



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN I**

**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES ENTRE MORTEROS HIDRÁULICOS Y  
POLIMÉRICOS**

**PRESENTADO POR:**

**11911083      DANILO ALESSANDRO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ**

**11941047      FERNANDO JOSÉ PERALTA VILLACORTA**

**ASESOR TEMÁTICO: MSC. ING. JUAN CARLOS REYES ZÚNIGA**

**ASESORA TEMÁTICA: MSC. ING. KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ**

**CAMPUS TEGUCIGALPA; JULIO, 2024.**

## RESUMEN EJECUTIVO

En el proyecto de investigación se han comparado las propiedades mecánicas de los morteros hidráulicos y los morteros poliméricos utilizados en aplicaciones de mampostería, analizando asimismo las características y componentes del mortero polimérico Brickaffix, así como las normativas nacionales e internacionales pertinentes para la comparación.

Para determinar las características físicas y mecánicas de ambos tipos de mortero se han realizado ensayos de laboratorio según las Normas ASTM, para cuantificar y cualificar las propiedades mecánicas del mortero polimérico Brickaffix y del mortero hidráulico, con dosificaciones 1:3, 1:4 y 1:5.

Se han evaluado propiedades como la resistencia a la compresión, el porcentaje de flujo, el porcentaje de absorción y el peso unitario, así como las ventajas y desventajas del mortero hidráulico y el mortero polimérico Brickaffix en términos de resistencia y facilidad de uso.

Se ha determinado que el mortero polimérico Brickaffix es más resistente a la compresión que su contraparte, absorbe menos agua, es más adherente a los elementos de mampostería, tiene la misma densidad y su trabajabilidad es similar a la del mortero hidráulico convencional usado en obras, sin embargo, obtuvo una menor resistencia a la flexión, lo que sugiere que podría no ser la mejor opción en aplicaciones donde se requiera una alta resistencia a la flexión.

En conclusión, el mortero polimérico Brickaffix es una opción viable para aplicaciones donde se requiere alta resistencia a la compresión y baja absorción de agua, aunque no es la mejor opción para aplicaciones que requieren alta resistencia a la flexión.

Palabras clave: mampostería, mortero Brickaffix, mortero hidráulico, morteros prefabricados, polímeros.

## **ABSTRACT**

In the research project, the mechanical properties of hydraulic mortars and polymeric mortars used in masonry applications were compared, analyzing the characteristics and components of the polymeric mortar Brickaffix, as well as the relevant national and international standards for comparison.

Laboratory tests were conducted according to ASTM Standards to determine the physical and mechanical characteristics of both types of mortar, to quantify and qualify the mechanical properties of the polymeric mortar Brickaffix and the hydraulic mortar, with dosages of 1:3, 1:4, and 1:5.

Properties such as compressive strength, flow percentage, absorption percentage, and unit weight were evaluated, as well as the advantages and disadvantages of hydraulic mortar and polymeric mortar Brickaffix in terms of strength and ease of use.

It was determined that the polymeric mortar Brickaffix is more resistant to compression than its counterpart, absorbs less water, is more adherent to masonry elements, has the same density, and its workability is like that of conventional hydraulic mortar used in construction. However, it showed lower flexural strength, suggesting that it may not be the best option for applications where high flexural strength is required.

In conclusion, the polymeric mortar Brickaffix is a viable option for applications where high compressive strength and low water absorption are required, although it is not the best option for applications that require high flexural strength.

**Keywords:** masonry, Brickaffix mortar, hydraulic mortar, prefabricated mortars, polymers.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | Introducción.....   | 4  |
| II.   | Planteamiento del problema.....   | 6  |
| 2.1   | Precedentes del problema.....   | 6  |
| 2.2   | Definición del problema.....  | 7  |
| 2.3   | Justificación.....  | 8  |
| 2.4   | Preguntas de investigación.....   | 8  |
| 2.5   | Objetivos.....  | 8  |
| 2.5.1 | Objetivo general.....   | 9  |
| 2.5.2 | Objetivos específicos.....  | 9  |
| III.  | Marco Teórico.....  | 10 |
| 3.1   | Características de los mortero hidráulicos.....                               | 10 |
| 3.1.1 | Componentes del mortero hidráulico.....                                       | 10 |
| 3.1.2 | Diseño y proporciones del mortero hidráulico.....                             | 14 |
| 3.2   | Características de los morteros poliméricos.....                              | 18 |
| 3.2.1 | Tipos de morteros poliméricos.....  | 18 |
| 3.2.2 | Componentes de los diferentes morteros poliméricos.....                       | 20 |
| 3.2.3 | Diseño y proporciones del mortero polimérico.....                             | 20 |
| 3.2.4 | Especificaciones de los diferentes tipos de morteros poliméricos.....         | 21 |
| 3.3   | Normativas aplicables a los morteros poliméricos e hidráulicos.....           | 22 |
| 3.4   | Diferentes estados del mortero hidráulico y polimérico y sus propiedades..... | 25 |
| 3.4.1 | Propiedades en estado plástico.....   | 25 |
| 3.4.2 | Propiedades en estado endurecido.....   | 27 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 3.5    | Ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los morteros hidráulicos y poliméricos ..... | 29 |
| 3.5.1  | Resistencia a la compresión .....  | 29 |
| 3.5.2  | Resistencia a la tracción por flexión en pilas .....   | 32 |
| 3.5.3  | Resistencia al corte .....   | 33 |
| 3.5.4  | Módulo de rotura en bloques liga de 1.5 cm.....  | 34 |
| 3.5.5  | Ensayo de fluidez .....  | 35 |
| 3.5.6  | Resistencia de mampostería liga de 1.5 cm.....   | 36 |
| 3.6    | Aplicaciones prácticas de morteros Hidráulicos y poliméricos .....   | 37 |
| 3.6.1  | Usos comunes en construcción de morteros hidráulicos.....  | 37 |
| 3.6.2  | Usos comunes en construcción de morteros poliméricos .....   | 38 |
| 3.7    | Sostenibilidad de los morteros hidráulicos.....  | 39 |
| 3.6.1. | Resistencia a la humedad y la corrosión .....  | 39 |
| 3.6.2. | Impacto ambiental y sostenibilidad .....   | 39 |
| 3.7.1  | Ciclo de vida y mantenimiento .....  | 40 |
| 3.8    | Sostenibilidad de los morteros poliméricos .....   | 41 |
| IV.    | Metodología .....  | 43 |
| 4.1    | Enfoque.....   | 43 |
| 4.2    | Variables de investigación .....   | 43 |
| 4.3    | Técnicas e instrumentos aplicados .....  | 44 |
| 4.3.1  | Fuentes primarias.....   | 45 |
| 4.3.2  | Fuentes secundarias.....   | 45 |
| 4.3.3  | Bases de datos académicas.....   | 46 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.3.4  | Ensayos de laboratorio.....   | 47 |
| 4.4    | Materiales.....   | 53 |
| 4.5    | Metodología de estudio.....   | 55 |
| 4.5.1  | Componentes y características del mortero polimérico Brickaffix.....  | 55 |
| 4.5.2  | Recopilar las normativas nacionales e internacionales pertinentes para la comparación entre morteros.....                                 | 56 |
| 4.5.1  | Propiedades mecánicas de los morteros (hidráulicos y polimérico Brickaffix).....  | 56 |
| 4.5.2  | Propiedades físicas de los morteros (hidráulicos y polimérico Brickaffix).....  | 57 |
| 4.5.3  | Analizar las ventajas y desventajas de los morteros hidráulico y polimérico .....   | 57 |
| 4.6    | Metodología de ensayo.....  | 58 |
| 4.6.1  | Determinar volumen de materiales.....   | 58 |
| 4.6.2  | Determinar la cantidad de materiales por ensayo .....   | 59 |
| 4.6.3  | Elaboración de moldes para el mortero polimérico Brickaffix para los ensayos de compresión, porcentaje de absorción y peso unitario ..... | 61 |
| 4.6.4  | Elaboración de probetas para los ensayos de compresión, porcentaje de absorción y peso unitario.....                                      | 63 |
| 4.6.5  | Cálculo de los resultados del ensayo de compresión.....   | 66 |
| 4.6.6  | Elaboración de vigas para el ensayo de flexión.....   | 67 |
| 4.6.7  | Cálculo de los resultados del ensayo de flexión .....   | 68 |
| 4.6.8  | Ensayo de Flujo Mortero .....   | 69 |
| 4.6.9  | Ensayo de peso unitario y absorción.....  | 70 |
| 4.6.10 | Ensayo de junta de mampostería.....   | 72 |
| V.     | Resultados y Análisis.....  | 74 |
| 5.1    | Ensayo de compresión .....  | 74 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.1.1 | Mortero Hidráulico 1:3.....   | 74 |
| 5.1.2 | Mortero Hidráulico 1:4.....   | 74 |
| 5.1.3 | Mortero Hidráulico 1:5.....   | 75 |
| 5.1.4 | Mortero polimérico Brickaffix.....  | 76 |
| 5.1.5 | Discusión de los resultados obtenidos del ensayo de compresión.....                                   | 76 |
| 5.2   | Ensayo de Peso Unitario y Absorción.....  | 77 |
| 5.2.1 | Mortero Hidráulico 1:3.....   | 77 |
| 5.2.2 | Mortero Hidráulico 1:4.....   | 78 |
| 5.2.3 | Mortero Hidráulico 1:5.....   | 79 |
| 5.2.4 | Mortero Polimérico Brickaffix.....  | 80 |
| 5.2.5 | Discusión de los resultados obtenidos de los ensayos de peso unitario y porcentaje de absorción ..... | 82 |
| 5.3   | Ensayo de Flujo .....   | 83 |
| 5.3.1 | Mortero Hidráulico 1:3.....   | 83 |
| 5.3.2 | Mortero Hidráulico 1:4.....   | 83 |
| 5.3.3 | Mortero Hidráulico 1:5.....   | 84 |
| 5.3.4 | Mortero Polimérico Brickaffix.....  | 85 |
| 5.3.5 | Discusión de los resultados obtenidos del ensayo de flujo.....  | 86 |
| 5.4   | Ensayo Junta de Mampostería .....   | 86 |
| 5.4.1 | Probeta Mortero Hidráulico 1:3.....   | 87 |
| 5.4.2 | Probeta Mortero Hidráulico 1:4.....   | 88 |
| 5.4.3 | Probeta Mortero Hidráulico 1:5.....   | 88 |
| 5.4.4 | Probeta Mortero Polimérico Brickaffix.....  | 89 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.4.5 | Discusión de los resultados obtenidos del ensayo de junta de mampostería ..... | 90  |
| 5.5   | Ensayo a Flexión .....   | 91  |
| 5.5.1 | Mortero Hidráulico 1:3.....  | 91  |
| 5.5.2 | Mortero Hidráulico 1:4.....  | 91  |
| 5.5.3 | Mortero Hidráulico 1:5.....  | 92  |
| 5.5.4 | Mortero Polimérico Brickaffix .....  | 92  |
| 5.5.5 | Discusión de los resultados obtenidos del ensayo de flexión .....              | 93  |
| 5.5.6 | Resumen de los resultados obtenidos por ensayo .....                           | 94  |
| VI.   | Conclusiones.....  | 94  |
| VII.  | Recomendaciones.....   | 97  |
| VIII. | Aplicabilidad / Implementación .....   | 98  |
| IX.   | Evolución de trabajo actual / Trabajo futuro.....                              | 99  |
| X.    | Bibliografía.....  | 100 |

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Ilustración 1 | Nivelación de superficie de mortero hidráulico con llana.....                                     | 6  |
| Ilustración 2 | Aplicación de mortero polimérico Brickaffix en bloques de concreto.....                           | 7  |
| Ilustración 3 | Preparación de mezcla de mortero hidráulico en el laboratorio de Ingeniería Civil de UNITEC ..... | 7  |
| Ilustración 4 | Beneficios del uso del mortero polimérico Brickaffix.....   | 8  |
| Ilustración 5 | Mortero Hidráulico .....  | 10 |
| Ilustración 6 | Cemento Portland Argos.....   | 12 |
| Ilustración 7 | Proceso de hidratación del cemento.....   | 13 |

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 8 Reparación de fachada con mortero tipo H.....  | 16 |
| Ilustración 9 Construcción de Mampostería Reforzada con Mortero Tipo M.....                        | 16 |
| Ilustración 10 Instalación de Revestimiento Cerámico con Mortero Tipo S.....                       | 17 |
| Ilustración 11 Revestimiento de Paredes Externas con Mortero Tipo N.....                           | 17 |
| Ilustración 12 Mortero Polimérico del mercado (Brickaffix).....                                    | 19 |
| Ilustración 13 Mortero polimérico del mercado (Massa Dun Dun) .....                                | 19 |
| Ilustración 14 Adición de resina epóxica al mortero hidráulico .....                               | 20 |
| Ilustración 15 Ensayos de laboratorio para la validación de morteros poliméricos .....             | 21 |
| Ilustración 16 Ensayo de Flujo para Medir la Manejabilidad del Mortero Polimérico .....            | 25 |
| Ilustración 17 Instrumento utilizado en el ensayo de retención de agua para morteros .....         | 26 |
| Ilustración 18 Ensayo de fraguado para determinar la velocidad de endurecimiento del mortero ..... | 27 |
| Ilustración 19 Ensayo de adherencia .....  | 28 |
| Ilustración 20 Ensayo de compresión diagonal en muretes.....                                       | 29 |
| Ilustración 21 Cubos Brickaffix (2x2x2 pulgadas).....  | 30 |
| Ilustración 22 Ensayo de tracción por flexión en pilas con mortero hidráulico .....                | 32 |
| Ilustración 23 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal .....                                | 33 |
| Ilustración 24 Ensayo Módulo de Rotura en bloques de 1.5cm.....                                    | 35 |
| Ilustración 25 Procedimiento de ensayo de fluidez.....   | 36 |
| Ilustración 26 Ensayo de resistencia de mampostería liga de 1.5 cm.....                            | 36 |
| Ilustración 27 Aplicación de Mortero Hidráulico en la Colocación de Baldosas .....                 | 38 |
| Ilustración 28 Instalación de celosía con mortero polimérico Brickaffix.....                       | 38 |
| Ilustración 29 Ciclo de vida de los materiales de construcción.....                                | 40 |

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 30 Comparación gráfica del espacio requerido de un mortero hidráulico y un mortero polimérico Brickaffix..... | 42 |
| Ilustración 31 Cuadro comparativo para adherir un metro cuadrado de muro.....   | 42 |
| Ilustración 32 Base de datos (Google Académico).....  | 46 |
| Ilustración 33 Moldes para cubos de mortero polimérico Brickaffix de 2x2x2 in .....                                       | 53 |
| Ilustración 34 Modelo de AutoCAD para los moldes de ensayo de compresión.....   | 61 |
| Ilustración 35 Fabricación de moldes para Brickaffix con cortadora láser en el FAB Lab .....                              | 62 |
| Ilustración 36 Moldes para mortero polimérico Brickaffix en el ensayo de compresión .....                                 | 62 |
| Ilustración 37 Peso de la arena para la dosificación 1:4.....   | 63 |
| Ilustración 38 Elaboración de probetas de mortero hidráulico para el ensayo de compresión.....                            | 64 |
| Ilustración 39 Elaboración de probetas de mortero polimérico Brickaffix para el ensayo de compresión.....                 | 64 |
| Ilustración 40 Curado de probetas de mortero hidráulico para el ensayo de compresión .....                                | 65 |
| Ilustración 41 Enrasado de cubos de mortero polimérico Brickaffix.....  | 65 |
| Ilustración 42 Ensayo de compresión con prensa hidráulica .....   | 66 |
| Ilustración 43 Vibrado del concreto para la elaboración de la viga .....  | 67 |
| Ilustración 44 Medición del diámetro de flujo del mortero polimérico Brickaffix.....                                      | 70 |
| Ilustración 45 Medición del peso de probetas de mortero tras 24 Horas en el horno .....                                   | 71 |
| Ilustración 46 Verificación del nivel en probeta para ensayo de mampostería.....  | 72 |
| Ilustración 47 Probeta de ensayo junta en mampostería previo al ensayo de mampostería.....                                | 73 |
| Ilustración 48 Ensayo de mampostería con dosificación 1:3.....  | 87 |
| Ilustración 49 Resultado de ensayo de mampostería con dosificación 1:3 .....  | 87 |
| Ilustración 50 Ensayo de mampostería con dosificación 1:4.....  | 88 |
| Ilustración 51 Resultado de ensayo de mampostería con dosificación 1:4 .....  | 88 |

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 52 Ensayo de mampostería con dosificación 1:5 .....                          | 89 |
| Ilustración 53 Resultado de ensayo de mampostería con dosificación 1:5 .....             | 89 |
| Ilustración 54 Ensayo de mampostería con mortero polimérico Brickaffix.....              | 90 |
| Ilustración 55 Resultado de ensayo de mampostería con mortero polimérico Brickaffix..... | 90 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Clasificación de los aditivos para Mortero .....  | 11 |
| Tabla 2 Requisitos para el agregado fino normalizada.....                                       | 12 |
| Tabla 3 Tipos de morteros y sus proporciones volumétricas .....                                 | 14 |
| Tabla 4 Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción .....              | 15 |
| Tabla 5 Especificaciones de mortero polimérico Brickaffix.....                                  | 21 |
| Tabla 6 Especificaciones de mortero polimérico Massa Dun Dun.....                               | 21 |
| Tabla 7 Resultados del ensayo de resistencia al corte .....                                     | 33 |
| Tabla 8 Usos comunes en construcción de morteros hidráulicos.....                               | 37 |
| Tabla 9 Volumen de los cubos de mortero hidráulico para el ensayo de compresión .....           | 58 |
| Tabla 10 Volumen de las vigas de mortero hidráulico para el ensayo de flexión.....              | 59 |
| Tabla 11 Volumen de las juntas de mortero hidráulico para el ensayo de mampostería.....         | 59 |
| Tabla 12 Dosificación necesaria para elaborar un metro cúbico de mortero hidráulico .....       | 60 |
| Tabla 13 Dosificación necesario para cada ensayo realizado.....                                 | 60 |
| Tabla 14 Peso unitario de los materiales para la elaboración del mortero hidráulico .....       | 61 |
| Tabla 15 Resultados del ensayo de compresión para el mortero hidráulico con dosificación 1:3.74 |    |
| Tabla 16 Resultados del ensayo de compresión simple del mortero hidráulico con dosificación 1:4 |    |
| .....   | 75 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 17 Resultados del ensayo de compresión simple del mortero hidráulico con dosificación 1:5 .....           | 75 |
| Tabla 18 Resultados de los ensayos de compresión simple del mortero polimérico Brickaffix.....                  | 76 |
| Tabla 19 Dimensiones de las probetas para el ensayo de peso unitario en la dosificación 1:3.....                | 77 |
| Tabla 20 Resultados de los ensayos de peso unitario seco y porcentaje de absorción en la dosificación 1:3 ..... | 78 |
| Tabla 21 Dimensiones de las probetas para el ensayo de peso unitario en la dosificación 1:4.....                | 78 |
| Tabla 22 Resultados de los ensayos de peso unitario seco y porcentaje de absorción en la dosificación 1:4 ..... | 78 |
| Tabla 23 Dimensiones de las probetas para el ensayo de peso unitario en la dosificación 1:5.....                | 79 |
| Tabla 24 Resultados de los ensayos de peso unitario seco y porcentaje de absorción en la dosificación 1:5 ..... | 80 |
| Tabla 25 Dimensiones de las probetas para el ensayo de peso unitario en Brickaffix .....                        | 80 |
| Tabla 26 Resultados de los ensayos de peso unitario seco y porcentaje de absorción en Brickaffix .....          | 81 |
| Tabla 27 Medidas del ensayo de flujo dosificación 1:3.....  | 83 |
| Tabla 28 Resultados del ensayo de porcentaje de flujo dosificación 1:3 .....                                    | 83 |
| Tabla 29 Medidas del ensayo de flujo dosificación 1:4.....  | 83 |
| Tabla 30 Resultados del ensayo de porcentaje de flujo dosificación 1:4.....                                     | 84 |
| Tabla 31 Medidas del ensayo de flujo dosificación 1:5.....  | 84 |
| Tabla 32 Resultados del ensayo de porcentaje de flujo dosificación 1:5 .....                                    | 84 |
| Tabla 33 Medidas del ensayo de flujo Brickaffix.....  | 85 |
| Tabla 34 Resultados del ensayo porcentaje de flujo Brickaffix .....   | 85 |
| Tabla 35 Dimensiones de junta y peso soportado por dosificación.....  | 87 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 36 Dimensiones viga de mortero hidráulico dosificación 1:3.....           | 91 |
| Tabla 37 Módulo de rotura viga de mortero hidráulico dosificación 1:3.....      | 91 |
| Tabla 38 Dimensiones viga de mortero hidráulico dosificación 1:4.....           | 92 |
| Tabla 39 Módulo de rotura viga de mortero hidráulico dosificación 1:4.....      | 92 |
| Tabla 40 Dimensiones viga de mortero hidráulico dosificación 1:5.....           | 92 |
| Tabla 41 Módulo de rotura viga de mortero hidráulico dosificación 1:5.....      | 92 |
| Tabla 42 Dimensiones vigas con junta de mortero polimérico Brickaffix.....      | 93 |
| Tabla 43 Módulo de rotura vigas con junta de mortero polimérico Brickaffix..... | 93 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 1 Cálculo del volumen total de material para probetas..... | 58 |
| Ecuación 2 Relación entre material y volumen.....                   | 60 |
| Ecuación 3 Cálculo de la cantidad de material .....                 | 60 |
| Ecuación 4 Área sección transversal .....                           | 66 |
| Ecuación 5 Esfuerzo a compresión.....                               | 66 |
| Ecuación 6 Peralte efectivo para elemento rectangular .....         | 68 |
| Ecuación 7 Momento de inercia para elemento rectangular .....       | 68 |
| Ecuación 8 Momento máximo para una carga puntual en el centro ..... | 69 |
| Ecuación 9 Módulo de rotura.....                                    | 69 |
| Ecuación 10 Porcentaje de flujo .....                               | 70 |
| Ecuación 11 Volumen cubo de ensayo .....                            | 71 |
| Ecuación 12 Peso unitario seco.....                                 | 71 |
| Ecuación 13 Porcentaje de absorción.....                            | 71 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|  |    |
|--|----|
| Gráfica 2 Resistencia a la compresión versus % contenido de aglutinante .....  | 31 |
| Gráfica 3 Variables independientes y dependientes.....   | 44 |
| Gráfica 4 Utilización de Fuentes Primarias .....   | 45 |
| Gráfica 5 Utilización de Fuentes Secundarias.....  | 46 |
| Gráfica 6 Ensayos de laboratorio realizados para la comparación de propiedades mecánicas y físicas entre los morteros hidráulicos y poliméricos..... | 47 |
| Gráfica 7 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de compresión .....  | 48 |
| Gráfica 8 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de determinación de densidad.....  | 49 |
| Gráfica 9 Herramientas y equipo utilizado en el ensayo de resistencia a la flexión.....  | 50 |
| Gráfica 10 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de porcentaje de absorción.....   | 51 |
| Gráfica 11 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de porcentaje de flujo.....   | 52 |
| Gráfica 12 Herramientas y equipo utilizado en el ensayo de junta de mampostería .....  | 53 |
| Gráfica 13 Materiales utilizados para el desarrollo de la investigación.....   | 55 |
| Gráfica 14 Herramientas y sitios utilizados para información de los morteros poliméricos .....   | 55 |
| Gráfica 15 Herramientas y sitios utilizados para información de las normativas pertinentes para la comparación entre morteros.....                   | 56 |
| Gráfica 16 Herramientas y sitios utilizados para información de las propiedades mecánicas de los morteros (hidráulicos y polimérico Brickaffix)..... | 56 |
| Gráfica 17 Herramientas y sitios utilizados para información de las propiedades físicas de los morteros (hidráulicos y polimérico Brickaffix).....   | 57 |
| Gráfica 18 Herramientas y sitios utilizados para información de las ventajas y desventajas de los morteros hidráulicos y poliméricos.....            | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Gráfica 19 Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión Promedio (PSI) .....      | 76 |
| Gráfica 20 Resultados del Ensayo de Porcentaje de Absorción Promedio (%).....             | 81 |
| Gráfica 21 Resultados del Ensayo de Peso Unitario Seco Promedio (g/cm <sup>3</sup> )..... | 82 |
| Gráfica 22 Resultados del Ensayo de Porcentaje de Flujo Promedio (%) .....                | 86 |
| Gráfica 23 Resumen de los resultados obtenidos en todos los ensayos .....                 | 94 |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Anexo 1 Asesoría Temática 1 .....  | 103 |
| Anexo 2 Asesoría Temática 2 .....  | 104 |
| Anexo 3 Asesoría temática 3.....   | 105 |
| Anexo 4 Asesoría temática 4.....   | 106 |
| Anexo 5 Asesoría temática 5.....   | 107 |
| Anexo 6 Asesoría temática 6.....   | 108 |
| Anexo 7 Asesoría temática 7.....   | 109 |
| Anexo 8 Asesoría temática 8.....   | 110 |
| Anexo 9 Asesoría temática 9.....   | 111 |
| Anexo 10 Asesoría temática 10..... | 112 |

## LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

|        |  |
|--------|--|
| ARDI   | Acceso a la Investigación para el Desarrollo y la Innovación |
| ASTM   | American Society for Testing and Materials                   |
| Cm     | Centímetros  |
| CO2    | Dióxido de Carbono   |
| In     | Pulgada  |
| Kg     | Kilogramo  |
| Lb     | Libra  |
| M      | Metro  |
| Mm     | Milímetro  |
| MPa    | Mega Pascal  |
| NSR-10 | Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente       |
| NTC    | Norma Técnica Colombiana                                     |
| NTE    | Normas Tecnológicas de la Edificación                        |
| NTP    | Normas Técnica Peruana                                       |
| PSI    | Pounds per-Square Inch (Libra sobre pulgada cuadrada)        |
| RNE    | Reglamento Nacional de Edificaciones                         |
| UNITEC | Universidad Tecnológica Centroamericana                      |

## GLOSARIO

**Aditivos.** Romero y Hernández (2014) afirman que, los aditivos “son compuestos que se incorporan al concreto antes o durante el mezclado y se usan para modificar algunas propiedades de la mezcla, a voluntad del diseñador y/o constructor” (p. 22).

