia a la humedad

	Espesor (mm)	Peso (gr) Inicial	Peso (gr) Final	%
Probeta A1	70	818	984	20,29%
Probeta A2		889	1020	14,74%
Resultados		1707	Media	17,52%

*Fuente: Elaboración Propia*

#### **Probeta A1**

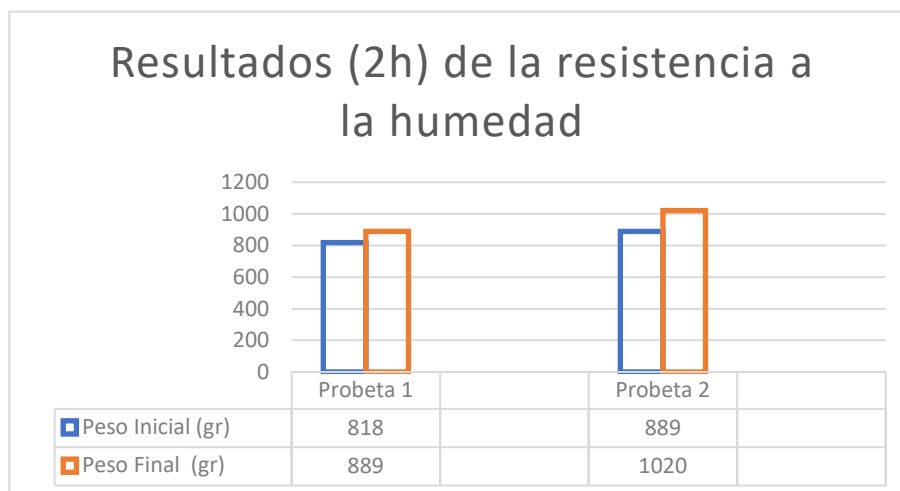
Encontramos que tiene un incremento considerable de 20,29% de peso en las 2 horas

#### **Probeta A2**

Tiene un incremento del 14,74 % luego de haber estado expuesto al mismo tiempo de inmersión

### Gráfico 7

#### Comparación de Pruebas 1 hora a la humedad



*Fuente: Elaboración Propia*

- La Probeta 1 muestra un mayor incremento en peso (20,29%) en comparación con la Probeta 2 (14,74%).
- Esto sugiere que la Probeta 1 es más susceptible a la absorción de humedad en el mismo período de tiempo.
- Un incremento del 17,52% en promedio después de solo 2 horas de exposición es considerable.
- Indica que el material tiene una alta capacidad de absorción de humedad en un corto período, lo cual podría ser problemático para aplicaciones donde se requiere alta resistencia a la humedad

### Interpretación luego de 12 hora de inmersión de Probetas A1 y A2

**Tabla 25**

*Resistencia a la humedad 12 horas*

Resultados (12h) de la resistencia a la Humedad				
	Espesor (mm)	Peso (gr) Inicial	Peso (gr) Final	%
Probeta A1	70	818	991	21,15%
Probeta A2		889	1025	15,30%
Resultados		1707	Media	18,23%

*Fuente: Elaboración Propia*

### Probeta A1

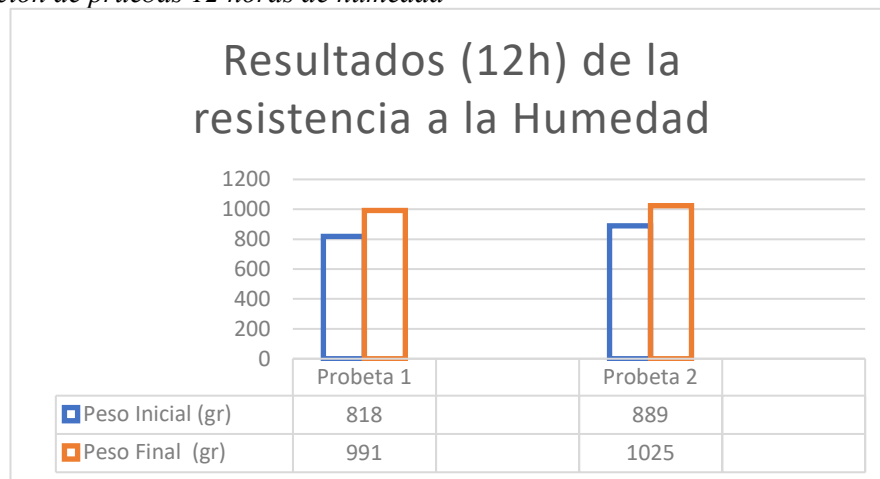
- Incremento del 21,15% en peso después de 12 horas.
- Peso inicial: 818 gr - Peso final: 991 gr.

### Probeta A2

- Incremento del 15,30% en peso después de 12 horas.
- Peso inicial: 889 gr - Peso final: 1025 gr.

**Gráfico 8**

*Comparación de pruebas 12 horas de humedad*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 26**

*Comparación de Resultados de inmersión*

Probeta	Tipo de Fibra
C3 -A	Fibra Natural (Cabuya)
C5 - A	Fibra Natural (Cabuya)

*Fuente: elaboración Propia*

### Conclusión

- Entre la prueba de 2 horas y la de 12 horas, el incremento en porcentaje de absorción de humedad es relativamente pequeño.
- Encontramos que durante las 2 primeras horas el material absorbe la mayor cantidad de agua
- Sin embargo, dado que la absorción inicial es alta (más del 17% en promedio), incluso un pequeño incremento adicional podría seguir siendo significativo en términos de durabilidad y resistencia del material a largo plazo

#### 4.1.6.2 Interpretación de Probetas C3, C5 (Fibra Natural) Ensayo de inmersión

**Tabla 27**

*Probeta C3-A y C5-A*

Probeta	Absorción a 2 hora (%)	Absorción a 12 horas (%)	Incremento Adicional (%) (Entre 1h y 12h)
A1	20.29%	21.15%	0.86%
A2	14.74%	15.30%	0.56%
Promedio			<b>0.71%</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Este ensayo tiene como objetivo determinar cuánto agua es absorbido por las probetas. Ahora vamos a hacerlo con las que mejores resultados han tenido que son las (C3 y C5) en dos tiempos diferentes: 2 horas y 24 horas.

Se utilizan probetas de yeso con dimensiones previamente establecidas (por ejemplo, 10 cm x 10 cm x 10cm). Estas probetas se preparan similares a las pruebas anteriores.

- En este caso se les va a dar la Denominación A las probetas para diferenciar del resto por ejemplo C3-A y C5 -A

*Figura 84*

*Probetas en inmersión*



*Fuente: Elaboración Propia*

Las probetas de yeso se sumergen totalmente en agua para simular un entorno donde el material pueda estar en contacto directo con la humedad. Este procedimiento permite medir la absorción de agua del yeso en condiciones extremas.

**Figura 85**  
*Probeta C3-A*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **Interpretación luego de 2 horas de inmersión de Probetas C5-A y C3-A**

A continuación, se presenta un resumen con los resultados obtenidos a las 2 horas y 24 horas de inmersión, basados en los datos que has proporcionado

**Tabla 28**

*Resistencia 2 horas a la humedad*

2 hora	peso inicial	peso final	Absorción (2 horas) %
C5 - A	649	840	29,40%
C3 - A	598	755	26,20%

*Fuente: Elaboración Propia*

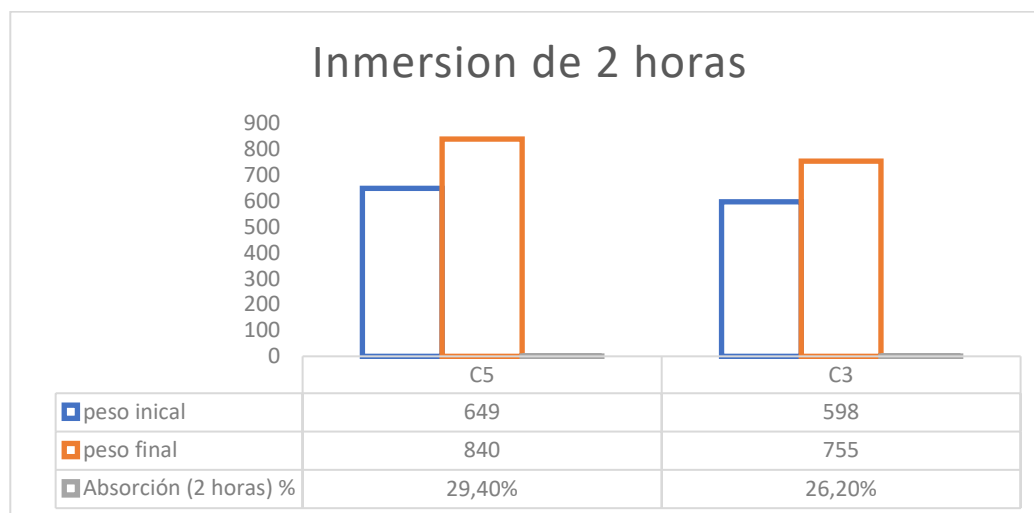
C5 presenta una absorción moderada, con valores de 29,4% a las 2 horas, mostrando un comportamiento más equilibrado en comparación con C1.

C3 tiene la menor absorción de humedad, con 26,2% a las 2 horas, lo que sugiere que esta Probeta es más resistente a la absorción de agua en comparación con las otra

En la siguiente figura se puede observar mejor los resultados.

