

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES
FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS MORTEROS PARA
REPELLO CONVENCIONALES CON LOS MEJORADOS
CON ADITIVOS Y REFORZADOS CON FIBRA**

PRESENTADO POR:

JOSÉ ANTONIO AGUILAR GUEVARA

MARVIN ALEXANDER CONTRERAS ORTIZ

CARLOS EDUARDO HIDALGO MURCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERIO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Msc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA

SECRETARIO:

ARQ. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR (INTERINO):

ING. CARLOS ALBERTO ESCOBAR FLORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

TÍTULO:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES
FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS MORTEROS PARA
REPELLO CONVENCIONALES CON LOS MEJORADOS
CON ADITIVOS Y REFORZADOS CON FIBRA**

PRESENTADO POR:

JOSÉ ANTONIO AGUILAR GUEVARA
MARVIN ALEXANDER CONTRERAS ORTIZ
CARLOS EDUARDO HIDALGO MURCIA

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

DOCENTES ASESORES:

ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA

SAN SALVADOR, JUNIO 2024

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

DOCENTE ASESOR:

ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA

AGRADECIMIENTOS.

A MIS PADRES: Por todo el esfuerzo dedicado hacia mi persona hasta la fecha, por sus enseñanzas y valores. A mi padre por enseñarme el esfuerzo de trabajo y la responsabilidad, A mi madre por enseñarme el valor de la perseverancia y tenacidad. Agradezco todo su esfuerzo, su apoyo incondicional han forjado en mi un carácter y mi persona.

A MI HERMANA: Por su apoyo incondicional y acompañamiento. Por ser a la única persona que confió en este mundo. Un vínculo que sobrepasa la consanguinidad

A MI HERMANO: Por su apoyo incondicional y acompañamiento. Por ser mi hermano, Por ser mi mejor amigo de infancia y de vida. Un vínculo que sobrepasa la consanguinidad

Agradezco a cualquier persona que me apoyo durante el desarrollo de mi carrera, A mis compañeros por acompañarme en este viaje de carrera y pasar buenos momentos durante la carrera, los recuerdo aun en mi memoria.

Ante todo, agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de culminar por fin este proceso que fue complicado y tedioso en ocasiones. Pero ocasiones divertido y maravilloso como la vida misma que me ha brindado.

Atentamente

JOSÉ ANTONIO AGUILAR GUEVARA.

AGRADECIMIENTOS.

A MIS PADRES: Por ser mi principal apoyo, mi mayor fuerza e inspiración. A mi madre Ana Guadalupe Ortiz por ser el consuelo que siempre necesite y por ser la voz de perseverancia que siempre me impulso a no rendirme. A mi padre Julio Cesar Contreras Hernández que en paz descanse, por ser mi principal inspiración, quién a través de su trabajo y experiencias me llevo a escoger esta profesión, a él quién me acompañó al inicio de este viaje siendo mi principal apoyo, perdurando en mi memoria y la de mi familia, mi mayor orgullo.

A MIS COMPAÑEROS: Por ser la fuerza que impulso este trabajo, quienes cuya insistencia me han llevado a finalizarlo. Por ellos que aportaron todo lo que podían dar e incluso más, por su esfuerzo y perseverancia.

A MIS HERMANOS: Quienes me ayudaron a soportar las cargas y responsabilidades que conlleva estudiar y trabajar, por ser la fuerza sin la cual no hubiera podido dedicar tiempo y dedicación a este trabajo.

Al ingeniero Dilber Antonio Sánchez Vides que en paz descanse, quién fue el principal autor en la creación de este trabajo, a nuestro asesor ingeniero Mauricio Ernesto Valencia por su guía y apoyo en la finalización de este trabajo. Finalmente, agradezco a Dios, por su guía y apoyo, por iluminar y guiar mi camino. Gracias por todo.

Atentamente

MARVIN ALEXANDER CONTRERAS ORTIZ.

AGRADECIMIENTOS.

A MI MADRE: María Marta Murcia que ha sabido formarme como una persona con valores y principios.

A MI PADRE: Francisco José Hidalgo que en paz descansa y me acompañó en gran parte de mi vida apoyándome en lo que pudo.

A MI FAMILIA: mi hijo Carlos Daniel Hidalgo Hernández y mi esposa Elsa Gloria Hernández Pineda quiénes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

Doy gracias a Dios por permitirme tener la experiencia y oportunidad dentro de La Universidad, Gracias a mis padres por ser los principales impulsores de mis estudios, gracias a ellos por confiar y creer en mí y en mis expectativas. Gracias a los testigos de las largas y agotadoras noches de estudio.

Gracias a el ingeniero Dilber Antonio Sánchez Vides que en paz descansa por ser el primero en confiar en nosotros y dar el visto bueno para la realización de esta investigación, a nuestro asesor de tesis ingeniero Mauricio Ernesto Valencia por la paciencia y confianza que nos tuvo para nosotros lograr culminar la investigación.

Atentamente

CARLOS EDUARDO HIDALGO MURCIA.

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------------|-------|
| INTRODUCCIÓN | xviii |
| CAPÍTULO I: GENERALIDADES | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 5 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 7 |
| 1.3.1. Objetivo General | 7 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos | 7 |
| 1.4. ALCANCES | 8 |
| 1.5. LIMITACIONES..... | 9 |
| 1.6. JUSTIFICACIÓN..... | 10 |
| CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL..... | 12 |
| 2.1. Marco histórico | 12 |
| 2.1.1. Morteros prehistóricos..... | 12 |
| 2.1.2. Morteros modernos | 16 |
| 2.1.3. Morteros actuales..... | 20 |
| 2.2. Marco teórico | 22 |
| 2.2.1. Mortero..... | 23 |
| 2.2.2. Definición del mortero | 24 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.2.2.1. | Componentes del mortero | 25 |
| 2.2.3. | Propiedades de los morteros..... | 31 |
| 2.2.3.1. | Propiedades de los morteros en estado fresco..... | 31 |
| 2.2.3.2. | Propiedades del mortero en estado endurecido | 37 |
| 2.2.4. | Tipos de repello..... | 39 |
| 2.2.4.1. | Dosificaciones. | 41 |
| 2.2.4.2. | Procesos de elaboración del mortero | 42 |
| 2.2.4.3. | Causas y tipos de deterioro | 44 |
| 2.2.4.4. | Reglamentos y normas..... | 52 |
| CAPÍTULO III: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES | | 55 |
| 3.1. | Cemento | 55 |
| 3.1.1. | Elección del tipo de cemento | 55 |
| 3.1.2. | Gravedad específica ASTM C-188 | 56 |
| 3.1.3. | Resistencia a la compresión del cemento ASTM C-91, ASTM C-109 | |
| | 60 | |
| 3.2. | Agua | 63 |
| 3.3. | Aditivos | 63 |
| 3.3.1. | Tipos de aditivos para mortero..... | 63 |
| 3.3.1.1. | Aditivos para mortero..... | 64 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 3.3.1.2. | Aditivos por utilizar en ensayos de adherencia y resistencia.. | 64 |
| 3.4. | Fibra | 68 |
| 3.5. | Agregado fino..... | 70 |
| 3.5.1. | Granulometría y módulo de finura | 70 |
| 3.5.2. | Gravedad específica y absorción | 77 |
| 3.6. | Ensayo al mortero en estado plástico y endurecido..... | 80 |
| 3.6.1. | Fluidez ASTM C-1437 y ASTM C-109..... | 80 |
| 3.6.2. | Tiempo de fraguado ASTM C-403..... | 84 |
| 3.6.3. | Resistencia a la compresión de los morteros ASTM C-109 | 88 |
| 3.6.4. | Método de ensayo estándar para la resistencia a la tracción de las superficies de concreto y la fuerza de adherencia o resistencia a la tracción de los materiales de reparación y recubrimiento de hormigón por tensión directa (método Pull-Off)..... | 95 |
| | CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y ENSAYOS | 98 |
| 4.1. | Materiales constructivos | 98 |
| 4.1.1. | Proceso constructivo | 99 |
| 4.1.2. | Condiciones al momento de colocar la mezcla | 100 |
| 4.1.3. | Resistencia a la compresión ASTM C-109..... | 103 |
| 4.1.4. | Esfuerzo de adherencia de revestimiento usando equipo de adhesión portátiles ASTM C-1583 | 109 |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 119 |
| 5.1. Comparación de los resultados de laboratorio y campo de los morteros evaluados..... | 119 |
| 5.2. Evaluación de los resultados de adherencia o Pull Off de los repellos con los datos de resistencia a la compresión..... | 127 |
| CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 134 |
| 6.1. Conclusiones | 134 |
| 6.2. Recomendaciones..... | 136 |
| Bibliografía | 138 |
| ANEXOS | 139 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 “Ensayo de fluidez ASTM C-1437” | 31 |
| Figura 2 “Mesa de flujo” | 33 |
| Figura 3 “Aparato de Filtración. Para ensayo ASTM C1506.” | 35 |
| Figura 4 “Componentes del aparato de filtración” | 36 |
| Figura 5 “Equipo para ensayo de determinación de la Gravedad Específica del cemento” | 56 |
| Figura 6 “Frasco Le Chatelier” | 57 |
| Figura 7 “Aditivo Reflex Bond Latex, presentación de un galón” | 64 |
| Figura 8 “Aditivo ADIBOND, presentación de una lata” | 66 |
| Figura 9 “Mezcla para repello interior decoblock gris grueso DECOBLOCK, presentación bolsa de 40kg” | 68 |
| Figura 10 “Aditivo Adifibra Plus” | 68 |
| Figura 11 “Agregados finos” | 73 |
| Figura 13 “Determinación de la masa de la muestra” | 74 |
| Figura 14 “Material tamizado y pesado” | 74 |
| Figura 15 “Curva granulométrica” | 76 |
| Figura 16 “Determinación de la masa del picnómetro” | 78 |
| Figura 17 “Llenado del picnómetro” | 78 |
| Figura 18 “Material y equipo para el ensayo de fluidez” | 81 |
| Figura 19 “Mezclador Mecánico y materiales para la mezcla” | 81 |
| Figura 20 “Mesa de fluidez” | 82 |

| | |
|--|-----|
| Figura 21 “Mezclador Mecánico” | 84 |
| Figura 22 “Molde utilizado para ensayo de tiempos de fraguado” | 85 |
| Figura 23 “Prueba de tiempos de fraguado en espécimen de mortero” | 86 |
| Figura 24 “Gráfica Tiempo Vs Penetración” | 87 |
| Figura 25 “Moldes de cubos de mortero para resistencia a la compresión” | 89 |
| Figura 26 “Material y equipo para mezcla de materiales “ | 90 |
| Figura 27 “Cubos de morteros para determinación de la resistencia a compresión a los 7 y 28 días” | 91 |
| Figura 28 “ <i>Superficies de falla</i> ” | 95 |
| Figura 29 “ <i>Instrumentos utilizados para pruebas de adherencia</i> ” | 96 |
| Figura 30 “Morteros aplicados sobre bloques de mampostería” | 103 |
| Figura 31 “Realización de ensayo de fluidez en morteros” | 104 |
| Figura 32 “Realización de ensayo de compresión en espécimen cúbico de mortero” | 104 |
| Figura 33 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero base proporción 1:2.5” | 106 |
| Figura 34 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con aditivo fibras” | 107 |
| Figura 35 “Gráfica de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con aditivo fibras” | 108 |
| Figura 36 “Realización de Ensayo Pull Off sobre repellos aplicados a bloques de mampostería” | 110 |