**Aglomerantes.** Venero (2020) afirma que, los aglomerantes “son los materiales capaces de unir a los demás componentes del mortero, es decir actúan como material ligante” (p. 45).

**Cemento.** Galván & Guzmán (2020) afirman que, el cemento “es un conglomerantes hidráulico, esto es, material artificial de naturaleza inorgánica y mineral, que es finamente molido y convenientemente amasado con agua forma pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como al agua” (p. 28).

**Curado.** Serrano (2012) afirma que, el curado es “el conjunto de operaciones necesarias para evitar la evaporación o pérdida de agua de amasado del concreto, deberá realizarse de tal forma, que se evite la pérdida de humedad a través de las superficies de los elementos del concreto desde el primer momento de su colocación” (p. 29).

**Dosificación.** Romero y Hernández (2014) afirman que, la dosificación “consiste en la selección de materiales (cemento, agregados, agua y aditivos), para producir una mezcla económica, que en estado fresco se deje manejar y que en estado endurecido sea un material durable y resistente” (p. 7).

**Fraguado.** Serrano (2012) afirma que, el fraguado “es el paso del estado fluido al rígido de una mezcla de concreto” (p. 27).

**Mampostería.** Venero (2020) afirma que, la mampostería “es un material compuesto o heterogéneo que normalmente, está integrada por unidades naturales o artificiales asentadas con un material ligante, denominado mortero” (p. 32).

**Morteros Poliméricos.** Venero (2020) afirma que, los morteros poliméricos son “aquellos que no poseen como aglomerante principal a materiales convencionales como el cemento, cales o yeso, es decir, que poseen otro aglomerante, en el caso de la mayoría estos materiales principales son los polímeros” (p. 50).

**Polímeros.** Venero (2020) afirma que, los polímeros son “sustancias constituidas por la repetición de unidades químicas pequeñas denominadas monómeros, dichas sustancias pueden ser naturales o sintéticas, siendo las últimas las utilizadas en la industria de la construcción para reemplazar a los ligantes convencionales, ello generalmente en forma de resinas” (p. 50).

## I. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación proporciona una comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de morteros hidráulicos y poliméricos, con base en ensayos realizados en el Laboratorio de Ingeniería Civil de UNITEC, para evaluar y determinar qué material presenta los mejores parámetros de resistencia a la compresión, trabajabilidad y adherencia a elementos de mampostería.

El informe mostrará los principales resultados de los ensayos de laboratorio, realizados de acuerdo con las Normas ASTM, con el objetivo de obtener una comparativa entre las propiedades mecánicas, para establecer las ventajas, desventajas y aplicaciones prácticas en la construcción.

Entre los ensayos a realizar se encuentran ensayo a compresión simple, ensayo a flexión en vigas, peso unitario, porcentaje de absorción, porcentaje de flujo y ensayo de juntas en mampostería.

Los objetivos específicos incluyen investigar las características y componentes del mortero polimérico Brickaffix, recopilar y analizar las normativas nacionales e internacionales aplicables para la comparación, realizar ensayos de laboratorio para evaluar la resistencia a la compresión, flexión, porcentaje de absorción, porcentaje de flujo y peso unitario de ambos tipos de mortero, y analizar las ventajas y desventajas de los morteros hidráulico y polimérico en términos de resistencia, durabilidad y facilidad de uso.

El fundamento teórico se desarrolló a partir de las siguientes temáticas: características de los morteros hidráulicos, características de los morteros poliméricos, normativas, ensayos de laboratorio, aplicaciones para mampostería y sostenibilidad.

La justificación de este estudio se basa en la necesidad de proporcionar información detallada y comparativa sobre las propiedades de los morteros hidráulicos y poliméricos para mejorar la toma de decisiones en la industria de la construcción, ya que el mortero hidráulico es ampliamente utilizado debido a su durabilidad y estabilidad estructural, sin embargo, presenta desventajas como la porosidad que permite la entrada de agua y sustancias químicas dañinas, mientras que el mortero polimérico, por otro lado, promete mejores propiedades mecánicas y menor absorción de agua, lo que podría revolucionar su uso en mampostería.

Por medio de la metodología de investigación se demostrará el proceso de la investigación, desde el uso de fuentes primarias y secundarias, resultados de los ensayos de laboratorio, conclusiones y recomendaciones.

Como parte de los análisis realizados se podrá observar la metodología de estudio para materiales bajo la supervisión de personal especializado en ensayos de laboratorio y proveedores nacionales de mortero polimérico.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mortero hidráulico es una herramienta fundamental en el ámbito de la Ingeniería Civil, ya que brinda durabilidad y estabilidad a toda la estructura (Reyes, 2024), sin embargo, una de las desventajas que presenta el mortero hidráulico es el grado de porosidad, lo cual permite la entrada de agua, gases y sustancias químicas en la estructura dañinas para el concreto (Barrera et al., 2012).



**Ilustración 1 Nivelación de superficie de mortero hidráulico con llana**

Fuente: (Barrera et al., 2012)

### 2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Ante el creciente interés en el avance tecnológico del concreto, los expertos han desarrollado nuevos materiales como el mortero polimérico (Barrera et al., 2012).

Los morteros poliméricos ofrecen mejores propiedades mecánicas para aplicaciones de mampostería que el mortero hidráulico, tal como lo sugiere el distribuidor de morteros poliméricos Brickaffix (Brickaffix, 2024).



**Ilustración 2 Aplicación de mortero polimérico Brickaffix en bloques de concreto**

Fuente: (Barrera et al., 2012)

## **2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Los trabajos de mampostería con mortero hidráulico generan desperdicios de construcción, afectan las superficies donde se prepara la mezcla y prolongan los tiempos de los proyectos.

El proyecto de investigación busca determinar que material tiene las mejores propiedades mecánica. El problema principal es determinar cómo se comparan las propiedades físicas y mecánicas del mortero polimérico "Brickaffix" vs tres dosificaciones de mortero hidráulico convencional.



**Ilustración 3 Preparación de mezcla de mortero hidráulico en el laboratorio de Ingeniería Civil de UNITEC**

## 2.3 JUSTIFICACIÓN

Dada la creciente innovación en el rubro de la construcción y el uso de diferentes morteros, convencionales y poliméricos se propone comparar las propiedades de los morteros hidráulicos y poliméricos para dar a conocer la necesidad de utilizar productos que generen menos desperdicios y a la vez, disminuyan los tiempos de los trabajos de mampostería.



**Ilustración 4 Beneficios del uso del mortero polimérico Brickaffix**

Fuente: (Brickaffix, 2024)

## 2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿En qué consiste el mortero polimérico Brickaffix?
2. ¿Cuáles son las normativas aplicables para la comparación entre el mortero polimérico Brickaffix y del mortero hidráulico?
3. ¿Qué ensayos de laboratorio se utilizan para comprobar las propiedades mecánicas del mortero polimérico Brickaffix y del mortero hidráulico?
4. ¿Cuáles son las propiedades mecánicas del mortero polimérico Brickaffix y del mortero hidráulico, con dosificaciones 1:3; 1:4 y 1:5?
5. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas entre el mortero polimérico Brickaffix y el mortero hidráulico, con dosificaciones 1:3; 1:4 y 1:5?

## 2.5 OBJETIVOS

Todos los objetivos del proyecto de investigación van de acuerdo con las preguntas de investigación que a la vez van de la mano con la problemática de investigación sobre las diferencias mecánicas entre los morteros poliméricos y los morteros hidráulicos.

### 2.5.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal es comparar las propiedades mecánicas de morteros hidráulicos y poliméricos en aplicaciones de mampostería, con el fin de proporcionar un análisis que ayude a los profesionales de la construcción a tomar decisiones fundamentadas sobre el tipo de mortero a utilizar en las distintas actividades para mampostería.

### 2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar las características y componentes del mortero polimérico Brickaffix a través del análisis de las fichas técnicas proporcionadas por el fabricante.
2. Investigar y recopilar las normativas nacionales e internacionales pertinentes para la comparación entre el mortero hidráulico y el mortero polimérico Brickaffix, centrándose en aspectos de resistencia, durabilidad y aplicación utilizando bases de datos especializadas.
3. Evaluar las propiedades mecánicas de los morteros hidráulicos con dosificaciones 1:3, 1:4 y 1:5, y de los morteros poliméricos a través de ensayos de compresión, flexión y mampostería utilizando equipos y herramientas específicas, siguiendo los procedimientos establecidos por las normas ASTM.
4. Evaluar las propiedades físicas de los morteros hidráulicos y poliméricos a través de ensayos de porcentaje de absorción, porcentaje de flujo y peso unitario, utilizando equipos y herramientas específicas, siguiendo los procedimientos establecidos por las normas ASTM.
5. Analizar las ventajas y desventajas del mortero hidráulico con dosificaciones 1:3, 1:4 y 1:5 y del mortero polimérico Brickaffix, en términos de resistencia, durabilidad y facilidad de aplicación, basándose en los resultados de los ensayos.

### III.MARCO TEÓRICO

El marco teórico de este estudio compara las propiedades de los morteros hidráulicos y poliméricos en aplicaciones de mampostería. Los morteros hidráulicos, compuestos por cemento, agregados y agua, son esenciales para la calidad estructural. Los morteros poliméricos, que combinan resinas poliméricas, cargas minerales y aditivos, ofrecen ventajas superiores en resistencia, durabilidad y adherencia.

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MORTERO HIDRÁULICOS

Los morteros hidráulicos son mezclas compuestas principalmente por cemento, agregados, agua y, en ocasiones, aditivos. Comprender los componentes, el diseño y las proporciones adecuadas de los morteros hidráulicos es fundamental para garantizar la calidad de las estructuras construidas con estos materiales.

##### 3.1.1 COMPONENTES DEL MORTERO HIDRÁULICO

El mortero hidráulico es una mezcla de materiales aglomerantes, agregados finos, agua, y, en ocasiones, aditivos. Ejemplos de materiales aglomerantes son el yeso, la cal y el cemento Portland. El material aglomerante puede variar según las exigencias del proyecto, proporcionando diferentes propiedades al mortero dependiendo del tipo de cementante utilizado. El mortero de yeso tiene la propiedad de comenzar a fraguar a los cinco minutos de realizar la mezcla, mientras que el mortero de cemento se caracteriza por su alta resistencia (Galván & Guzmán, 2020).



**Ilustración 5 Mortero Hidráulico**

Fuente: (Venero, 2020)

Romero y Hernández (2014) explican que los aditivos se utilizan para modificar las propiedades del mortero con el propósito de hacer que la mezcla cumpla con las exigencias del proyecto. Usualmente, los aditivos se emplean para que el mortero alcance una mayor resistencia y durabilidad. La norma NTC 1299 clasifica cinco tipos diferentes de aditivos y los efectos que producen en el mortero. La Tabla 1 muestra algunos de los aditivos utilizados y sus efectos en el mortero hidráulico.

**Tabla 1 Clasificación de los aditivos para Mortero**

| <b>Tipo de Aditivo</b>  | <b>Efecto Deseado</b>   |
|-------------------------|---|
| Aditivos Convencionales |   |
| Plastificantes          | Plastificar o reducir agua entre el 5% y el 12%   |
| Retardantes             | Retardar el tiempo de Fraguado  |
| Acelerantes             | Acelerar el fraguado y el desarrollo de la resistencia a edades tempranas   |
| Inclusor de Aire        |   |
| Aditivos minerales      | Aumentar la impermeabilización y mejorar la trabajabilidad  |
| Cementantes             | Aumentar las propiedades cementantes y sustituir el cemento   |
| Puzolanas               | Mejorar la trabajabilidad, la plasticidad, la resistencia a los sulfatos, reducir la reacción álcali-agregado, reducir la permeabilidad |
| Aditivos Misceláneos    |   |
| Formadores de gas       | Provocar expansión antes del fraguado   |
| Impermeabilizantes      | Disminuir la permeabilidad  |
| Ayudas de bombeo        | Mejorar la capacidad de bombeo  |

Fuente: (Romero & Hernández, 2014)

La función de los agregados es garantizar la adherencia a la pasta de cemento y controlar los cambios volumétricos durante el fraguado (Romero & Hernández, 2014). Los agregados finos para el mortero hidráulico deben lavarse previamente para evitar la contaminación con materiales

que puedan comprometer sus propiedades. La Tabla 2 especifica los requisitos para la arena normalizada utilizada en ensayos de laboratorio de mortero hidráulico (Galván & Guzmán, 2020).

**Tabla 2 Requisitos para el agregado fino normalizada**

| Características                                   | Arena 20-30 | Arena Graduada |
|---|-------------|----------------|
| Gradación, porcentaje que pasa a través del tamiz |             |                |
| 1.18 mm (No. 16)                                  | 100         | 100            |
| 850 µm (No. 20)                                   | 85 a 100    | -              |
| 600 µm (No. 30)                                   | 0 a 5       | 96 a 100       |
| 425 µm (No. 40)                                   | -           | 65 a 75        |
| 300 µm (No. 50)                                   | -           | 20 a 30        |

Fuente: (Galván & Guzmán, 2020)

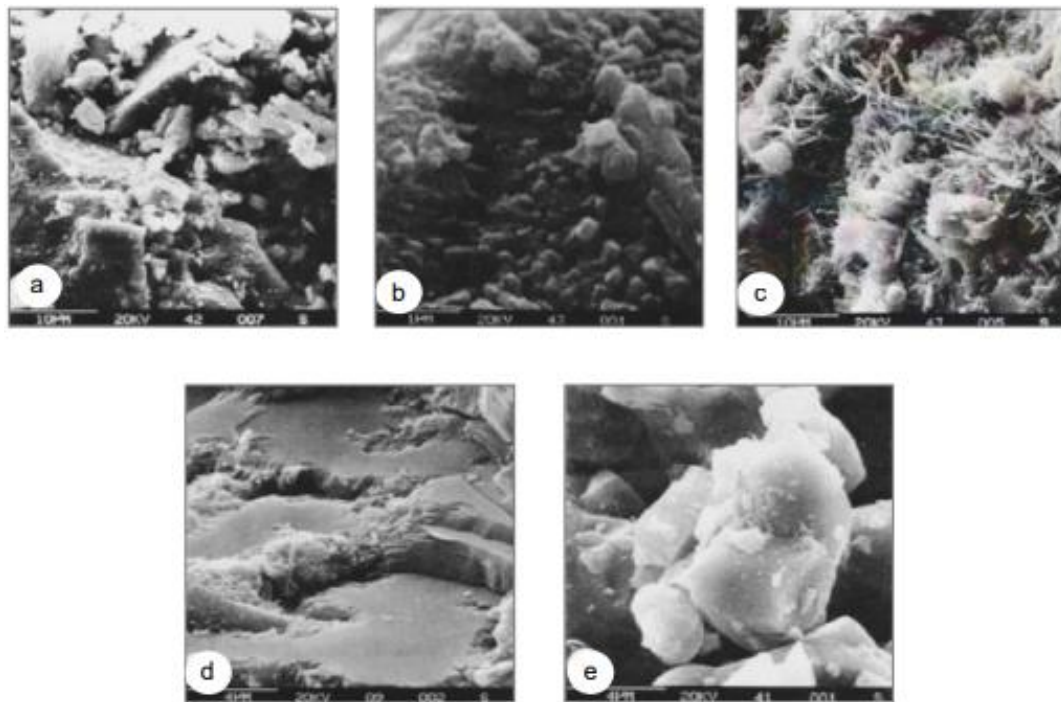
El objetivo del concreto en el mortero es brindar resistencia, trabajabilidad y la retención necesaria para prevenir que el agua de la mezcla se evapore (Venero, 2020). El tipo de cemento más utilizado en la construcción es el cemento Pórtland. Se compone por materiales calcáreos, arcillosos y otros elementos como óxidos de hierro, que son sometidos a altas temperaturas y después se mezcla con yeso para obtener un material homogéneo (Romero & Hernández, 2014). La propiedad de endurecimiento ha hecho al cemento un material fundamental en la construcción (Galván & Guzmán, 2020).



**Ilustración 6 Cemento Portland Argos**

Fuente: (Argos, 2020)

El agua activa las propiedades de los aglomerantes al hidratarlos. Es crucial en los morteros de cemento, ya que cuando estos y la unidad de mampostería entran en contacto, la unidad absorbe el agua y los materiales aglomerantes presentes en la mezcla se hidratan y cristalizan, generando una unión sólida entre la unidad y el mortero (Venero, 2020). El agua debe de estar limpia y libre de sustancias o materia que puedan afectar las propiedades del mortero hidráulico (Galván & Guzmán, 2020).



**Ilustración 7 Proceso de hidratación del cemento**

- a) Partículas de hidratación.
- b) Partículas a pocos minutos de la hidratación.
- c) Hidratación a los 3 días.
- d) Hidratación a los 7 días.
- e) Hidratación a los 28 días.

Fuente: (Venero, 2020)

### 3.1.2 DISEÑO Y PROPORCIONES DEL MORTERO HIDRÁULICO

Las dosificaciones se establecen para los distintos tipos de morteros, con el propósito de abarcar la mayor variedad posible de morteros con diferentes características estructurales. Las dosificaciones 1:4 y 1:5 son consideradas adecuadas para muros estructurales según la norma NTE E.070 (Venero, 2020).

La norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú especifica dos tipos de morteros: el mortero tipo P, utilizado para construir muros portantes, y el mortero tipo NP, utilizado para construir muros no portantes (Dávila & Ramirez, 2019). En la Tabla 3 se pueden apreciar las proporciones volumétricas de los componentes del mortero proporcionadas por el RNE.

**Tabla 3 Tipos de morteros y sus proporciones volumétricas**

| <b>Componentes</b> |         |         |           |                    |
|--------------------|---------|---------|-----------|--------------------|
| Tipo               | Cemento | Cal     | Arena     | Usos               |
| P1                 | 1       | 0 a 1/4 | 3 a 3 1/2 | Muros Portantes    |
| P2                 | 1       | 0 a 1/2 | 4 a 5     | Muros Portantes    |
| NP                 | 1       | -       | Hasta 6   | Muros No Portantes |

Fuente: (Dávila & Ramirez, 2019)

El NSR-10 categoriza cuatro tipos de morteros según la cantidad mínima de sus componentes y su resistencia a la compresión. Los términos H, M, S y N se reservan exclusivamente para morteros utilizados en mampostería (Galván & Guzmán, 2020). La Tabla 4

muestra las dosificaciones y resistencias a compresión correspondientes a cada una de estas dosificaciones.

**Tabla 4 Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción**

| Mortero Tipo | Especificación de los morteros por propiedad |              |                          | Especificación de los morteros por proporción |               |                          |                           |      |
|--------------|--|--------------|--------------------------|---|---------------|--------------------------|---------------------------|------|
|              | Resistencia mínima a la compresión Mpa       | Flujo en (%) | Retención mínima de agua | Cemento Portland                              | Cal Hidratada | Cemento para mampostería | Arena/Material Cementante |      |
|              |  |              |                          |   |               |                          | Min                       | Max  |
| H            | 22.5   | 115-125      | 75%                      | 1   | 0.25          | no aplica                | 2.00                      | 2.50 |
| M            | 17.5   | 115-125      | 75%                      | 1   | 0.25          | no aplica                | 2.25                      | 3.00 |
|              |  |              |                          | 1   | No aplica     | 1                        | 2.25                      | 2.50 |
| S            | 12.5   | 110-120      | 75%                      | 1   | 0.25 a 0.50   | no aplica                | 2.50                      | 3.50 |
|              |  |              |                          | 0.5   | No aplica     | 1                        | 2.50                      | 3.00 |
| N            | 7.5  | 105-105-115  | 75%                      | 1   | 0.25 a 1.25   | no aplica                | 3.00                      | 4.50 |
|              |  |              |                          | 0   | No aplica     | 1                        | 3.00                      | 4.00 |

Fuente: (Galván & Guzmán, 2020)

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de estas dosificaciones:

### 3.1.2.1 Mortero Tipo H

Es un mortero utilizado en edificaciones, es liviana y tiene una alta resistencia a la compresión (Galván & Guzmán, 2020).



**Ilustración 8 Reparación de fachada con mortero tipo H**

Fuente: (Galván & Guzmán, 2020)

### 3.1.2.2 Mortero Tipo M

Es un mortero de alta resistencia y durabilidad superior en comparación con otros morteros. Se utiliza comúnmente en mampostería reforzada, pero también es adecuada para mampostería sin refuerzo y debe emplearse en estructuras en contacto directo con el suelo (Galván & Guzmán, 2020).



**Ilustración 9 Construcción de Mampostería Reforzada con Mortero Tipo M**

Fuente: (Galván & Guzmán, 2020)

### 3.1.2.3 Mortero Tipo S

Es un mortero con alta adherencia, superior a la de otros morteros. Debería emplearse cuando el mortero es el único medio de adherencia a la pared como en el caso de revestimientos cerámicos, baldosas de barro cocido, entre otros ejemplos similares (Galván & Guzmán, 2020).



**Ilustración 10 Instalación de Revestimiento Cerámico con Mortero Tipo S**

Fuente: (Galván & Guzmán, 2020)

### 3.1.2.4 Mortero Tipo N

Es un mortero versátil diseñado para su uso en estructuras de mampostería. Es adecuado para revestimientos de mampostería, paredes internas y divisiones, ofreciendo una excelente combinación de resistencia, facilidad de trabajo y costo efectivo (Galván & Guzmán, 2020).



**Ilustración 11 Revestimiento de Paredes Externas con Mortero Tipo N**

Fuente: (Galván & Guzmán, 2020)

## 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MORTEROS POLIMÉRICOS

Los morteros poliméricos son mezclas innovadoras que combinan resinas poliméricas, cargas minerales, aditivos y, en ocasiones, agua. Estos morteros ofrecen ventajas superiores en comparación con los morteros hidráulicos. Comprender las características y componentes de los diferentes tipos de morteros poliméricos disponibles en el mercado es fundamental para aprovechar al máximo sus beneficios en proyectos de construcción de mampostería.

### 3.2.1 TIPOS DE MORTEROS POLIMÉRICOS

Venero (2020) explica que los morteros poliméricos ofrecen una variedad de ventajas sobre las mezclas convencionales, como mayor resistencia a los ataques químicos, excelente adherencia a otros morteros y curados más rápidos, entre otras. A pesar de que las resinas utilizadas en los morteros poliméricos son relativamente caras, empresas en todo el mundo están promoviendo su fabricación y venta para aplicaciones de mampostería.

Los morteros poliméricos se comercializan como materiales listos para usar y vienen acompañados de fichas técnicas que respaldan sus propiedades, sin embargo, muchos de estos productos están en proceso de aceptación en el mercado, lo que puede limitar su distribución (Venero, 2020).

A continuación, se presentan algunos morteros poliméricos del mercado:

#### 3.2.1.1 *Brickaffix*

Brickaffix es un mortero polimérico que viene listo para pegar unidades de mampostería en la construcción de muros. Está diseñado para presentar propiedades físicas y mecánicas superiores al mortero hidráulico. Además, ofrece un trabajo más limpio y rápido (Brickaffix, 2024).



**Ilustración 12 Mortero Polimérico del mercado (Brickaffix)**

Fuente: (Brickaffix, 2024)

### 3.2.1.2 *Massa Dun Dun*

Massa Dun Dun, mostrado en la Ilustración 13, es un mortero polimérico que, al igual que Brickaffix, viene listo para pegar unidades de mampostería en la construcción de muros. Es fabricado en Brasil y exportado a una variedad de países por la empresa Grupo FCC industria e comercio Ltda (Venero, 2020).



**Ilustración 13 Mortero polimérico del mercado (Massa Dun Dun)**

Fuente: (Massa Dun Dun, 2024)

### 3.2.2 COMPONENTES DE LOS DIFERENTES MORTEROS POLIMÉRICOS

El mortero polimérico Brickaffix está compuesto de carbonatos de calcio, agua, resinas sintéticas, y aditivos especiales como bactericidas, estabilizadores, y pigmentos orgánicos (Brickaffix, 2024). Por otro lado, el mortero polimérico Massa Dun Dun contiene resinas poliméricas, cargas minerales, agua y aditivos especiales. Ambas mezclas vienen listas para su uso (Massa Dun Dun, 2024).

Huertas Jiménez (2022) explica que la resina epóxica es uno de los polímeros más utilizados en morteros debido a sus destacadas propiedades físicas y químicas. Entre estas propiedades se incluye alta resistencia química, elevado poder anticorrosivo, insensibilidad a los ciclos de congelación y descongelación, alto poder adhesivo en una variedad de materiales de construcción, y gran resistencia al desgaste y la abrasión.



**Ilustración 14 Adición de resina epóxica al mortero hidráulico**

Fuente: (Huertas, 2022)

### 3.2.3 DISEÑO Y PROPORCIONES DEL MORTERO POLIMÉRICO

Debido a que los morteros poliméricos no contienen cemento, la normativa peruana y sudamericana actual no abarca dosificaciones ni ensayos específicos para este tipo de morteros, ya que se encuentran en etapa de validación. La dosificación está definida por cada fabricante, sin

embargo, hay recomendaciones sobre la cantidad de agua que debe agregarse al mortero (Venero, 2020).



**Ilustración 15 Ensayos de laboratorio para la validación de morteros poliméricos**

Fuente: (Huertas, 2022)

### 3.2.4 ESPECIFICACIONES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MORTEROS POLIMÉRICOS

**Tabla 5 Especificaciones de mortero polimérico Brickaffix**

| <b>Brickaffix</b>          |   |
|----------------------------|---|
| Densidad:                  | 2 g/cm <sup>3</sup>                               |
| Color:                     | Gris  |
| Consistencia:              | Pastosa y Texturizada                             |
| Temperatura de aplicación: | +10°C ± + 50°C                                    |
| Resistencia Final:         | A 72 horas de la aplicación                       |
| Presentación Final:        | Cajas de 10kg por 4 unidades de 2.5 kg aprox. c/u |
| Tiempo para Rectificar:    | 30 min  |
| PH:                        | 11±0.5  |
| Resistencia a compresión:  | >61.18 kg/cm <sup>2</sup>                         |
| Resistencia de la Unión:   | 1.53 kg/cm <sup>2</sup>                           |
| Permeabilidad de Agua:     | 15/35   |

Fuente: (Brickaffix, 2024)

**Tabla 6 Especificaciones de mortero polimérico Massa Dun Dun**

| <b>Massa Dun Dun</b> |                        |
|----------------------|------------------------|
| Densidad:            | 1.85 g/cm <sup>3</sup> |
| Color:               | Gris claro             |
| Consistencia:        | Pastosa                |

|                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| Temperatura de aplicación: | 4°C-40°C                       |
| Resistencia Final:         | A 72 horas de la aplicación    |
| presentación Final:        | Bolsas de 1.5 kg, 3 kg y 10 kg |

Fuente: (Venero, 2020)

### 3.3 **NORMATIVAS APLICABLES A LOS MORTEROS POLIMÉRICOS E HIDRÁULICOS**

Tanto los morteros poliméricos como los morteros hidráulicos dependen de diversas normativas aplicables para que sean considerados apropiados para uso en la construcción. Entre las normas aplicables en morteros estructurales como no estructurales existen normas internacionales como la ASTM, la cual determinan la efectividad del diseño de un mortero (CLAROS, 2022).