### Gráfico 9

Comparativa de 2 horas de absorción



Fuente: Elaboración Propia

### Interpretación luego de 24 horas de inmersión de Probetas C5- A y C3- A

luego, tenemos el análisis de las Probetas durante el tiempo de 24 horas y vamos a observar los valores generados y de la misma forma como se comporta el material.

**Tabla 29**

Resistencia 24 horas a la humedad

24 HORAS	peso inicial	peso final	Absorción (24 horas) %
C5 - A	649	864	33,10%
C3 - A	598	761	27,20%

..

Fuente: Elaboración Propia

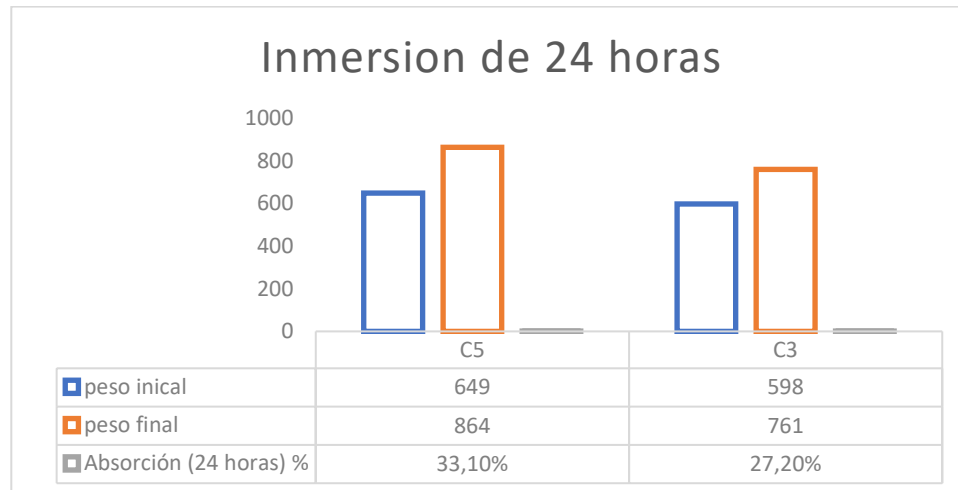
- Por un lado, la Probeta C5 -A mostro una absorción que podríamos llamar moderada alcanzó un 29.4 %. Este valor, aunque no es el más bajo sugiere que su mezcla particular de agua y cal le da un comportamiento bastante equilibrado frente a la humedad
- Sin embargo, la Probeta C3- A fue la que realmente destaco en esta fase Inicial con un 26.2% de absorción en las primera dos horas, demostró ser más resistente a la penetración del agua. Todo apunta a que la proporción específica de sus componentes crea una estructura interna que dificulta más la entrada de humedad

## Interpretación luego de 24 horas de inmersión de Probetas C5- A y C3- A

En la siguiente grafica se aprecia como la Probeta C3- A muestra una menor absorción a la humedad

**Gráfico 10**

Comparativa 24 horas de Absorción



*Fuente: Elaboración Propia*

Ahora comparamos la absorción adicional de agua entre las 2 horas y las 24 horas:

**Tabla 30**

*Comparación de Resultado de inmersión C3- A y C5 - A*

Probeta	Absorción (2 horas) (%)	Absorción (24 horas) (%)	Incremento Adicional (%) (Entre 2h y 24h)
C5 - A	29.40%	33.10%	3.7%
C3 - A	26.20%	27.20%	1%

*Fuente: Elaboración Propia*

### Conclusión

Se puede apreciar que la Probeta C3 es la mejor ya que es la más resistente a la absorción de agua en ambas etapas de tiempo (2 horas y 24 horas), lo que sugiere que tiene una mayor impermeabilidad o una mejor capacidad para resistir la humedad.

#### 4.1.6.3 Interpretación de Probetas C3, C5 (Fibras PET) Ensayo de inmersión

Ahora vamos a observar la resistencia de absorción de agua en las pruebas con fibras PET al 15% 20% y 25% para este caso vamos a utilizar las dosificaciones que dieron mayor rendimiento en este caso tenemos C3 y C5.

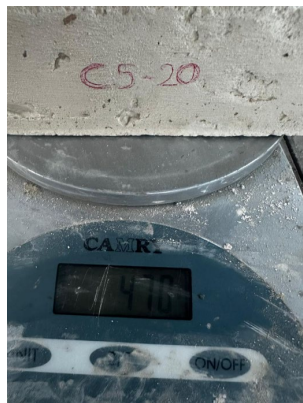


**Tabla 31**  
*Probetas con Fibras PET C3 y C5*

Probeta	Fibra PET reciclados
C3	15 %
C3	20 %
C3	25 %
C5	15 %
C5	20 %
C5	25 %

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 86**  
*Probeta c5-20*



*Fuente: Elaboración Propia*

**Interpretación luego de 2 horas de inmersión de Probetas C5 y C3 con agregado de 15 % 20 % y 25 % fibra PET**

La Probeta C3 con un 15% de PET presentó la mayor capacidad de absorción en las primeras dos horas, alcanzando un 18.30% de absorción. Esto sugiere que este ensayo, a pesar de la presencia de fibras PET, sigue siendo más susceptible a la absorción inicial de agua.

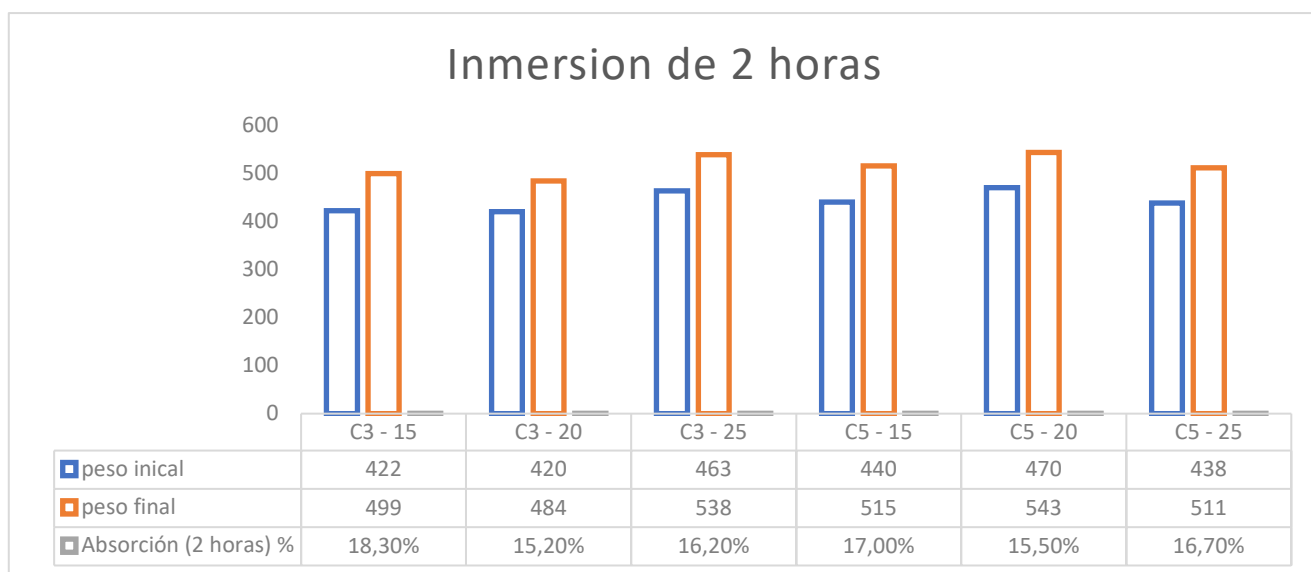
**Tabla 32***Resistencia a 2 horas de humedad*

2 horas	peso inicial	peso final	Absorción (2 horas) %
C3 – 15% Fibra PET	422	499	18,30%
C3 - 20% Fibra PET	420	484	15,20%
C3 - 25% Fibra PET	463	538	16,20%
C5 - 15% Fibra PET	440	515	17,00%
C5 - 20% Fibra PET	470	543	15,50%
C5 - 25% Fibra PET	438	511	16,70%

*Fuente: Elaboración Propia*

- La probeta C5 la cual tiene un 20% de fibra PET tiene la mejor absorción en las primeras horas con un 15.50%.
- Probeta C3 con 25% de PET presentó una absorción moderada, con 16.20%, destacando que, al aumentar la cantidad de PET, la absorción se vuelve más equilibrada y menos susceptible a la rápida penetración de agua

En la siguiente Grafica se puede evidenciar de mejor manera la absorción de humedad de las Probetas