| | |
|---|-----|
| Figura 37 “Bloques de mampostería sometidos a ensayos Pull Off” | 110 |
| Figura 38 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5” | 111 |
| Figura 39 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adibond” | 112 |
| Figura 40 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adireflex” | 114 |
| Figura 41 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adifibra” | 115 |
| Figura 42 “Fallas presentadas durante ensayo Pull Off” | 117 |
| Figura 43 “Comparación de los resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de los morteros” | 123 |
| Figura 44 “Comparación de los resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de los morteros” | 124 |
| Figura 45 “Gráfico comparativo de Resistencia a la compresión de los morteros” | 125 |
| Figura 46 “Determinación de los diámetros para determinación de la Fluidéz del mortero” | 126 |
| Figura 47 “Gráfico Resistencia promedio a tracción para los tipos de mortero de repello a los 7 días” | 127 |
| Figura 48 “Gráfico Resistencia promedio a tracción para los tipos de mortero de repello a los 28 días” | 128 |

| | |
|---|-----|
| Figura 49 “Gráfico comparativo - Resistencias a la tracción en morteros de repello” | 129 |
| Figura 50 “Gráfico resistencia a los 7 días - Compresión y tracción” | 131 |
| Figura 51 “Gráfico resistencia a los 28 días - Compresión y tracción” | 132 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 “Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación”. Fuente: concreto y mortero fresco | 34 |
| Tabla 2 “Dosificaciones para morteros”. Fuente: concreto y mortero fresco | 41 |
| Tabla 3 “Selección del tamaño de la muestra de prueba”. Fuente: norma ASTM C-117 | 71 |
| Tabla 4 “Análisis por tamizado de agregados gruesos y fino”. Fuente: propia... | 72 |
| Tabla 5 “Tabla resumen del análisis por tamizado de agregados gruesos y fino”. Fuente: propia | 75 |
| Tabla 6 “Calificación de las arenas en función del módulo de finura”. Fuente: ASTM C-897 | 76 |
| Tabla 7 “Lecturas obtenidas del ensayo de Fluidez”. Fuente: propia | 83 |
| Tabla 8 “Lecturas obtenidas durante el ensayo de Tiempos de Fraguado”, Fuente: propia | 86 |
| Tabla 9 “Dimensiones y masas de los cubos de mortero para resistencia a la compersión”. Fuente: propia | 93 |
| Tabla 10 “Resistencia a los 7 y 28 días de los cubos de mortero”. Fuente: propia | 94 |
| Tabla 11 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero base proporción 1:2.5”. Fuente: propia | 105 |
| Tabla 12 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con aditivo fibras”. Fuente: propia | 106 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 13 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con aditivo fibras”. Fuente: propia..... | 107 |
| Tabla 14 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con Adibond”. Fuente: Propia..... | 113 |
| Tabla 15 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adireflex”. Fuente: propia..... | 114 |
| Tabla 16 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adifibra”. Fuente: propia | 116 |
| Tabla 17 “Tabla comparativa - Resistencia a la compresión”. Fuente: NORMA ASTM C-91 Y ASTM C-1157. | 120 |
| Tabla 18 “Clasificación de los bloques de acuerdo a la densidad”. Fuente: grupo SALTEX | 121 |
| Tabla 19 “Resistencia promedio a compresión a los 7 días para los tipos de mortero de repello”. Fuente: propia..... | 123 |
| Tabla 20 “Resistencia promedio a compresión a los 28 días para los tipos de mortero de repello”. Fuente: propia..... | 124 |
| Tabla 21 “Tabla resumen de Resistencia promedio a tracción para los tipos de mortero de repello a los 7 días””. Fuente: propia | 127 |
| Tabla 22 “Tabla resumen de Resistencia promedio a tracción para los tipos de mortero de repello a los 28 días”. Fuente: propia..... | 128 |
| Tabla 23 “Tabla resumen comparativa - Resistencias a la tracción en morteros de repello”. Fuente: propia | 129 |

INTRODUCCIÓN

Podemos definir a los morteros como la mezcla resultante de la unión de cemento (Portland u otros materiales cementantes), agregados finos y agua, que, al endurecer, puede llegar a obtener propiedades físicas y mecánicas semejantes a la de una mezcla de concreto.

A lo largo de la historia se ha utilizado como aglutinante para la mampostería, siendo utilizado en sus inicios diferentes materiales, tales como el mortero de cal, hasta hoy en la actualidad que se utilizan cementos portland para su elaboración, adoptando esta práctica desde inicios del siglo XX. Sin embargo, siempre se siguen empleando los morteros de cal y yeso en la reparación de juntas de edificios y estructuras de mampostería, existiendo así, varios tipos de morteros de cemento y aditivos actualmente.

Por lo tanto, hoy en día es principalmente utilizado para pegar/aparejar elementos de construcción o en el recubrimiento de muros de mampostería, por lo cual es especialmente útil en las labores de albañilería, en donde es utilizado para revestir y proteger las superficies construidas.

Esto último ligado siempre a brindar acabados más estéticos, sino también orientados a cumplir funciones mecánicas, que van desde la más obvia que sería la protección de las fachadas de los muros de mampostería, hasta funciones como impermeabilización, aislamiento térmico/acústico, entre otras más.

Es por lo que se buscará analizar las mejores propiedades del mortero utilizado para repello, mediante el uso de diferentes aditivos a la mezcla del mismo, entre los cuales se encuentra la fibra , la cual es ampliamente utilizada en el campo de la industria comercial, como la elaboración de muebles (puertas, mesas, entre otros), hasta su empleo en la industria automotriz, donde es ampliamente utilizado en la fabricación, tanto de interiores como en la elaboración de la carrocería misma, dónde ha demostrado un gran desempeño como material aditivo (puesto que por lo general se utiliza en conjunto con resinas epóxicas), así como una alternativa económica y viable debido a su bajo costo

CAPÍTULO I: GENERALIDADES



CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Actualmente, en la construcción de edificaciones donde es muy común la utilización de mampostería para la construcción de paredes y se llega al momento de brindar acabados a los revestimientos sobre las paredes es común encontrarse con el uso de materiales de baja calidad por el ahorro de costos, la implementación de malas prácticas constructivas, el abuso en la cantidad de agua utilizada en la mezcla reduciendo en gran medida la resistencia, adherencia, durabilidad y ergonomía de los repellos fabricados en sitio y por consiguiente poniendo en riesgo la esperanza de vida del acabado final.

El sistema constructivo con mampostería es ampliamente utilizado en nuestro país, sin embargo la información disponible para mejorar la práctica y la calidad de los materiales utilizados para dar su recubrimiento y acabado final es muy escasa, los documentos que establecen las especificaciones para el uso y tipos de repello no son lo suficientemente claros generando ambigüedades y confusión, ya que por ejemplo sólo se especifican dosificaciones para el mortero de repello pero no hay datos respecto a que tipos usar para reducir costos y mejorar sus propiedades físicas o cuales son los idóneos para construcciones antiguas donde hay una diferencia en procesos constructivos de la época antigua con respecto a las nuevas formas de implementación de procesos constructivos nuevos.

Tal y como se ha demostrado en estudios anteriores, el buen comportamiento del mortero de repello estándar, es decir, el fabricado a base de cemento y agregados finos depende directamente de sus propiedades físicas inherentes, en primera instancia de su resistencia a esfuerzos de compresión, dónde se ha comprobado que cumple con las especificaciones mínimas de resistencia establecidos en la norma ASTM C270 y finalmente en su resistencia de adherencia¹, por lo cual servirán como parámetros de referencia en el estudio del comportamiento de los morteros mejorados con aditivos y los reforzados con fibra.

A continuación, se hace referencia a previas investigaciones realizadas sobre el tema:

- **MORTEROS PARA REPELLO: Técnicas de Aplicación y Medición de La Adherencia, Revista ISCYC. Nº 53, Año 14**

A partir de la comparación del desempeño de los morteros para repello mediante la variación de los tipos de cemento; se concluyó que el Cemento Portland de mampostería ASTM C-91 proporciona un mejor desempeño, tanto en los estados plástico y endurecido, el cual proporciona a su vez, una reacción superior frente a los cambios volumétricos producidos al emplear mortero para repello. Por otra parte, en las paredes donde se empleó el repello a base de Cemento Portland

¹ Análisis de adherencia en morteros de pega y morteros de repello utilizados en mampostería de ladrillos de suelo cemento, Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente Departamento de Ingeniería y Arquitectura, 2012

ASTM C-1157 tipo “GU”, la adhesión presentó problemas tanto en los estados plástico y endurecido. Con la variación de espesores, demostraron tener un mejor desempeño, en términos de adherencia y estabilidad volumétrica, las capas de repello de 5 mm, presentando resultados mayores en la condición de superficie seca; puesto que, de acuerdo con la investigación, las condiciones de humedad de las superficies cercanas a la saturación generan problemas en los estados plástico y endurecido. Sosteniendo lo anterior, se obtuvo que los valores más altos de adherencia fueron obtenidos cuando se empleó Cemento Portland de Mampostería ASTM C-91, dando los valores de resistencia de 10.50 y 9.83 kg/cm² para los espesores de 5 y 10 mm respectivamente; en tanto para los repellos a base de Cemento Portland ASTM C-1157 tipo “GU”, se obtuvieron valores inferiores, es decir, 4.62 y 3.15 kg/cm², para espesores de 5 y 10 mm respectivamente.

- **ARTURO BUSTOS GARCÍA, 2018, MORTEROS CON PROPIEDADES MEJORADAS DE DUCTILIDAD POR ADICIÓN DE FIBRAS DE VIDRIO, CARBONO Y BASALTO, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.**

Las inconveniencias presentadas por el uso de morteros de cemento han derivado en un creciente interés en el empleo de morteros de cal aérea, al considerarse materiales más adecuados en intervenciones sobre fábricas históricas. Sin embargo, dichos morteros presentan limitaciones como, por ejemplo, su escasa resistencia mecánica a corto plazo y la dificultad de

carbonatación del conglomerante en determinadas circunstancias. Por esta razón, se ha intensificado el uso de cal hidráulica en intervenciones de edificios pertenecientes al patrimonio histórico, por tratarse de un material puente entre la cal aérea y el cemento Portland.