Se siguen las normas ASTM asociadas a los morteros para mampostería no estructural. A continuación, se mencionan las normas específicas para los morteros hidráulicos y poliméricos:

#### 3.3.1.1 *ASTM C 270: Especificación estándar del mortero para mampostería unitaria*

“Esta especificación cubre los morteros para uso en la construcción de estructuras de mampostería unitaria reforzada y no reforzada. Se cubren cuatro tipos de mortero en cada una de las dos especificaciones alternativas: (1) especificaciones de proporción y (2) especificaciones de propiedades” (ASTM International, 2024).

#### 3.3.1.2 *ASTM C 1142: Mortero premezclado para mampostería*

“Esta especificación cubre el mortero de larga duración suministrado para su uso en la construcción de mampostería unitaria reforzada o no reforzada” (ASTM International, 2021).

3.3.1.3 *ASTM C 780: Métodos de ensayo para la evaluación, en laboratorio y en obra, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada*

“Durante las evaluaciones previas a la construcción y durante la construcción, el uso de estos métodos de ensayo establece características de rendimiento específicas y globales para el sistema de mortero” (ASTM International, 2023).

3.3.1.4 *ASTM C 1157: Especificación de desempeño para cemento hidráulico*

“Esta especificación de rendimiento cubre los cementos hidráulicos para aplicaciones generales y especiales. No existen restricciones sobre la composición del cemento o sus constituyentes” (ASTM International, 2010).

3.3.1.5 *ASTM C 91: Cemento para mampostería*

“Esta especificación abarca tres tipos de cemento para mampostería para su uso cuando se requiera mortero para albañilería” (ASTM International, 2012).

3.3.1.6 *ASTM C 144: Agregados usados en morteros de mampostería*

“Esta especificación se refiere a los agregados para uso en morteros de albañilería” (ASTM International, 2024).

3.3.1.7 *ASTM C 109: Resistencia a la compresión de Morteros de Cemento Hidráulico*

“Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, utilizando especímenes cúbicos de 2 pulgadas o [50 mm].” (ASTM International, 2020).

### *3.3.1.8 ASTM C 1329: Especificaciones estándar para mortero de mampostería mezclado en fábrica*

“El cemento de mortero deberá ajustarse a los requisitos prescritos, tales como finura, expansión en autoclave, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión, resistencia a la adherencia por flexión, contenido de aire del mortero y retención de agua.” (ASTM International, 2012).

### *3.3.1.9 NMX-C-464-ONNCCE-2010 Y NMX-C-082-ONNCCE-2013*

“Dictamen de idoneidad por parte del organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y edificación” (Brickaffix, 2024, p. 4).

### *3.3.1.10 UNE-EN 998-1:2010*

“Especificaciones para los morteros de albañilería” (Brickaffix, 2024, p. 4).

### *3.3.1.11 ASTM C1314*

“Métodos de ensayo para determinar la resistencia a la compresión en muretes de mampostería” (Brickaffix, 2024, p. 4).

### *3.3.1.12 ASTM E519.93*

“Métodos de ensayos de resistencia a la tracción diagonal en muretes de mampostería” (Brickaffix, 2024, p. 4).

### *3.3.1.13 ASTM E518-93*

“Determinación de la adherencia en prismas de mampostería sometidos a flexión” (Brickaffix, 2024, p. 4).

### 3.4 DIFERENTES ESTADOS DEL MORTERO HIDRÁULICO Y POLIMÉRICO Y SUS PROPIEDADES

Los morteros tienen dos estados diferentes: plástico y endurecido, cada uno con distintos tipos de propiedades. Estas propiedades pueden analizarse para comprender mejor las diferencias entre los morteros hidráulicos y los poliméricos (Venero, 2020).

#### 3.4.1 PROPIEDADES EN ESTADO PLÁSTICO

A continuación, se presentan las propiedades en estado plástico:

##### 3.4.1.1 *Manejabilidad*

Es una medida de la facilidad de aplicación en unidades de mampostería o en revestimientos. Para medir la manejabilidad de los morteros, se realiza el ensayo de fluidez siguiendo la norma ASTM C-230, sin embargo, esta propiedad también depende de la opinión del albañil (De Guzmán, 2000).



**Ilustración 16 Ensayo de Flujo para Medir la Manejabilidad del Mortero Polimérico**

Fuente: (Matta, 2018)

##### 3.4.1.2 *Retención de Agua*

Esta propiedad mide qué tan bien el mortero mantiene su plasticidad al estar en contacto con una pieza absorbente de agua, como una unidad de mampostería. Maneras de mejorar la retención de agua incluyen la adición de cal, el uso de más agregados finos, la incorporación de

aditivos o el empleo de inclusores de aire. La retención de agua está relacionada con la velocidad de endurecimiento y la resistencia a la compresión (De Guzmán, 2000).



**Ilustración 17 Instrumento utilizado en el ensayo de retención de agua para morteros**

Fuente: (Matta, 2018)

### *3.4.1.3 Velocidad de Endurecimiento*

Los tiempos de fraguado inicial y final del mortero hidráulico se encuentran entre dos y veinticuatro horas; sin embargo, esta propiedad es afectada por diversos factores como las condiciones climáticas y la composición de la mezcla. En el caso de los morteros poliméricos, el tiempo para rectificar es de 30 minutos y el tiempo para el acabado final es de 12 horas (De Guzmán, 2000).



**Ilustración 18 Ensayo de fraguado para determinar la velocidad de endurecimiento del mortero**

Fuente: (Matta, 2018)

### 3.4.2 PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO

A continuación, se presentan las propiedades en estado endurecido:

#### 3.4.2.1 *Adherencia*

La adherencia es la capacidad del mortero de absorber tensiones ocurridas en la superficie que une el mortero con la estructura. Esta propiedad es crítica, ya que proporciona resistencia a la estructura. Para obtener una buena adherencia en mampostería, es importante que la superficie de la unidad de mampostería sea rugosa, mientras más rugosa mejor, y que tenga una buena absorción y sea compatible con la mezcla (De Guzmán, 2000).



**Ilustración 19 Ensayo de adherencia**

Fuente: (Matta, 2018)

#### 3.4.2.2 *Resistencia*

La resistencia del mortero hidráulico experimenta un rápido aumento en las primeras etapas; sin embargo, este proceso se vuelve más lento con el paso del tiempo. A los 28 días, el mortero ya habrá alcanzado la mayor parte de su resistencia total (Payá et al., 2012), asimismo, las condiciones de curado también influyen en que el mortero hidráulico alcance su resistencia total. Los morteros que se curan en condiciones húmedas alcanzan mayores valores en resistencia a la flexión (Grilo et al., 2014).

En el caso del mortero polimérico, alcanza su resistencia máxima a las 72 horas en un clima cálido. Estos tiempos pueden variar en diferentes climas. A diferencia de los morteros hidráulicos, los morteros poliméricos no requieren curado (Venero, 2020).



**Ilustración 20 Ensayo de compresión diagonal en muretes**

Fuente: (Venero, 2020)

### **3.5 ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS MORTEROS HIDRÁULICOS Y POLIMÉRICOS**

Algunas de las propiedades mecánicas del mortero hidráulico y polimérico que se pueden determinar mediante ensayos incluyen la densidad, absorción, resistencia a la compresión, flujo, módulo de rotura, resistencia de mampostería, entre otras (Reyes, 2024).

#### **3.5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

La resistencia a la compresión es la propiedad más importante de la unidad de mampostería. Obtener valores altos indica que el mortero tiene buena calidad en aspectos estructurales, mientras que valores bajos muestran inestabilidad estructural y poca durabilidad (Dávila & Ramirez, 2019).

Reyes (2024) menciona que realizó ensayos de compresión en cubos de mortero hidráulico con dosificación 1:3 y mortero polimérico Brickaffix, ambos con dimensiones 2x2x2 pulgadas y descubrió que la resistencia a compresión del mortero hidráulico con dosificación 1:3

generalmente se encuentra entre 1,015 PSI y 4,061 PSI al alcanzar su máxima resistencia tras 28 días. Después de realizar las pruebas de resistencia a compresión siguiendo las normas ASTM C109, se obtuvo un valor promedio de 1,401.35 PSI para los cubos de mortero Brickaffix de 2x2x2 pulgadas, y de 1,473.92 PSI para el mortero hidráulico. En este caso, el mortero polimérico mostró una resistencia a la compresión menor en comparación con el mortero hidráulico. Los resultados indican una disminución del 5.18% en la resistencia del mortero polimérico respecto al mortero hidráulico. Esto sugiere que el mortero polimérico es menos efectivo en términos de resistencia a la compresión en comparación con el mortero hidráulico.



**Ilustración 21 Cubos Brickaffix (2x2x2 pulgadas)**

Fuente: (Reyes, 2024)

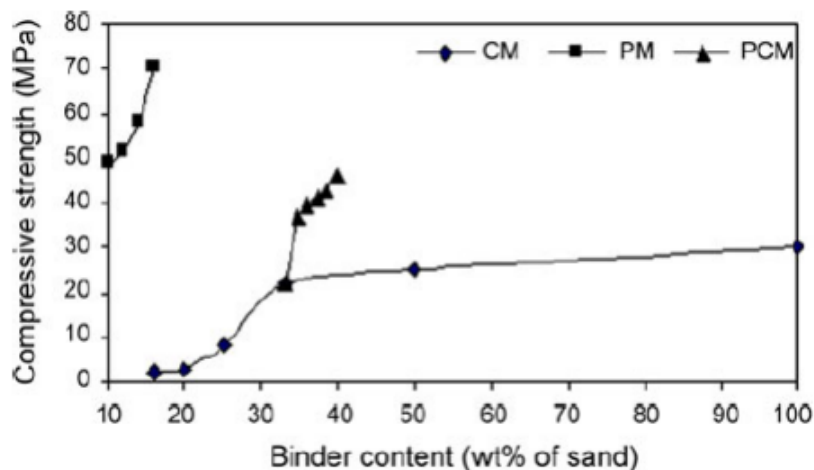
En el Instituto Petroquímico de Irán se realizaron ensayos de compresión en especímenes cúbicos de 50.8 mm para determinar las propiedades de tres diferentes morteros: mortero hidráulico con cemento Portland, mortero de cemento y mortero poliméricos de arena y resina. El objetivo del estudio era ajustar los porcentajes de aglutinantes, en este caso, cemento o resina epóxica, ya que es el factor clave que determina las propiedades del mortero (Huertas, 2022).

Al mortero hidráulico se le ajustó la dosificación hasta alcanzar una composición completamente de cemento Portland. En el caso del mortero de cemento polimérico, se utilizó

una relación cemento-arena de 1:3 y un rango de 0-7% de resina epóxica, mientras que, para el mortero polimérico, el rango de resina epóxica fue de 10-16% (Huertas, 2022).

Se concluyó que la incorporación de resina epóxica en los morteros de cemento mejoró la resistencia a la compresión. Las tasas generales de incremento para el mortero hidráulico con cemento Portland, el mortero de cemento y mortero poliméricos de arena y resina fueron de 0.12 MPa /% (17.40 PSI/%) por cada porcentaje en peso de cemento Portland, 3.4 MPa /% (493.13 PSI/%) por cada porcentaje en peso de epoxi, y 3.51 MPa /% (509.08 PSI/%) por cada porcentaje en peso de epoxi, respectivamente (Huertas, 2022).

Por lo tanto, la tasa de mejora del mortero polimérico en comparación con el mortero hidráulico es aproximadamente del 2825%, y la tasa de mejora del mortero polimérico en comparación con el mortero de cemento polimérico es aproximadamente del 3.24%. Esto sugiere que el mortero polimérico es más efectivo en términos de resistencia a la compresión en comparación con el mortero hidráulico y el mortero de cemento polimérico.



**Gráfica 1 Resistencia a la compresión versus % contenido de aglutinante**

Fuente: (Huertas, 2022)

### 3.5.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN EN PILAS

Matta (2018) menciona que siguió la adaptación de la norma NTP 399.613 al realizar pruebas de resistencia a la tracción por flexión en pilas de albañilería a los 21 y 28 días, y descubrió que el mortero polimérico Massa Dun Dun mostró mayor resistencia a la tracción por flexión en comparación con el mortero hidráulico. Los resultados fueron de 14.06 kg/cm<sup>2</sup> o 199.98 PSI a los 21 días y 14.20 kg/cm<sup>2</sup> o 201.97 PSI a los 28 días para el mortero polimérico, mientras que el mortero hidráulico presentó resultados de 13.08 kg/cm<sup>2</sup> o 186.04 PSI a los 21 días y 13.34 kg/cm<sup>2</sup> o 189.74 PSI a los 28 días. En la mayoría de los casos, el modo de falla observado se localizó en la junta central de la pila. Con estos resultados, se puede concluir que el mortero polimérico superó al mortero convencional en resistencia a la tracción por flexión por un margen aproximado del 8.5%.



**Ilustración 22 Ensayo de tracción por flexión en pilas con mortero hidráulico**

Fuente: (Matta, 2018)

### 3.5.3 RESISTENCIA AL CORTE

El ensayo de compresión diagonal es más utilizado para determinar la resistencia al corte, ya que simula la falla de un muro ante un sismo. Este ensayo es útil para evaluar los resultados de diferentes tipos de mampostería. Consiste en aplicar carga creciente diagonalmente a un murete previamente elaborado hasta su rotura. Generalmente, la falla ocurre en la dirección de las juntas verticales y horizontales (Dávila & Ramirez, 2019).

Algunos factores que influyen en la resistencia al corte de los muretes son:

1. Existe una relación inversa entre la resistencia a la compresión y la resistencia al corte.
2. Una opción para mejorar la resistencia al corte es reforzar las hiladas del murete con mallas de fibra de vidrio (Dávila & Ramirez, 2019).

Para el mortero hidráulico y el mortero polimérico Massa Dun Dun, se elaboraron tres muretes diferentes. Al promediar los resultados, se concluyó que el mortero hidráulico tiene una resistencia al corte de  $10.54 \text{ kg/cm}^2$  (149.91 PSI), mientras que el mortero polimérico Massa Dun Dun tiene una resistencia de  $4.05 \text{ kg/cm}^2$  (57.60 PSI) (Dávila & Ramirez, 2019).



**Ilustración 23 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal**

Fuente: (Dávila & Ramirez, 2019)

**Tabla 7 Resultados del ensayo de resistencia al corte**

| <b>Adherente</b>           | <b>No. De Adherente</b> | <b>Área Bruta (cm2)</b> | <b>Carga (kg)</b> | <b>v'm (kg/cm2)</b> | <b>v'm característica (kg/cm2)</b> |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|------------------------------------|
| Mortero Tradicional        | 1                       | 761.25                  | 7652.19           | 10.55               | 10.54                              |
|                            | 2                       | 748.46                  | 8140.63           | 11.42               |                                    |
|                            | 3                       | 766.25                  | 7977.82           | 10.93               |                                    |
| Mortero Seco Predosificado | 1                       | 763.75                  | 9768.76           | 13.43               | 12.57                              |
|                            | 2                       | 761.88                  | 9117.51           | 12.57               |                                    |
|                            | 3                       | 761.88                  | 9443.13           | 13.01               |                                    |
| Massa Dun Dun              | 1                       | 843.75                  | 3256.25           | 4.05                | 4.05                               |
|                            | 2                       | 841.88                  | 3419.07           | 4.26                |                                    |
|                            | 3                       | 842.50                  | 3581.88           | 4.46                |                                    |

Fuente: (Dávila & Ramirez, 2019)

En este caso, el mortero polimérico mostró una resistencia a la compresión diagonal menor en comparación con el mortero hidráulico. Los resultados indican una disminución del 160.25% en la resistencia del mortero polimérico respecto al mortero hidráulico. Esto sugiere que el mortero polimérico es menos efectivo en términos de resistencia a la compresión diagonal en comparación con el mortero hidráulico.

#### 3.5.4 MÓDULO DE ROTURA EN BLOQUES LIGA DE 1.5 CM

Reyes (2024) menciona que realizó este ensayo siguiendo las normas ASTM C-293 y ASTM C-78, que consistió en unir dos bloques de 5 pulgadas con una liga de 1.5 cm de Brickaffix y someterlos a flexión mediante dos métodos: carga al centro y carga a los tercios. Los resultados fueron de 182.98 psi y 202.50 psi, respectivamente. Se observó que los bloques fallaron antes que el Brickaffix, lo que indica que el Brickaffix es más resistente a la flexión que los bloques utilizados.



### **Ilustración 24 Ensayo Módulo de Rotura en bloques de 1.5cm**

Fuente: (Reyes, 2024)

#### **3.5.5 ENSAYO DE FLUIDEZ**

Pasos et al. (2017) mencionan que este ensayo consiste en llenar un molde en el centro de un plato con dos capas de mortero de 1 pulgada de espesor y cada capa debe ser apisonada 20 veces para llenar uniformemente el molde. Al enrasar el mortero en el molde, se retira el molde e inmediatamente se deja caer la mesa en la que se encuentra el molde 25 veces en 15 segundos a una altura de 12.7 mm. La fluidez se calcula a partir del aumento del diámetro de la muestra después de los golpes en relación con al diámetro base.

Matta (2018) menciona que siguió la norma NTE E-0.70 de albañilería para determinar las propiedades de la arena del mortero hidráulico con dosificación 1:4, entre las cuales se encuentra la fluidez. Este ensayo se repitió cuatro veces y se obtuvo un promedio de fluidez de 109.17%.

Venero (2020) menciona que realizó este ensayo con mortero polimérico siguiendo la norma NTP 334.057:2011, y obtuvo un promedio de fluidez de 110.19%.

En este caso, el mortero polimérico mostró un flujo mayor en comparación con el mortero hidráulico. Los resultados indican un aumento del 0.94% en el flujo del mortero polimérico

respecto al mortero hidráulico. Esto sugiere que el mortero polimérico es más trabajable que el mortero hidráulico.



**Ilustración 25 Procedimiento de ensayo de fluidez**

Fuente: (Matta, 2018)

### 3.5.6 RESISTENCIA DE MAMPOSTERÍA LIGA DE 1.5 CM

Reyes (2024) menciona que realizó una prueba empírica que consistió en unir 4 ladrillos rafón con una junta de mortero hidráulico y polimérico Brickaffix de 1.5 cm, simulando una pared de mampostería a escala. Después de 7 días, ambas muestras fueron sometidas a compresión hasta fallar. El mortero polimérico Brickaffix soportó una carga de 5,900 libras, mientras que el mortero hidráulico soportó 5,110 libras. Esto indica que Brickaffix es más adecuado para aplicaciones que requieren una mayor capacidad de carga en estructuras de mampostería.



**Ilustración 26 Ensayo de resistencia de mampostería liga de 1.5 cm**

Fuente: (Reyes, 2024)

### 3.6 APLICACIONES PRÁCTICAS DE MORTEROS HIDRÁULICOS Y POLIMÉRICOS

Los morteros son materiales compuestos ampliamente utilizados en la industria de la construcción para diversas aplicaciones estructurales y no estructurales. A continuación, se presentan las aplicaciones más comunes de estos dos tipos de morteros en la construcción de edificaciones, desde la mampostería estructural hasta revoques y rellenos decorativos o funcionales. Conocer los usos adecuados de cada mortero es esencial para garantizar el desempeño, durabilidad y calidad de las obras civiles.

#### 3.6.1 USOS COMUNES EN CONSTRUCCIÓN DE MORTEROS HIDRÁULICOS

Los morteros pueden ser utilizados con función estructural en la construcción de elementos estructurales o en la mampostería, donde sirven como material de unión entre las unidades de mampostería. Otros morteros, sin función estructural, se emplean para recubrimientos como pañetes, repellos o revoques (Galván & Guzmán, 2020).

**Tabla 8 Usos comunes en construcción de morteros hidráulicos**

| <b>Mortero</b> | <b>Usos</b>  |
|----------------|--|
| 1:1            | Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos.  |
| 1:2            | Para Impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos.   |
| 1:3            | Impermeabilizaciones menores. Pisos.   |
| 1:4            | Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos.  |
| 1:5            | Pañetes exteriores: Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general.<br>Pañetes no muy finos. |
| 1:6 y 1:7      | Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general.<br>Pañetes no muy finos. |
| 1:8 y 1:9      | Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.               |

Fuente: (De Guzmán, 2000)



**Ilustración 27 Aplicación de Mortero Hidráulico en la Colocación de Baldosas**

Fuente: (De Guzmán, 2000)

### 3.6.2 USOS COMUNES EN CONSTRUCCIÓN DE MORTEROS POLIMÉRICOS

El mortero polimérico Brickaffix se puede utilizar en una variedad de aplicaciones. Es adecuado para muros de fachada, muros divisorios y particiones, tanto en interiores como en exteriores, especialmente en muros que luego se revestirán. Además, se puede usar como relleno para perforaciones, grietas o fisuras de hasta 3 mm en superficies de concreto, yeso o fibrocemento. Este mortero tiene excelente adherencia a diversos elementos como acero, cerámica, madera, fibrocemento y piedras naturales o artificiales (Brickaffix, 2024). Por otro lado, el mortero polimérico Massa Dun Dun también se emplea para la elevación de muros de mampostería, tanto en interiores y exteriores y es adecuado para la elevación de tabiques de junta trabajada (Massa Dun Dun, 2024).



**Ilustración 28 Instalación de celosía con mortero polimérico Brickaffix**

Fuente: (Brickaffix, 2024)

### **3.7 SOSTENIBILIDAD DE LOS MORTEROS HIDRÁULICOS**

La durabilidad y la sostenibilidad de un mortero son dos características que pueden ser medidas a corto y largo plazo. En el caso de investigación para este proyecto será necesario evaluar la durabilidad a corto plazo.

Es la capacidad de soportar las condiciones ambientales a las que se expone el mortero. (Osorio, 2022). Cómo lo afirma el Ing. Osorio, experto e investigador del cemento para Argos Colombia, la durabilidad de un mortero dependerá de las condiciones del entorno a las cuales el mortero esté expuesto durante su vida útil.

La durabilidad del mortero y la capacidad para resistir la acción de su entorno por efecto de agentes químicos, biológicos, físicos o cualquier proceso que promueva su deterioro, están directamente relacionados con la calidad de los materiales y la capacidad para conservar la forma y resistencia a lo largo de la vida útil (González Lucas, 2014).

#### **3.6.1. RESISTENCIA A LA HUMEDAD Y LA CORROSIÓN**

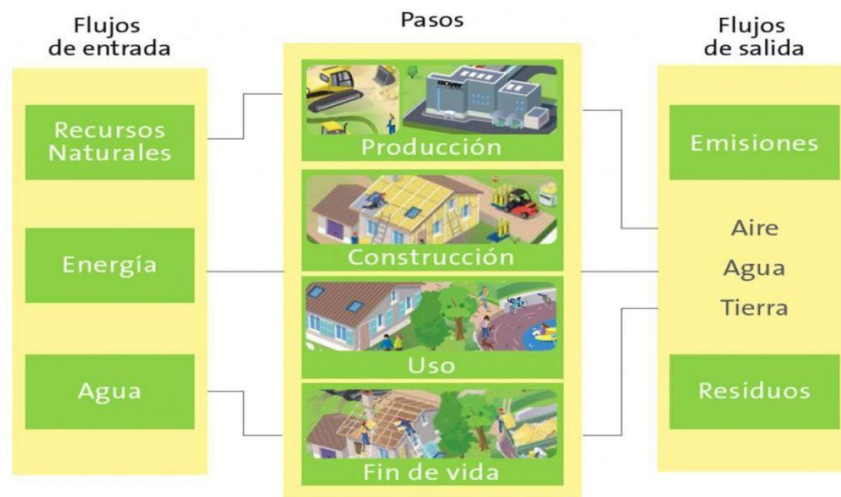
Aparte del desgaste mecánico, el agua es el factor principal que contribuye al deterioro del mortero hidráulico. La estructura de la red de poros, incluyendo su tipo, tamaño y distribución, junto con las fisuras, determina cómo se transporta el agua a través del material. Los morteros hidráulicos de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad, sin embargo, es crítico el uso de inclusores de aire en ambientes húmedos y en condiciones de ambiente agresivo (De Guzmán, 2000).

#### **3.6.2. IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD**

Los procesos constructivos convencionales exigen el uso de combustible fósiles adicional a la alta demanda energética, ambas siendo medios que lideran a la liberación de altas cantidades

de dióxido de carbono en la atmósfera, lo cual indica que la construcción por métodos convencionales tenga un fuerte impacto ambiental (Mercado, 2022).

Se estima que el 11% de todos los desechos son provenientes de la construcción, siendo el caso de los residuos de obra, lo cual convierte a la construcción en la industria que más genera desechos en la sociedad, esto sumado que el rubro de la construcción en general no es una industria normalizada y supervisada en su totalidad (Mercado, 2022). Según la Industria Nacional de Cemento de Brasil, la producción de cemento hidráulico emite alrededor de 2 kg de dióxido de carbono por kilogramo de cemento producido. Además, dado que el mortero hidráulico necesita arena para su mezcla, es necesaria la extracción de este recurso de los cauces de los ríos, lo que causa problemas ambientales (Brickaffix, 2024).



**Ilustración 29 Ciclo de vida de los materiales de construcción**

Fuente: (Mercado, 2022)

### 3.7.1 CICLO DE VIDA Y MANTENIMIENTO

Durante la etapa de uso de los morteros, no se necesita mantenimiento, reparación, reemplazo ni recubrimiento, asimismo, no se requiere consumir energía ni agua a lo largo de la

vida útil del producto. Por lo tanto, esta fase no afecta el ciclo de vida de los productos (AENOR, 2024).