**Gráfico 11***Comparativa de 2 horas de Absorción**Fuente: Elaboración Propia*

**Interpretación luego de 24 horas de inmersión de Probetas C5 y C3 con agregado de 15 % 20 % y 25 % fibra PET**

**Tabla 33**

*Resistencia 24 horas de Humedad*

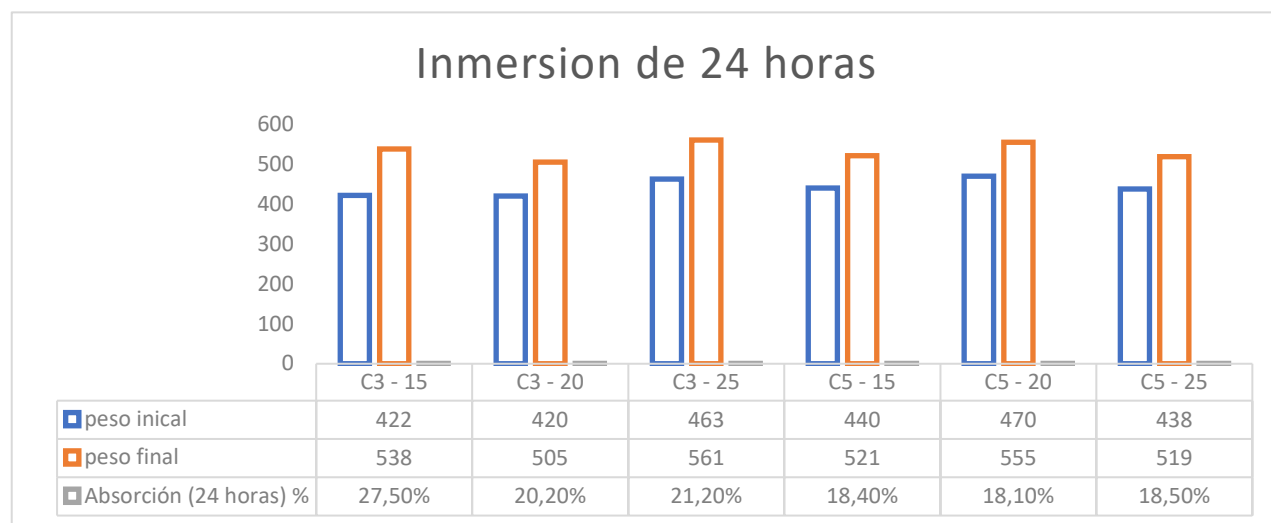
24 HORAS	peso inicial	peso final	Absorción (24 horas) %
C3 - 15% Fibra PET	422	538	27,50%
C3 - 20% Fibra PET	420	505	20,20%
C3 - 25% Fibra PET	463	561	21,20%
C5 - 15% Fibra PET	440	521	18,40%
C5 - 20% Fibra PET	470	555	18,10%
C5 - 25% Fibra PET	438	519	18,50%

*Fuente: Elaboración Propia*

A las 24 horas, las Probetas con 15% de PET (como C3) continuaron absorbiendo agua, mostrando una absorción de 27.50%, lo que implica que este material tiene una mayor tendencia a seguir absorbiendo agua después del periodo inicial. Esto podría indicar que el comportamiento del material frente a la humedad es persistente con el tiempo.

**Gráfico 12**

*Comparativa 24 horas de absorción*



*Fuente: Elaboración Propia*

Como se puede apreciar en el gráfico, tenemos que las probetas con un 20 y 25% de Fibra Pet tienen menor absorción de agua, lo cual nos puede indicar que el material nos ayude a frenar la capacidad de absorber agua durante el tiempo

**Tabla 34**

*Comparación de Resultado de inmersión C3 y C5 con Fibras PET 15% 20 % y 25%*

Probeta	Absorción (2 horas) (%)	Absorción (24 horas) (%)	Incremento Adicional (%) (Entre 2h y 24h)
C3-15 % Fibras PET	18.30%	27.50%	9.20%
C3-20 % Fibras PET	15.20%	20.20%	5.00%
C3-25 % Fibras PET	16.20%	21.20%	5.00%
C5-15 % Fibras PET	17.00%	18.40%	1.40%
C5-20 % Fibras PET	15.50%	18.10%	2.60%
C5-25 % Fibras PET	16.70%	18.50%	1.80%

*Fuente: Elaboración Propia*

### **Conclusión**

Tenemos que al final la probeta que más absorbió humedad fue la que tiene un 15% de fibra PET para ser más específico tenemos la C3 15% PET.

En cambio, probeta con más PET (20% y 25% Fibras PET), como las C5, absorbiendo menos agua desde el inicio y se mantuvieron así. Estos nos dicen que, efectivamente, añadir más fibra PET ayuda a que las placas sean más impermeables en general.

#### **4.1.7 Ensayo contra Fuego**

Para evaluar el ensayo tenemos la normativa ecuatoriana NTE INEN- EN 520 y La normativa chilena NCh 146, la cual nos ayuda a determinar el tiempo que debe aguantar las probetas frente a la exposición al fuego.

##### **Probetas**

Se utiliza probetas las cuales deben tener dimensiones de 300mm x 50mm estas deben estar en el centro de los mecheros, para ello se evita que se esté aplicando calor de manera que no sea uniforme y desigual

##### **Encendido de los Mecheros**

Una vez que los mecheros están encendidos, se colocan de tal manera que entren en contacto con la probeta. Se inicia la medición del tiempo de exposición al fuego y, cada 5 minutos, se realiza una observación para verificar si hay alguna variación en la probeta (fisuras, separaciones o deformaciones).

Si, después de 15 minutos de exposición, no se observa ninguna variación significativa en la probeta, esta habrá cumplido con la resistencia mínima del ensayo.

**Tabla 35**

*Probetas C3, C4, C5 para Ensayo a Fuego Directo.*

Probeta	Fibra PET reciclados
C3	15 %
C3	20 %
C3	25 %
C4	15 %
C4	20 %
C4	25 %
C5	15%
C5	20%
C5	25%

*Fuente: Elaboración Propia*

Las probetas por utilizar para el ensayo a fuego directo son C3, C4 y C5 ya que presentaron mejores resultados en pruebas anteriores, a continuación, se describirá el comportamiento de estas Probetas al ser expuestas al fuego.

Probetas de 300 x 50 mm



*Fuente: Elaboración Propia*

## Probetas C3 con Fibras PET

**Tabla 36**

*Resultados de Probeta C3 con fibras PET*

Probeta	Porcentaje PET	Comportamiento Observado Durante el Ensayo a Fuego
C3	15%	Excelente resistencia. Apenas mostró fisuras visibles durante los primeros 15 minutos. A los 20 min aparecieron grietas pequeñas, pero resistió íntegra hasta los 25 minutos, superando las expectativas.
C3	20%	Comportamiento similar al inicio, pero a los 20 minutos las grietas fueron más visibles y pronunciadas que en la C3-15. La probeta continuó resistiendo, aunque el daño fue más evidente.
C3	25%	Peor desempeño. Aunque la resistencia inicial fue aceptable, esta probeta presentó más fisuras y desprendimientos de material. La cual duro 18 minutos.

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 87**

*Probeta tipo C3 con fibra PET*



*Fuente: Elaboración Propia*

## Probetas C4 con Fibras PET

**Tabla 37**

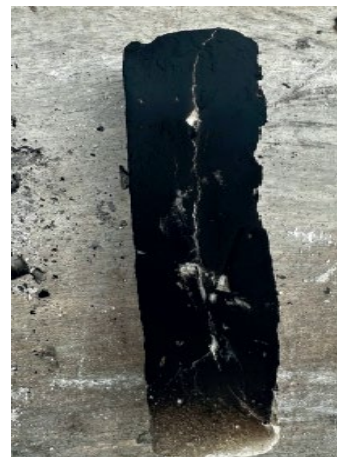
*Resultados de probeta C4 con fibras PET*

Probeta	Porcentaje PET	Comportamiento Observado Durante el Ensayo a Fuego
C4	15%	Resistencia aceptable, aguantó 17 minutos. Una baja cantidad de fibra parece ayudar a mantener la estructura, aunque no evitó las fisuras.
C4	20%	Un poco más estable con el tiempo, resistió 18 minutos. Las grietas no fueron muy pronunciadas, a pesar de la inestabilidad.
C4	25%	Peor desempeño de la serie. Mostró más grietas y desprendimientos. Solo aguantó 14 minutos, indicando que el exceso de fibra afectó gravemente la resistencia.

*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 88**

*Probeta tipo C4 con fibras PET*



*Fuente: Elaboración Propia*

### Probetas C5 con Fibras PET

**Tabla 38**

*Resultados de Probeta C5 con fibras PET*

Probeta	Porcentaje PET	Comportamiento Observado Durante el Ensayo a Fuego
C5	15%	Las grietas fueron mínimas y no hubo desprendimientos importantes. Demostró que una baja proporción de fibra es efectiva, logrando resistir 19 minutos con una mejora considerable.
C5	20%	Comportamiento similar al C5-15 al inicio, pero con más grietas visibles a medida que pasaba el tiempo. Resistió 20 minutos sin desprendimientos significativos.
C5	25%	Tuvo una resistencia mucho menor. A los 14 minutos ya se observaron muchas fisuras y desprendimientos, indicando que la alta cantidad de fibra afectó negativamente.

*Fuente: Elaboración Propia*

*Figura 89*

*Probeta tipo C5*



*Fuente: Elaboración Propia*



**Tabla 39***Resistencia de las Probetas al fuego directo*

Probeta	Tiempo (min)
C3 – 15 % de Fibra PET	25
C3 – 20 % de Fibra PET	20
C3 – 25 % de Fibra PET	18,27
C4 – 15 % de Fibra PET	17,2
C4 – 20 % de Fibra PET	18,5
C4 – 25 % de Fibra PET	14,5
C5 – 15 % de Fibra PET	19,2
C5 – 20 % de Fibra PET	20
C5 – 25 % de Fibra PET	15

*Fuente: Elaboración Propia*

### **Conclusiones**

C3-15 fue la probeta que mejor resistió las altas temperaturas, mostrando pocas fisuras y resistiendo más tiempo antes de que aparecieran grietas.