- Las propiedades físicas de los morteros se ven modificadas por la adición de fibras en matriz, independientemente del tipo de conglomerante.
- Un aumento progresivo de la cantidad de fibras añadidas implica un descenso de consistencia lo que repercute a la trabajabilidad de la mezcla.
- El mortero de cemento sufre una pérdida progresiva de resistencias mecánicas según aumenta en contenido de fibras independientemente de la naturaleza de estas.
- La capacidad de absorción de energía de los morteros, tanto a flexión como compresión aumenta considerablemente con la adición de fibras.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El origen de los morteros se remonta hace varios siglos, los cuales siempre han estado íntimamente ligados al origen mismo de los conglomerantes, que forman parte importante de su composición. Desde conglomerantes hidráulicos procedentes de la calcinación de algas, empleadas en la formación de las paredes de las chozas en la antigüedad, hasta el descubrimiento y ampliado uso de los cementos hidráulicos Portland; material íntimamente ligado a la producción de los morteros en la actualidad.

A pesar de que existen investigaciones acerca de los Morteros para Repello y más aún sobre la mampostería como sistema constructivo, existe un escaso conocimiento sobre las propiedades de dicho mortero y las implicaciones que su uso conlleva, aunado a esto, no se encuentran establecidos los valores mínimos de resistencia, cohesión y especialmente adherencia, en ninguna norma nacional e internacional.

Sin importar la época, siempre ha existido una problemática arraigada a este material, siendo esta su durabilidad. Es por ello por lo que se han realizado varias investigaciones a lo largo de la historia con el único fin de conseguir mejoras significables, tanto en el comportamiento mecánico del mismo, como en sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido, orientados a mejorar su facilidad de elaboración, empleo y uso en obra.

Entre las practicas comunes en la actualidad, tenemos el amplio uso de aditivos, con el único fin de mejorar selectivamente ciertas propiedades de los morteros, según lo demandan las diversas especificaciones de cada proyecto, siendo los ejemplos más comunes y de más amplio uso los retardadores de fraguado y los aditivos inclusores de aire o plastificantes, cuyos resultados esperados están orientados a mejorar el manejo de los morteros en obra. Sin embargo, también existe el interés y estudio por la inclusión de otros materiales en la mezcla de los morteros con el objetivo de mejorar las propiedades de estos ya en su estado endurecido, resultando finalmente en conseguir prolongar su período de vida útil. Para lograrlo, se debe lograr superar todos aquellos agentes que representen una manera de desgaste a dicho material, ya sea por la acción de agentes externos como variaciones en la temperatura ambiental, intensidad de los vientos, intemperismo físico/químicos; así como también por la acción adversa de los componentes propios que forman los morteros.

Es por lo que se busca realizar en el presente trabajo, el estudio e investigación de la inclusión del aditivo, fibra, en los morteros utilizados para repello; determinando y midiendo el impacto de este aditivo tanto en las características en estado fresco, como endurecido; así como en sus respectivas propiedades mecánicas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Analizar en forma comparativa las propiedades físicas y mecánicas de los morteros para repello convencional contra los mejorados con aditivos y los reforzados con fibra.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades mecánicas de resistencia del mortero de repello convencional, y mejorados con aditivos y fibra más comunes en el mercado, para su respectiva comparación.
- Evaluar la comparación entre los morteros convencionales, los mejorados con fibra y aditivos, en el comportamiento mecánico del mortero de repello entre los más comunes y aplicados en el sector.
- Realizar los ensayos en laboratorio necesarios para el estudio.
- Evaluar cuál es el tipo de mortero que representa la mejor opción en cuanto a morteros de repello utilizando los materiales y adiciones (Aditivos y fibras) más comunes utilizadas en la construcción, por medio de la recopilación de los resultados de las pruebas realizadas.

1.4. ALCANCES

- A través del siguiente estudio se pretende crear un documento, en el cual se muestre las diferencias en las propiedades físicas y mecánicas de los repellos convencionales, los mejorados con aditivos y los que tendrán inclusión de fibras.
- Obtener los datos de las dosificaciones a utilizar, que mejor resultado muestren en cuanto a propiedades mecánicas y físicas se refiere.
- Presentar los datos obtenidos mediante pruebas de laboratorio.
- Obtener los datos de las dosificaciones a utilizar, que mejor resultado muestren en cuanto a propiedades mecánicas y físicas se refiere.
- Presentar un análisis comparativo de los morteros estudiados, a fin de seleccionar la opción más práctica y económica para su empleo en repellos de estructuras de mampostería.

1.5. LIMITACIONES

- La correcta ejecución de los ensayos de laboratorio dependerá en gran medida de los instrumentos a los que se tenga acceso y que serán necesarios para la correcta realización de estos.
- Considerando el corto tiempo para ejecución de ensayos no se considera la generalidad del mundo de fibras y aditivos existentes aplicables a los morteros de repello, la investigación evaluará únicamente productos comerciales más utilizados en el ámbito de la construcción actual.
- La calidad de los materiales a emplear en los ensayos tendrá una directa repercusión en los resultados obtenidos durante la ejecución de estos.
- La cantidad de ensayos a realizar estará limitada por la disponibilidad económica que se cuente y por los precios de la realización de estos de forma externa.
- La cantidad de ensayos a realizar estará directamente relacionada a los precios del mercado de los materiales de construcción. Aunque no se espera que tenga un impacto directo en los resultados obtenidos durante las condiciones bajo las cuales se realizarán los laboratorios, el clima será otro factor para tomar en cuenta.
- El estudio e investigación que se pretende abarcar únicamente cubrirá el apartado de las propiedades mecánicas de los morteros de repellos, haciendo énfasis en la resistencia de estos, debido a los instrumentos de laboratorio con los que se contará.

1.6. JUSTIFICACIÓN

El mejorar las propiedades físico-mecánicas, optimizar tiempos e innovar en alternativas de materiales, son algunos de los factores que influyen en el deseo de investigar y proponer información que representará una mejora al momento de aplicar acabados a los diferentes tipos de infraestructuras y los diferentes ambientes a los que éstos pueden estar sometidos.

Para ello, es necesario investigar tanto el uso, como las características, propiedades físicas y mecánicas del mortero en sus dos estados: plástico y endurecido. En nuestro medio se utiliza únicamente el mortero de cemento-arena y no es habitual el uso de aditivos a la mezcla convencional para mejorar sus propiedades.

Por estas razones, se pretende explorar otras alternativas que contribuyan y mejoren las propiedades mecánicas de los acabados obtenidos con morteros de repello. Se trata, como ya se explicó, de desarrollar un análisis comparativo de las propiedades de los morteros de repello. Por esta razón, el enfoque de la investigación se centrará en el uso de materias primas tales como aditivos y fibras, las cuales son ampliamente usadas en el mercado y que actualmente representan una alternativa en lo que a repellos se refiere.

Teniendo conocimiento de la función de estas materias primas, se hace necesario determinar la alternativa más rentable y práctica.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL



CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO HISTÓRICO

El origen del empleo del mortero de cal parece remontarse a la época neolítica. Este estudio ofrece una revisión histórica del desarrollo de los morteros como materiales ligantes en construcción a través de las distintas civilizaciones, todo ello desde la perspectiva de las técnicas de aplicación, de la composición de las mezclas y de la durabilidad y calidad de estas. Griegos y romanos perfeccionaron enormemente la técnica del mortero de cal, mientras que los egipcios dominaban la preparación y aplicación de los morteros de yeso. En el medievo la situación socioeconómica influyó de forma decisiva en que no se destacara ningún progreso técnico notable. En el siglo XVIII comienza la aparición de ligantes hidráulicos modernos, que desembocará en el siglo siguiente con el revolucionario cemento Portland.

2.1.1. Morteros prehistóricos

La cal como ligante y el mortero de cal se mencionan ya en la Biblia (Deuteronomio 5, 27, 2). El descubrimiento de las propiedades ligantes de la cal es tema de especulación. Algunos autores (Furlan, 1975) renuncian a datar los primeros morteros de cal, mientras que otros (Malinowski, 1991) lo sitúan muy al comienzo de la Historia del hombre, cuando éste empezó a usar el fuego para

calentarse en cuevas de rocas calizas o cuando se preparaba la comida en hogares contruidos de dicho material.²

La caliza calcinada se apagaba en contacto con la humedad o la lluvia, y el polvo resultante tenía propiedades ligantes de materiales. Una de las primeras aplicaciones de la cal apagada fue como tinte en pinturas en cuevas (Malinowski, 1991). En Turquía, en la villa neolítica de Çatal Hüyük (6000 a de C) el "enyesado" que recubre suelos y muros, y que sirve de soporte a pinturas y al modelado de animales en los templos, es una arcilla blanca autóctona aplicada tal cual; en cuanto al mortero de tierra, utilizado para la construcción de las paredes, negro y rico en cenizas y restos de huesos, todavía no disponía de un auténtico ligante.

A tenor de lo reflejado en la literatura, debe diferenciarse entre las civilizaciones avanzadas de la época, situadas en el cercano Oriente e y en Mesopotamia, con sorprendentes conocimientos sobre los materiales y técnicas de construcción, y el resto de civilización las prehistóricas de las que se tienen noticia.

Malinowski (1982 y 1991) hace referencia a esas primeras culturas. El uso de morteros solo de cal tiene su primer empleo conocido en la Máscara de Jericó, una calavera cubierta con un emplasto de cal pulido, que data del año 7000 a de C. Estas excavaciones en Jericó, la más antigua ciudad neolítica fortificada conocida, supuso una revolución en las ideas que sobre este período se tienen.

² Furlan, V.; Bisseger, P. Les mortiers anciens. Histoire et essais d'analyse scientifique. Revue suisse d'Art et d'Archéologie 1975; 32: 1-14.

Se han encontrado casas construidas con ladrillos, y con suelos hechos de un mortero de cal con superficies pulidas (llamadas "enlucidos" o "emplastes" por los arqueólogos), y, un menudo, superficies con una capa de emplasto duro coloreado. Granos de cereales y otros restos orgánicos presentes en el mortero han permitido datarlo alrededor del 7000 a de C, mediante la técnica del carburado - 14. El nivel estratigráfico más profundo se ha estimado que es del 9000 al 8000 a de C.

Un reciente estudio de Reller (1992) ha encontrado en Nevali Çori (Turquía) restos de utilización de mortero de cal en pavimentos, que datan del 10.000 al 8.000 a. de C. En excavaciones posteriores de viviendas neolíticas, situadas en el Mediterráneo Oriental y en Europa, se han encontrado suelos similares de mortero de cal, tratamientos de la superficie y técnicas de pulimentado similares. Lanaey (1958) se refiere a estos como "los pueblos de los suelos pulimentados".

Las amplias zonas de suelos de mortero en los yacimientos neolíticos indican que debieron usar con cantidades considerables de cal. La tecnología de la construcción, la calcinación de la caliza, el apagado de la cal, la mezcla del mortero, la aplicación del mismo y el refinamiento de la superficie eran indudablemente conocidos por los constructores neolíticos. Algunos investigadores piensan que la calcinación de la caliza durante el período neolítico fue la primera aplicación del fuego para la consecución de objetivos concretos, y

en él se sitúan el comienzo de la pirotecnología (Frierman, 1971; Gourdin y Kingery, 1976).

A pesar del evidente uso de la cal, no hay datos claros en las excavaciones que revelen la técnica de calcinación utilizada. Sin embargo, sí que hay restos de los hornos empleados (Garfinkel, 1987).