Para el ciclo de vida y mantenimiento de los morteros hidráulicos una vez que estos terminan de fraguar no requieren mantenimiento, a menos que se fracturen o fisuren y requieran una reparación estructural o no estructural según su función en el proyecto (Casas, 2020).

### **3.8 SOSTENIBILIDAD DE LOS MORTEROS POLIMÉRICOS**

Dado que el principal agente que debilita las estructuras conformadas por cemento es el agua, un punto a analizar será cómo el mortero polimérico se comporta al estar expuesto al agua, así como una de las indicaciones de los materiales poliméricos es que durante su tiempo de fraguado el material no sea expuesto al agua o superficies completamente saturadas, se recomienda ser usado en superficies ligeramente húmedas.

Brickaffix, a diferencia de los morteros hidráulicos, genera menos residuos y requiere una menor cantidad de material para cumplir la misma función, además de necesitar menos espacio en la obra para el manejo y acarreo de los materiales hasta que sean empleados en los proyectos (Brickaffix, 2024).



**Ilustración 30 Comparación gráfica del espacio requerido de un mortero hidráulico y un mortero polimérico Brickaffix**

Fuente: (Brickaffix, 2024)

Por cada 1,000 m<sup>2</sup> construidos con Brickaffix, se evita la emisión de 5.3 toneladas de CO<sub>2</sub> que normalmente se producirían por el transporte y consumo de cemento. Además, se elimina el uso de energía eléctrica, arena de río, cal y agua en la obra (Brickaffix, 2024).

| Cuadro comparativo para adherir un muro de un metro cuadrado |  |                             |  |   |   |
|--|--|-----------------------------|--|---|---|
| Elemento   | Agua   |                             | Emisión CO <sub>2</sub>  | Energía   | Arena   |
| Mezcla Tradicional   | <br>7,33 Litros | En elaboración de mezcla    | <br>600 Gramos | <br>1.2 Kw   | <br>40 kilos |
|  | <br>2 Litros    | Humedecimiento de ladrillos |  |   |   |
| Brickaffix   | <br>0,13 Litros | En elaboración de mezcla    | 0  | <br>0,067 Kw | 0   |

**Ilustración 31 Cuadro comparativo para adherir un metro cuadrado de muro**

Fuente: (Brickaffix, 2024)

## **IV. METODOLOGÍA**

Este informe examina las propiedades mecánicas y físicas de los morteros hidráulicos y poliméricos a través de ensayos de laboratorio estandarizados, siguiendo las normas ASTM. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión, flexión, mampostería, densidad, porcentaje de absorción y flujo, empleando equipos y procedimientos específicos para cada ensayo. Estos métodos permiten evaluar la calidad, resistencia, durabilidad y trabajabilidad de los morteros, asegurando su adecuación para diversas aplicaciones en la construcción. La información obtenida, respaldada por fuentes primarias y secundarias, garantiza la validez y confiabilidad de los resultados presentados.

### **4.1 ENFOQUE**

Ruiz et al (2013) afirman: "El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento" (p. 11).

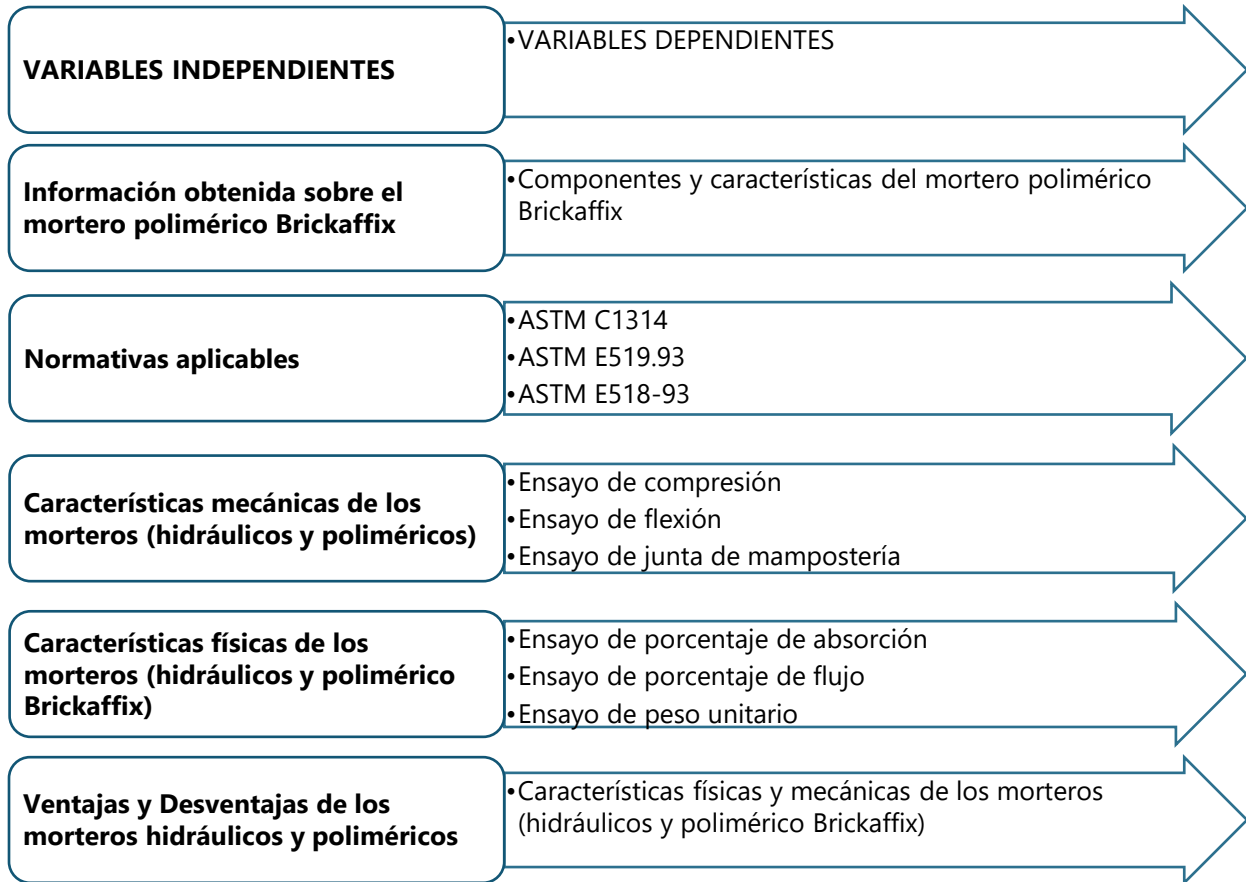
Se utilizó un enfoque mixto para esta investigación, ya que era necesario describir las características tanto del mortero hidráulico como del polimérico y relacionarlas con los resultados de los ensayos realizados, que involucraban variables numéricas.

El trabajo de investigación consta de dos fases: una cualitativa, que aborda las características de los morteros hidráulicos y poliméricos, sus aplicaciones prácticas y las normativas aplicables; y una segunda fase cuantitativa, que analiza la resistencia a compresión, flexión y porcentaje de absorción.

### **4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Morales (2012) menciona que las variables independientes son aquellas que seleccionamos o ajustamos de manera deliberada para observar su impacto o relación con las variables dependientes. Por ejemplo, si deseamos evaluar la efectividad de un método en un tipo de aprendizaje, el método sería la variable independiente (también conocida en estos casos como

variable experimental), mientras que el aprendizaje, medido por ciertos criterios como pruebas o evaluaciones, sería la variable dependiente. El propósito principal de una investigación es esclarecer la relación entre las variables independientes y las dependientes.



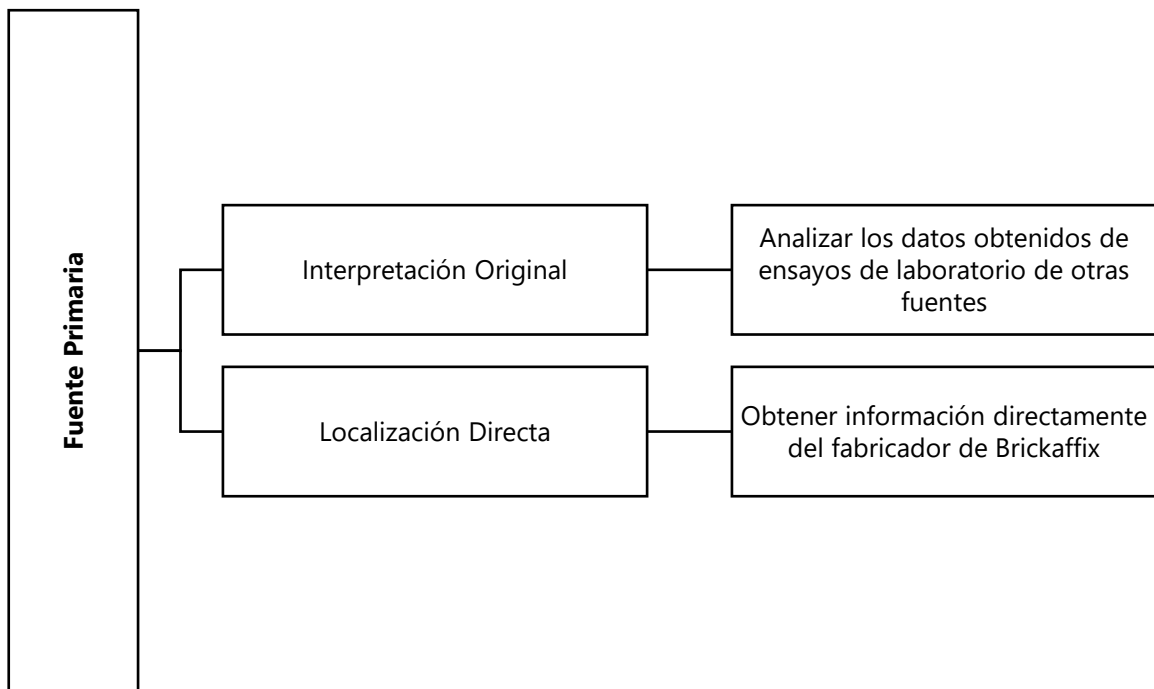
**Gráfica 2 Variables independientes y dependientes**

### 4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Utilizar técnicas e instrumentos adecuados que permitan realizar ensayos de laboratorio estandarizados y obtener datos confiables es crucial. Para recopilar información relevante respaldada por investigaciones científicas, se emplearon fuentes primarias y secundarias, así como bases de datos reconocidas. Además, se realizaron ensayos clave como resistencia a la compresión, determinación de densidad, absorción y flujo, siguiendo normas ASTM y utilizando equipos e instrumentos específicos para cada prueba. Estas técnicas e instrumentos aplicados son fundamentales para evaluar de manera precisa y confiable las propiedades clave de los morteros hidráulicos y poliméricos, asegurando su calidad y desempeño en aplicaciones de construcción.

### 4.3.1 FUENTES PRIMARIAS

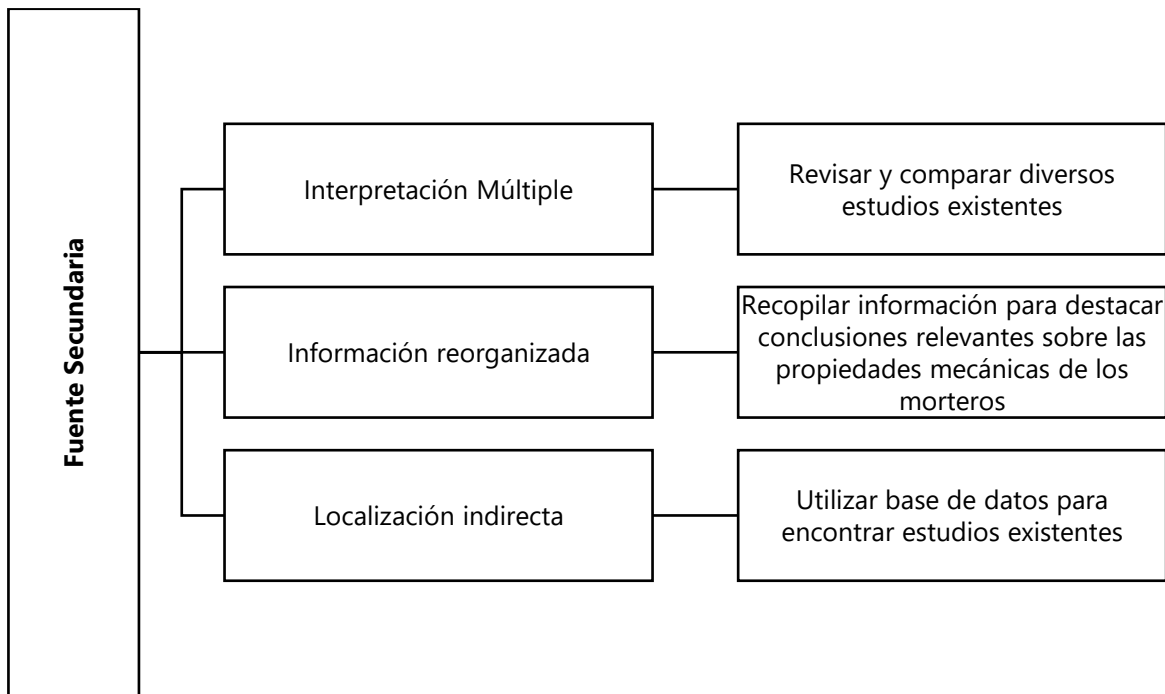
Las fuentes primarias, que proporcionan información de primera mano, tienen la ventaja de ofrecer datos directos y originales. Los artículos científicos son un tipo de fuente primaria muy importante. Ejemplos de fuentes primarias incluyen libros, tesis, sitios Web y publicaciones oficiales, entre otros (Huamán, 2011).



**Gráfica 3 Utilización de Fuentes Primarias**

### 4.3.2 FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias, que consisten en resúmenes de referencias publicadas sobre un tema, facilitan el acceso a fuentes primarias. Ejemplos de fuentes secundarias incluyen bibliografías, enciclopedias, y censos, entre otros (Huamán, 2011).



**Gráfica 4 Utilización de Fuentes Secundarias**

#### 4.3.3 BASES DE DATOS ACADÉMICAS

Google Académico

Cualquier idioma  Buscar solo páginas en español

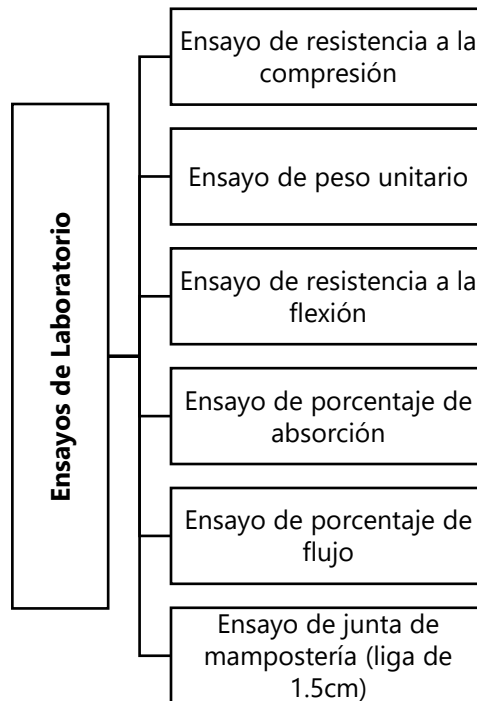
**A hombros de gigantes**

#### **Ilustración 32 Base de datos (Google Académico)**

Google Académico es una base de datos que proporciona acceso a una amplia variedad de artículos científicos, tesis, libros y publicaciones de calidad revisadas por pares. Esto ha permitido acceder a fuentes primarias y secundarias de alta credibilidad, esto asegura que la información recopilada y utilizada en este informe sea precisa, actual y respaldada por investigaciones científicas reconocidas en el campo.

#### 4.3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio realizados para determinar las propiedades físicas y mecánicas fueron los siguientes: resistencia a la compresión, mampostería, flexión, determinación de densidad, absorción y flujo. Se utilizaron equipos y herramientas específicos en cada una de estas pruebas, siguiendo los procedimientos establecidos por las normas ASTM correspondientes. Estas pruebas son fundamentales para garantizar que los morteros cumplan con los estándares de calidad, resistencia, durabilidad y trabajabilidad requeridos para diversas aplicaciones en la construcción.



**Gráfica 5 Ensayos de laboratorio realizados para la comparación de propiedades mecánicas y físicas entre los morteros hidráulicos y poliméricos**

##### 4.3.4.1 *Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C109/C109M)*

El ensayo ASTM C109/C109M determina la resistencia a la compresión de morteros hidráulicos, utilizando cubos de prueba de 2 pulgadas o 50 milímetros. Los cubos de prueba se compactan en dos capas con un pisón Humboldt. Los resultados de este ensayo pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con especificaciones (ASTM, 2008).

#### 4.3.4.2 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de la resistencia a la compresión





**Gráfica 6 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de compresión**

#### 4.3.4.3 Ensayo de peso unitario (ASTM C-138)

Se siguió la norma ASTM C-138 para determinar la densidad de los cubos 2x2x2 in. La norma ASTM C-138 establece el método para medir la densidad del concreto, proporcionando información crucial sobre la calidad y las propiedades del mortero fresco recién mezclado. La densidad del mortero, definida como la masa por unidad de volumen, se utiliza para calcular otros parámetros importantes como el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire en el concreto.

#### 4.3.4.4 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de peso unitario

|   |   |
|---|---|
|    | <p style="text-align: center;"><b>Balanza de precisión</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La balanza de precisión se utilizó para pesar los cubos de mortero hidráulico y polimérico.</li></ul>  |
|  | <p style="text-align: center;"><b>Pie de rey</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El pie de rey se utilizó para medir la altura, el ancho y el largo de cada uno de los cubos de mortero hidráulico y polimérico y obtener un promedio de estas dimensiones.</li></ul> |

**Gráfica 7 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de determinación de densidad**

#### 4.3.4.5 Ensayo de resistencia a la flexión (ASTM C-78)

Se siguió la norma ASTM C-78 para determinar la resistencia a la flexión de los morteros hidráulicos y poliméricos. La norma ASTM C-78 establece el método para medir la resistencia a la flexión en vigas de mortero, proporcionando información crucial sobre la capacidad del mortero para soportar esfuerzos de flexión.

#### 4.3.4.6 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de resistencia a la flexión




|   |   |
|---|---|
|    | <p><b>Moldes para vigas</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se siguió la norma ASTM C31/C31M para hacer las probetas en estos moldes. Los moldes tenían dimensiones de 6x6x24 in.</li></ul>   |
|    | <p><b>Martillo de goma</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para compactar y eliminar burbujas de aire en la mezcla de mortero al hacer las probetas, asegurando una mejor consolidación y uniformidad del material.</li></ul>  |
|    | <p><b>Vibrador de concreto</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para compactar el mortero al hacer las probetas, eliminando burbujas de aire y vacíos.</li></ul>  |
|   | <p><b>Carreta</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para hacer la mezcla al preparar mortero, mezclando todos los materiales utilizados, como cemento, arena y agua, asegurando una mezcla uniforme y bien integrada.</li></ul>  |
|  | <p><b>Pala</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para mezclar los materiales del mortero, asegurando una combinación homogénea, y para echar el mortero dentro de los moldes, facilitando su colocación y compactación adecuada.</li></ul>   |
|  | <p><b>Llaneta</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para rasar el mortero en los moldes, nivelando la superficie y asegurando una distribución uniforme del material.</li></ul>  |
|  | <p><b>Prensa Hidráulica</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La máquina de flexión se utiliza para someter las probetas a pruebas de flexión, asegurando que las fuerzas aplicadas sean perpendiculares a la cara del espécimen y sin excentricidad. Se emplea el método de carga en tres puntos, utilizando bloques de apoyo que garantizan una aplicación adecuada de las fuerzas sobre la viga.</li></ul> |

**Gráfica 8 Herramientas y equipo utilizado en el ensayo de resistencia a la flexión**

#### 4.3.4.7 *Ensayo de porcentaje de absorción (ASTM C-1586)*

Se siguió la norma ASTM C-1586 para realizar el ensayo de absorción en los morteros. La norma ASTM C-1586 establece el método para medir la absorción de agua en el mortero, proporcionando información crucial sobre la porosidad y la durabilidad del mortero fresco recién mezclado. La absorción de agua, definida como la cantidad de agua absorbida por unidad de masa del mortero, se utiliza para evaluar otros parámetros importantes como la resistencia a la penetración de humedad.

#### 4.3.4.8 *Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de porcentaje de absorción*

|   |   |
|---|---|
|    | <p><b>Horno de banco para laboratorio</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para secar completamente los cubos de mortero hidráulico y polimérico después de haber sido sumergidos en agua durante 24 horas. Los cubos permanecieron en el horno durante otras 24 horas.</li></ul>     |
|  | <p><b>Balde plástico</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para dejar reposar los cubos de mortero hidráulico y polimérico en agua durante 24 horas.</li></ul>   |
|  | <p><b>Balanza de precisión</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La balanza de precisión se utilizó para pesar los cubos de mortero hidráulico y polimérico antes de ser sumergidos en agua, después de haber estado en el agua, y tras haber permanecido en el horno durante 24 horas.</li></ul> |


#### **Gráfica 9 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de porcentaje de absorción**

#### 4.3.4.9 *Ensayo de porcentaje de flujo (ASTM C-1437)*

Se siguió la norma ASTM C-1437 para determinar el porcentaje de flujo de los cubos de mortero hidráulico y polimérico. La norma ASTM C-1437 establece el método para medir el flujo del mortero, proporcionando información crucial sobre la trabajabilidad y las propiedades del mortero fresco recién mezclado. El porcentaje de flujo, definido como la medida de la capacidad


del mortero para deformarse bajo su propio peso, se utiliza para evaluar otros parámetros importantes como la consistencia y la homogeneidad del mortero.

#### 4.3.4.10 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de porcentaje de flujo



**Mesa de fluidez**

- Se utilizó ya que permite evaluar la capacidad del mortero hidráulico y polimérico para expandirse cuando se somete a golpes estandarizados. Al colocar una muestra de mortero sobre la mesa y aplicar un número 25 golpes en 15 segundos, se mide el aumento en el diámetro de la muestra, lo que proporciona una medida del flujo y, por ende, de la trabajabilidad del mortero.



**Cinta métrica**




- Se utilizó para medir el diámetro de la muestra de mortero después de haber sido sometida a 25 golpes en 15 segundos.

#### **Gráfica 10 Herramientas y equipo utilizados en el ensayo de porcentaje de flujo**

#### 4.3.4.11 Ensayo de junta de mampostería (liga de 1.5cm)

Se realizó un ensayo empírico de mampostería en el que se unieron 4 ladrillos rafón con mortero hidráulico en tres dosificaciones diferentes (1:3, 1:4 y 1:5) y mortero polimérico. Este ensayo consiste en evaluar la capacidad de las probetas para resistir cargas verticales, proporcionando información crucial sobre la resistencia y el comportamiento estructural de la mampostería bajo condiciones de carga. Las probetas unidas con mortero se sometieron a estas pruebas para determinar su desempeño en términos de adhesión y resistencia a la compresión, aspectos fundamentales para la durabilidad y estabilidad de las estructuras de mampostería.

#### 4.3.4.12 Herramientas y equipo utilizado en el ensayo de junta de mampostería (liga de 1.5cm)

|  |   |
|--|---|
|   | <p><b>Ladrillos rafón</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizaron para hacer probetas de cuatro ladrillos rafón, simulando un muro, permitiendo evaluar el comportamiento estructural y la resistencia de la mampostería.</li></ul> |
|   | <p><b>Prensa Hidráulica</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para someter las probetas de ladrillo rafón a cargas verticales, evaluando su capacidad de resistencia y la integridad estructural bajo presión.</li></ul>         |
|  | <p><b>Cuchara de albañil</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se utilizó para aplicar mortero a los ladrillos rafón, asegurando su correcta adhesión y uniendo firmemente los ladrillos en la construcción de muros.</li></ul>             |

**Gráfica 11 Herramientas y equipo utilizado en el ensayo de junta de mampostería**

## 4.4 MATERIALES

En el estudio de las propiedades mecánicas y físicas de los morteros hidráulicos y poliméricos, la selección y preparación de los materiales juegan un papel crucial para garantizar resultados precisos y confiables. La mayoría de estos materiales fueron utilizados para la elaboración de moldes para los cubos de mortero polimérico Brickaffix, de 2x2x2 pulgadas.



**Ilustración 33 Moldes para cubos de mortero polimérico Brickaffix de 2x2x2 in**

### Arena de Rio



- Se utilizó para la elaboración del mortero hidráulico, limpiándose parcialmente para asemejarse a las condiciones reales en el campo y a la práctica común en la obra.

### Uso de Agua Limpia para la Elaboración de Mortero Hidráulico



- El agua limpia se utilizó en la elaboración de mortero hidráulico para garantizar una mezcla uniforme, asegurar la reacción química adecuada con el cemento y evitar contaminantes que puedan debilitar la mezcla.

### Cemento Portland



- El cemento Portland se utilizó en la elaboración de mortero hidráulico para proporcionar la resistencia y durabilidad necesarias, actuando como el principal agente aglutinante que endurece y mantiene unidos los agregados.

### Mortero Polimérico Brickaffix



- Se utilizó el mortero polimérico Brickaffix para realizar pruebas de laboratorio y comparar los resultados con los del mortero hidráulico.

### Madera Plywood




- La madera plywood se utilizó para elaborar los moldes necesarios para hacer cubos de 2x2x2 pulgadas de mortero polimérico Brickaffix, proporcionando la estructura y estabilidad requeridas. Utilizamos estos moldes para realizar pruebas de laboratorio y comparar los resultados con los cubos de 2x2x2 pulgadas de mortero hidráulico.

### Masking Tape




- El masking tape se utiliza para elaborar los moldes necesarios para hacer cubos de 2x2x2 pulgadas de mortero polimérico Brickaffix, proporcionando la sujeción y el soporte requeridos.



**Papel de Aluminio**

- El papel de aluminio se utilizó para elaborar los moldes necesarios para hacer cubos de 2x2x2 pulgadas de mortero polimérico Brickaffix, previniendo que el Brickaffix se pegue a los moldes.