La C4-25 fue la que menor resistencia tuvo frente a la llama directa, presentando fisuras y un poco de desprendimiento, esto por la alta concentración de fibra

La C5-15 presento una mejor resistencia al fuego, sin fisuras predominantes y por último la probeta C5-20 la cual tuvo unos resultados similares a la anterior, pero con grietas algo más notables.

## **4.2 Elaboración de Placa de Estuco**

En primer lugar, para fabricar las placas de estuco se escoge la materia prima adecuada. En este caso, se contactó al señor Loja, quien dispone de los moldes necesarios. Previamente para esto ya se llevó las Dosificaciones preparadas en este caso de yeso y cal y la fibra PET Reciclada

*Figura 90*  
*Local Señor Loja*



*Fuente: Elaboración Propia*

A continuación, se limpia cuidadosamente cada molde para eliminar residuos que puedan perjudicar la adherencia del estuco, ya que los residuos que están en el molde pueden manchar el material y no dejarlo en su color característico.

**Figura 91**  
*Moldes para Placas de Estuco*



*Fuente: Elaboración Propia*

La mezcla de yeso y cal se prepara con la Dosificación C5 con un 20 % de Fibra PET pues esta es la que mejor resistencia y la durabilidad presento en las pruebas de laboratorio.

**Figura 92**

*Saco con de Yeso + Cal*



*Fuente: Elaboración Propia*

Acto seguido, se vierte la mezcla en el molde en dos etapas. En la primera se añade de manera proporcional la Fibra PET reciclada según la dosificación, mientras tanto se coloca una segunda capa para poder incorporar la segunda capa de mezcla.

**Figura 93**

*Segunda Capa de Mezcla*



*Fuente: Elaboración Propia*

Después de llenar, es recomendable dejar reposar la mezcla alrededor de unos 15 minutos para que la placa no tenga fisuras o desprendimientos a sus laterales

Finalmente, en la siguiente Figura se puede Observar la Placa Junto a las fibras PET Recicladas Las cuales fueron incorporadas dentro de la mezcla.

**Figura 94**

*Placa de Estuco junto a las fibras PET*



*Fuente: Elaboración Propia*

Se retira la Placa con Fibra PET de manera cuidadosa, preservando la forma, y tratando de no dañar los bordes de la placa, este procedimiento se sigue para poder hacer las muestras que se requieran.

**Figura 95**

*Aquí se Puede Observar el resultado Final de la Placa con Fibras PET Recicladas*

Placa de Estuco con Fibras PET Recicladas



*Fuente: Elaboración Propia*

### 4.3 Análisis de Resultados

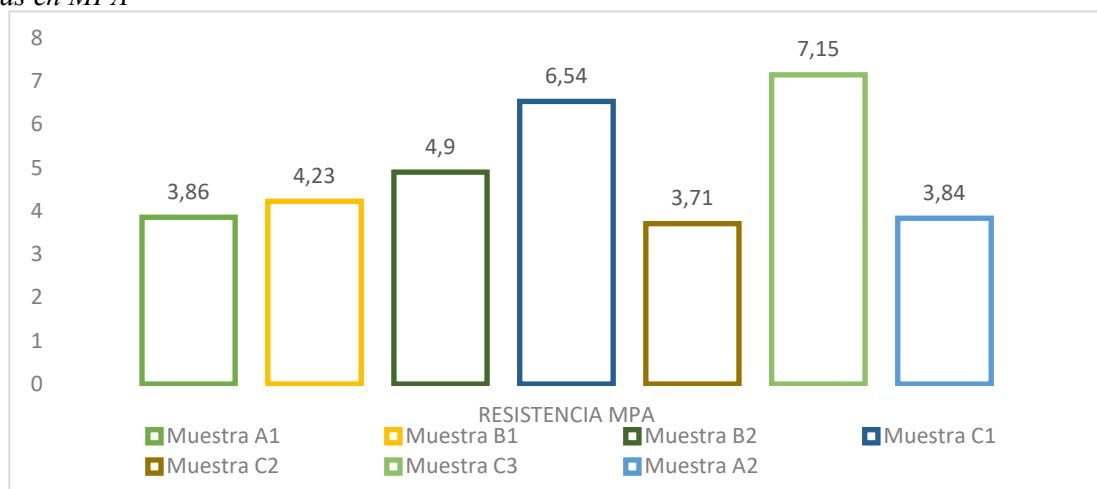
#### 4.3.1 Ensayos Preliminares

En primer lugar, se estudiaron las Dosificaciones de preliminares, primeramente, tenemos las probetas (A1 y A2) que son las de yeso y agua, mientras las que incorporan un porcentaje bajo de cal son (B1 y B2). Y por último las probetas (C1, C2 y C3) que cuentan con un alto porcentaje de Cal.

Las probetas A1 y A2 mostraron resistencias a compresión cercanas a 3,8 MPa. Luego, Tenemos que las que tiene un porcentaje de Cal B1 y B2 aumentaron la resistencia a 4,90 y 4,23 Mpa. Lo cual no muestra como la incorporación de cal mejora las propiedades del yeso

**Gráfico 13**

*Probetas en MPA*



*Fuente: Elaboración Propia*

Luego se ensayaron las C1, C2 y C3. Donde tenemos los siguientes resultados, C1 alcanzó 6,54 MPa, C2 disminuyó a 3,71 MPa y C3 obtuvo la mayor resistencia con 7,15 MPa. Se observa que una adecuada proporción de yeso y cal resulta clave, mientras que un exceso de agua (como en C2) reduce la resistencia.

- En Conclusión, encontramos que la línea de las Probetas tipo C son las mejores para continuar con las muestras
- La Probeta C3 fue la que mayor resistencia alcanzo con 7,15 Mpa

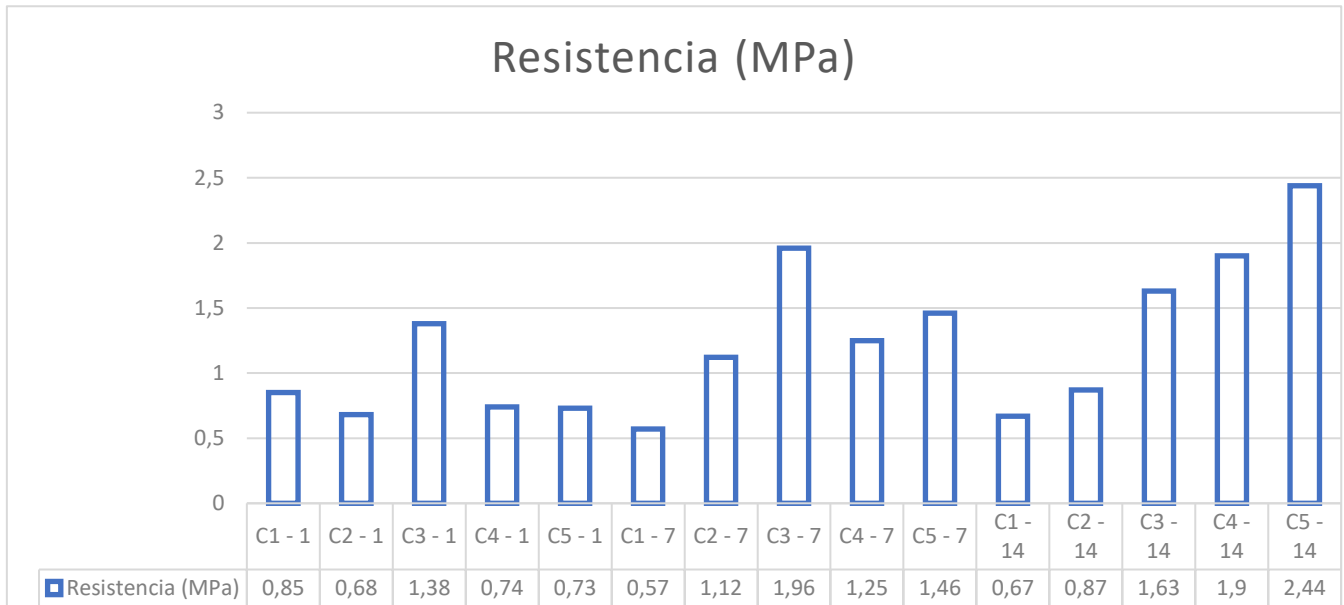
#### 4.4 Ensayo a Compresión

En cuanto a la evolución del curado, en el primer día las probetas C1–C5 registraron resistencias bajas debido a la humedad, situándose entre 0,68 y 1,38 MPa. Después de siete días, la resistencia aumentó notablemente; C3 alcanzó 1,96 MPa y C5 llegó a 1,46 MPa.

Para finalizar tenemos que a los 14 días las probetas tienen su máxima resistencia, la de denominación C5 con 2,44 MPa y C4 con 1,90 Mpa. Con esto tenemos que la inclusión de la cal y el tiempo de fraguado favorece a la resistencia de la Placa.