En el asentamiento al neolítico de Yiftah El, en el sur de Galilea, suelos de heno compuestos de una base bien compactada, un pavimento duro de mortero calcomanía una superficie cuidadosamente pulida (Lamdan y Davis, 1983). Estos sistemas de construir historia de los morteros los suelos están vigentes hoy en día. La inusual calidad del mortero analizada indica una buena selección del material Alabama. La mezcla, "cal neolítica" (Frierman, 1971; calabaza Kingery, 1976) y una gran cantidad de piedra caliza agregada, probablemente tengan un bajo contenido en agua, lo que, por un lado, exige una dura compactación y, por otro, era un requisito previo para el tratamiento primario de la superficie, la extensión del segundo emplaste y el pulimentado posterior (Malinowski, 1991). han aparecido, además, mezclados en los materiales, fragmentos de los revestimientos de los hornos Delaware calcinación; generalmente se trata de arcilla, como material más sencillo, y a veces, paja o ramas como refuerzo.

Furlan (1975) afirma que no se conoce en Europa central y septentrional ningún ejemplo de uso de cal en la época prehistórica. Los constructores prehistóricos se servirían de arcilla cruda, con la que cubrían los suelos y las paredes de sus

casas hechas de tabla y de encañado. Las tapias descubiertas en las excavaciones están siempre construidas de piedras secas, y los empedrados que datan de la época de la Tène (alrededor del 450 a de C) aparecen cubiertos únicamente de tierra batida. Sin embargo, en algunas excavaciones se han descubierto, no sólo en el Norte de Europa sino también en el Noreste de Auvernier, vasos de cerámica en los que los decorados grabados estaban realizados con una materia blanca y dura. Esta sustancia, tras el análisis, ha revelado ser calcárea; a veces, aparece mezclada con polvo de huesos molidos, yeso o arcilla. No ha sido posible determinar si esta pasta blanca fue aplicada originalmente como cal, a veces mezclada con otros elementos, que se carbonataría posteriormente, o si se trata simplemente de caliza finalmente triturada, y hecha pastosa por la adición de materia o de otra materia grasas orgánicas que habrán podido servir de "ligante" (o "cola").

2.1.2. Morteros modernos

Hasta el siglo XVIII no se inicia la fabricación de ligantes hidráulicos, susceptibles de sufrir bajo el agua. Los griegos, como ya se ha visto, supieron crear morteros estables al agua por medio de materiales tales como la tierra de Santoriny el tejo.

Los romanos generalizaron el uso de los morteros de cal y puzolana. La estabilidad en agua de las masas se debe a una reacción más o menos lenta entre la cal, la sílice coloidal y la alúmina, contenidos en los productos mencionados, con formación de hidrosilicatos e hidro aluminatos, cuya naturaleza es comparable a la de los productos que se obtienen por hidratación

de los ligantes hidráulicos modernos (Furlan, 1975; Rassinoux, 1989). El fenómeno más importante para la larga duración de los morteros romanos parece ser la protección de la matriz del ligante calcáreo debido a la baja permeabilidad del mortero a los agentes agresivos, unidos al desarrollo de reacciones puzolánicas y a la formación en la superficie de una costra protectora de carbonato (Rassinoux, 1989).

El descubrimiento de los ligantes hidráulicos modernos data de 1756. Smeaton, encargado de la construcción del faro de Eddystone (Plymouth), se dice encontrar una cal que pudiera resistir la acción del agua de mar. Los ensayos realizados con una caliza de Aberthaw dieron resultados positivos. Los análisis químicos demostrando la presencia de arcilla. Se llegó así a la conclusión de que "La presencia de arcilla en la caliza debe ser uno de los factores principales o el único que determina la hidráulica". La influencia de la tradición romana retardó probablemente el descubrimiento de los ligantes hidráulicos artificiales, ya que en la literatura romana se insiste sobre el hecho de que para obtener una buena cal hay que partir de una caliza muy pura. En consecuencia, las calizas arcillosas eran rechazadas sistemáticamente (Furlan, 1975; Rassinoux, 1989).

La literatura romana (Vitruvio) indica que los morteros eran preparados por calcinación de rocas carbonatadas, apagado de la cal y su mezcla con arena. La temperatura del horno de cal para la descarga del carbonato de calcio era de sólo 1000° C. A esta temperatura es posible la formación de silicatos anhidros y

aluminato como $(\text{CaO})_2 \cdot \text{SiO}_2$ y $(\text{CaO})_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. sin embargo, las rocas carbonatadas usadas entonces eran calizas puras que contienen pequeñas cantidades de sílice y alúmina; por ello, los silicatos y aluminatos anhidros eran quizás escasos en este tipo de cal. Además, esa cal apagada se almacenaba años antes de usarla. Los silicatos y aluminatos obtenidos en la calcinación se hidrataban durante el tiempo de almacenamiento y probablemente se destruían durante las operaciones de mezcla. La presencia de silicatos de calcio hidratados solo en morteros con trozos de ladrillos sugiere, en primer lugar, que los constructores romanos usaron fragmentos de arcilla cocida, ladrillo y teja, en sustitución de la puzolana natural. La fase vítrea de puzolana es una fuente de sílice reactiva. Esta reactividad alude a la capacidad de reacción con la solución de cal y de formar nuevos compuestos hidratados. Así podría explicarse la formación de silicatos hidratados en este ligante, inicialmente compuesto por cal apagada. Además, la cal - puzolana o la mezcla de fragmentos de ladrillo contribuyen al fraguado del mortero (Rassineux, 1989).

La localización de etringita en los espacios libres de la textura indica su formación secundaria, después del proceso de endurecimiento. Para la formación de este mineral se necesita una fuente de sulfato. su presencia en el mortero sugiere que este azufre se origina durante el calentamiento. La alúmina liberada durante las reacciones puzolánicas se pudo combinar para formar la etringita. Los estudios de caracterización mineralógica realizados en los ligantes romanos con fragmentos de ladrillo añadidos muestran que las reacciones son idénticas a las

de los ligantes puzolánicos modernos. No obstante, es muy diferente la proporción de las fases específicas (Rassineux, 1989).

Las fases constituidas por silicatos de calcio hidratados son muy estables en el tiempo (Malinowski, 1979; Rassineux, 1989). Como ya se ha indicado en el apartado dedicado a los morteros romanos, parecía haber otras dos causas complementarias para explicar la durabilidad de estos ligantes. Una de ellas era la cuidadosa elección de los componentes del mortero, y otra la minuciosidad de la mezcla y del apisonado. Como resultado, la textura del mortero era muy compacta con una baja permeabilidad al agua y los gases. Además, la formación de nuevos componentes hidratados, debido a las reacciones puzolánicas, disminuía la porosidad de la matriz del mortero.

Los primeros ligantes así fabricados tenían muy a menudo las características de los cementos rápidos actuales. Eran ricos en aluminatos, generalmente, y por ello características por un fraguado muy rápido, no por desecación del mortero y carbonatación de la cal, sino por la reacción de los aluminatos y silicatos con el agua. Puede, por tanto, tener lugar al abrigo del aire. Los trabajos de Vicat, separándose del empirismo de nuestros predecesores, constituyen una base científica para la fabricación y empleo de las cales hidráulicas (Ashurst, 1983).

Las cales hidráulicas pueden ser consideradas como productos intermedios entre la cal hidratada y el cemento Portland actual. Es más, con los constituyentes hidráulicos, las cales presentan siempre un contenido elevado en cal libre y, por

ello, deben ser sometidos a extinción. Esta operación, que consiste en hidratar el óxido de calcio libre, debe hacerse con una cantidad moderada de agua, para evitar la hidratación de los constituyentes hidráulicos, proceso que era ya conocido por los precursores de Vicat (Furlán, 1975).

2.1.3. Morteros actuales

En 1811, James Frost patenta un cemento artificial obtenido por calcinación lenta de caliza molida y arcilla, anticipándose al proceso que llevó después al establecimiento de algunos cementos hidráulicos "artificiales", ³ el más famoso de los cual se conoce como "Portland", por su supuesta apariencia y similitud con la roca caliza del mismo nombre. El comienzo del siglo XIX conllevó como hemos visto muchos experimentos en investigaciones sobre estos materiales, fundamentalmente por Vicat (Ashurst, 1983).

Joseph Apsdin, un albañil de Wakefield, patente en 1824 un cemento "tan duro como la piedra Portland". Este es el origen del primer tipo de cemento Portland. Apsdin lo preparaba desmenuzando y calcinando la caliza, mezclando la cal resultante con arcilla y tierra y luego hidratando la mezcla cuidadosamente. A continuación, la mezcla, la desmenuzaba y la calcinaba por segunda vez, con lo que se descubrió el ácido carbónico residual. Como se empleaban temperaturas bajas, la calidad del cemento no podía ser alta (Furlan, 1975; Ashurst, 1983).

³ 3 INTRODUCCIÓN A LA FABRICACIÓN Y NORMALIZACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND.

En 1838, el hijo de Apsdin, William, fabricó cemento en Gateshead, para la construcción de un túnel bajo el Támesis con resultados más satisfactorios. Quizás fue que la calcinación se llevó a cabo a temperaturas más altas (Ashurst, 1983). A partir del trabajo de Johnson en Rochester, se obtuvo el cemento Johnson. El descubrimiento Delaware Johnson consistió en que el clinker obtenido por fusión parcial de los elementos constituidos de la primera materia sobrecalentada, y que hasta entonces se había tirado siempre como desecho inutilizable, da resultados mucho mejores que el momento habitual, una condición de ser finalmente triturado.

Los cementos producidos a partir de 1850 lo fueron con métodos modernos, moliendo la cal y la arcilla en un molino húmedo y calcinando la mezcla a temperaturas entre 1300° y 1500° C. La caliza se convierte así en cal viva, que se une químicamente con la arcilla formando un clinker de cemento Portland. Después de volver a moler y calcinar, el clinker blanco caliente se deja enfriar y se añade una pequeña cantidad de yeso para prolongar el tiempo de fraguado.

La Exposición Universal de 1851, logró una demostración del nuevo producto, lo que le dio una gran publicidad. Desde entonces, la mayoría de los fabricantes de ligantes practican la calcinación a alta temperatura, y el cemento la reemplazó progresivamente. ⁴

⁴ Artículo HISTORIA DE LOS MORTEROS

Las principales objeciones a los de cales hidráulicas, cementos naturales y especialmente cemento Portland se basan en su alta resistencia, su carácter más bien impermeable y el riesgo transferencia de sales solubles, en concreto sales de sodio, que alteren los materiales de construcción (Furlan, 1975; Ashurst, 1983).

2.2. MARCO TEÓRICO

El mortero es una mezcla de un conglomerante (material capaz de unir partículas de una o más sustancias y dar cohesión al conjunto) o fragmentos junto a arena y agua, que se utiliza comúnmente en el ámbito de la construcción. Se usa para agarre y revestimientos de muros. Existen diferentes tipos y su clasificación se define en relación con el conglomerante con el que se mezcla.