**Bandas de Goma**

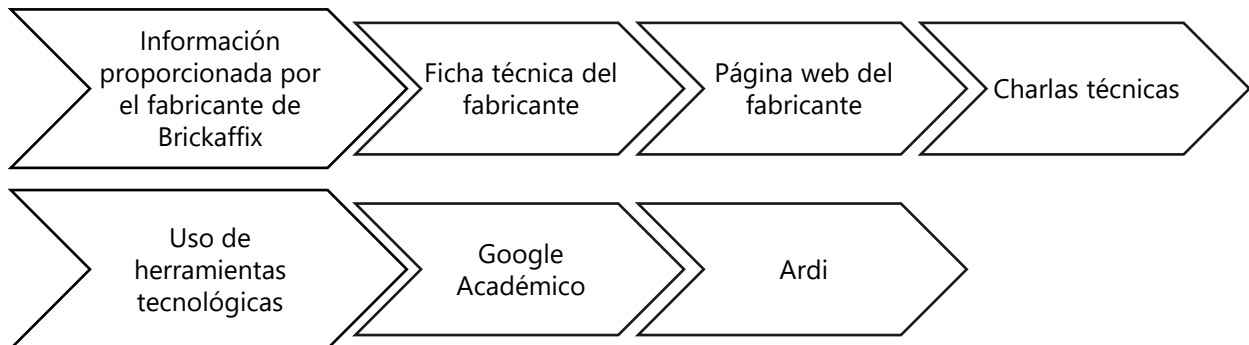
- Las bandas de goma se utilizaron en la fabricación de moldes para los cubos de 2x2x2 pulgadas de mortero polimérico Brickaffix. Al colocar las bandas en las extremidades de los moldes, se crea un sellado efectivo que evita fugas de mortero y asegura la precisión en las dimensiones finales del producto.

**Gráfica 12 Materiales utilizados para el desarrollo de la investigación**

#### 4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

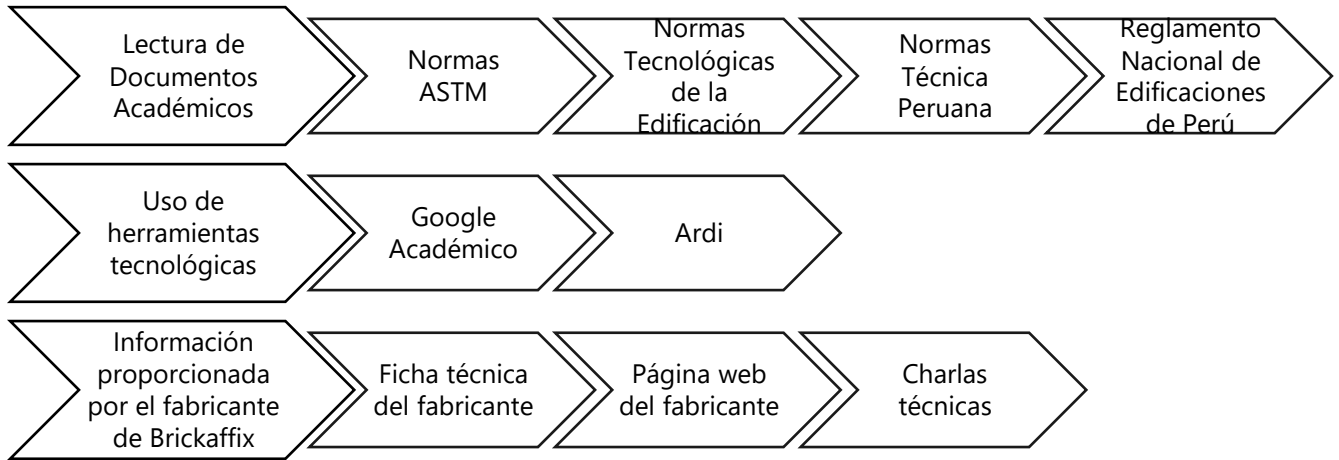
En el estudio de la comparación de morteros hidráulicos y poliméricos, es esencial realizar un análisis exhaustivo de las características y propiedades de ambos tipos de morteros. Este análisis permite evaluar su rendimiento en diversas aplicaciones de construcción y determinar sus ventajas y desventajas. La sección se enfoca en la metodología empleada para investigar y comparar estos materiales, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones en proyectos de construcción. A continuación, se describen las herramientas y técnicas utilizadas para recopilar la información necesaria y realizar los ensayos pertinentes.

##### 4.5.1 COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO POLIMÉRICO BRICKAFFIX



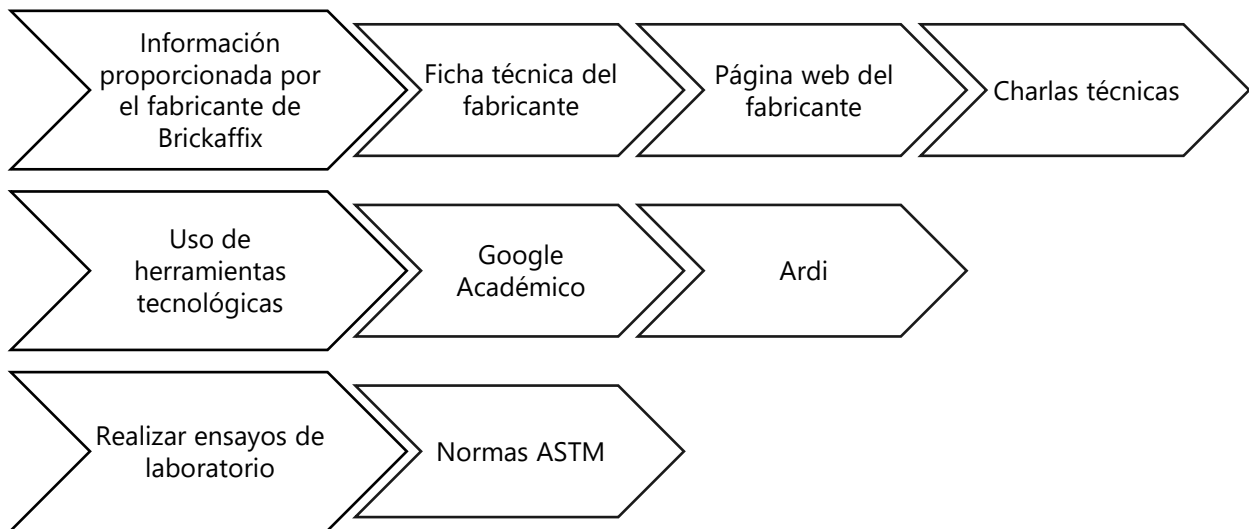
**Gráfica 13 Herramientas y sitios utilizados para información de los morteros poliméricos**

4.5.2 RECOPIRAR LAS NORMATIVAS NACIONALES E INTERNACIONALES PERTINENTES PARA LA COMPARACIÓN ENTRE MORTEROS



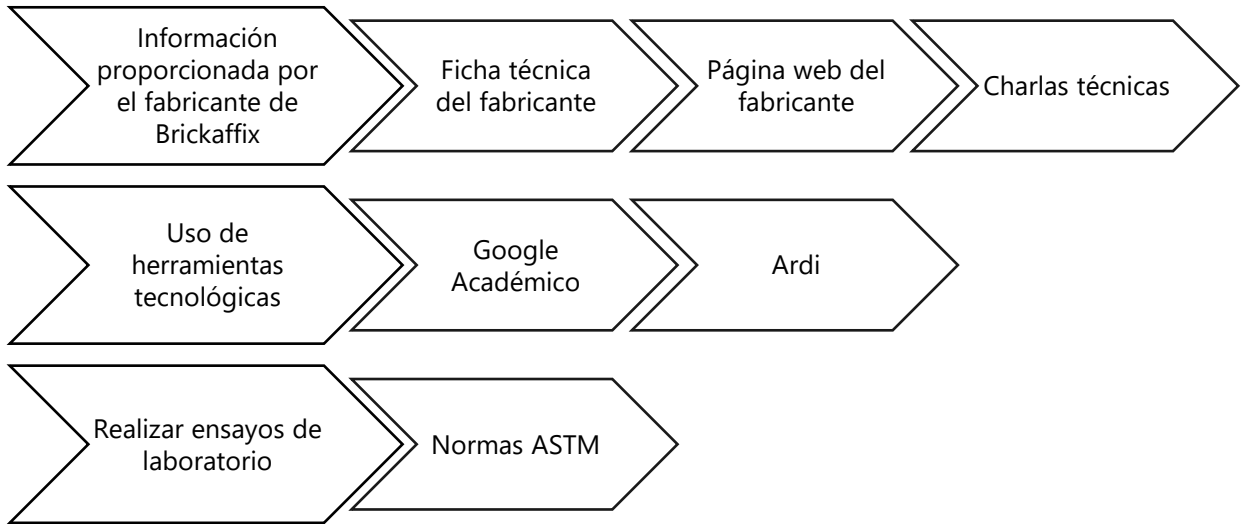
**Gráfica 14 Herramientas y sitios utilizados para información de las normativas pertinentes para la comparación entre morteros**

4.5.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MORTEROS (HIDRÁULICOS Y POLIMÉRICO BRICKAFFIX)



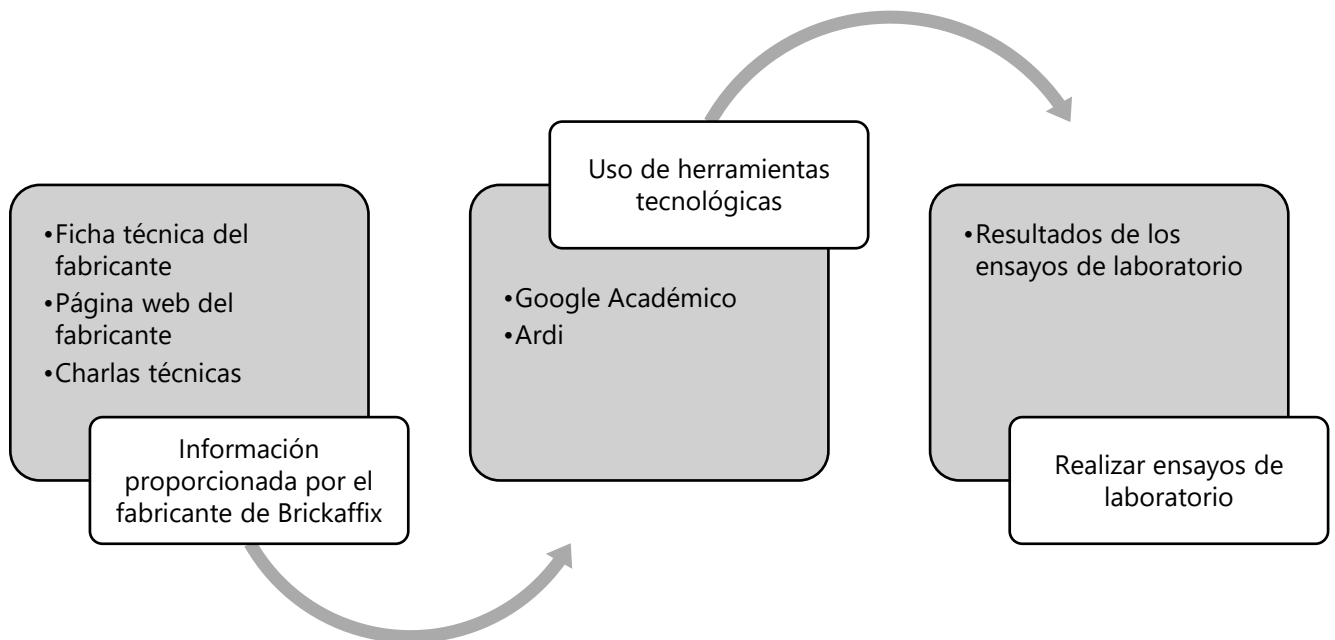
**Gráfica 15 Herramientas y sitios utilizados para información de las propiedades mecánicas de los morteros (hidráulicos y polimérico Brickaffix)**

#### 4.5.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MORTEROS (HIDRÁULICOS Y POLIMÉRICO BRICKAFFIX)



**Gráfica 16 Herramientas y sitios utilizados para información de las propiedades físicas de los morteros (hidráulicos y polimérico Brickaffix)**

#### 4.5.3 ANALIZAR LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MORTEROS HIDRÁULICO Y POLIMÉRICO



**Gráfica 17 Herramientas y sitios utilizados para información de las ventajas y desventajas de los morteros hidráulicos y poliméricos**

## 4.6 METODOLOGÍA DE ENSAYO

La metodología de ensayo consiste en los distintos ensayos de laboratorio que se realizaron para llevar a cabo la investigación. Para ello, fue necesaria la elaboración de probetas de ensayo basadas en la metodología de estudio aplicada.

### 4.6.1 DETERMINAR VOLUMEN DE MATERIALES

Primero, fue necesario encontrar la cantidad de materiales a utilizar en cada uno de los ensayos realizados en la investigación. Esto se basó en las dimensiones de las probetas de ensayo y se consideró un factor de desperdicio en cada uno de los ensayos según las recomendaciones del asesor de laboratorio.

Las cantidades de mortero hidráulico y del mortero polimérico se determinaron por el volumen de las probetas para cada uno de los ensayos, con el uso de la misma fórmula programada en una hoja de Excel.

$$\text{Volumen}_{\text{material}} = \left( 1 + \frac{\text{Factor de desperdicio}}{100} \right) * \# \text{ probetas}_{\text{ensayo}} * \text{Altura}_{\text{probeta}} * \text{Ancho}_{\text{probeta}} * \text{Largo}_{\text{probeta}}$$

#### **Ecuación 1 Cálculo del volumen total de material para probetas**

Conocidas las dimensiones de cada probeta, se procedió a encontrar los volúmenes totales de material a ser empleados para cada ensayo.

**Tabla 9 Volumen de los cubos de mortero hidráulico para el ensayo de compresión**

| <b>Dimensiones de los cubos de mortero hidráulico para el ensayo de compresión</b> |          |
|--|----------|
| Altura (in)  | 2        |
| Ancho (in)   | 2        |
| Largo (in)   | 2        |
| Volumen (in <sup>3</sup> )   | 8        |
| Volumen (m <sup>3</sup> )  | 1.31E-04 |
| Cantidad cubos/dos.  | 9        |
| Dosificaciones   | 3        |
| Volumen/ dos. (m <sup>3</sup> )  | 1.18E-03 |
| Factor de desperdicio (%)  | 25       |
| Volumen/dos. * DES. (m <sup>3</sup> )  | 1.47E-03 |
| Volumen total cubos (m <sup>3</sup> )  | 4.42E-03 |

**Tabla 10 Volumen de las vigas de mortero hidráulico para el ensayo de flexión**

| <b>Dimensiones de las vigas de mortero hidráulico para el ensayo de flexión</b> |          |
|---|----------|
| Altura (in)   | 6        |
| Ancho (in)  | 6        |
| Largo (in)  | 24       |
| Volumen (in <sup>3</sup> )  | 864      |
| Volumen (m <sup>3</sup> )   | 1.42E-02 |
| Cantidad vigas/ dos.  | 1        |
| Dosificaciones  | 4        |
| Volumen/dos. (m <sup>3</sup> )  | 1.42E-02 |
| Factor de desperdicio (%)   | 25       |
| Volumen/ dos. * DES. (m <sup>3</sup> )  | 1.77E-02 |

**Tabla 11 Volumen de las juntas de mortero hidráulico para el ensayo de mampostería**

| <b>Dimensiones de las juntas de mortero hidráulico en probetas de ladrillo</b> |          |
|--|----------|
| Altura ladrillo (m)  | 0.07     |
| Ancho ladrillo (m)   | 0.14     |
| Largo ladrillo (m)   | 0.28     |
| Espesor junta (m)  | 1.50E-02 |
| Ladrillos/ probeta   | 4.00     |
| Volumen junta probeta (m <sup>3</sup> )  | 1.47E-03 |
| Factor de desperdicio (%)  | 25.00    |
| Volumen junta/ dos. * DES (m <sup>3</sup> )                                    | 1.84E-03 |

#### 4.6.2 DETERMINAR LA CANTIDAD DE MATERIALES POR ENSAYO

Una vez conocido el volumen total de los ensayos, se procedió a encontrar los volúmenes y pesos de cada material que componía el mortero hidráulico, basándose en las dosificaciones a investigar.

Las dosificaciones de cada material fueron proporcionadas por la asesoría técnica de Geoconstru-CAB, una empresa constructora en el país, que facilitó una tabla de materiales empleada en sus construcciones. En la Tabla 12 se especificaron las cantidades de cemento, arena y agua para elaborar un metro cúbico de mortero hidráulico.

#### 4.6.2.1 Cálculo y dosificación de materiales para ensayos

Se empleó una regla de tres para determinar la cantidad de material a utilizar, basándose en los volúmenes requeridos por probeta.

$$\frac{\text{Material}_{\text{ensayo}}}{\text{Volumen}_{\text{ensayo}}} = \frac{\text{Peso o volumen material}}{1 \text{ m}^3}$$

#### Ecuación 2 Relación entre material y volumen

Al despejar para la variable de Material<sub>ensayo</sub>, se encontró la cantidad adecuada de material en base al volumen necesario.

$$\text{Material}_{\text{ensayo}} = \text{Volumen}_{\text{ensayo}} * \frac{\text{Peso o volumen material}}{1 \text{ m}^3}$$

#### Ecuación 3 Cálculo de la cantidad de material

**Tabla 12 Dosificación necesaria para elaborar un metro cúbico de mortero hidráulico**

| Dosificación de mortero hidráulico para fabricar un metro cúbico |              |                         |                       |
|--|--------------|-------------------------|-----------------------|
| Dosificación   | Cemento (kg) | Arena (m <sup>3</sup> ) | Relación Agua/Cemento |
| 1:3  | 457.5        | 1.109                   | 0.85                  |
| 1:4  | 354.5        | 1.179                   | 1.03                  |
| 1:5  | 285.5        | 1.224                   | 1.37                  |

Posteriormente, se elaboró una tabla en Excel programada para encontrar la cantidad de material necesario para cada ensayo.

**Tabla 13 Dosificación necesario para cada ensayo realizado**

| Ensayo                 | Dosificación | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Cemento (kg) | Arena (kg) | Agua (kg) | Cemento (lb) | Arena (lb) | Agua (lb) |
|------------------------|--------------|---------------------------|--------------|------------|-----------|--------------|------------|-----------|
| Compresión (Cubos)     | 1:3          | 0.0015                    | 0.67         | 2.37       | 0.57      | 1.49         | 5.23       | 1.26      |
|                        | 1:4          |                           | 0.52         | 2.52       | 0.54      | 1.15         | 5.56       | 1.19      |
|                        | 1:5          |                           | 0.42         | 2.62       | 0.58      | 0.93         | 5.77       | 1.27      |
| Flexión (Vigas)        | 1:3          | 0.0177                    | 8.10         | 28.44      | 6.88      | 17.85        | 62.71      | 15.18     |
|                        | 1:4          |                           | 6.27         | 30.23      | 6.46      | 13.83        | 66.67      | 14.25     |
|                        | 1:5          |                           | 5.05         | 31.39      | 6.92      | 11.14        | 69.21      | 15.26     |
| Mampostería (Probetas) | 1:3          | 0.0018                    | 0.84         | 2.95       | 0.71      | 1.85         | 6.51       | 1.58      |
|                        | 1:4          |                           | 0.65         | 3.14       | 0.67      | 1.44         | 6.92       | 1.48      |
|                        | 1:5          |                           | 0.52         | 3.26       | 0.72      | 1.16         | 7.19       | 1.58      |

**Tabla 14 Peso unitario de los materiales para la elaboración del mortero hidráulico**

| Material | Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------|------------------------------------|
| Arena    | 1449.00                            |
| Cemento  | 1440.00                            |
| Grava    | 1545.32                            |
| Agua     | 1000.00                            |

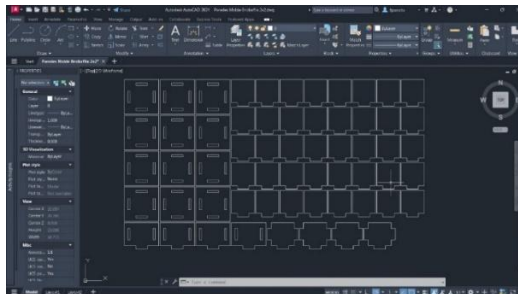
#### 4.6.3 ELABORACIÓN DE MOLDES PARA EL MORTERO POLIMÉRICO BRICKAFFIX PARA LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN, PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y PESO UNITARIO

Según la asesoría proporcionada por el asesor temático, el mortero polimérico Brickaffix se adhiere fuertemente a las superficies con las que entra en contacto. Debido a esta característica, el uso de moldes tradicionales de mortero hidráulico para fabricar probetas de compresión simple no sería recomendado, ya que el material se pegaría al molde.

Por lo tanto, el asesor temático recomendó elaborar moldes de madera o plywood con las mismas dimensiones que los moldes de laboratorio. Estos moldes requerían que cada una de las caras pudiera desprenderse de manera individual para asegurar que, mientras una cara se endureciera, las otras no se deformaran.

##### 4.6.3.1 *Modelado y Fabricación de Moldes con AutoCAD y Cortadora Láser*

Se decidió modelar los moldes con el software AutoCAD y posteriormente utilizar una de las cortadoras láser y el software RD Works en la Facultad de Ingeniería, con la ayuda del Ingeniero Favel en el FAB Lab de UNITEC. Para los moldes se utilizó una lámina de plywood de 9/16 de pulgadas de espesor.



**Ilustración 34 Modelo de AutoCAD para los moldes de ensayo de compresión**



**Ilustración 35** Fabricación de moldes para Brickaffix con cortadora láser en el FAB Lab

#### 4.6.3.2 *Preparación y Ensamblaje de los Moldes*

Una vez cortados los moldes, se procedió a forrar cada una de las caras con papel de aluminio para facilitar su desprendimiento. Se utilizaron masking tape y bandas de goma para asegurar que las caras no se abrieran debido al empuje del material.



**Ilustración 36** Moldes para mortero polimérico Brickaffix en el ensayo de compresión

#### 4.6.4 ELABORACIÓN DE PROBETAS PARA LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN, PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y PESO UNITARIO

Con todos los datos de materiales para la elaboración de cada una de las dosificaciones y con los moldes para las probetas de Brickaffix preparados, se procedió a preparar los materiales para la elaboración de las probetas destinadas a los ensayos de compresión, porcentaje de absorción y peso unitario.

##### 4.6.4.1 *Pesaje de materiales*

Se inicia con el pesaje cada material individualmente, siguiendo las indicaciones detalladas en la Tabla 13, que especificaba la cantidad de material requerido para cada dosificación de probetas.



**Ilustración 37** Peso de la arena para la dosificación 1:4

##### 4.6.4.2 *Mezclado de los materiales para el mortero hidráulico*

Tras el pesaje individual de cada material para cada dosificación, se procedió a la mezcla de estos. Inicialmente, se combinan los materiales secos, es decir, la arena y el cemento, para asegurar una homogeneización completa entre ambos. Posteriormente, se añade agua gradualmente mientras se continúa la mezcla, hasta lograr una consistencia homogénea en el mortero, lo que garantiza que todos los materiales estén completamente incorporados.

Una vez obtenida la mezcla adecuada, se procedió a llenar los moldes que previamente han sido lubricados con aceite. De acuerdo con las especificaciones de la normativa aplicable, el llenado de

los moldes se realizó en dos etapas, se compactó cada capa con 32 golpes con el pisón de Humboldt en sentido horario y antihorario. Finalmente, se enrasaron los cubos de ensayo con una espátula, al realizar movimientos hacia adelante y hacia atrás para obtener una superficie lo más uniforme posible. Conforme a la normativa vigente, se esperó un período mínimo de 16 horas antes de proceder al desencofrado de los cubos de ensayo.



**Ilustración 38 Elaboración de probetas de mortero hidráulico para el ensayo de compresión**

#### *4.6.4.3 Elaboración probetas de mortero polimérico Brickaffix*

Se utilizó el mismo procedimiento para la elaboración de los cubos de ensayo a compresión del mortero polimérico Brickaffix, con la diferencia de que se emplearon moldes específicamente diseñados para las características de este material. A diferencia del mortero hidráulico, los cubos de Brickaffix fueron desencofrados una cara a la vez, lo que permitió que la exposición al ambiente endureciera la mezcla polimérica.



**Ilustración 39 Elaboración de probetas de mortero polimérico Brickaffix para el ensayo de compresión**

#### 4.6.4.4 Curado y enrasado de probetas de mortero hidráulico y polimérico

Al seguir recomendaciones de la asesoría temática, los cubos de ensayo a compresión simple de mortero hidráulico fueron curados superficialmente con agua únicamente durante la primera semana de endurecimiento.



**Ilustración 40 Curado de probetas de mortero hidráulico para el ensayo de compresión**

Según recomendaciones de asesoría temática, las probetas de mortero polimérico Brickaffix tienen la tendencia a contraerse, lo que resulta que adquieran una forma cóncava. Para contrarrestar este efecto, se enrasaron al agregar más material polimérico a las caras más afectadas, lo que aseguró así obtener una superficie lo más lisa y nivelada posible.



**Ilustración 41 Enrasado de cubos de mortero polimérico Brickaffix**

#### 4.6.4.5 Registro de dimensiones y ensayo de compresión de probetas

Se registran las dimensiones de cada probeta. Posteriormente, todos los cubos de ensayo son sometidos a compresión hasta su ruptura, la cual se identificó visualmente a través de la computadora de la prensa hidráulica al dejar de aumentar y comenzar a disminuir.



**Ilustración 42 Ensayo de compresión con prensa hidráulica**

#### 4.6.5 CÁLCULO DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN

Los resultados del ensayo a compresión consistieron en las dimensiones de área de sección a compresión simple de cada uno de los cubos por dosificación, la fuerza que soportó a su rotura y la resistencia a compresión dada en libras sobre pulgada cuadrada (lb/in<sup>2</sup>) según la siguiente fórmula:

$$\text{Área}_{\text{compresión}} = \text{Ancho}_{\text{promedio}} \times \text{Largo}_{\text{promedio}}$$

#### **Ecuación 4 Área sección transversal**

La resistencia a compresión se calcula al dividir la fuerza soportada por las probetas antes de su rotura entre el área de sección sometida a compresión.

$$\text{Resistencia a compresión} = \frac{\text{Fuerza}_{\text{rotura}}}{\text{Área}_{\text{compresión}}}$$

#### **Ecuación 5 Esfuerzo a compresión**

#### 4.6.6 ELABORACIÓN DE VIGAS PARA EL ENSAYO DE FLEXIÓN

Al utilizar el mismo sistema para la elaboración de la mezcla de mortero hidráulico que en el ensayo de compresión, se elaboraron vigas de mortero y concreto hidráulico para el ensayo a flexión. Se optó por elaborar una viga de concreto hidráulico de alta resistencia, dado que fabricar una viga completamente con Brickaffix habría sido muy complejo. Esta viga se sometió a un ensayo de flexo-compresión y luego se unieron ambas mitades con el mortero polimérico Brickaffix, con el objetivo de evaluar su resistencia a la flexión.