**Gráfico 14**

*Resistencia Mpa en función del tiempo*



*Fuente: Elaboración Propia*

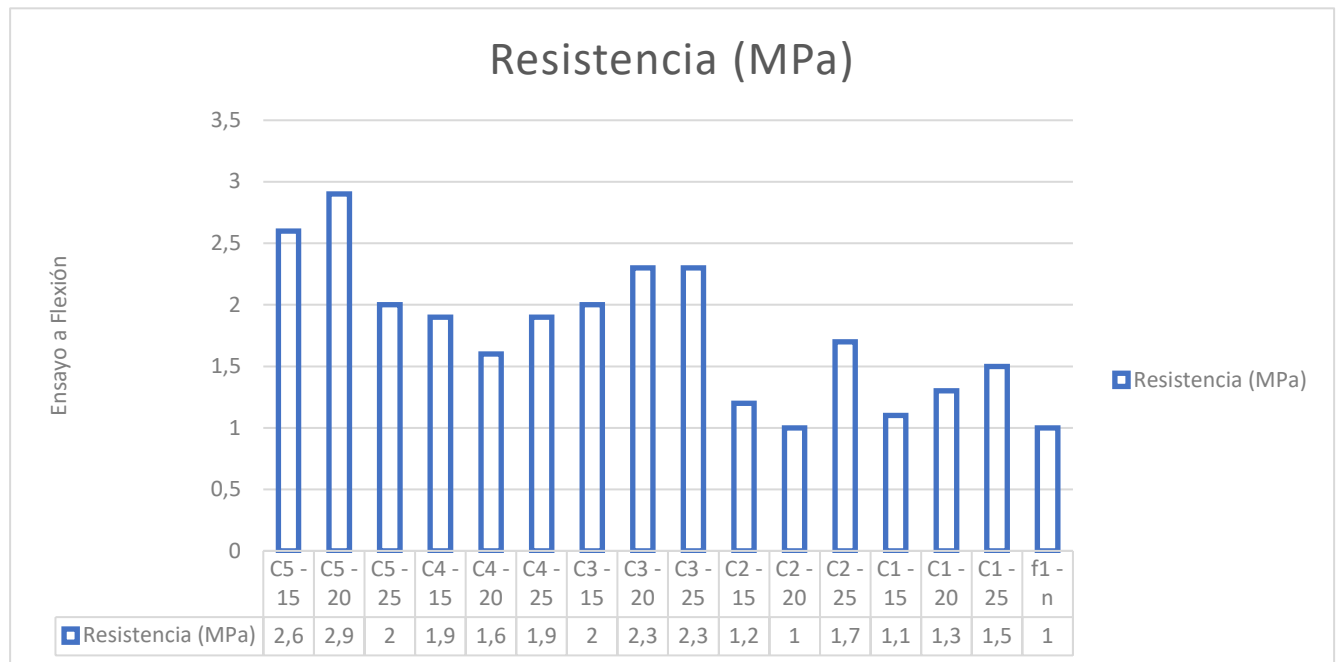
- En conclusión, Podemos observar que las probetas alcanzan en su gran mayoría a los 14 días de curado
- Las Probetas C1 al tener una mayor cantidad de agua, tardaron más tiempo en secarse que las demás probetas y esto se evidencia en la resistencia que obtuvo.
- La Probeta C5 al principio tiene menor resistencia que el resto, pero al pasar los días, tiene una mejor resistencia que las demás probetas lo cual demuestra que es la óptima para las demás pruebas

#### **4.4.1 Ensayo a flexión**

Ahora vamos a evidenciar los ensayos a Flexión, tomando en cuenta los diferentes tipos de fibras PET que serían al 15 % 20 % y 25 %. Tomando en cuenta que, al aumentar las fibras en el yeso, el material se vuelve un poco difícil de manejar. Para ello se puede observar la siguiente figura.

**Gráfico 15**

*Resultados de Pruebas de Flexión*



*Fuente: Elaboración Propia*

- En conclusión, las pruebas a flexión resultaron favorables, todo esto evidencia que las Fibras PET Recicladas mejora la resistencia del yeso.
- La Probeta F1-N con fibra natural tuvo una resistencia a la flexión favorable, pero a diferencia de las que son con agregados Pet Reciclado, existe una mayor mejora
- Dentro del rango tenemos que las Probetas que mayor Rango tienen Son C3 y C5.
- Encontramos que la Probeta C5 con un 20% de fibra es la que mayor rango de resistencia a la flexión tiene

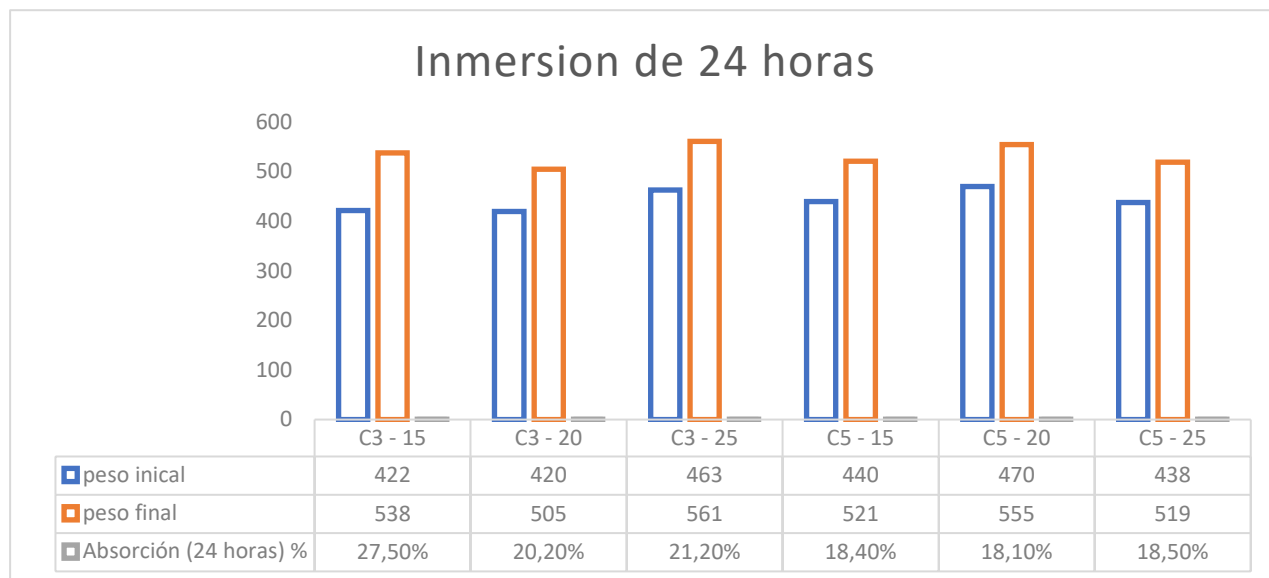
#### **4.4.2 Ensayo a Humedad.**

Se considero las Placas de Fibras Pet recicladas frente a las 2 y 24 horas de inmersión con la dosificación de las muestras C3 y C5 con un porcentaje de fibra al 15% 20% y 25%



**Gráfico 16**

*Comparativa 24 horas de absorción*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **Prueba de 2 horas de absorción**

- C3-15 % PET. Esta mezcla registró la mayor absorción inicial, alcanzando un 18,3 % de aumento de peso. Indica que, a pesar de tener fibras PET, sigue siendo la más sensible a la humedad en la fase inicial.
- C3-20 % PET. R: Al aumentar el contenido de PET al 20 %, la absorción inicial se redujo a 15,2 %, lo que demuestra que una mayor cantidad de fibras mejora la resistencia a la entrada de agua.
- C3-25 % PET. R: Con un 25 % de PET, la mezcla tuvo una absorción moderada de 16,2 %, situándose entre los valores anteriores.
- C5-20 % PET. R: Fue probeta con la menor absorción de humedad con un (15,5 %).

### **24 horas de absorción**

Tras 24 horas de inmersión, se observaron estas tendencias:

- Después de 24 horas sumergidas, vimos que la probeta C3 con un 15% de PET fue la que más presencia de humedad presentó un (27.5%) y además siguió bastante absorbiendo agua después de las 2 horas, lo que sugiere que es la más porosa.
- En cambio, las probetas C3 con un (20 y 25 % de PET) absorbieron menos en un total un 20 %, indicando que más fibra sí ayudó en la mezcla.
- C5-20 % PET. Fue la mezcla más resistente al final del ensayo, con una absorción del 18,1 %.y C5-25 presentó un valor muy cercano con un 18,5%