Es una práctica común en la arquitectura el revestir paredes y muros con capas homogéneas y continuas de distintos materiales para mejorar sus propiedades o simplemente su aspecto. Los materiales más utilizados como revestimiento son los morteros: mezclas de un conglomerante, arena, y agua, que mientras secan fraguan y/o carbonatan en función del tipo de conglomerante utilizado, las técnicas de aplicación difieren, y los revestimientos poseen distintas propiedades, adoptando por tanto distintos nombres: encalado, revoco, guarnecido, enlucido, jabelga, estuco, etc.

El mortero de portland simplemente mortero de cemento se desarrolló a mediados del siglo XIX, y menos de un siglo después ya superaba en popularidad a los morteros de cal, que actualmente es poco utilizado.

Dentro de los revestimientos de mortero, el repellado es el más duro y resistente, y también el más duradero. Estas propiedades lo convierten en el revestimiento más usado en paredes y muros exteriores: pintado, es el acabado habitual en fachadas de viviendas de bajo presupuesto. Como aspectos negativos, (del cemento Portland) es excesivamente rígido (se agrieta con facilidad), y presenta un aspecto final muy pobre, por lo que la práctica habitual es utilizarlo como soporte para un nuevo revestimiento de acabado, que puede consistir en una simple pintura, o en una nueva capa de un material más fino, llamado afinado.⁵

2.2.1. Mortero

Los morteros es uno de los elementos de la construcción que se han venido empleando desde la antigüedad y cuya evolución ha sido a base de conocimientos empíricos hasta alcanzar una caracterización más técnica en base a los avances científicos a lo largo del tiempo, generando así adaptaciones en lo que se refiere a sus componentes hasta la tecnología aplicada para su utilización en obra.

⁵ Ricardo Marcos y Bausá. Manual del albañil. Madrid, 1879.

Dentro de cualquier pared el mortero puede llegar hasta ocupar un 20% de la composición de materiales utilizados para la elaboración de dicha pared, cumpliendo funciones estructurales hasta estéticas en el acabado. Se define mortero de referencia o mortero estándar como los tradicionales y usados habitualmente en obra con proporciones basadas en la experiencia.

2.2.2. Definición del mortero

Es un conglomerado o mezcla compuesta de agregado fino, materiales cementantes, agua y eventualmente aditivos que al añadirles agua forman masas plásticas especiales para unión de unidades de mampostería, o para revestimiento de las mismas unidades de mampostería⁶

El mortero es un material que puede empleado en distintas aplicaciones en construcción, debido a las siguientes propiedades más representativas:

- a) Adaptabilidad: Facilidad para adaptarse a cualquier forma.
- b) Facilidad de aplicación: No se requieren equipos muy sofisticados para su puesta en obra, pudiendo ser aplicados manualmente, por bombeo o por proyección.
- c) Diseñables: El mortero ofrece la posibilidad de adaptar sus características a los requerimientos solicitados modificando su composición y/o dosificación.

⁶ Barahona Garrido, Rubén, 1999.

2.2.2.1. Componentes del mortero

a) Cemento:

Se define como un conglomerante hidráulico compuesto por silicatos de calcio producidos por el calentamiento de materiales que contienen Calcio, Silicio, Aluminio y Hierro.⁷

Dentro de los materiales cementantes más utilizados se pueden mencionar el Cemento Hidráulico y el Cemento de Albañilería, que pueden ser parte del mortero en diferentes proporciones para conformar una mezcla capaz de unir o recubrir unidades de mampostería, tales como bloque de concreto, ladrillo de barro y piedra natural.

b) Agregados:

La cantidad y el tipo del agregado usado afectan grandemente la calidad y rendimiento funcional del mortero, tanto para repello como para pega. El agregado debe ser bien graduado y limpio, libre de impurezas orgánicas, tierra negra, arcilla y materia vegetal. Estas materias extrañas pueden interferir con el fraguado y endurecimiento (Ganancia de resistencia) de la pasta de cemento y su adhesión a las partículas agregadas. La arena llena prácticamente la mayor parte del volumen de mezcla, mientras que la pasta de cemento llena todos los espacios vacíos entre las partículas de arena; por lo cual es primordial obtener una arena limpia, adecuada, con la granulometría apropiada de las partículas. Para producir mortero con estándares de calidad para la capa base, en el caso del repello, el

⁷ PCA; Diseño y control de Mezclas de concreto.

agregado debe cumplir con los requisitos químicos y físicos de ASTM C-897 de los agregados para mezclas de trabajo para repello a base de Cemento Portland

Propiedades Físicas De Los Agregados

- Granulometría. Es la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados; se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra representativa del agregado en fracciones de igual tamaño de partículas; la medida de la cuantía de cada fracción se denomina granulometría. "Por fines prácticos, la serie de tamices que se emplea en agregados para morteros o concreto se ha establecido de manera que la abertura de cualquier tamiz es aproximadamente la mitad de la abertura del tamiz inmediatamente superior, esto es relación 1:2". (Rivera L, 2006, pág. 56)
- Densidad. Las partículas del agregado están conformadas por masa del agregado, vacíos que se comunican con la superficie llamados poros permeables o saturables y vacíos que no se comunican con la superficie, es decir que quedan en el interior del agregado llamados poros impermeables o no saturables; de acuerdo con lo anterior tenemos tres densidades a saber:

✓ Densidad Real: Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, excluyendo sus poros permeables o saturables y los no saturables o impermeables.

✓ Densidad Nominal: Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, excluyendo únicamente los poros permeables o saturables.

✓ Densidad Aparente: Masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, incluyendo tanto poros permeables o saturables como poros impermeables o no saturables (volumen aparente o absoluto). Si la masa de agregado se determina con material seco tendríamos densidad aparente seca, pero si la masa del agregado se determina con material saturado y superficialmente seco (S.S.S), tendríamos densidad aparente saturada. De los tres tipos de densidades antes definidas, la densidad aparente es la que se emplea en el cálculo de mezclas, porque se parte que el material primero se satura, es decir, todos los poros permeables de cada partícula quedan llenos de agua y el agua adicional a éste estado (agua libre) es la que reacciona con el cemento; si la densidad del agregado que se toma en el diseño es la aparente saturada las masas que se calculen del agregado serán masas saturadas, pero si se toma para dosificación de mezclas la densidad aparente seca las masas que se determinen del agregado serán masas secas.

- Absorción Y Humedad. La estructura interna de las partículas de un agregado está conformada por materia sólida y por poros o huecos los cuales pueden contener agua o no. Las condiciones de humedad en que se puede encontrar un agregado serán:
 - ✓ Seco: Ningún poro con agua.
 - ✓ Húmedo no saturado: Algunos poros permeables con agua.
 - ✓ Saturado y Superficialmente Seco (S.S.S): todos los poros permeables llenos de agua y el material seco en la superficie.
 - ✓ Húmedo sobresaturado: Todos los poros permeables contienen agua y además el material tiene agua en la superficie (agua libre). Dependiendo de las condiciones de humedad que tenga el agregado, puede quitar o aportar agua a la mezcla (porque se considera que el agregado se satura y el agua libre es la que reacciona con el cemento). Esto es importante para poder definir la cantidad de agua de mezcla y no alterar la relación agua-cemento.
- Masa Unitaria. La masa unitaria de un material es la masa del material necesaria para llenar un recipiente de volumen unitario. En la masa unitaria además del volumen de las partículas del agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre partículas. El ensayo consiste en llenar un recipiente normalizado en forma estandarizada; la masa unitaria se

determina como el cociente entre la masa del agregado que contiene el recipiente y el volumen del recipiente. “Si el recipiente se llena dejando caer libremente el material desde una altura no mayor de 5 cm por encima de su borde, la masa unitaria determinada es suelta; pero si el llenado se realiza en tres capas, compactando el material, la masa unitaria ser compactada”. (Rivera L, 2006, pág. 64-66)

c) Aditivos

Los aditivos son por definición sustancias añadidas en pequeñas cantidades, antes o durante la mezcla de mortero. Su proporción no supera el 5% de la masa del conglomerante, pero aporta a las propiedades de las mezclas algunos cambios específicos y con carácter permanente, tanto en estado fresco como endurecido.

Estos productos pueden producir una única modificación en las características del mortero (Función principal) o bien, además modificaciones adicionales (Funciones Secundarias). Los efectos producidos en estado fresco repercuten en las propiedades generales del mortero en estado endurecido, mejorando así: La resistencia a la compresión, en lugares donde sea necesario la resistencia al deshielo, reducción de permeabilidad, incremento a la resistencia a los sulfatos.

d) Fibras.

Las fibras fueron usadas como material de construcción por muchos siglos. Las fibras de acero, plástico, vidrio y materiales naturales (celulosa de madera) están disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesor; pueden ser cilíndricas, llanas, onduladas (rizadas) y deformadas con longitud típica de 60 mm a 150 mm y espesor variando de 0.005 mm a 0.75 mm. Las fibras se añaden al concreto durante el mezclado. Los factores principales que controlan el desempeño del material compositos son:

1. Propiedades físicas de las fibras y de la matriz
2. Resistencia de adherencia entre la fibra y la matriz

A pesar de que los principios básicos gobernantes en los refuerzos convencionales y en los sistemas con fibras son los mismos, hay varias características que los diferencian:

- a) Las fibras se distribuyen aleatoriamente por toda la sección transversal, mientras que las barras de refuerzo o armadura se ponen sólo donde son necesarias
- b) La mayoría de las fibras son relativamente cortas y poco espaciadas si comparadas a las barras continuas de refuerzo. No se puede lograr la misma relación de área de refuerzo-área de concreto con fibras comparada a la red de refuerzo con barras. Las

fibras se adicionan al concreto normalmente en bajos volúmenes (frecuentemente menos del 1%) y han mostrado eficiencia en el control de la fisuración por retracción. (PCA, 2004, pág. 153)

2.2.3. Propiedades de los morteros.

Las propiedades de los morteros se consideran tanto en su estado fresco (Plástico) como en su estado endurecido. Los morteros deben de satisfacer ciertas propiedades para que sean aceptables durante su aplicación y en el servicio de función. Las propiedades plásticas determinan la adaptabilidad de un mortero en la construcción; mientras que las propiedades del mortero en estado endurecido ayudan a establecer el comportamiento⁸

Figura 1 “Ensayo de fluidez ASTM C-1437” fuente: ICIA El Salvador



2.2.3.1. Propiedades de los morteros en estado fresco.

A continuación, se definen las propiedades del mortero en estado plástico (Fresco):

⁸ PCA; Diseño y control de Mezclas de concreto.