##### 4.6.6.1 *Fabricación y curado de vigas*

Cada viga fue fabricada según los datos de materiales calculados previamente. Se vibró en dos partes dentro de los moldes para eliminar el aire atrapado, y se desencofró después de 24 horas de su fundición. Debido a la fragilidad del material, se realizó un proceso de curado completo durante 28 días, con la viga completamente sumergida bajo agua.



**Ilustración 43 Vibrado del concreto para la elaboración de la viga**

##### 4.6.6.2 *Ensayo de flexión de vigas*

Después de completar los 28 días de curado, cada viga fue sometida a flexión mediante la aplicación de una carga puntual en el centro de la viga, con equipo de laboratorio y una prensa hidráulica de apoyo simple para simular la carga.

Se tomaron medidas del claro entre los apoyos, el área de la sección transversal, la distancia hasta la carga aplicada y la fuerza a la rotura completa de la viga.

#### 4.6.7 CÁLCULO DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN

En el ensayo se determinó el peralte efectivo de la viga, el momento de inercia, el momento máximo y la carga aplicada al centro del claro a la cual la viga falló, para poder calcular el módulo de rotura del material.

##### 4.6.7.1 *Fórmula para determinar el peralte efectivo*

Se determinó el peralte efectivo para un elemento rectangular utilizando la siguiente formula:

$$c = \frac{h}{2}$$

#### **Ecuación 6 Peralte efectivo para elemento rectangular**

Donde:

c: peralte efectivo

h: altura de la viga

##### 4.6.7.2 *Fórmula para determinar el momento de inercia de la sección*

Se determinó el momento de inercia de la sección con la fórmula para elementos rectangulares.

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

#### **Ecuación 7 Momento de inercia para elemento rectangular**

Donde:

I: momento de inercia

b: base o ancho de la viga

h: altura de la viga

##### 4.6.7.3 *Fórmula para determinar el momento máximo*

Se calculó el momento máximo previo a la rotura.

$$M_{\max} = \frac{1}{4} \times P \times L$$

#### **Ecuación 8 Momento máximo para una carga puntual en el centro**

Donde:

$M_{\max}$ : momento máximo producido por la carga aplicada

P: carga aplicada al centro del claro previo a la falla

L: longitud del claro entre los apoyos de la viga

#### *4.6.7.4 Fórmula para determinar el módulo de rotura*

Se determinó el módulo de rotura del material, también conocido como esfuerzo a flexión de la siguiente manera.

$$M_r = \frac{M_{\max} \times c}{I}$$

#### **Ecuación 9 Módulo de rotura**

Donde:

$M_r$ : módulo de rotura

$M_{\max}$ : momento máximo

c: peralte efectivo

I: momento de inercia

Por último, se describió la naturaleza de la falla en cuestión al tomar en cuenta el tiempo de falla, trayectoria de la falla o cualquier otra observación del ensayo.

#### **4.6.8 ENSAYO DE FLUJO MORTERO**

Para el ensayo de flujo del mortero hidráulico y polimérico se toma una porción del mortero fresco utilizado en la elaboración de los cubos de ensayo a compresión.

#### *4.6.8.1 Proceso de compactación y medición del flujo de la mezcla*

Primero, se llenó el molde sobre la mesa de flujo, se compactó en dos partes el molde y aplicaron 20 golpes con el pisón de Humboldt en cada capa. Posteriormente, se levantó el molde, se dejó

la mezcla fresca sobre la mesa de flujo, y se aplicaron 25 golpes en un periodo de tiempo de 15 segundos.

Se tomaron cuatro medidas del diámetro de la mezcla en distintos sectores de la muestra y se repitió el proceso dos veces para cada material.

#### 4.6.8.2 Cálculo y promedio del porcentaje de flujo

Posteriormente, se calcula el porcentaje de flujo de cada muestra en base al diámetro original de la muestra y el diámetro de la muestra tras realizar el ensayo. El diámetro original de la muestra es de 10.16 cm que coincide con las dimensiones del molde de ensayo.

$$\% \text{ de flujo} = \frac{\text{Diámetro}_{\text{promedio}} - \text{Diámetro}_{\text{inicial}}}{\text{Diámetro}_{\text{inicial}}} \times 100$$

#### **Ecuación 10 Porcentaje de flujo**

Por último, se obtuvo un promedio de las medidas de la mezcla tras realizar el ensayo para cada material probado.



**Ilustración 44 Medición del diámetro de flujo del mortero polimérico Brickaffix**

#### 4.6.9 ENSAYO DE PESO UNITARIO Y ABSORCIÓN

El ensayo de peso unitario consistió en tomar las probetas de ensayo a compresión, y medir de cada una de sus dimensiones con ayuda de un pie de rey para determinar el volumen de las probetas.

#### 4.6.9.1 Medición de volumen y peso unitario de probetas

Se tomaron tres medidas de cada uno de los lados para obtener un promedio de sus dimensiones y calcular el volumen de cada probeta.

$$\text{Volumen}_{\text{cubo}} = \text{Ancho}_{\text{cubo}} \times \text{Largo}_{\text{cubo}} \times \text{Altura}_{\text{cubo}}$$

##### **Ecuación 11 Volumen cubo de ensayo**

Posteriormente, se sumergió cada probeta en agua durante 24 horas para que el material se saturara por completo. Luego se tomó el peso de cada probeta saturada, para después secarlas por completo en el horno y volver a tomar el peso seco de cada probeta.

Posteriormente con el dato de peso seco se encuentra el peso unitario seco de cada probeta.

$$\text{Peso unitario}_{\text{seco}} = \frac{\text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Volumen}_{\text{seco}}}$$

##### **Ecuación 12 Peso unitario seco**

#### 4.6.9.2 Cálculo del porcentaje de absorción de probetas

Para obtener el porcentaje de absorción de cada probeta, se midió el peso húmedo o saturado con superficie seca de cada probeta y el peso seco de la probeta.

$$\text{Porcentaje de Absorción} = \frac{\text{Peso}_{\text{húmedo}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} \times 100$$

##### **Ecuación 13 Porcentaje de absorción**



**Ilustración 45 Medición del peso de probetas de mortero tras 24 Horas en el horno**

#### 4.6.10 ENSAYO DE JUNTA DE MAMPOSTERÍA

El ensayo de junta de mampostería consistió en la elaboración de probetas de ladrillo rústico rafón adheridas con una junta de mortero hidráulico y polimérico. Este ensayo es empírico y se originó a partir de la asesoría de laboratorio.

##### *4.6.10.1 Preparación y curado de probetas de ladrillo rafón y mortero*

Las probetas consistieron en 4 ladrillos adheridos con una junta de 1.5 cm de espesor de mortero, colocados uno sobre otro, no de manera escalonada cómo se elaboran elementos de mampostería en campo.

Se utilizaron las mismas dosificaciones de mortero hidráulico junto con su respectiva relación de agua cemento. Las probetas de mortero hidráulico se curaron superficialmente durante los primero 7 días de su elaboración.



**Ilustración 46 Verificación del nivel en probeta para ensayo de mampostería**

##### *4.6.10.2 Ensayo de junta de mampostería y registro de fallas en probetas de ladrillo y mortero*

Pasados los 28 días, se sometieron a compresión simple con ayuda de dos placas de acero y la prensa hidráulica.

Se tomó el dato de la fuerza previo a su fallo y se anotó, y se describió el tipo de falla en la probeta. Por ejemplo, si falló primero el ladrillo, ubicación de la falla, trayectoria de la falla o la falla en la junta de mortero.



**Ilustración 47 Probeta de ensayo junta en mampostería previo al ensayo de mampostería**

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Los resultados del ensayo a compresión bajo la norma ASTM C109 para cubos de mortero hidráulico de 2 x 2 x 2 pulgadas se obtuvieron probando nueve cubos para cada dosificación de mortero hidráulico. Bajo la misma norma, se evaluó el mortero polimérico Brickaffix con nueve cubos de ensayo elaborados de la misma forma.

#### 5.1.1 MORTERO HIDRÁULICO 1:3

Para la dosificación 1:3 de mortero hidráulico con una relación agua/cemento de 0.85, se obtuvo una fuerza promedio de 2,564.44 lb entre los 9 cubos, con una resistencia a compresión promedio de 718.36 PSI.

**Tabla 15 Resultados del ensayo de compresión para el mortero hidráulico con dosificación 1:3**

| Dosificación | No. Ítem | Altura (cm) | Ancho (cm) | Largo (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Área (in <sup>2</sup> ) | Peso soportado (lb) | Resistencia (PSI) |
|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|
| 1:3          | 1        | 4.8         | 4.8        | 4.8        | 23.04                   | 110.59                     | 3.57                    | 2070                | 579.67            |
|              | 2        | 4.8         | 4.8        | 4.8        | 23.04                   | 110.59                     | 3.57                    | 2250                | 630.08            |
|              | 3        | 4.8         | 4.8        | 4.8        | 23.04                   | 110.59                     | 3.57                    | 2630                | 736.49            |
|              | 4        | 4.8         | 4.8        | 4.8        | 23.04                   | 110.59                     | 3.57                    | 2370                | 663.68            |
|              | 5        | 4.8         | 4.8        | 4.8        | 23.04                   | 110.59                     | 3.57                    | 2460                | 688.89            |
|              | 6        | 4.8         | 4.8        | 4.8        | 23.04                   | 110.59                     | 3.57                    | 3040                | 851.31            |
|              | 7        | 4.8         | 4.8        | 4.8        | 23.04                   | 110.52                     | 3.57                    | 3090                | 865.31            |
|              | 8        | 4.8         | 4.79       | 4.79       | 22.94                   | 110.21                     | 3.56                    | 2580                | 725.51            |
|              | 9        | 4.83        | 4.8        | 4.81       | 23.07                   | 111.51                     | 3.58                    | 2590                | 724.28            |

#### 5.1.2 MORTERO HIDRÁULICO 1:4

Para la dosificación 1:4 de mortero hidráulico con relación agua/cemento de 1.03, se obtuvo una fuerza promedio de 1,682.22 lb entre los 9 cubos, con una resistencia a compresión promedio de 471.38 PSI.

**Tabla 16 Resultados del ensayo de compresión simple del mortero hidráulico con dosificación 1:4**

| Dosificación | No. Ítem | Altura (cm) | Ancho (cm) | Largo (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Área (in <sup>2</sup> ) | Peso soportado (lb) | Resistencia (PSI) |
|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|
| 1:4          | 1        | 4.8         | 4.82       | 4.83       | 23.26                   | 111.59                     | 3.61                    | 1550                | 429.87            |
|              | 2        | 4.82        | 4.8        | 4.8        | 23.06                   | 111.13                     | 3.57                    | 1870                | 523.3             |
|              | 3        | 4.79        | 4.8        | 4.79       | 23.01                   | 110.13                     | 3.57                    | 1390                | 389.79            |
|              | 4        | 4.79        | 4.8        | 4.8        | 23.06                   | 110.36                     | 3.57                    | 1680                | 470.13            |
|              | 5        | 4.79        | 4.78       | 4.8        | 22.94                   | 109.83                     | 3.56                    | 1700                | 478.05            |
|              | 6        | 4.8         | 4.78       | 4.8        | 22.93                   | 109.98                     | 3.55                    | 1580                | 444.61            |
|              | 7        | 4.79        | 4.8        | 4.8        | 23.01                   | 110.13                     | 3.57                    | 1680                | 471.11            |
|              | 8        | 4.78        | 4.79       | 4.8        | 23.01                   | 109.9                      | 3.57                    | 1760                | 493.55            |
|              | 9        | 4.79        | 4.79       | 4.8        | 22.98                   | 110.06                     | 3.56                    | 1930                | 541.97            |

### 5.1.3 MORTERO HIDRÁULICO 1:5

Para la dosificación 1:5 de mortero hidráulico con una relación agua/cemento de 1.37, se obtuvo una fuerza promedio de 1,087.78 lb entre los 9 cubos, con una resistencia a compresión promedio de 306.85 PSI.

**Tabla 17 Resultados del ensayo de compresión simple del mortero hidráulico con dosificación 1:5**

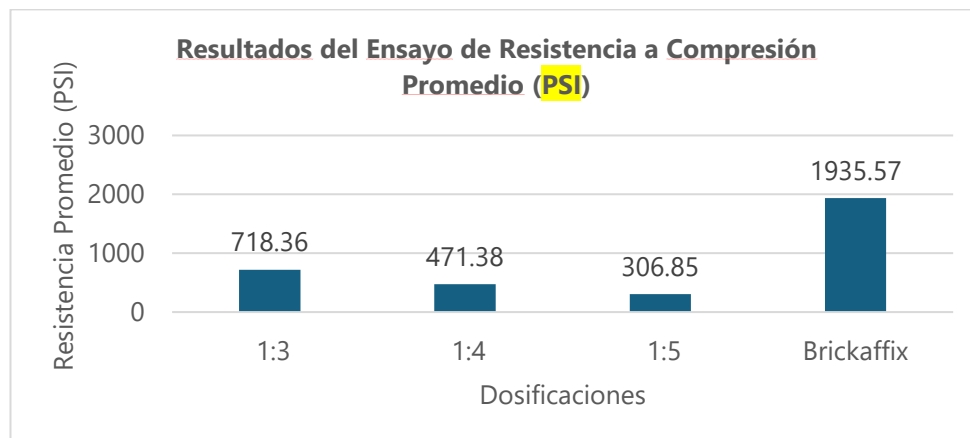
| Dosificación | No. Ítem | Altura (cm) | Ancho (cm) | Largo (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Área (in <sup>2</sup> ) | Peso soportado (lb) | Resistencia (PSI) |
|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|
| 1:5          | 1        | 4.79        | 4.77       | 4.8        | 22.88                   | 109.6                      | 3.55                    | 1000                | 281.99            |
|              | 2        | 4.8         | 4.78       | 4.8        | 22.94                   | 110.13                     | 3.56                    | 1200                | 337.45            |
|              | 3        | 4.8         | 4.8        | 4.79       | 22.98                   | 110.28                     | 3.56                    | 1130                | 317.32            |
|              | 4        | 4.8         | 4.79       | 4.8        | 22.99                   | 110.29                     | 3.56                    | 960                 | 269.39            |
|              | 5        | 4.8         | 4.8        | 4.79       | 22.99                   | 110.36                     | 3.56                    | 1100                | 308.68            |
|              | 6        | 4.77        | 4.77       | 4.77       | 22.72                   | 108.3                      | 3.52                    | 1240                | 352.12            |
|              | 7        | 4.8         | 4.79       | 4.79       | 22.93                   | 110.06                     | 3.55                    | 950                 | 267.33            |
|              | 8        | 4.78        | 4.72       | 4.84       | 22.88                   | 109.43                     | 3.55                    | 1060                | 298.96            |
|              | 9        | 4.8         | 4.79       | 4.72       | 22.59                   | 108.37                     | 3.5                     | 1150                | 328.41            |

#### 5.1.4 MORTERO POLIMÉRICO BRICKAFFIX

Para el mortero polimérico, Brickaffix, se obtuvo una fuerza promedio previa a la rotura de los 9 cubos de ensayo de 7,494.44 lb. Posteriormente, se calculó una resistencia promedio a compresión de 1,935.57 PSI.

**Tabla 18 Resultados de los ensayos de compresión simple del mortero polimérico  
Brickaffix**

| Dosificación | No. Ítem | Altura (cm) | Ancho (cm) | Largo (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Área (in <sup>2</sup> ) | Peso soportado (lb) | Resistencia (PSI) |
|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|
| Brickaffix   | 1        | 5.11        | 4.7        | 5.36       | 25.19                   | 128.82                     | 3.9                     | 6840                | 1751.81           |
|              | 2        | 5.23        | 5.13       | 5.12       | 26.23                   | 137.28                     | 4.07                    | 7250                | 1783.24           |
|              | 3        | 4.94        | 4.93       | 4.98       | 24.58                   | 121.53                     | 3.81                    | 7730                | 2028.68           |
|              | 4        | 5.4         | 5.06       | 4.92       | 24.88                   | 134.26                     | 3.86                    | 6730                | 1745.37           |
|              | 5        | 5.3         | 4.75       | 5.04       | 23.92                   | 126.87                     | 3.71                    | 7920                | 2136              |
|              | 6        | 5.21        | 4.98       | 4.89       | 24.35                   | 126.88                     | 3.77                    | 6820                | 1806.91           |
|              | 7        | 5.13        | 5.13       | 5.11       | 26.23                   | 134.65                     | 4.07                    | 8460                | 2080.87           |
|              | 8        | 4.9         | 5.26       | 4.83       | 25.42                   | 124.49                     | 3.94                    | 7430                | 1885.6            |
|              | 9        | 5.35        | 4.86       | 4.99       | 24.24                   | 129.74                     | 3.76                    | 8270                | 2201.68           |



**Gráfica 18 Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión Promedio (PSI)**

#### 5.1.5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN

La tasa de mejora del mortero polimérico Brickaffix en relación con las diferentes dosificaciones de mortero hidráulico es la siguiente:

- En relación con la dosificación 1:3: 169.44%

- En relación con la dosificación 1:4: 310.62%
- En relación con la dosificación 1:5: 530.79%

Esto muestra que el mortero polimérico Brickaffix tiene una mejora significativa en resistencia a la compresión en comparación con las dosificaciones de mortero hidráulico 1:3, 1:4 y 1:5.

## 5.2 ENSAYO DE PESO UNITARIO Y ABSORCIÓN

Los resultados del ensayo de peso unitario y absorción consistieron en la determinación del peso unitario seco de cada uno de los morteros. Paralelamente, se realizó el ensayo de absorción de mortero para identificar el porcentaje de absorción de cada uno de los morteros, lo cual está relacionado con la cantidad de vacíos en la mezcla, que a su vez puede influir en la resistencia del material.

### 5.2.1 MORTERO HIDRÁULICO 1:3

Para la dosificación 1:3, se obtuvo un peso unitario seco promedio de  $2.11 \text{ g/cm}^3$ , equivalente a  $2110 \text{ kg/m}^3$  o  $131.72 \text{ lb/ft}^3$ . Se determinó un porcentaje de absorción promedio de 14.63%.

**Tabla 19 Dimensiones de las probetas para el ensayo de peso unitario en la dosificación 1:3**

| Dosificación | No. Ítem | Altura (cm) | Ancho (cm) | Largo (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) |
|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|
| 1:3          | 1        | 4.80        | 4.80       | 4.80       | 23.04                   | 110.59                     |
|              | 2        | 4.80        | 4.80       | 4.80       | 23.04                   | 110.59                     |
|              | 3        | 4.80        | 4.80       | 4.80       | 23.04                   | 110.59                     |
|              | 4        | 4.80        | 4.80       | 4.80       | 23.04                   | 110.59                     |
|              | 5        | 4.80        | 4.80       | 4.80       | 23.04                   | 110.59                     |
|              | 6        | 4.80        | 4.80       | 4.80       | 23.04                   | 110.59                     |
|              | 7        | 4.80        | 4.80       | 4.80       | 23.04                   | 110.52                     |
|              | 8        | 4.80        | 4.79       | 4.79       | 22.94                   | 110.21                     |
|              | 9        | 4.83        | 4.80       | 4.81       | 23.07                   | 111.51                     |

**Tabla 20 Resultados de los ensayos de peso unitario seco y porcentaje de absorción en la dosificación 1:3**

| Peso húmedo (g) | Diferencia de peso (g) | Peso secado al horno (g) | Contenido de absorción (%) | Promedio (%) | Peso unitario seco (g/cm <sup>3</sup> ) | Promedio (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------|---|-------------------------------|
| 268.18          | 33.77                  | 234.41                   | 14.41                      | 14.63        | 2.12                                    | 2.11                          |
| 265.43          | 34.06                  | 231.37                   | 14.72                      |              | 2.09                                    |                               |
| 265.95          | 33.75                  | 232.20                   | 14.53                      |              | 2.10                                    |                               |
| 270.13          | 34.87                  | 235.26                   | 14.82                      |              | 2.13                                    |                               |
| 266.07          | 34.12                  | 231.95                   | 14.71                      |              | 2.10                                    |                               |
| 266.28          | 34.36                  | 231.92                   | 14.82                      |              | 2.10                                    |                               |
| 269.34          | 33.75                  | 235.59                   | 14.33                      |              | 2.13                                    |                               |
| 268.51          | 33.84                  | 234.67                   | 14.42                      |              | 2.13                                    |                               |
| 269.86          | 35.10                  | 234.76                   | 14.95                      |              | 2.11                                    |                               |

#### 5.2.2 MORTERO HIDRÁULICO 1:4

Para la dosificación 1:4, se obtuvo un peso unitario seco promedio de 2.13 g/cm<sup>3</sup>, que es igual a 2130 kg/m<sup>3</sup> o 132.97 lb/ft<sup>3</sup>. Se determinó un porcentaje de absorción promedio de 13.88%.

**Tabla 21 Dimensiones de las probetas para el ensayo de peso unitario en la dosificación 1:4**

| Dosificación | No. Ítem | Altura (cm) | Ancho (cm) | Largo (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) |
|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|
| 1:4          | 1        | 4.80        | 4.82       | 4.83       | 23.26                   | 111.59                     |
|              | 2        | 4.82        | 4.80       | 4.80       | 23.06                   | 111.13                     |
|              | 3        | 4.79        | 4.80       | 4.79       | 23.01                   | 110.13                     |
|              | 4        | 4.79        | 4.80       | 4.80       | 23.06                   | 110.36                     |
|              | 5        | 4.79        | 4.78       | 4.80       | 22.94                   | 109.83                     |
|              | 6        | 4.80        | 4.78       | 4.80       | 22.93                   | 109.98                     |
|              | 7        | 4.79        | 4.80       | 4.80       | 23.01                   | 110.13                     |
|              | 8        | 4.78        | 4.79       | 4.80       | 23.01                   | 109.90                     |
|              | 9        | 4.79        | 4.79       | 4.80       | 22.98                   | 110.06                     |

**Tabla 22 Resultados de los ensayos de peso unitario seco y porcentaje de absorción en la dosificación 1:4**

| Peso húmedo (g) | Diferencia de peso (g) | Peso secado al horno (g) | Contenido de absorción (%) | Promedio (%) | Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | Promedio (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 268.98          | 32.71                  | 236.27                   | 13.84                      | 13.88        | 2.12                               | 2.13                          |
| 270.90          | 32.60                  | 238.30                   | 13.68                      |              | 2.14                               |                               |
| 266.96          | 33.07                  | 233.89                   | 14.14                      |              | 2.12                               |                               |
| 265.86          | 32.39                  | 233.47                   | 13.87                      |              | 2.12                               |                               |
| 266.60          | 32.48                  | 234.12                   | 13.87                      |              | 2.13                               |                               |
| 266.39          | 32.87                  | 233.52                   | 14.08                      |              | 2.12                               |                               |
| 266.84          | 32.13                  | 234.71                   | 13.69                      |              | 2.13                               |                               |
| 264.65          | 31.97                  | 232.68                   | 13.74                      |              | 2.12                               |                               |
| 267.64          | 32.85                  | 234.79                   | 13.99                      |              | 2.13                               |                               |

### 5.2.3 MORTERO HIDRÁULICO 1:5

Para la dosificación 1:5, se obtuvo un peso unitario seco promedio de 2.07 g/cm<sup>3</sup>, que es igual a 2070 kg/m<sup>3</sup> o 129.23 lb/ft<sup>3</sup>. Se determinó un porcentaje de absorción promedio de 14.39%.