## Conclusiones

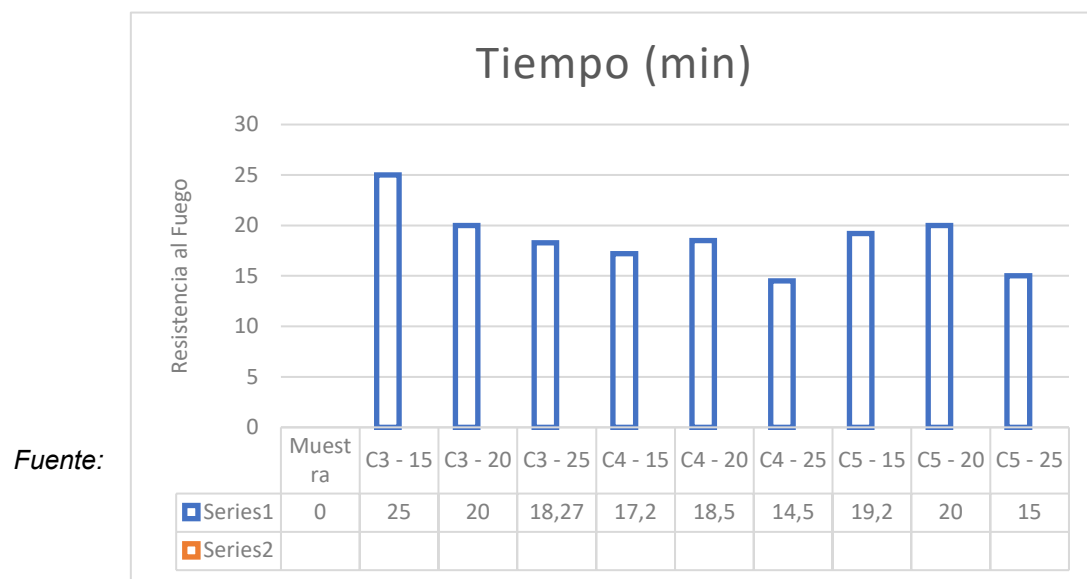
- La fibra PET ayuda a reducir las filtraciones de agua dentro del material, sin embargo. Sigue absorbiendo agua de manera considerable durante las primeras horas
- La probeta C5-20% PET presento la menor absorción de líquido. Teniendo como resultado que la adición de Fibra PET si ayuda al yeso en las pruebas de inmersión

### 4.4.3 Ensayo a Fuego

Para evaluar de mejor manera como el material va a resistir la exposición a llama directa dentro de sus rangos de 15 % 20 % y 25 % de plástico PET Reciclado. En la siguiente grafico podemos evidenciar como todas las Probetas pasaron el rango que son los 15 minutos según la normativa la normativa INEN 520 y la normativa chilena.

**Gráfico 17**

*Tiempo de Ensayo a fuego*



*Fuente:*

*Elaboración Propia*

Dentro de las pruebas podemos evidenciar que casi todas las Probetas pasaron el rango de los 15 minutos que es lo mínimo según la normativa, pero hubo otras probetas las cuales superaron el tiempo incluso llegando a los 25 min a fuego directo.

- Las probetas con fibra del 25 % redujo de 14–15 minutos. Por lo tanto, tenemos que un exceso de fibra genera mayor fragilidad frente al fuego, ya que se vuelvo más propenso a sufrir grietas de manera más rápida
- La Probeta C3-15% de fibra PET alcanzo 20 minutos de exposición, apenas presentó fisuras y alcanzó un tiempo total de resistencia de 25 minutos. Esto indica que un 15 % de fibra PET brinda una excelente protección frente a altas temperaturas.

- C5-20 % PET: Mostró un comportamiento similar al de C5-15 pero con más grietas a medida que avanzaba el tiempo. Aun así, alcanzó un tiempo de 20 minutos, lo que la convierte en la más resistente dentro de las variaciones de la mezcla C5.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Se confirma la hipótesis planteada, la incorporación de fibras de plástico PET reciclado en la mezcla de estuco sí resulta en placas con una mayor resistencia y durabilidad que aquellas reforzadas únicamente con fibras naturales. La evidencia más contundente proviene de los ensayos de flexión donde la probeta configura natural (F1 – N) apenas alcanzó 1. Mpa, y mientras que las muestras con PET llegaron a un máximo de 2.9 Mpa la probeta C5 – 20 % de fibra PET. Por lo tanto, se demuestra que el agregado de plástico reciclado es un agente de refuerzo significativamente más efectivo que la fibra natural para esta aplicación.

La cal es un componente esencial para potenciar la mezcla base, ya que, la adición de cal elevó la resistencia a compresión del yeso en las primeras muestras preliminares de 3.8 Mpa, en las Probetas A1 y A2, hasta llegar a 7.5 Mpa en la Probeta C3 con esto validando su rol como mejorador de las propiedades mecánicas.

El tiempo de curado es fundamental requiriéndose al menos 14 días el yeso necesita ganar resistencia probetas como las c5-14 2.44 Mpa y c4-14 con 1.9 Mpa mostrar un incremento notable respecto a sus a su resistencia iniciar un día confirmando que un curado de 2 semanas es necesario para que las placas desarrollen una capacidad considerable

La alta absorción inicial de agua limita su uso para interiores a pesar del refuerzo PET las placas siguen absorbiendo bastante agua al principio hasta un 20% en 2 horas, aunque la tasa a las 24 horas es mucho más baja con un 3 a 5 %, esta característica hace a las placas inadecuadas para exteriores, por lo tanto, sería una mejor opción en interiores

Un contenido moderado de PET del 15 al 20% favorece la resistencia al fuego el, ya que el exceso de fibra también fue perjudicial en este ensayo. La Probeta C3-15 % de fibra PET resistió 25 minutos mientras que las de 25% de PET como la C 4-25 y C5-25 fallaron antes de los 14.5 y 15 minutos en consecuencia parece que entre un 15% y 20% de PET mejoró el comportamiento al fuego. Cabe aclarar el tiempo de resistencia al fuego se midió hasta la aparición de las primeras grietas visibles, se adoptó este criterio porque incluso luego de presentar fisuras las probetas mantuvieron su firmeza y no colapsaron

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que Para aplicaciones sea de resistencia a compresión o Flexión se verifique muy bien la dosificación para tener mejores resultados en este caso se puede usar mezclas similares a C3 o C5. En particular, una proporción de yeso del 50–75 %, cal del 16–40 % y agua del 33 % logró los mejores resultados.

Parece que el 20% de fibras PET es el punto justo. Con esa cantidad, la resistencia a la flexión mejora bastante, y lo bueno es que no complico demasiado la mezcla ni afecto mucho su comportamiento con el fuego. añadirle más fibra, como el 25 % no ofreció mejores resultados e incluso hizo que algunas probetas se agrietaran mucho más rápido así que yo recomiendo un 20% de fibra PET

Hay que dejar que las placas tengan al menos dos semanas. Vimos que la resistencia sube un montón entre el primer día y el día 14. Por eso, antes de ponerlas en un techo se debería asegurar que hayan tenido un mínimo de 14 días para curarse, ya que con esto las placas pueden alcanzar su máxima resistencia.

Usar PET reciclado no solo hizo las placas más fuertes, sino que también es una forma de darle uno a un montón de basura plástica un nuevo uso. Entonces sería genial que se continuara estudiando muchas formas de hacer materiales con otros tipos de plásticos o con fibras recicladas.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Aguilar, E. (2023). Influencia del plástico reciclado PET en las características físico-mecánicas de adoquines de concreto para el uso en espacios públicos. Universidad Señor de Sipán. Recuperado de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11102>.
- ArchDaily. (2022). ¿Qué aporta el uso de la cal en la arquitectura contemporánea? Recuperado de <https://www.archdaily.cl/cl/1017221/que-aporta-el-uso-de-la-cal-en-la-arquitectura-contemporanea>
- Caibinagua, P. (2013). Propuesta de acabados de pisos y cielo rasos para viviendas económicas: Caso EMUVI. Universidad del Azuay.
- Cemento y Max. (s.f.). Evolución del estuco en la arquitectura. Recuperado de <https://www.cementukoymax.mx/estucos/evo-lucion-del-estuco-en-la-arquitectura/>
- Cemix. (2023). Tipos de estuco. Recuperado de [https://www.-cemix.com/tipos-de-estuco/#Tipos\\_de\\_estuco](https://www.-cemix.com/tipos-de-estuco/#Tipos_de_estuco)
- Cevallos Andrade, J. A. (2022). Estrategias de marketing digital en empresas tecnológicas (Tesis de grado). Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Chicago: Flores, Rosa N. 2022. (Universidad Católica de Cuenca) Ladrillo plástico para mampostería no Portante. Editorial.
- Chile cubica. (Cousins, 2018). Cómo evitar el uso de plásticos. Recuperado de <https://www.chilecubica.com/revis-tas-de-construcción/como-evitar-el-uso-de-plásticos/>
- CORDIS, 1.
- CORDIS. (2010). Vía libre a los ladrillos de plástico reciclado y fuera el cemento.
- El Comercio. (2019). En la lucha contra el plástico ‘el cambio empieza en casa’, dicen expertos. Obtenido de <https://www.el-comercio.com/tendencias/lucha-plastico-cam-bio-oceanos-galapagos.html>
- Felipe, Eduardo. A. (2015). (Chile, Valparaíso). Evaluación de las propiedades termo acústicas y mecánicas de mortero de estuco con agregado de corcho reciclado.
- Gordillo Cal de Morón. (2023). ¿Para qué sirve la cal? Usos y aplicaciones principales. Recuperado de <https://www.gordilloscaldemoron.com/para-que-sirve-la-cal-usos-y-aplicaciones/>
- Incal. (2017). Norma NTP 339.034: Determinación de la resistencia a la compresión de concreto. Instituto Nacional de Calidad.
- Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. IAPH. (2018). Taller: El estuco tradicional y su espacio en el Patrimonio Histórico. Asociación Cultural Hornos de la Cal de Morón. <https://www.iaph.es/web/canales/formacion/cursos/detalle.js-p?curso=4641>
- Instituto Nacional de Normalización. (2001). NCh 2456.Of2001: Materiales de construcción – Determinación del coeficiente de absorción de agua. Santiago, Chile.
- Linares, J. (2009). Usos y beneficios de la cal como material constructivo. EnteUrbano. Recuperado de <https://enteurbano.com/usos-y-beneficios-de-la-cal-en-la-construcion/>