- **Trabajabilidad:** Es la propiedad más representativa dado su funcionabilidad en obra, cualidad que consiste en la manejabilidad de la mezcla e intervienen factores como la consistencia, cohesión de los materiales áridos (Arena) y materiales aglutinantes, entre otros como los aditivos y adherencia de estos las cuales pueden ser medidas mediante pruebas de laboratorio. La trabajabilidad está relacionada con la consistencia de la mezcla en cuanto a esta sea blanda o seca. La trabajabilidad tiene incidencia en las propiedades del mortero en estado endurecido, dado que depende grandemente de la proporción de los materiales, contenido de aire, contenido de agua en la mezcla, módulo de finura de la arena.
- **Fluidez:** Es una propiedad medida en el laboratorio, e indica el porcentaje de incremento del diámetro de la base de un cono de mortero truncado, cuando es puesto en una tabla de fluidez y mecánicamente levantado 12.70 mm (0.5 pulg) y soltado 25 veces en 15 segundos⁹. Este ensayo se detalla en la norma: **ASTM C-1437** Método de ensayo. Determinación del flujo del mortero de cemento hidráulico.

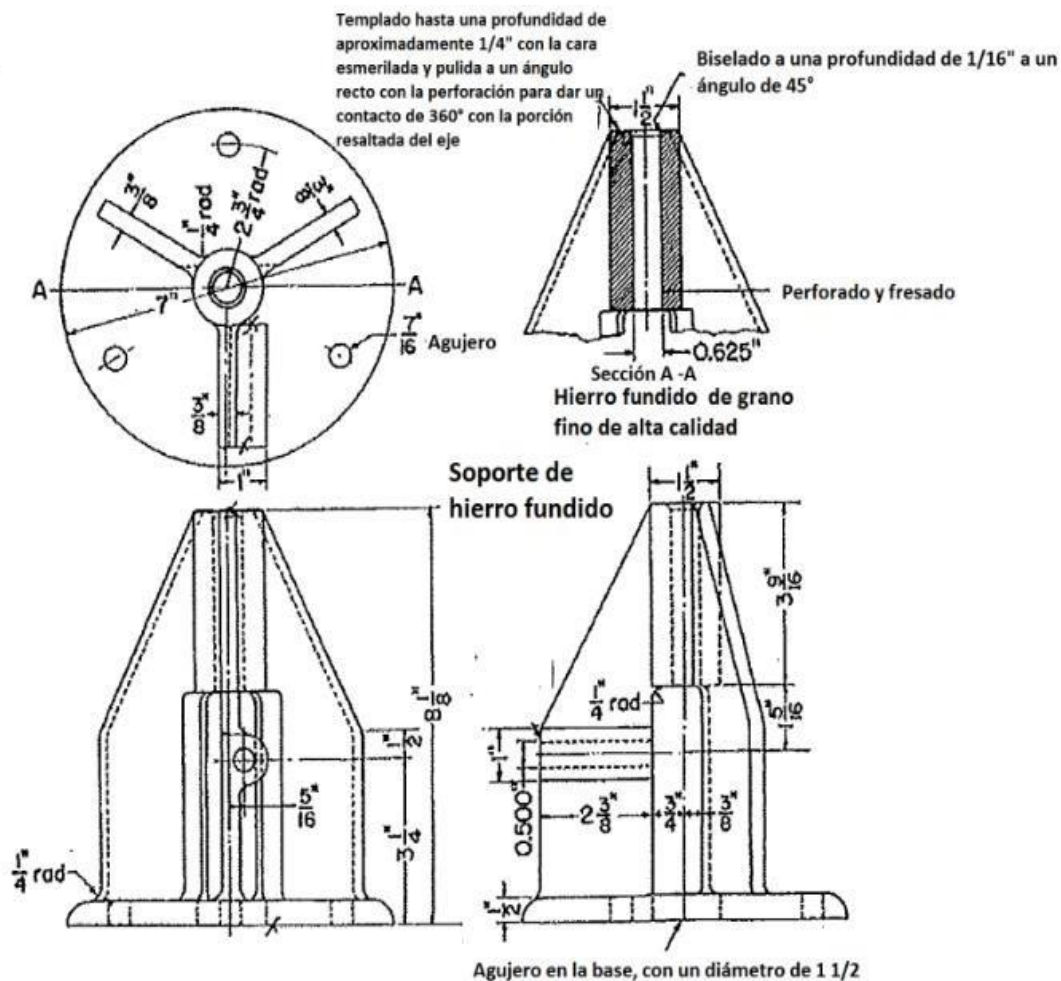
Y con referencia a normas:

ASTM C-230 Especificación Mesa de flujo para uso en ensayos de cemento hidráulico.

⁹ PCA; Diseño y control de Mezclas de concreto.

ASTM C-305 Practica para el mezclado mecánico de pasta.

Figura 2 "Mesa de flujo". fuente: NORMA ASTM C-230



Los morteros utilizados en construcción normalmente requieren un valor de fluidez mayor que los morteros de laboratorio, y consecuentemente poseen mayor cantidad de agua. Morteros estándar se hacen con una fluidez de 110 ± 5 porcentaje. La fluidez es determinante para la adherencia.

A continuación, se muestra la tabla de porcentajes de fluidez recomendados

Tabla 1 “Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación”. Fuente: concreto y mortero fresco

| Consistencia | Fluidez % | Condición de colocación | Ejemplo de tipos de estructura | Ejemplo de sistema de colocación. |
|-------------------------|------------------|--------------------------------|---|--|
| Dura (Seca) | 80%-100% | Secciones sujetas a vibración | Reparaciones, recubrimiento de túneles, pisos, pantallas de cimentación | Proyección neumática. |
| Media (Plástica) | 100%-120% | Sin vibración | Morteros de pega, Morteros de repello | Manual |
| Fluida (Húmeda) | 120%-150% | Sin vibración | Grout, Morteros autonivelantes. | Manual, o bombeo |

- Retención de agua: Es la habilidad de la mezcla de mortero bajo condiciones de succión y evaporación de retener el agua mezclada del conglomerado (Mezcla). La retención de agua tiene influencia en el tiempo de fraguado y resistencia del mismo dado que afecta la hidratación del cemento. Afectando así la adherencia.

Figura 3 “Aparato de Filtración. Para ensayo. fuente: NORMA ASTM C1506.”



- Las normas ASTM requieren que todo mortero sea usado antes de 2.5 horas, con opción a reacondicionarse tantas veces como sea necesario dentro de ese lapso. Los ensayos han mostrado que la reducción en la resistencia a compresión, debido al agua adicional es mínima, si el reacondicionamiento ocurre antes de 2.5 horas de mezclado por primera vez. El reacondicionamiento no significa agregar agua en la superficie sino hacer una cavidad en la masa de mortero, agregar el agua y mezclar vigorosamente¹⁰

Este ensayo se detalla en la norma:

ASTM C 1506 Método de Ensayo. Determinación de la retención de agua en morteros de cemento hidráulico y cernidos.

¹⁰ PCA; Diseño y control de Mezclas de concreto.

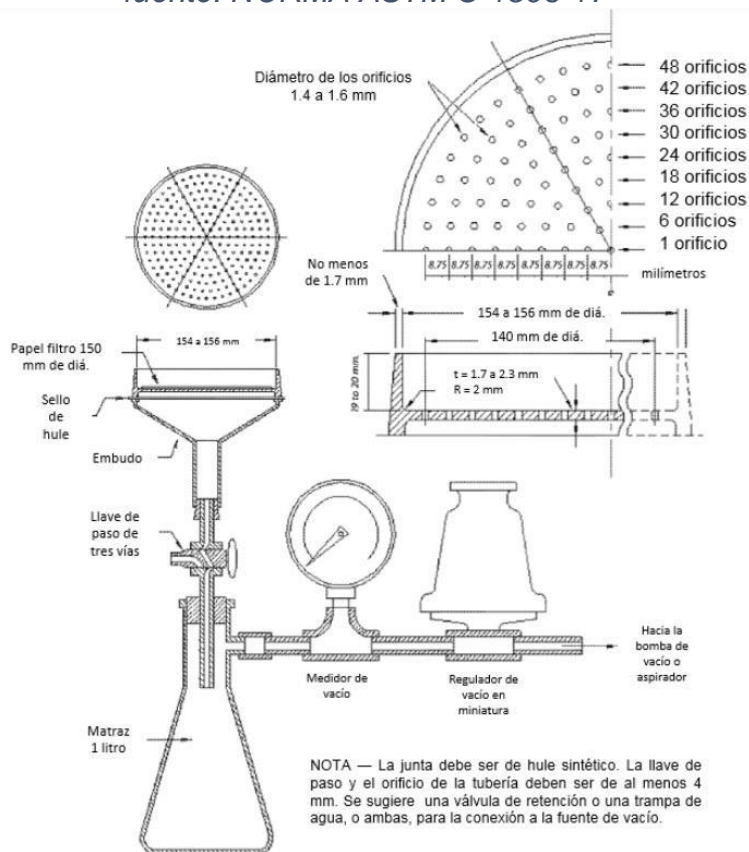
Y con referencias a normas:

ASTM C-91 Especificación Cemento de mampostería.

ASTM C-109 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico usando cubos de 52 mm (2 pulgadas) de lado.

Figura 4 “Componentes del aparato de filtración”.

fuelle: NORMA ASTM C-1506-17



- Contenido de aire: El aire incluido en un mortero, puede producirse por efectos mecánicos o por medio de la aplicación de aditivos incorporadores de aire. A medida que aumenta el contenido en aire (12-18%, según ASTM C-270), mejora la trabajabilidad y la resistencia a los ciclos hielo-deshielo, de forma contraria, disminuye la resistencia mecánica, la adherencia y la impermeabilidad. Existen varios antecedentes para probar que la adherencia disminuye cuando aumenta el contenido de aire¹¹.

Este ensayo se detalla en la norma:

ASTM C 185 Método de ensayo - Determinación del contenido de aire en el mortero de cemento hidráulico.

2.2.3.2. *Propiedades del mortero en estado endurecido.*

- Resistencia a la compresión:

Es quizás la propiedad mecánica en estado endurecido más importante de los morteros, dado que este se encuentra sometido a tensiones derivadas a las solicitantes que actúan sobre el elemento estructural, para el caso de paredes de mampostería. Se mide por medio de cubos de 5cm x 5cm x 5cm, moldes para los cubos. Estos son llenados de igual manera que los cilindros de concreto, por capas, en este caso por capas de 2.5 cm, después de cierto tiempo son desmoldados para poder ser curados. Al

¹¹ PCA; Diseño y control de Mezclas de concreto.

término de 28 días se realiza la prueba de compresión, a esta edad alcanza su máxima resistencia.¹²

Este ensayo se detalla en la norma:

ASTM C-109 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico usando cubos de 52 mm (2 pulgadas) de lado.

- Adherencia: Se entiende como a la perfecta penetración entre la pasta del mortero en los elementos de albañilería: mampuesto. Proporciona la capacidad de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de a interfaz pasta-mampuesto.
- Ensayo referente a esta propiedad.

ASTM D 4541. Método de ensayo de Adherencia de mortero para repello.

ASTM C 1583 Resistencia a la tracción de unión o resistencia a la tracción de reparaciones de concreto y materiales de recubrimiento por medio de tracción directa (Pull-off).