**Tabla 23 Dimensiones de las probetas para el ensayo de peso unitario en la dosificación 1:5**

| Dosificación | No. Ítem | Altura (cm) | Ancho (cm) | Largo (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) |
|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|
| 1:5          | 1        | 4.79        | 4.77       | 4.80       | 22.88                   | 109.60                     |
|              | 2        | 4.80        | 4.78       | 4.80       | 22.94                   | 110.13                     |
|              | 3        | 4.80        | 4.80       | 4.79       | 22.98                   | 110.28                     |
|              | 4        | 4.80        | 4.79       | 4.80       | 22.99                   | 110.29                     |
|              | 5        | 4.80        | 4.80       | 4.79       | 22.99                   | 110.36                     |
|              | 6        | 4.77        | 4.77       | 4.77       | 22.72                   | 108.30                     |
|              | 7        | 4.80        | 4.79       | 4.79       | 22.93                   | 110.06                     |
|              | 8        | 4.78        | 4.72       | 4.84       | 22.88                   | 109.43                     |
|              | 9        | 4.80        | 4.79       | 4.72       | 22.59                   | 108.37                     |

**Tabla 24 Resultados de los ensayos de peso unitario seco y porcentaje de absorción en la dosificación 1:5**

| Peso húmedo (g) | Diferencia de peso (g) | Peso secado al horno (g) | Contenido de absorción (%) | Promedio (%) | Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | Promedio (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 260.62          | 33.54                  | 227.08                   | 14.77                      | 14.39        | 2.07                               | 2.07                          |
| 259.20          | 31.87                  | 227.33                   | 14.02                      |              | 2.06                               |                               |
| 260.32          | 32.62                  | 227.70                   | 14.33                      |              | 2.06                               |                               |
| 257.99          | 33.98                  | 224.01                   | 15.17                      |              | 2.03                               |                               |
| 257.93          | 31.90                  | 226.03                   | 14.11                      |              | 2.05                               |                               |
| 259.56          | 32.16                  | 227.40                   | 14.14                      |              | 2.10                               |                               |
| 257.95          | 33.20                  | 224.75                   | 14.77                      |              | 2.04                               |                               |
| 258.92          | 32.51                  | 226.41                   | 14.36                      |              | 2.07                               |                               |
| 260.34          | 31.61                  | 228.73                   | 13.82                      |              | 2.11                               |                               |

#### 5.2.4 MORTERO POLIMÉRICO BRICKAFFIX

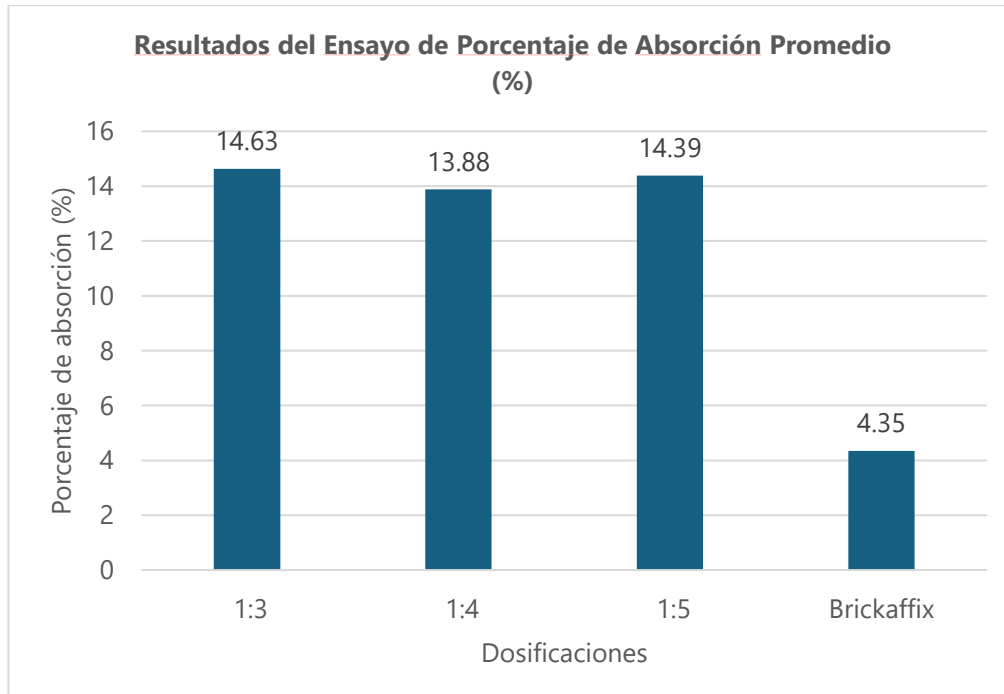
Para el mortero polimérico Brickaffix, se obtuvo un peso unitario seco promedio de 2.17 g/cm<sup>3</sup> que es igual a 2170 kg/m<sup>3</sup> o 135.47 lb/ft<sup>3</sup>. Se determinó un porcentaje de absorción promedio de 4.35%.

**Tabla 25 Dimensiones de las probetas para el ensayo de peso unitario en Brickaffix**

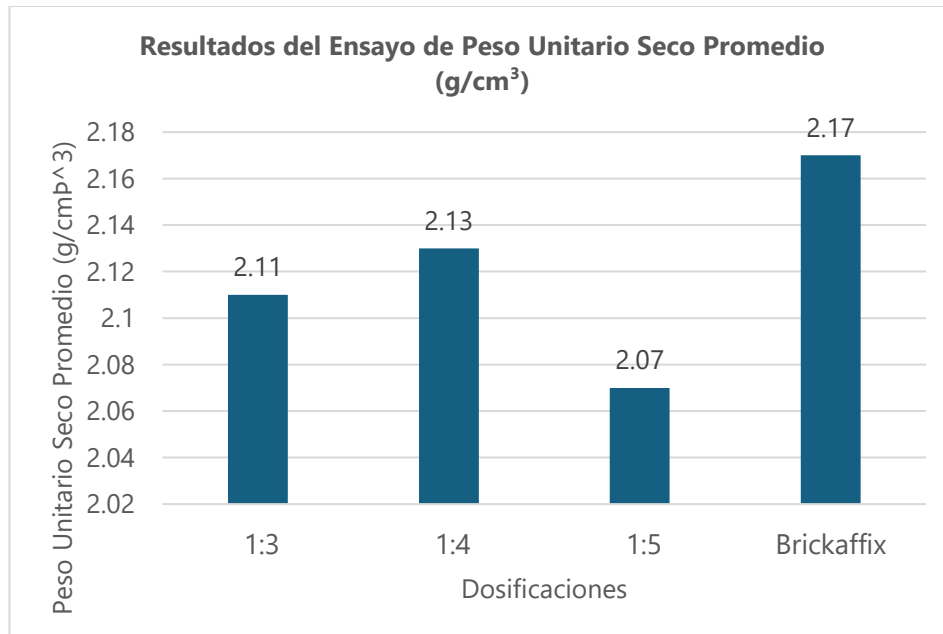
| Dosificación | No. Ítem | Altura (cm) | Ancho (cm) | Largo (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) |
|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|
| Brickaffix   | 1        | 5.11        | 4.70       | 5.36       | 25.19                   | 128.82                     |
|              | 2        | 5.23        | 5.13       | 5.12       | 26.23                   | 137.28                     |
|              | 3        | 4.94        | 4.93       | 4.98       | 24.58                   | 121.53                     |
|              | 4        | 5.40        | 5.06       | 4.92       | 24.88                   | 134.26                     |
|              | 5        | 5.30        | 4.75       | 5.04       | 23.92                   | 126.87                     |
|              | 6        | 5.21        | 4.98       | 4.89       | 24.35                   | 126.88                     |
|              | 7        | 5.13        | 5.13       | 5.11       | 26.23                   | 134.65                     |
|              | 8        | 4.90        | 5.26       | 4.83       | 25.42                   | 124.49                     |
|              | 9        | 5.35        | 4.86       | 4.99       | 24.24                   | 129.74                     |

**Tabla 26 Resultados de los ensayos de peso unitario seco y porcentaje de absorción en Brickaffix**

| Peso húmedo (g) | Diferencia de peso (g) | Peso secado al horno (g) | Contenido de absorción (%) | Promedio (%) | Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | Promedio (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 290.56          | 12.02                  | 278.54                   | 4.32                       | 4.35         | 2.16                               | 2.17                          |
| 306.95          | 14.31                  | 292.64                   | 4.89                       |              | 2.13                               |                               |
| 281.14          | 12.14                  | 269.00                   | 4.51                       |              | 2.21                               |                               |
| 304.14          | 15.06                  | 289.08                   | 5.21                       |              | 2.15                               |                               |
| 290.17          | 11.53                  | 278.64                   | 4.14                       |              | 2.20                               |                               |
| 288.04          | 11.12                  | 276.92                   | 4.02                       |              | 2.18                               |                               |
| 301.63          | 11.02                  | 290.61                   | 3.79                       |              | 2.16                               |                               |
| 288.15          | 11.09                  | 277.06                   | 4.00                       |              | 2.23                               |                               |
| 288.72          | 11.91                  | 276.81                   | 4.30                       |              | 2.13                               |                               |



**Gráfica 19 Resultados del Ensayo de Porcentaje de Absorción Promedio (%)**



**Gráfica 20 Resultados del Ensayo de Peso Unitario Seco Promedio (g/cm<sup>3</sup>)**

#### 5.2.5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS DE PESO UNITARIO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

La tasa de mejora del mortero polimérico Brickaffix en relación con el porcentaje de absorción de agua de las diferentes dosificaciones de mortero hidráulico es la siguiente:

- En relación con la dosificación 1:3: 70.27%
- En relación con la dosificación 1:4: 68.66%
- En relación con la dosificación 1:5: 69.77%

Estos cálculos muestran que el mortero polimérico Brickaffix tiene una mejora significativa en términos de menor absorción de agua en comparación con las tres dosificaciones de mortero hidráulico.

La diferencia porcentual del mortero polimérico Brickaffix en relación con el peso unitario seco promedio de las diferentes dosificaciones de mortero hidráulico es la siguiente:

- En relación con la dosificación 1:3: 2.84%
- En relación con la dosificación 1:4: 1.88%
- En relación con la dosificación 1:5: 4.83%

Estos resultados muestran que el mortero polimérico Brickaffix tiene una densidad similar a las dosificaciones de mortero hidráulico con las que fue comparado.

### 5.3 ENSAYO DE FLUJO

El ensayo de flujo consiste en la determinación de la trabajabilidad de un mortero en base al diámetro de una muestra controlada. Entre mayor sea el diámetro de la muestra tras el ensayo mayor es el flujo y trabajable del mortero. Para determinar el flujo se usa el dato del diámetro y se promedian las cuatro medidas por ensayo para brindar la trabajabilidad del material.

#### 5.3.1 MORTERO HIDRÁULICO 1:3

La dosificación 1:3 resultó un diámetro promedio de 16.32 cm o 6.42 in y un porcentaje de flujo de 60.60%, relacionado directamente al contenido de agua en la mezcla.

**Tabla 27 Medidas del ensayo de flujo dosificación 1:3**

| Dosificación | Relación Agua/Cemento | No. de Ensayo | Medida 1 (cm) | Medida 2 (cm) | Medida 3 (cm) | Medida 4 (cm) | Promedio (cm) | Promedio (cm) | Promedio (in) |
|--------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1:3          | 0.85                  | 1             | 15.60         | 16.20         | 16.70         | 16.90         | 16.35         | 16.32         | 6.42          |
|              |                       | 2             | 16.50         | 15.90         | 16.10         | 16.70         | 16.30         |               |               |
|              |                       | 3             | 16.30         | 16.10         | 16.30         | 16.50         | 16.30         |               |               |

**Tabla 28 Resultados del ensayo de porcentaje de flujo dosificación 1:3**

| Fluidez (%) | Promedio (%) |
|-------------|--------------|
| 60.93       | 60.60        |
| 60.43       |              |
| 60.43       |              |

#### 5.3.2 MORTERO HIDRÁULICO 1:4

La dosificación 1:4 resultó un diámetro promedio de 15.32 cm o 6.03 in y un porcentaje de flujo de 50.75%, relacionado directamente al contenido de agua en la mezcla.

**Tabla 29 Medidas del ensayo de flujo dosificación 1:4**

| Dosificación | Relación Agua/Cemento | No. de Ensayo | Medida 1 (cm) | Medida 2 (cm) | Medida 3 (cm) | Medida 4 (cm) | Promedio (cm) | Promedio (cm) | Promedio (in) |
|--------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1:4          | 1.03                  | 1             | 15.50         | 15.40         | 15.70         | 14.90         | 15.38         | 15.32         | 6.03          |
|              |                       | 2             | 15.50         | 15.50         | 15.10         | 15.90         | 15.50         |               |               |
|              |                       | 3             | 14.80         | 14.70         | 15.60         | 15.20         | 15.08         |               |               |

**Tabla 30 Resultados del ensayo de porcentaje de flujo dosificación 1:4**

| Fluidez (%) | Promedio (%) |
|-------------|--------------|
| 51.33       | 50.75        |
| 52.56       |              |
| 48.38       |              |

### 5.3.3 MORTERO HIDRÁULICO 1:5

La dosificación 1:5 resultó un diámetro promedio de 14.10 cm o 5.55 in y un porcentaje de flujo de 38.78%, relacionado directamente al contenido de agua en la mezcla.

**Tabla 31 Medidas del ensayo de flujo dosificación 1:5**

| Dosificación | Relación Agua/Cemento | No. de Ensayo | Medida 1 (cm) | Medida 2 (cm) | Medida 3 (cm) | Medida 4 (cm) | Promedio (cm) | Promedio (cm) | Promedio (in) |
|--------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1:5          | 1.37                  | 1             | 14.00         | 14.50         | 13.70         | 14.80         | 14.25         | 14.10         | 5.55          |
|              |                       | 2             | 13.50         | 14.00         | 13.40         | 14.20         | 13.78         |               |               |
|              |                       | 3             | 14.50         | 13.90         | 13.60         | 15.10         | 14.28         |               |               |

**Tabla 32 Resultados del ensayo de porcentaje de flujo dosificación 1:5**

| Fluidez (%) | Promedio (%) |
|-------------|--------------|
| 40.26       | 38.78        |
| 35.58       |              |
| 40.50       |              |

#### 5.3.4 MORTERO POLIMÉRICO BRICKAFFIX

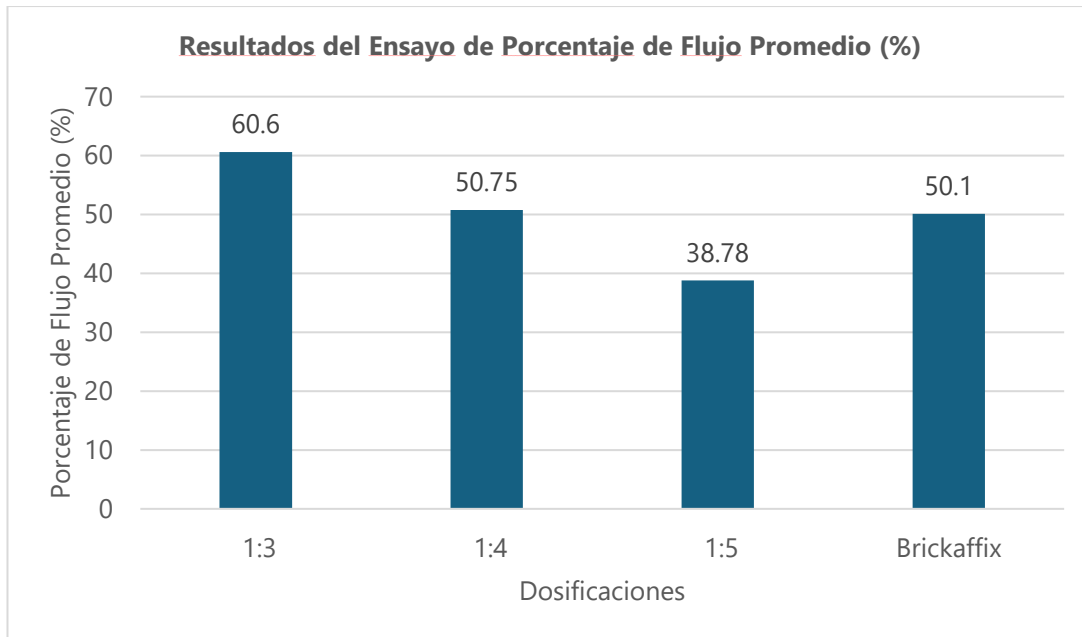
El mortero polimérico Brickaffix resultó un diámetro promedio de 15.25 cm o 6.00 in y un porcentaje de flujo de 50.10%.

**Tabla 33 Medidas del ensayo de flujo Brickaffix**

| Dosificación | Relación Agua/Cemento | No. de Ensayo | Medida 1 (cm) | Medida 2 (cm) | Medida 3 (cm) | Medida 4 (cm) | Promedio (cm) | Promedio (cm) | Promedio (in) |
|--------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Brickaffix   | N/A                   | 1             | 16.00         | 15.50         | 16.00         | 16.50         | 16.00         | 15.25         | 6.00          |
|              |                       | 2             | 15.00         | 15.00         | 15.00         | 15.00         | 15.00         |               |               |
|              |                       | 3             | 14.50         | 15.00         | 14.50         | 15.00         | 14.75         |               |               |

**Tabla 34 Resultados del ensayo porcentaje de flujo Brickaffix**

| Fluidez (%) | Promedio (%) |
|-------------|--------------|
| 57.48       | 50.10        |
| 47.64       |              |
| 45.18       |              |



**Gráfica 21 Resultados del Ensayo de Porcentaje de Flujo Promedio (%)**

### 5.3.5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE FLUJO

La diferencia porcentual del porcentaje de flujo del mortero polimérico Brickaffix en comparación con las otras dosificaciones de mortero hidráulico es la siguiente:

- En relación con la dosificación 1:3: -17.33%
- En relación con la dosificación 1:4: -1.28%
- En relación con la dosificación 1:5: 29.19%

Estos valores indican que el mortero polimérico Brickaffix presenta un flujo adecuado comparable al de los morteros hidráulicos.

## 5.4 ENSAYO JUNTA DE MAMPOSTERÍA

El ensayo de junta de mampostería es un ensayo empírico realizado en el laboratorio de Ingeniería Civil como método para evaluar la resistencia en juntas de mortero en mampostería.

Los resultados consistieron en la identificación de las fallas en cada probeta y la descripción de su comportamiento al fallo. El dato de fuerza aplicada se tomó como referencia de la falla. Se registraron el espesor de la junta vertical y horizontal, así como el ancho de la junta.

**Tabla 35 Dimensiones de junta y peso soportado por dosificación**

| <b>Dosificación probeta</b> | <b>Espesor junta horizontal (cm)</b> | <b>Espesor junta vertical (cm)</b> | <b>Ancho junta (cm)</b> | <b>Fuerza (lb)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1:3                         | 1.70                                 | 1.90                               | 7.10                    | 11190.00           |
| 1:4                         | 1.45                                 | 1.60                               | 6.70                    | 7810.00            |
| 1:5                         | 1.00                                 | 1.60                               | 7.10                    | 11800.00           |
| Brickaffix                  | 0.80                                 | 0.55                               | 6.65                    | 6220.00            |

#### 5.4.1 PROBETA MORTERO HIDRÁULICO 1:3

Durante el ensayo, uno de los ladrillos falló primero en la parte inferior de la probeta, lo cual provocó un fallo en la junta vertical inferior de mortero hidráulico y ocasionó una fractura diagonal en la probeta.



**Ilustración 48 Ensayo de mampostería con dosificación 1:3**



**Ilustración 49 Resultado de ensayo de mampostería con dosificación 1:3**

#### 5.4.2 PROBETA MORTERO HIDRÁULICO 1:4

Durante el ensayo, falló primero uno de los ladrillos en la parte superior de la probeta, lo que provocó una falla diagonal que se transmitió hasta la junta horizontal de la probeta. Consecuentemente, la falla descendió hasta fisurar uno de los ladrillos inferiores sin cruzar la junta vertical.



**Ilustración 50 Ensayo de mampostería con dosificación 1:4**

Posteriormente se identifica y analiza la naturaleza de la falla en la probeta.



**Ilustración 51 Resultado de ensayo de mampostería con dosificación 1:4**

#### 5.4.3 PROBETA MORTERO HIDRÁULICO 1:5

Durante el ensayo, falló primero la junta vertical superior, lo cual provocó que la probeta fallara en su totalidad y se desprendiera de la junta sin romper los ladrillos. La probeta soportó 11,800 lb antes de su fallo.



**Ilustración 52 Ensayo de mampostería con dosificación 1:5**

Posteriormente se identificó y analizó la naturaleza de la falla en la probeta.



**Ilustración 53 Resultado de ensayo de mampostería con dosificación 1:5**

#### 5.4.4 PROBETA MORTERO POLIMÉRICO BRICKAFFIX

Tras el ensayo de junta en mampostería de Brickaffix, falló primero uno de los ladrillos en la parte inferior de la probeta a uno de los costados, lo que ocasionó la falla de la junta vertical de Brickaffix, sin embargo, a pesar de la falla de los ladrillos, la junta permaneció intacta y aún tenía adheridos los sobrantes del ladrillo.



**Ilustración 54 Ensayo de mampostería con mortero polimérico Brickaffix**



**Ilustración 55 Resultado de ensayo de mampostería con mortero polimérico Brickaffix**

#### 5.4.5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE JUNTA DE MAMPOSTERÍA

La dosificación 1:3 mostró una resistencia considerable, pero los ladrillos fallaron, lo que indica una posible debilidad en la interacción entre el mortero y los ladrillos.

La dosificación 1:4 tuvo una menor capacidad de carga, lo que sugiere que la proporción de agua/cemento y la mezcla del mortero pueden haber influido negativamente en su resistencia.

La dosificación 1:5 soportó una carga alta antes de fallar, indicando una posible mejor adherencia en la junta, aunque la junta misma fue el punto de falla.

A pesar de tener una menor capacidad de carga en comparación con las dosificaciones 1:3 y 1:5 del mortero hidráulico, el mortero Brickaffix mostró una excelente adherencia, manteniendo la junta intacta incluso después de que los ladrillos fallaran.

Esto sugiere que, aunque Brickaffix pueda tener una menor resistencia inicial, su capacidad de mantener la integridad de la junta podría ser beneficiosa en aplicaciones donde la cohesión y la adherencia son cruciales.

## 5.5 ENSAYO A FLEXIÓN

Los resultados del ensayo a flexión en vigas consistieron en determinar un módulo de rotura, también conocido como esfuerzo a flexión.

### 5.5.1 MORTERO HIDRÁULICO 1:3

Se determinó una resistencia máxima a flexión de 525.72 PSI, producida por un momento máximo de 19,570.37 lb\*in generada por una fuerza de 4,370.00 lb aplicada al centro del claro.

La viga de mortero hidráulico falló exactamente por el centro del claro donde la carga fue aplicada, lo que resultó en una fractura recta y limpia en la viga.

**Tabla 36 Dimensiones viga de mortero hidráulico dosificación 1:3**

| Altura (in) | Ancho (in) | Claro (in) | Área (in <sup>2</sup> ) | c = Altura/2 (in) | Inercia (in <sup>4</sup> ) |
|-------------|------------|------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|
| 6.08        | 6.05       | 17.91      | 36.76                   | 3.04              | 113.09                     |

**Tabla 37 Módulo de rotura viga de mortero hidráulico dosificación 1:3**

| Fuerza a L/2 (lb) | Momento max (lb*in) | Esfuerzo a flexión (PSI) |
|-------------------|---------------------|--------------------------|
| 4,370.00          | 19,570.37           | 525.72                   |

### 5.5.2 MORTERO HIDRÁULICO 1:4

Se determinó una resistencia máxima a flexión de 369.98 PSI, producida por un momento máximo de 13,446.85 lb\*in, generado por una fuerza de 2,970.00 lb aplicada al centro del claro.

La viga de mortero hidráulico falló exactamente en el centro del claro donde la carga fue aplicada, lo que resultó en una fractura recta y limpia en la viga.

**Tabla 38 Dimensiones viga de mortero hidráulico dosificación 1:4**

| Altura (in) | Ancho (in) | Claro (in) | Área (in <sup>2</sup> ) | c = Altura/2 (in) | Inercia (in <sup>4</sup> ) |
|-------------|------------|------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|
| 6.05        | 5.96       | 18.11      | 36.05                   | 3.02              | 109.94                     |

**Tabla 39 Módulo de rotura viga de mortero hidráulico dosificación 1:4**

| Fuerza a L/2 (lb) | Momento max (lb*in) | Esfuerzo a flexión (PSI) |
|-------------------|---------------------|--------------------------|
| 2,970.00          | 13,446.85           | 369.98                   |

### 5.5.3 MORTERO HIDRÁULICO 1:5

Se determinó una resistencia máxima a flexión de 273.82 PSI, producida por un momento máximo de 9,715.75 lb\*in producida por una fuerza de 2,160 lb al centro del claro.

La viga de mortero hidráulico falló exactamente por el centro del claro donde la carga fue aplicada, lo que resultó en una fractura recta y limpia en la viga.

**Tabla 40 Dimensiones viga de mortero hidráulico dosificación 1:5**

| Altura (in) | Ancho (in) | Claro (in) | Área (in <sup>2</sup> ) | c = Altura/2 (in) | Inercia (in <sup>4</sup> ) |
|-------------|------------|------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|
| 5.96        | 6.00       | 17.99      | 35.73                   | 2.98              | 105.70                     |

**Tabla 41 Módulo de rotura viga de mortero hidráulico dosificación 1:5**

| Fuerza a L/2 (lb) | Momento max (lb*in) | Esfuerzo a flexión (PSI) |
|-------------------|---------------------|--------------------------|
| 2,160.00          | 9,715.75            | 273.82                   |

### 5.5.4 MORTERO POLIMÉRICO BRICKAFFIX

Se determinó una resistencia máxima a flexión de 179.73 PSI, producida por un momento máximo de 6,705 lb\*in, generado por una fuerza de 1,490 lb aplicada al centro del claro. Se tomó el mayor resultado del ensayo a flexión entre las 4 probetas realizadas, específicamente la probeta donde falló exactamente la junta y no la adherencia del concreto ni el concreto antes de la junta.

La viga con la mayor resistencia falló en la junta. La junta no se desprendió del resto de la viga de concreto hidráulico y falló en la junta de mortero polimérico. El espesor de la junta de material fue de 0.41 in.

**Tabla 42 Dimensiones vigas con junta de mortero polimérico Brickaffix**

| Altura (in) | Ancho (in) | Claro (in) | Área (in <sup>2</sup> ) | Altura/2 (in) | Inercia (in <sup>4</sup> ) | Largo inicial (in) | Largo (in) | Espesor de Junta (in) |
|-------------|------------|------------|-------------------------|---------------|----------------------------|--------------------|------------|-----------------------|
| 6.05        | 6.01       | 18.23      | 36.36                   | 3.02          | 110.91                     | 24                 | 24.21      | 0.21                  |
| 6.08        | 5.97       | 18.82      | 36.28                   | 3.04          | 111.62                     | 24                 | 24.76      | 0.76                  |
| 6.09        | 6.04       | 18.00      | 36.76                   | 3.04          | 113.58                     | 24                 | 24.41      | 0.41                  |
| 6.02        | 6.02       | 18.00      | 36.28                   | 3.01          | 109.71                     | 24                 | 24.21      | 0.21                  |

**Tabla 43 Módulo de rotura vigas con junta de mortero polimérico Brickaffix**

| Fuerza a L/2 (lb) | Momento max (lb*in) | Esfuerzo a flexión (PSI) |
|-------------------|---------------------|--------------------------|
| 560.00            | 2551.97             | 69.60                    |
| 280.00            | 1317.32             | 35.85                    |
| 1490.00           | 6705.00             | 179.73                   |
| 620.00            | 2970.00             | 76.59                    |

#### 5.5.5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN

Las vigas de mortero hidráulico 1:3 mostraron la mayor resistencia a flexión, seguidas por las vigas con dosificación 1:4 y 1:5. Esto sugiere que una menor relación agua/cemento en la dosificación 1:3 contribuye a una mayor resistencia a flexión.

Todas las vigas de mortero hidráulico fallaron de manera consistente por el centro del claro, indicando una distribución uniforme de la carga y una fractura predecible.

Las vigas de mortero polimérico Brickaffix mostraron una resistencia a flexión significativamente menor en comparación con las vigas de mortero hidráulico.

La falla ocurrió en la junta de mortero polimérico, pero la junta misma mantuvo su integridad, lo que sugiere una buena adherencia del mortero polimérico a los elementos de concreto.