- Llerena, Y. (2023/2024). Informe de cielo raso (charla). Universidad Tecnológica de Panamá. Studocu. <https://www.studo-cu.com/latam/document/universidad-tecnol-ca-de-Panamá/métodos-y-costos-de-construcción/informe-de-cielo-raso-charla/64201086>
- López Aguirre. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. Recuperado de <https://polo-delconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2139/4264>
- Mengual. (s.f.). Estuco. Recuperado de <https://www.urbipe-dia.org/hoja/Estuco>
- MN del Golfo. (2024). Tipos de estuco. Recuperado de <https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/tipos-de-estuco/>
- Méndez, O., & Pérez, J. (2015). Método para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto: Procedimiento y evaluación de resultados. Editorial Constructiva.
- Norma Chilena NCh 146: Ensayo de Resistencia a la Exposición al Fuego de Materiales de Construcción.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 520: Placas de Yeso Laminado: Definiciones, Especificaciones y Métodos de Ensayo.
- Noroña, K. (2018). ¿Cuáles son los desechos que contaminan más el Ecuador? Obtenido de [https://www.elcomercio.com/-tendencias/desechos-plasticos-ocea-nos-ecuador-ministeriodelambiente.html?fbclid=IwAR2c4eoDTxHEAHICE4W\\_lf3TT6CDynur5w8gO1ELizkxXelKswLCHBimEo](https://www.elcomercio.com/-tendencias/desechos-plasticos-ocea-nos-ecuador-ministeriodelambiente.html?fbclid=IwAR2c4eoDTxHEAHICE4W_lf3TT6CDynur5w8gO1ELizkxXelKswLCHBimEo)
- NTE INEN 310. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Coordinación Modular de la Construcción Serie Modular Norma de Medidas.
- NTE INEN-EN 520. (2018). Norma Técnica Ecuatoriana. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Placa de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.
- Pérez, A. (2017). Ensayo de resistencia a la compresión: Consideraciones prácticas y normativas. Universidad Técnica de Ambato.
- Reinoso Roca, R. R., & Torres Solorzano, S. F. (2023). Propuesta de mejora de la durabilidad y producción de materiales de construcción (Trabajo de Titulación para optar al título de Arquitecto/a, Facultad de Ingeniería, Carrera de Arquitectura, Universidad Nacional de Chimborazo). Riobamba, Ecuador.
- Saavedra Vera, J. V. (2013). Tecnología de los materiales: El yeso. Universidad Nacional del Santa. Facultad de Ingeniería. Fuente.
- Saldaña, W. (2018). Propiedades físicas y mecánicas de la cal para el mejoramiento de morteros. Scribd. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/390571308/Propiedades-Fisicas-y-Mecanicas-de-La-Cal-Para-El-Mejoramiento-de-Morteros>.
- SANZ ARAUZ, D. y SEPULCRE AGUILAR, A. (2022). El yeso en la arquitectura histórica. Madrid: UPM Press. ISBN 978-84-18661-16-7.
- San Nicolás, L. (1639). Arte y uso de la Arquitectura (pág. 89). Resulta muy curiosa la similitud en la descripción de la técnica con el sistema de estuco actualmente conocido como «tadelakt», procedente del norte de África.

- SciELO México. (2009). Título del artículo. Revista Nombre de la Revista, Volumen (Número), páginas. Recuperado de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212009000100009](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212009000100009).
- Somos Arquitectos. (2016). Vallecas 51. ArchDaily. Recuperado <https://www.archdaily.com/30544/vallecas-51-so-mos-arquitectos>
- USG, C. (2000). The Gypsum Construction Handbook ix
- WWF. (2020). La hora del planeta en Ecuador busca compartir la contaminación por plásticos. El Telégrafo. Obtenido de [https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/ecuador-contaminacion-plasticos?fbclid=IwAR2ACboofeWgoQH\\_8vm5BbmeZhTs3Ln8UVhw26RL3uoURzldm0FkOksFjg](https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/ecuador-contaminacion-plasticos?fbclid=IwAR2ACboofeWgoQH_8vm5BbmeZhTs3Ln8UVhw26RL3uoURzldm0FkOksFjg)

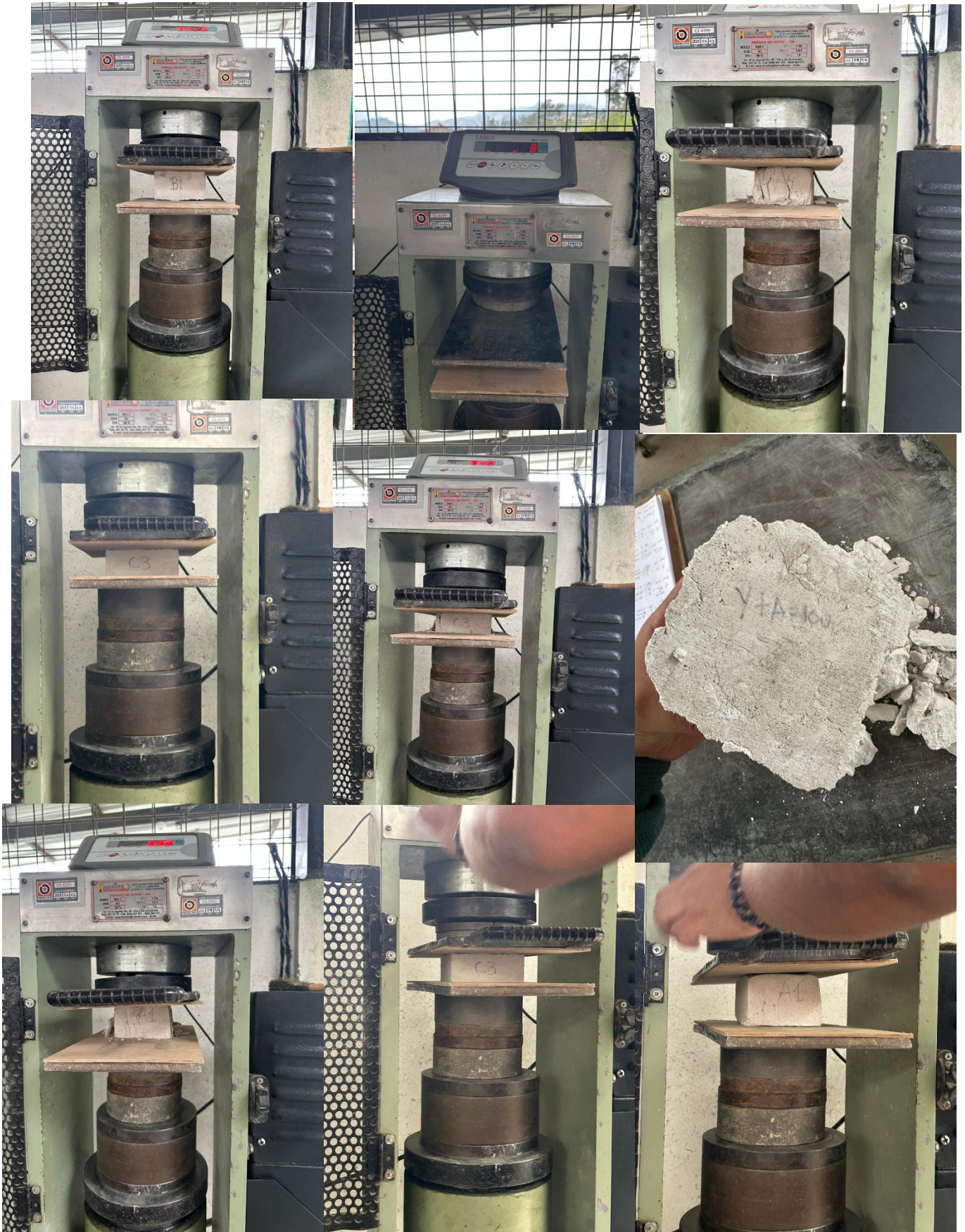
## ANEXOS

### Primeras Probetas Preliminares





## Pruebas a Compresión





## Laboratorio de Ensayos





## Pruebas a Fuego, Humedad y Flexión



## Documentos de los Ensayos



**"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO**  
Dirección: Calle París y Vía Zamora, junto a la UTP, Telef. 2611053 - 0993431727

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION  
DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGON, INEN 640**

PROYECTO		CONTROL DE PROBETAS PARA PROYECTO DE TESIS							
PROCEDENCIA		TESIS							
TIPO DE BLOQUE		BLOQUE DE YESO							
SOLICITADO		SR. JOHN FIGUEROA							
FECHA		26 de marzo de 2025							
REPORTE DE RESULTADOS									
MUESTRA BLOQUE NUMERO	FECHA DE ELABORAC.	FECHA DE PRUEBA	EDAD EN DIAS	LONGITUD cm	ANCHO cm	AREAc m2	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA Mpa
TESTIGO C1 - 1	23-mar.-25	26-mar.-25	3	12,00	10,00	120,00	1019	8,50	0,85
TESTIGO C2 - 1				12,00	10,20	122,40	826	6,75	0,68
TESTIGO C3 - 1				12,20	10,00	122,00	1683	13,80	1,38
TESTIGO C4 - 1				12,00	10,00	120,00	884	7,37	0,74
TESTIGO C5 - 1				12,00	10,20	122,40	892	7,29	0,73
TESTIGO C1 - 7	17-mar.-25	26-mar.-25	9	12,10	9,90	119,79	682	5,69	0,57
TESTIGO C2 - 7				12,20	10,10	123,22	1384	11,23	1,12
TESTIGO C3 - 7				12,20	10,00	122,00	2388	19,58	1,96
TESTIGO C4 - 7				12,30	10,40	127,92	1603	12,53	1,25
TESTIGO C5 - 7				12,20	10,00	122,00	1786	14,64	1,46
TESTIGO C1 - 14	10-mar.-25	26-mar.-25	16	12,10	10,30	124,63	835	6,70	0,67
TESTIGO C2 - 14				12,20	9,70	118,34	1023	8,65	0,87
TESTIGO C3 - 14				12,20	10,00	122,00	1967	16,28	1,63
TESTIGO C4 - 14				12,30	10,00	123,00	2331	18,95	1,90
TESTIGO C5 - 14				12,20	9,90	120,78	2950	24,42	2,44