- Durabilidad: Al igual que en el concreto, la durabilidad se define como la resistencia que presenta el mortero ante agentes externos como: Baja temperatura, penetración de agua, desgaste por abrasión y agentes

¹² PCA; Diseño y control de Mezclas de concreto.

corrosivos. En general, se puede decir que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad.¹³

2.2.4. Tipos de repello.

Como bien se sabe, el repello o mortero, es ampliamente utilizado en nuestro medio, el cual, consiste en colocar, siguiendo un procedimiento establecido, una mezcla compuesta de cemento, arena, y a veces algún aditivo, que al final obtenga características adecuadas de resistencia e impermeabilidad, incrementando de esta manera la durabilidad del concreto o superficie sobre la que se aplique.

En el mercado actual existen diferentes opciones a escoger en lo que a repellos se refiere, cada uno de ellos con características específicas que se adaptan según sean las necesidades y exigencias que se requieran en los diversos proyectos. A continuación, se listan los más utilizados:

- Repello de cemento arena

Este tipo de repello es uno de los más comunes y utilizados debido a su fácil aplicación y buen rendimiento. Está compuesto por una mezcla de cemento y arena, y brinda una superficie resistente y duradera. Es ideal para exteriores y puede utilizarse como base para otros acabados.

- Repello acrílico

¹³ PCA; Diseño y control de Mezclas de concreto.

El repello acrílico es una opción más moderna y versátil. Está compuesto por una emulsión acrílica y agregados minerales, lo que le otorga flexibilidad y adherencia. Además, es resistente a la humedad y a los rayos UV, lo cual lo convierte en una excelente opción para exteriores expuestos a condiciones climáticas adversas. También puede utilizarse en interiores.

- Repello pétreo

Este tipo de repello se caracteriza por su alta resistencia y dureza. Está compuesto por cemento y agregados pétreos, como la piedra pómez. Brinda una superficie rugosa y texturizada, ideal para dar un aspecto rústico a las paredes. Es muy utilizado en fachadas y muros exteriores.

- Repello monocapa

El repello monocapa es una opción eficiente y práctica, ya que combina varias capas en una sola aplicación. Consta de una mezcla de cemento, polímeros, agregados y pigmentos, y se usa para acabados lisos y uniformes en paredes y techos. Además, brinda resistencia al agua y a los agentes atmosféricos.

- Repello texturizado

Este tipo de repello se usa para darle textura y relieve a las paredes. Existen distintos acabados texturizados, como arenado, raspado, esgrafiado o con efecto piedra. Son ideales para decorar paredes interiores y exteriores, aportando un aspecto estético y original.

2.2.4.1. Dosificaciones.

Las dosificaciones estándar que se emplean son las siguientes:

Tabla 2 “Dosificaciones para morteros”. Fuente: concreto y mortero fresco.

| USO | CEMENTO: ARENA POR VOLUMEN | AGUA/CEMENTO | ADITIVOS |
|-------------------------|-------------------------------|--------------|--|
| Muros interiores | 1:5 | <0.5 | Cal, 10% del cemento |
| Muros exteriores | 1:3 | <0.5 | Impermeabilizante |
| Superficies de concreto | 1:5 | <0.5 | Adherente |
| Losas de concreto | 1:4 | <0.5 | Adherente sobre malla de alambre o fibra |
| Cielos rasos | 1:4 | <0.5 | Adherente |

Las dosificaciones anteriores pueden variar ligeramente según la experiencia que se tenga con los materiales utilizados, y verificarse con las especificaciones del proyecto.

En el caso de los aditivos se dosifican de acuerdo con la recomendación del fabricante o de la experiencia propia del profesional encargado según sean las condiciones ambientales que se presenten en el proyecto, por ello es recomendable hacer pruebas preliminares para verificar su comportamiento bajo las condiciones particulares de la obra.

2.2.4.2. Procesos de elaboración del mortero.

Por cuestiones de calidad y eficiencia, los morteros empleados para repello se deben mezclar mediante el uso de maquinaria, siendo justificable la mezcla manual cuando se busca realizar reparaciones o cuando se necesite en pequeños volúmenes. El mortero se mezcla en seco y se distribuye a los albañiles encargados de adicionar el agua. Dicho manejo de agua se considera la experiencia del albañil, cuidando de no alterar en lo posible la relación agua/cemento, ya que el contenido de agua puede variar según el tipo de agregado, la capacidad de absorción de la base o superficie donde se elabore o se aplique y las condiciones de humedad del ambiente; considerando que antes de iniciar el trabajo hay que determinar el espesor del repello que se espera obtener.

Proceso de ejecución:

1. Mezclar el mortero
2. Establecer guías maestras o puntillas, que van clavadas en la superficie a repellar llamadas bases y que servirán como nivelación.
3. Verificar que la superficie cumpla con los requisitos de aceptabilidad y que esté libre de polvo y grasas.
4. Aplicación del repello por medio manual o mecánico.
5. Realizar las juntas, ranuras y filetes según especificaciones.

6. Curar la superficie repellada con agua por lo menos una semana o según recomendación del fabricante.
7. La superficie repellada de debe dejar secar por dos o tres semanas antes de aplicar estuco u otro tipo de acabado.

Tipos de aplicación:

1. Aplicación de repello manual:

Se debe lanzar con fuerza la primera capa de repello sobre la superficie, posteriormente se debe dejar secar o fraguar durante algunos minutos para crear una superficie de soporte para la capa siguiente que se recorre con regla hasta obtener una superficie uniforme.

En el caso de quedar hoyos restantes, estos se deben rellenar con mortero fresco hasta obtener una superficie lisa; esta actividad se denomina "resanar" o "alisar". En algunos casos se debe paletear con llana metálica o de madera, de acuerdo con la textura deseada como acabado.

2. Aplicación de repello mecánico:

Es posible aplicar el repello utilizando una bomba mecánica para morteros o frisadora. En este caso es importante que se prepare el mortero con una

granulometría bien distribuida para garantizar una mezcla lo suficientemente fluida que asegure el funcionamiento de la bomba.

2.2.4.3. Causas y tipos de deterioro.

Los morteros, al igual que el concreto, son piedras o rocas creadas artificialmente y que por ende son susceptibles a su desgaste o destrucción por los mismos elementos que destruyen las piedras naturales, el material cementante y la piedra en su conjunto. Se atribuye la destrucción de los morteros principalmente a la destrucción directa del material cementante y sus sales.

El deterioro presente en los morteros, se pueden dividir de la siguiente manera¹⁴: Agentes físicos, dentro de los cuales podemos mencionar cambios térmicos, acción del agua, acción del hielo y acción del viento; Agentes químicos, tales como las sales solubles, contaminación atmosférica, entre otras y finalmente, Agentes biológicos, entre los cuales están bacterias, algas, líquenes, musgos, plantas inferiores y superiores, insectos, mamíferos y aves).

El deterioro que pueden experimentar los morteros depende de factores intrínsecos internos (composición y características de los materiales cementantes utilizados, de los agregados, del agua, así como de los aditivos, entre otros), de factores externos (sustancias y disoluciones agresivas, suelos y agentes agresivos, contaminación atmosférica, cambios de temperatura, reacciones

¹⁴ Mas Barberá, 2006.

fotoquímicas, etc.), de factores constructivos (geometría de la construcción, orientación, etc.) y factores derivados de la naturaleza misma del hombre (restauraciones efectuadas, incultura, invasiones turísticas, etc.)¹⁵.

De manera más categórica, a continuación, se definen los principales factores agresivos del deterioro, teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado:

- **Cambios térmicos:**

Los cambios de temperatura en todos los materiales pétreos expuestos a la intemperie resultan en variaciones de su volumen ya sea por dilatación o contracción, es por ello que los revestimientos están sometidos continuamente a fuertes variaciones de temperatura entre el día y la noche; al ser malos conductores del calor, las tensiones se acentúan entre las zonas sombreadas y las más iluminadas, y entre las capas superficiales y profundas, lo que da como resultado el cuarteamiento y hasta cierto punto la arenización de este.

En algunos casos los coeficientes de dilatación del mortero difieren entre sí, por lo que originan tensiones internas que resultan en grietas, deformaciones, combaduras, etc. También al estar presente el agua en los poros del mortero que al calentarse produce una evaporación en superficie que provoca un movimiento de líquidos del interior al exterior, cuyo ciclo es rápido y repetitivo, pudiendo causar deterioro superficial, como exfoliación o microfisuras.

¹⁵ CEMCO, 2007

- **Acción del agua:**

Como bien se sabe, la presencia de agua en cualquiera de sus estados provoca, favorece o acelera el deterioro de los morteros. Esta actúa indirectamente como catalizador, favoreciendo las reacciones químicas y como vehículo de acceso de otros agentes de deterioro al interior del material, por lo cual es capaz de provocar la degradación o evaporación del agua absorbida por acción del viento y el soleamiento. Además, la presencia de agua favorece el desarrollo de agentes biológicos como algas, bacterias, hongos, líquenes, plantas, etc., que modifican las características estéticas y funcionales del mortero de revestimiento o repello¹⁶.

En el caso de aquellos morteros que están sometidos a la acción de aguas puras, esta puede actuar sobre los cementos de base yeso, cales y cementos de forma diferente, debido a que la solubilidad de los dos primeros es superior.

Los fenómenos físicos por los cuales el agua se introduce o penetra a través de los morteros son los siguientes¹⁷:

1. Por penetración directa, que suele deberse a la acción del agua de lluvia.
2. Por absorción, que se produce por la penetración del agua en fase líquida a través del debido a su porosidad. El mecanismo de absorción se basa en la presión que ejerce el agua al intentar penetrar en los poros y fisuras

¹⁶ Ruiz-Agudo, 2007

¹⁷ Corroto et al., 2012

frente al aire contenido en su interior. En la absorción se tiene en cuenta el principio de los vasos comunicantes, en el que se implica la fuerza de la gravedad o la presión que ejerce el viento.

3. Por higroscopía, la penetración del agua en la red porosa del mortero sucede en fase de vapor, y es tomada directamente de la humedad atmosférica, creándose el denominado equilibrio higroscópico del material con el medio.
4. Por condensación, fenómeno que tiene lugar cuando el aire este húmedo y la superficie pétreo se encuentra más fría que el punto de “rocío” o de condensación del aire a la temperatura que tiene su masa en general.
5. Por capilaridad, se produce un efecto de succión del agua en el mortero debido a la porosidad de este. En general, la altura o profundidad de penetración del agua dependerá del diámetro de los poros y de la evaporación que se produzca a través de la superficie externa del material. El fenómeno de capilaridad es resultado del ascenso y descenso de un líquido en el interior de los poros del mortero cuando este se encuentra sumergido y se debe a la existencia de fuerzas de tensión superficial en la interfaz entre sustancias sólidas, líquidas y gaseosas en contacto.

- **Contaminación atmosférica (meteorización):**

El fenómeno de meteorización más conocido es la acción de la polución atmosférica, muy relacionada con la meteorología, ya que la temperatura, el viento, las radiaciones solares, la humedad y las precipitaciones pueden

minimizar o incrementar la acción de esta; y del microclima donde están las edificaciones.