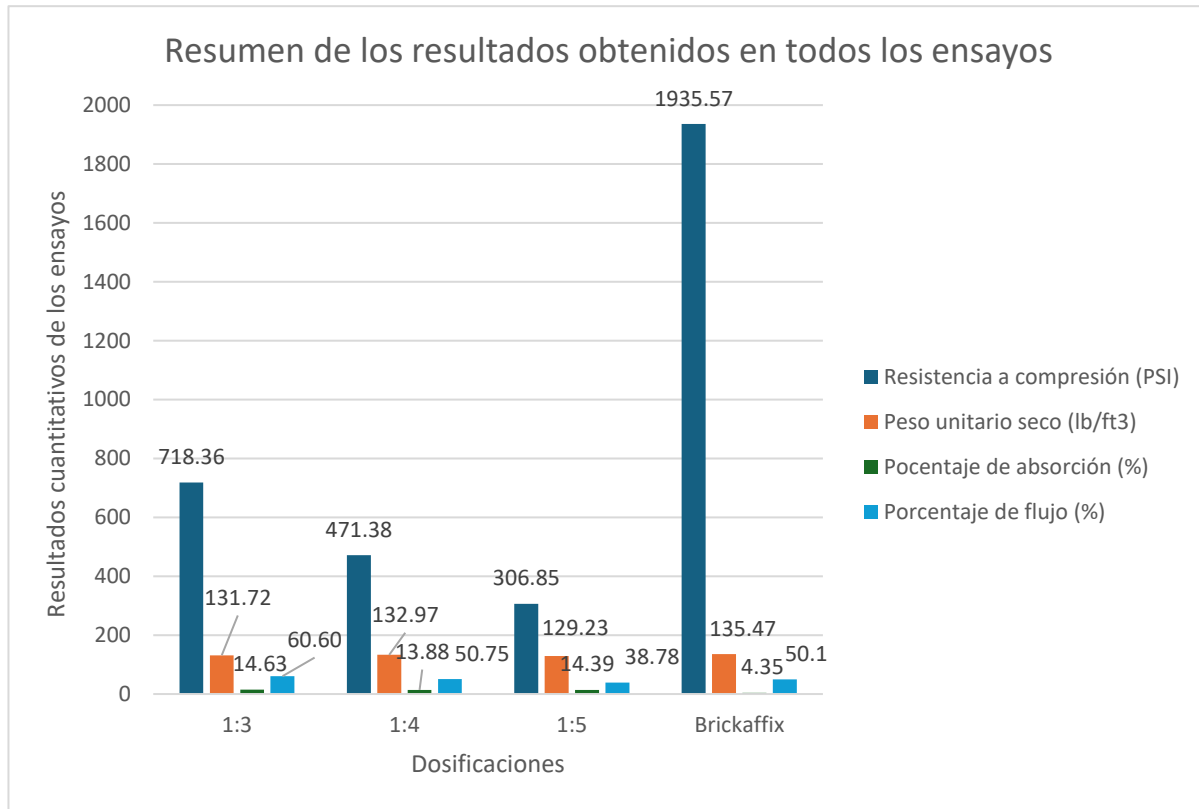
La diferencia porcentual de la resistencia a flexión del mortero polimérico Brickaffix en comparación con las otras dosificaciones de mortero hidráulico es la siguiente:

- En relación con la dosificación 1:3: -65.81%

- En relación con la dosificación 1:4: -51.42%
- En relación con la dosificación 1:5: -34.36%

Estos valores indican que el mortero polimérico Brickaffix tiene una resistencia a flexión significativamente menor en comparación con las tres dosificaciones de mortero hidráulico.

### 5.5.6 RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR ENSAYO



**Gráfica 22 Resumen de los resultados obtenidos en todos los ensayos**

## VI. CONCLUSIONES

El proyecto de investigación ha comparado de manera efectiva las propiedades mecánicas de los morteros hidráulicos y poliméricos en aplicaciones de mampostería. Los resultados obtenidos han proporcionado un análisis comprensivo que permite a los profesionales de la construcción tomar decisiones fundamentadas sobre el tipo de mortero a utilizar en diversas actividades de mampostería. Se ha concluido que el mortero polimérico Brickaffix ofrece ventajas significativas, además, sus propiedades de secado rápido, alcanzando su máxima

resistencia en 72 horas, y sus beneficios ecológicos, implican que el uso de Brickaffix podría mejorar la eficiencia y durabilidad en la construcción, al ofrecer una alternativa viable a los morteros tradicionales.

1. Se ha determinado que el mortero polimérico Brickaffix es una innovadora mezcla utilizada en la construcción, especialmente diseñada para mejorar las propiedades mecánicas y físicas en aplicaciones de mampostería. A diferencia de los morteros tradicionales, el mortero polimérico Brickaffix incorpora polímeros como aglomerantes en lugar a los cementantes convencionales como el cemento y la cal. Esta composición le confiere una mayor flexibilidad y resistencia.
2. Se han recopilado y analizado las normativas nacionales e internacionales pertinentes para la comparación entre el mortero hidráulico y el mortero polimérico Brickaffix. Entre esas normas se encuentran NMX-C-464-ONNCCE-2010, NMX-C-082- ONNCCE-2013, UNE-EN 998-1:2010, ASTM C1314 y ASTM E519.93.
3. Se han evaluado las propiedades mecánicas de los morteros hidráulicos con dosificaciones de 1:3, 1:4 y 1:5, y del mortero polimérico Brickaffix mediante ensayos de compresión, flexión y juntas mampostería. Estos ensayos, realizados conforme los procedimientos establecidos por las normas ASTM, han demostrado que el mortero polimérico Brickaffix tiene una mayor resistencia a la compresión en comparación con los morteros hidráulicos, ha demostrado una excelente adherencia a los bloques de mampostería, lo que contribuye a una mayor estabilidad y cohesión de las estructuras construidas y aunque el mortero polimérico obtuvo una menor resistencia a la flexión, lo que sugiere que, a pesar de sus ventajas en otros aspectos como la adherencia y la impermeabilidad, podría no ser la mejor opción en aplicaciones donde se requiera una alta resistencia a la flexión, sin embargo, su uso podría ser mejorado mediante ajustes en la técnica de aplicación para mejorar su desempeño en estas condiciones específicas.
4. Se han evaluado las propiedades físicas de los morteros hidráulicos y poliméricos a través de ensayos de porcentaje de absorción, porcentaje de flujo y peso unitario. Los resultados indican que el mortero polimérico Brickaffix absorbe significativamente menos agua,

presenta un flujo adecuado comparable al de los morteros hidráulicos y tiene una densidad similar a las dosificaciones de mortero hidráulico con las que fue comparado.

5. El mortero hidráulico en dosificaciones 1:3, 1:4 y 1:5 presenta una adecuada resistencia a la flexión, con valores de 525.72 PSI, 369.98 PSI y 273.82 PSI, respectivamente, lo que es suficiente para muchas aplicaciones de mampostería. Además, su disponibilidad es una ventaja significativa, sin embargo, su mayor absorción de agua, con porcentajes de absorción promedio de 14.63%, 13.88% y 14.39%, puede afectar su durabilidad en ambientes húmedos. En contraste, el mortero polimérico Brickaffix ofrece una resistencia a la compresión notablemente superior de 1,935.57 PSI y una menor absorción de agua del 4.35%, lo que mejora su durabilidad y hace que sea más adecuado para aplicaciones en ambientes húmedos, sin embargo, su menor resistencia a la flexión de 179.73 PSI puede ser una desventaja en comparación con los morteros hidráulicos tradicionales.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones adicionales sobre los aditivos específicos utilizados en los morteros poliméricos y su impacto en las propiedades mecánicas, para comprender mejor las diferencias con los morteros hidráulicos.
2. Llevar a cabo ensayos de tracción diagonal en muretes de mampostería con mortero polimérico, siguiendo la norma ASTM E 519.93, para evaluar completamente su comportamiento y compararlo con los morteros hidráulicos.
3. Realizar estudios a largo plazo sobre la durabilidad y el envejecimiento de los morteros poliméricos en diferentes condiciones ambientales, para comprender mejor su comportamiento a lo largo del tiempo en comparación con los morteros hidráulicos.
4. Explorar la posibilidad de desarrollar morteros híbridos que combinen los beneficios de los morteros poliméricos y los morteros hidráulicos, aprovechando las ventajas de cada uno.
5. Investigar más a fondo el impacto ambiental y la huella de carbono de los morteros poliméricos en comparación con los morteros hidráulicos, para evaluar su sostenibilidad a largo plazo.
6. Llevar a cabo estudios económicos comparativos entre el uso de morteros poliméricos y morteros hidráulicos, considerando los costos iniciales, los costos de mantenimiento y la vida útil esperada, para evaluar su viabilidad financiera en diferentes proyectos.
7. Promover la capacitación y la educación sobre el uso adecuado de los morteros poliméricos y las mejores prácticas para su aplicación, con el fin de garantizar su desempeño óptimo en obra.

## **VIII. APLICABILIDAD / IMPLEMENTACIÓN**

El proyecto de investigación será útil para todos aquellos en busca de investigar las propiedades mecánicas de ambos morteros, donde se detalle un estudio claro sobre las propiedades mecánicas de ambos materiales.

Los resultados de investigación serán compartidos con distribuidores autorizados del mortero polimérico Brickaffix en el país como documento de apoyo y respaldo técnico a las especificaciones del producto.

La investigación también puede servir como punto de inicio a todos aquellos interesados en darle seguimiento al estudio de las propiedades mecánicas de los materiales, sentando las bases en nuestra metodología, alterando variables mientras se toman en consideración los errores cometidos durante la metodología de ensayo. Tomando en consideración las variables controlables de laboratorio al momento de comparar el producto con otros materiales similares en el mercado.

El proyecto puede ser utilizado como referencia para profesionales de la construcción para la decisión de hacer uso de este producto en sus proyectos civiles relacionados a elementos de mampostería.

## **IX. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL / TRABAJO FUTURO**

Tras realizar el proyecto de investigación surgen nuevas inquietudes e inconvenientes a raíz del desarrollo de esta investigación. Dentro del nuevo bloque de inquietudes surgen nuevas preguntas que podrán realizarse a partir de las conclusiones obtenidas.

Dentro de las preguntas de investigación siempre alrededor del tema de morteros poliméricos se pregunta lo siguiente. ¿Acaso el mortero polimérico agiliza los procesos de construcción en aplicaciones de mampostería? ¿Acaso usar mortero polimérico resulta más económico en proyectos de construcción en el país? ¿Cómo se compara a largo plazo la durabilidad de los morteros poliméricos a un mortero convencional? Todas y más preguntas pueden ser abordadas a futuro si se desea conocer más sobre las propiedades del producto y el impacto a largo plazo en la economía del mortero.

## X. BIBLIOGRAFÍA

AENOR. (2024). *Morteros para albañilería*.

ASTM. (2008). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (using 2-in. or (50 mm) Cube Especimens)*.

ASTM International. (2010). *Standard Performance Specification for Hydraulic Cement*. West Conshohocken: ASTM International.

ASTM International. (2012). *Standard Specification for Masonry Cement*. West Conshohocken: ASTM International.

ASTM International. (2012). *Standard Specification for Mortar Cement*. West Conshohocken: ASTM International.

ASTM International. (2020). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*. West Conshohocken: ASTM International.

ASTM International. (2021). *Standard Specification for Extended Life Mortar for Unit Masonry*. West Conshohocken: ASTM International.

ASTM International. (2023). *Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry*. West Conshohocken: ASTM International.

ASTM International. (2024). *Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar*. West Conshohocken: ASTM International.

ASTM International. (2024). *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. West Conshohocken: ASTM International.

Barrera, G., Cruz, E., & López, M. (2012). *Concreto Polimérico Reforzado con Fibras: Efecto de la Radiación Gamma*.

Brickaffix. (2024). *Ficha Técnica y Seguridad del producto mortero polimérico Brickaffix*.

Casas, V. (2020). *Cómo elegir el mortero de reparación adecuado en 5 pasos*.

- Dávila, N., & Ramirez, Z. (2019). *Análisis Comparativo de Costos y Propiedades Mecánicas de Muretes Adheridos con "Massa Dun-Dun", Mortero Tradicional y Mortero Seco Predosificado.*
- De Guzmán, D. (2000). *Tecnología del Concreto y del Mortero.*
- Galván, J. C., & Guzmán, A. C. (2020). *Influencia de la Calidad del Agua Subterránea en la Resistencia a la Compresión de Morteros Hidráulicos.*
- González Lucas, Á. (2014). *Comportamiento frente a la durabilidad de morteros de reparación de cemento modificados con polímeros.*
- Grilo, J., Silva, A., Faria, P., Gameiro, A., Veiga, R., & Velosa, A. (2014). Mechanical and Mineralogical Properties of Natural Hydraulic Lime-Metakaolin Mortars in Different Curing Conditions. *Construction and Building Materials*, 51, 287-294. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.045>
- Huamán, D. (2011). *Fuentes de Información: Fuentes Primarias, Secundarias y Terciarias.*
- Huertas, J. C. (2022). *Evaluación del Comportamiento del Mortero de Cemento Polimérico como Adherente para Unidades de Mampostería Adherente.*
- Massa Dun Dun. (2024). *Ficha Técnica y Seguridad del Producto Mortero polimérico Massa Dun Dun.*
- Matta, E. (2018). *Estudio Comparativo del Mortero Convencional y el Mortero Polimérico en el Comportamiento Mecánico de Muros de Albañilería.*
- Mercado, A. (2022). *La Construcción y su Impacto Ambiental - Brickaffix.*
- Morales, P. (2012). *Tipos de Variables y sus Implicaciones en el Diseño de una Investigación.*
- Osorio, J. D. (2022). *¿Cómo se evalúa la calidad de un mortero?*
- Pasos, I., Pacheco, J., García, J., & Brockman, S. (2017). *Estudio del comportamiento de Morteros Cemento-Arena en Proporciones 1:3 y 1:4 para Diferentes Porcientos de Sustitución de Arena Natural por Reciclada.*
- Payá, V., Serrano, M., Giner, E., & Andrés, R. (2012). *Evolución de la Resistencia del Hormigón con la Edad y la Temperatura.*

Reyes, J. C. (2024). *Informe de Vinculación: Investigación y Evaluación de Brickaffix como Material de Construcción Innovador.*

Romero, A. F., & Hernández, J. C. (2014). *Diseño de Mezclas de Hormigón por el Método A.C.I y Efectos de la Adición de Cenizas Volantes de Termotasajero en la Resistencia a la Compresión.*

Ruiz, M., Borboa, M., & Rodríguez, J. (2013). *El Enfoque Mixto de Investigación en los Estudios Fiscales.*

Serrano, G. (2012). *Concreto Hidráulico: Componentes, Propiedades Mecánicas, Usos y Aplicaciones.*

Venero, F. F. (2020). *Caracterización y Comparación del Uso de Morteros de Cementos Portland y Mortero Polimérico en Muros de Albañilería.*

# ANEXOS

## Anexo 1 Asesoría Temática 1


ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO   | Nº: 1   |                 |
|---|---|-----------------|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúniga   |   |                 |
| 1.  | Asesoramiento e indicaciones para la fabricación de moldes de ensayo para trabajar con Brickaffix.                            |                 |
| 2.  | Se recomendó se elaborará moldes a partir de plywood para realizar los cubos debido a las propiedades adhesivas del material. |                 |
| 3.  | Se recomendó que cada cara de los moldes se forrará con papel aluminio para facilitar su desencofrado.                        |                 |
| 4.  | Se revisó los cálculos de cantidad de materiales para los ensayos y probetas con mortero hidráulico.                          |                 |
| 5.  |   |                 |
| 6.  |   |                 |
| 7.  |   |                 |
| 8.  |   |                 |
| 9.  |   |                 |
| 10.   |   |                 |
| <br>FIRMA DEL ASESOR |    | Fecha: 06/05/24 |

## Anexo 2 Asesoría Temática 2


ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO  | N°: 2   |                 |
|--|---|-----------------|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúniga  |   |                 |
| <p>1. Elaboración de cubos de ensayo de mortero polimérico Brickaffix.</p> <hr/> <p>2. Se recomendó se fijarán con masking tape las caras de los moldes y se fijarán con una banda elástica.</p> <hr/> <p>3. Se recomendó se destapará una cara por día por la naturaleza del material de endurecimiento con el aire.</p> <hr/> <p>4. _____</p> <hr/> <p>5. _____</p> <hr/> <p>6. _____</p> <hr/> <p>7. _____</p> <hr/> <p>8. _____</p> <hr/> <p>9. _____</p> <hr/> <p>10. _____</p> |   |                 |
| <br>FIRMA DEL ASESOR  | <br>SEHO | Fecha: 07/05/24 |

### Anexo 3 Asesoría temática 3



ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO   | Nº: 3   |
|---|---|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúniga   |   |
| 1.  | Se desmoldaron las primeras caras de los cubos de ensayo de Brickaffix despacio y con cuidado.  |
| 2.  | Se corroboró la dosificación de mortero hidráulico para realizar los cubos de ensayo.   |
| 3.  | Se realizo el ensayo de flujo para la dosificación 1:3 en el que se recomendó practicar los 25 golpes en 15 segundos antes de probar el material. |
| 4.  | Se recomendó se trabajará de manera rápida pero eficiente para evitar el material empiece a fraguar.  |
| 5.  |   |
| 6.  |   |
| 7.  |   |
| 8.  |   |
| 9.  |   |
| 10.   |   |
| <br>FIRMA DEL ASESOR |    |
| Fecha: 08/05/24   |   |

## Anexo 4 Asesoría temática 4

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO   | N°: 4  |                 |
|---|--|-----------------|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúniga   |  |                 |
| 1. Se terminó de realizar los cubos de ensayo con el resto de las dosificaciones, 1:4 y 1:5.  |  |                 |
| 2. Se recomendó se verificará que todas las dosificaciones de mortero hidráulico tuviesen la misma trabajabilidad avalado por el diámetro en el ensayo de flujo.  |  |                 |
| 3. Se siguió destapando las caras de los moldes con mortero polimérico Brickaffix dejando la cara recién destapada viendo hacia arriba para evitar deformaciones. |  |                 |
| 4. Se curar los cubos hechos con mortero hidráulico superficial y únicamente durante la primera semana, para asemejarse lo más posible a la realidad en campo.    |  |                 |
| 5. Se recomendó que la arena de río no se lavaré completamente para asemejarse a la realidad en campo y la realidad de los morteros realizados en obra.           |  |                 |
| 6. _____  |  |                 |
| 7. _____  |  |                 |
| 8. _____  |  |                 |
| 9. _____  |  |                 |
| 10. _____   |  |                 |
| <br>FIRMA DEL ASESOR   | <br>SEIJO | Fecha: 11/05/24 |

## Anexo 5 Asesoría temática 5



ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO  | N°: 5   |
|--|---|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúniga  |   |
| 1. Se recomendó buscar una dosificación para un concreto de alta resistencia para elaborar la viga para realizar el ensayo a flexión con el mortero polimérico   |   |
| 2. Se recomendó elaborar una viga de concreto con alta resistencia para reventarla primero para luego volver a pegarla usando Brickaffix para posteriormente volver a probarla a flexión y el concreto no vuelva a fallar. |   |
| 3. Se elaboraron las demás vigas con las tres dosificaciones de mortero hidráulico y se recomendó estas si se curaran por completo por los antecedentes no estructurales del material a flexión.                           |   |
| 4. De igual manera, una vez que todos los cubos de ensayo de mortero polimérico fueron desmoldados, se recomendó se nivelaran los cubos usando más Brickaffix o raspando con una espátula.                                 |   |
| 5. Se recomendó humedecer las herramientas al elaborar probetas de mortero hidráulico para evitar que las herramientas absorbieran el agua en la mezcla.   |   |
| 6. _____   |   |
| 7. _____   |   |
| 8. _____   |   |
| 9. _____   |   |
| 10. _____  |   |
| <br>FIRMA DEL ASESOR  |  |
|  | Fecha: 23/05/24   |

## Anexo 6 Asesoría temática 6

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO   | Nº: 6   |
|---|---|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúñiga   |   |
| <p>1. Se asesoró en la elaboración de las probetas de mampostería con cada uno de los materiales, la geometría de la probeta, el espesor de la junta y cualquier imperfección en la junta de morteros.</p> <p>2. Se recomendó dejar las probetas de mortero hidráulico en su lugar durante unos días sin moverlo por el tiempo de endurecimiento del mortero hidráulico.</p> <p>3. Se recomendó no humedecer los ladrillos al realizar la probeta con mortero polimérico según las indicaciones del fabricante.</p> <p>4. Se verificó las probetas realizadas en los ensayos anteriores para supervisar la calidad de los ensayos a realizarse posteriormente.</p> <p>5. _____</p> <p>6. _____</p> <p>7. _____</p> <p>8. _____</p> <p>9. _____</p> <p>10. _____</p> |   |
| <br>FIRMA DEL ASESOR   |  |
|   | Fecha: 29/05/24   |

## Anexo 7 Asesoría temática 7

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO   | Nº: 7   |                 |
|---|---|-----------------|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúniga   |   |                 |
| <p>1. Tras pasados los 28 días desde la elaboración y el curado durante la primera semana desde su elaboración, se sometieron a compresión simple cada cubo de ensayo.</p> <p>2. Se reventó cada cubo hasta que fallara en dos ocasiones o por mitad en el caso de los cubos de mortero hidráulico.</p> <p>3. Por las propiedades del mortero polimérico Brickaffix se sometió a compresión hasta su fractura por completo.</p> <p>4. Se preparó la viga para el ensayo a flexión con Brickaffix, una viga fue elaborada acostada mientras que otro vertical con una de las mitades de la viga actuando sobre la otra mitad adherida con Brickaffix.</p> <p>5. _____</p> <p>6. _____</p> <p>7. _____</p> <p>8. _____</p> <p>9. _____</p> <p>10. _____</p> |   |                 |
| <br>FIRMA DEL ASESOR   |  | Fecha: 07/06/24 |

## Anexo 8 Asesoría temática 8

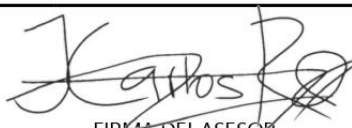

ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO   | Nº: 8   |                 |
|---|---|-----------------|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúniga   |   |                 |
| 1.  | Tras haber cumplido los 28 días de las vigas de mortero hidráulico y completamente endurecido la junta de vigas con Brickaffix se sometió a flexo-compresión.   |                 |
| 2.  | El ensayo realizado con las vigas se conoce cómo ensayo de 3 puntos, siendo los apoyos a los extremos y una carga puntual en el centro del claro.   |                 |
| 3.  | También se probaron las probetas de junta de mampostería a compresión. Al ser un ensayo empírico y no contar con referencias previas los resultados carecen de válides técnica.                               |                 |
| 4.  | Se recomendó agregar cómo observaciones la manera en la que las probetas de junta de mampostería, si los ladrillos fallaron primero, trayectoria de la falla, adherencia de la junta con la mampostería, etc. |                 |
| 5.  | Se recomendó agregar el índice de rotura para las vigas sometidas a flexo-compresión según indicaciones del asesor temático.  |                 |
| 6.  | _____   |                 |
| 7.  | _____   |                 |
| 8.  | _____   |                 |
| 9.  | _____   |                 |
| 10.   | _____   |                 |
| <br>FIRMA DEL ASESOR | <br>SELLO  | Fecha: 19/06/24 |

## Anexo 9 Asesoría temática 9



ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Propiedades mecánicas mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                              | CUENTA   |
|-------------------------------------|----------|
| Fernando José Peralta Villacorta    | 11941047 |
| Danilo Alessandro Hernández Sánchez | 11911083 |

| ASESORAMIENTO   | Nº: 9   |
|---|---|
| ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes Zúniga   |   |
| 1.  | Previamente se pegaron más vigas adheridas con mortero polimérico Brickaffix, reciclado vigas elaboradas en laboratorios previamente cuya falla se dio por el centro.   |
| 2.  | Las tres vigas adicionales se prepararon de manera vertical, tras observaciones de las primeras iteraciones del ensayo.   |
| 3.  | Igual se recomendó meter las vigas al horno durante una a dos horas al pasar los 3 días para asegurar el endurecimiento y secado total del material según recomendaciones del proveedor nacional y asesoría de laboratorio. |
| 4.  | No fue necesario identificar la calidad de las vigas adheridas debido a que el elemento a evaluar es el mortero polimérico como material de pega y su resistencia a la flexión.   |
| 5.  | A parte de tomar el dato a la cual la viga falló, se toma en cuenta la manera en la que falló, si fallo la junta, si el concreto o material de la viga fallo, si la junta se mantuvo adherida a la viga, etc.               |
| 6.  | Se discutió la posibilidad de brindarle seguimiento a los ensayos con el material Brickaffix en base a la experiencia de investigación. Y la investigación a futuro con el material.  |
| 7.  |   |
| 8.  |   |
| 9.  |   |
| 10.   |   |
| <br>FIRMA DEL ASESOR |    |
| Fecha: 22/06/24   |   |

### Anexo 10 Asesoría temática 10


#### ACTA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO

NOMBRE DEL PROYECTO:

Comparación propiedades mortero hidráulico y polimérico

INTEGRANTES:

| NOMBRE                | CUENTA   |
|-----------------------|----------|
| Danielo Hernandez     | 11951083 |
| Fernando José Peralta | 11951077 |

| ASESORAMIENTO   |  | Nº: <u>10</u>          |
|---|--|------------------------|
| ASESOR:   | <u>Lic. Gino Valladares (Brickaffix Hn)</u>  |                        |
| 1.  | Se asistió a la charla técnica organizada por la facultad de Ingeniería sobre Mortero Prefabricado Brickaffix.   |                        |
| 2.  | En la charla se conversó con el Lic. Valladares proveedor nacional de Brickaffix.  |                        |
| 3.  | En la charla se dieron a conocer ciertas recomendaciones y metodología de uso del material.  |                        |
| 4.  | Se conoció profundamente los usos del material y su éxito en el rubro real.  |                        |
| 5.  | Se extendió la invitación a realizar recorrida a uno de los proyectos actuales usando Brickaffix para escuchar de la experiencia de constructores en obra. |                        |
| 6.  |  |                        |
| 7.  |  |                        |
| 8.  |  |                        |
| 9.  |  |                        |
| 10.   |  |                        |
| <br>FIRMA DEL ASESOR |  | SEIIO                  |
|   |  | Fecha: <u>24/02024</u> |