OBSERVACIONES: Los resultados son exclusivos de las muestras entregadas en el Laboratorio

ING. DIEGO SONGOR SONGOR  
Reg. SENESCYT 1031-2019-2037257



**"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO**  
Dirección: Calle París y Vía Zamora, junto a la UTP, Telef. 2611053 - 0993431727

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION  
DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGON, INEN 640**

PROYECTO		CONTROL DE PROBETAS PARA PROYECTO DE TESIS							
PROCEDENCIA		TESIS							
TIPO DE BLOQUE		BLOQUE DE YESO							
SOLICITADO		SR. JOHN FIGUEROA							
FECHA		17 de septiembre de 2024							
REPORTE DE RESULTADOS									
MUESTRA BLOQUE NÚMERO	FECHA DE ELABORAC.	FECHA DE PRUEBA	EDAD EN DIAS	LONGITUD cm	ANCHO cm	AREAc m2	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA Mpa
TESTIGO B2 TESTIGO B1				12,30	10,70	131,61	6443	48,95	4,90
				12,50	11,00	137,50	5811	42,26	4,23
TESTIGO C1 TESTIGO C2 TESTIGO C3				12,00	10,40	124,80	8155	65,35	6,54
				11,80	9,80	115,64	4292	37,11	3,71
				12,00	10,00	120,00	8583	71,53	7,15
TESTIGO A1 TESTIGO A2				10,20	10,30	105,06	4057	38,62	3,86
				9,90	9,70	96,03	3690	38,43	3,84

OBSERVACIONES: Los resultados son exclusivos de las muestras entregadas en el Laboratorio

ING. DIEGO SONGOR SONGOR  
Reg. SENESCYT 1031-2019-2037257



**"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO**  
Dirección: Calle París y Vía Zamora, junto a la UTP, Telef. 2611053 - 0993431727

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION  
PROBETAS PRISMATICAS DE YESO**

PROYECTO		CONTROL DE PROBETAS PARA PROYECTO DE TESIS							
PROCEDENCIA		TESIS							
TIPO DE BLOQUE		BLOQUE DE YESO							
SOLICITADO		SR. JOHN FIGUEROA							
FECHA		19 de junio de 2025							
REPORTE DE RESULTADOS									
MUESTRA BLOQUE NUMERO	FECHA DE ELABORAC.	FECHA DE PRUEBA	EDAD EN DIAS	LONGITUD cm	ANCHO cm	AREA m2	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm2	
	19-may.-25	13-jun.-25	25						
	TESTIGO C5 - 15			4,20	4,20	17,64	149	8,44	
	TESTIGO C5 - 20			4,20	4,20	17,64	161	9,14	
	TESTIGO C5 - 25			4,20	4,20	17,64	123	6,98	
	TESTIGO C4 - 15			4,10	4,10	16,81	80	4,78	
	TESTIGO C4 - 20			4,30	4,30	18,49	114	6,18	
	TESTIGO C4 - 25			5,00	5,00	25,00	110	4,38	
	TESTIGO C3 - 20			4,50	4,50	20,25	297	14,64	
	TESTIGO C3 - 25			4,50	4,50	20,25	284	14,04	
	TESTIGO C2 - 20			4,30	4,30	18,49	52	2,83	
	TESTIGO C2 - 25			4,30	4,30	18,49	36	1,97	
	TESTIGO C1 - 15			4,30	4,30	18,49	54	2,92	
	TESTIGO C1 - 20			4,00	4,00	16,00	78	4,88	

OBSERVACIONES: Los resultados son exclusivos de las muestras entregadas en el Laboratorio

ING. DIEGO SONGOR SONGOR  
Reg. SENESCYT 1031-2019-2037257



**"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO**  
Dirección: Calle París y Vía Zamora, junto a la UTP, Telef. 2611053 - 0993431727

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION  
PROBETAS PRISMATICAS DE YESO**

PROYECTO		CONTROL DE PROBETAS PARA PROYECTO DE TESIS							
PROCEDENCIA		TESIS							
TIPO DE BLOQUE		BLOQUE DE YESO							
SOLICITADO		SR. JOHN FIGUEROA							
FECHA		19 de junio de 2025							
REPORTE DE RESULTADOS									
MUESTRA BLOQUE NUMERO	FECHA DE ELABORAC.	FECHA DE PRUEBA	EDAD EN DIAS	LONGITUD cm	ANCHO cm	ALTO cm	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA Mpa
	19-may.-25	13-jun.-25	25						
TESTIGO C5 - 15				16,0	4,20	5,20	121	26,00	2,60
TESTIGO C5 - 20				15,5	4,50	5,20	151	29,00	2,90
TESTIGO C5 - 25				15,5	4,50	5,00	98	20,00	2,00
TESTIGO C4 - 15				15,6	4,10	4,70	75	19,00	1,90
TESTIGO C4 - 20				14,7	4,3	4,8	71,6	16,00	1,60
TESTIGO C4 - 25				15,2	5,00	4,30	76	19,00	1,90
TESTIGO C3 - 20				16,8	4,50	5,00	105	23,00	2,30
TESTIGO C3 - 25				15,8	4,50	5,00	108	23,00	2,30
TESTIGO C2 - 20				15,0	4,3	4,7	41,3	10,00	1,00
TESTIGO C2 - 25				15,5	4,30	4,70	68	17,00	1,70
TESTIGO C1 - 15				15,5	4,30	4,50	43	11,00	1,10
TESTIGO C1 - 20				15,8	4,00	5,00	55	13,00	1,30

OBSERVACIONES: Los resultados son exclusivos de las muestras entregadas en el Laboratorio

ING. DIEGO SONGOR SONGOR  
Reg. SENESCYT 1031-2019-2037257



**"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO**  
Dirección: Calle París y Vía Zamora, junto a la UTP, Telef. 2611053 - 0993431727

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION  
PROBETAS PRISMATICAS DE YESO**

PROYECTO		CONTROL DE PROBETAS PARA PROYECTO DE TESIS							
PROCEDENCIA		TESIS							
TIPO DE BLOQUE		BLOQUE DE YESO							
SOLICITADO		SR. JOHN FIGUEROA							
FECHA		26 de mayo de 2025							
REPORTE DE RESULTADOS									
MUESTRA BLOQUE NUMERO	FECHA DE ELABORAC.	FECHA DE PRUEBA	EDAD EN DIAS	LONGITUD cm	ANCHO cm	AREA m2	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA Mpa
	1-may-25	26-may-25	25						
TESTIGO F1 - N				4,00	4,00	16,00	58	3,64	0,36
TESTIGO C2 - 15				4,20	4,20	17,64	73	4,16	0,42
TESTIGO C1 - 15				4,00	4,00	16,00	31	1,92	0,19
TESTIGO C3 - 25				4,50	4,50	20,25	158	7,78	0,78

OBSERVACIONES: Los resultados son exclusivos de las muestras entregadas en el Laboratorio

ING. DIEGO SONGOR SONGOR  
Reg. SENESCYT 1031-2019-2037257



**"SUELOS & PAVIMENTOS" LABORATORIO**  
Dirección: Calle París y Vía Zamora, junto a la UTP, Telef. 2611053 - 0993431727

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION  
PROBETAS PRISMATICAS DE YESO**

PROYECTO	CONTROL DE PROBETAS PARA PROYECTO DE TESIS								
PROCEDENCIA	TESIS								
TIPO DE BLOQUE	BLOQUE DE YESO								
SOLICITADO	SR. JOHN FIGUEROA								
FECHA	26 de mayo de 2025								
REPORTE DE RESULTADOS									
MUESTRA BLOQUE NUMERO	FECHA DE ELABORAC.	FECHA DE PRUEBA	EDAD EN DIAS	LONGITUD cm	ANCHO cm	ALTO cm	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA Mpa
	1-may-25	26-may-25	25						
TESTIGO F1 - N				16,00	4,00	4,00	27	10,00	1,00
TESTIGO C2 - 15				16,00	4,20	4,20	38	12,00	1,20
TESTIGO C1 - 15				16,00	4,00	4,00	26	10,00	1,00
TESTIGO C3 - 25				16,00	4,50	4,50	59	16,00	1,60

OBSERVACIONES: Los resultados son exclusivos de las muestras entregadas en el Laboratorio

ING. DIEGO SONGOR SONGOR  
Reg. SENESCYT 1031-2019-2037257