Los mecanismos que facilitan el acceso de los contaminantes atmosféricos en los morteros y en la unidad de soporte son la lluvia, la condensación, la fijación directa de los gases, la gravedad, la atracción electrostática, la termoforesis y el viento. La presencia del agua forma parte también de los mecanismos que permiten el acceso de los contaminantes, incluso actúa químicamente sobre los gases contaminantes disolviéndolos en forma de iones de carácter ácido capaces de actuar sobre las piedras, especialmente las de tendencia básica¹⁸.

Otros fenómenos conocidos son:

1. Acción de la contaminación por dióxido de carbono (carbonatación):

La principal alteración causada por la acción del CO₂ en los materiales pétreos naturales y artificiales, es la disolución de los carbonatos y la rápida descomposición de los silicatos. El hidróxido de calcio es, principalmente, el que desarrolla y mantiene elevado el pH de los morteros en presencia de iones OH, al reaccionar con el CO₂ y desaparecer parcial o totalmente dichos iones, se produce el descenso del pH que, en el caso de los morteros de cemento, llega ser inferior a 9. El proceso de carbonatación se verifica tanto más rápidamente cuanto más poroso es el mortero y cuanto mayor es el contenido de CO₂ de la

¹⁸ Fort and Pérez-Monserrat, 2012.

atmósfera. Además el grado de saturación del mortero influye extraordinariamente en esta reacción, pues la difusión del CO_2 solo es posible en poros llenos de aire; por esta razón los morteros no se carbonatan cuando están totalmente saturados de agua; aunque la carbonatación se produce a máxima velocidad cuando los poros del mortero tienen un contenido de humedad intermedio, ya que se precisa la presencia de agua para el desarrollo de esta reacción, correspondiendo esta humedad relativa entre el 40% y el 80%. La carbonatación comienza en la superficie de los morteros y avanza lentamente hacia el interior; el carbonato de calcio formado llena los poros del mortero a la vez que forma una capa superficial protectora, el proceso también tiene lugar en morteros elaborados con cemento a base de clínker portland.

2. Acción de la contaminación por dióxido de azufre (sulfatación y yesificación):

Son dos las fases en que se puede producir la reacción de oxidación del dióxido de azufre: en estado gaseoso y en estado líquido. Por un lado, la transformación en fase gaseosa de SO_2 en SO_3 se produce en presencia de luz siendo un mecanismo fotoquímico. Por otro lado, la reacción en estado líquido se da en las partículas de agua de humedad que, combinada con la acción catalítica de componentes contaminantes del polvo y cenizas transforman el dióxido de azufre en ácido sulfuroso (Détrie and Jarrault, 1969). Cuando se produce la oxidación

de este ácido el resultado es ácido sulfúrico, manifestándose su efecto lesivo de dos maneras: formando sulfatos insolubles y como ácido fuerte. Esta disolución acuosa de ácido sulfúrico ataca al hidróxido de calcio o al carbonato de calcio formado por carbonatación de los morteros; dando como resultado la sulfatación de estos. Transformado el carbonato cálcico en yeso puede disolverse y lixiviarse por el contacto con el agua de lluvia (yesificación); dicha solubilidad se agrava cuando están presentes otros tipos de sales, como cloruros característicos de ambientes costeros.

- **Acción del viento:**

Es un proceso puramente mecánico; en caso de que este traiga partículas sólidas en suspensión puede ejercer una erosión sobre los morteros de revestimiento. El desgaste del material dependerá de la dirección, fuerza, tiempo de actuación, porosidad, composición mineralógica, resistencia mecánica, etc. La velocidad del viento puede aumentar la evaporación superficial del agua presente en los morteros, favoreciendo la cristalización de sales solubles en el interior de la red porosa y aumentando su poder rompiente. Las corrientes de aire combinadas con otros agentes de deterioro pueden producir la desintegración directa de los morteros o participar indirectamente en nuevos estados de alteración, como la proliferación de bacterias, transporte de polución, lixiviación de componentes solubles, etc.¹⁹.

¹⁹ Mas Barberá, 2006.

- **Sales solubles:**

Las sales son compuestos iónicos capaces de disolverse en agua, cristalizar y aumentar de volumen al producirse la sobresaturación de la disolución. Suponen una alteración estética al cristalizar en la superficie del material y dependiendo de la concentración precipitada en el interior de la red porosa ejercer fuertes presiones mecánicas, llamadas presiones de cristalización sobre las paredes de los poros hasta acabar desmoronando el mortero de revestimiento e incluso la unidad de soporte. Dentro de las más frecuentes están los sulfatos, cloruros, carbonatos de sodio, de potasio, de calcio y de magnesio, y nitrato de sodio de potasio y de calcio. Se caracterizan por mostrar diferente solubilidad y grado de hidratación en función del tipo de sal y de las condiciones del entorno (Ruiz-Agudo, 2007). La cristalización de sales se puede producir en el exterior por evaporación regular del agua que transporta las sales hasta la superficie del material, dando lugar a la formación de eflorescencias, que si son solubles podrán ser disueltas y arrastradas por el agua de lluvia. Si las condiciones de disolución son tales que su sobresaturación se produce en el interior del material, la cristalización tendrá lugar en el interior de este. Cuando se produce cercano a la superficie se le denomina sub-eflorescencia que le dan a la superficie aspecto blanquecino y causan ampollas, escamas, exfoliación o alveolización del material. Si se produce a mayor profundidad dentro del material se le denomina cripto-eflorescencia (Riera Juan and Gonçalves Soares, 2010). En el mecanismo lesivo de las sales solubles es determinante el tamaño de poros y la

intercomunicación de estos, ello se traduce en cuanto mayor sea el número de poros de pequeño tamaño en el mortero, mayores serán los efectos destructivos de la cristalización (Fort and Pérez-Monserrat, 2012). En cuanto a las condiciones del ambiente en altas temperaturas y baja humedad relativa se producen bajas presiones de cristalización, sobre todo si las sales son pocos solubles.²⁰

2.2.4.4. Reglamentos y normas.

Para el mortero de repello se tienen las siguientes especificaciones y normativas a seguir:

1. ASTM C926 - Especificación estándar para la aplicación de repello a base de cemento Portland.

Esta norma cubre las especificaciones y requisitos estándar para la aplicación de repellos a base de cemento Portland de espesor total para trabajos exteriores (estuco) e interiores, así como también establece en tablas las dosificaciones para mezclas de repello y sus respectivos espesores.

Según esta norma los morteros para repello pueden ser elaborados a base de los siguientes materiales: cemento, cemento Portland con inclusor de aire, cemento para mampostería, cemento hidráulico mezclado, cemento hidráulico mezclado con inclusor de aire o cemento plástico; cal hidratada tipo S; agregados como perlita y arena para capas base y de acabado mezcladas en el trabajo; agua que se utilizará en la mezcla; ingredientes; y fibras.

²⁰ Ruiz-Agudo, 2007

También, especifica como es la preparación de las superficies de bases sólidas tanto de mampostería, como de piedra, hormigón moldeado in situ o prefabricado, mediante chorro de arena, cepillo de alambre, grabado ácido, desconchado o una combinación de los mismos.

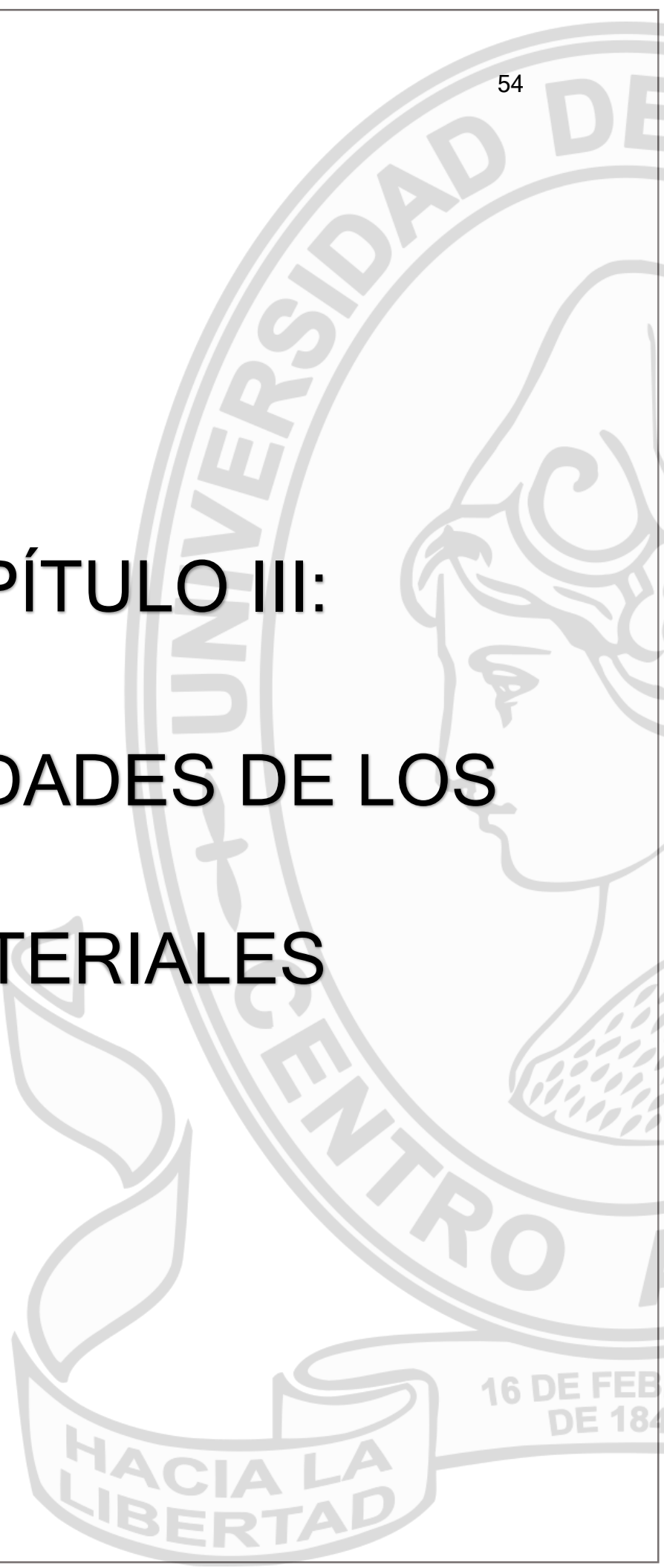
Finalmente brinda especificaciones sobre el curado del mortero a seguir para obtener resistencias ideales para evitar el agrietamiento; para la protección y almacenamiento de materiales; condiciones ambientales; y se discute la aplicación de repello, la capa de acabado, que se realizará a mano o a máquina hasta el espesor nominal especificado sobre bases metálicas y de yeso sólido.

2. ASTM C270 - Especificación estándar para mortero de mampostería.

Esta norma cubre todos aquellos morteros utilizados en la construcción de estructuras de mampostería reforzadas y no reforzadas, abarcando cuatro tipos de mortero según las siguientes categorías: (1) especificaciones según sus proporciones y (2) especificaciones según sus propiedades.

De esta norma nos interesa las especificaciones para el mortero Tipo N ya que es un mortero de propósito general que es utilizado en estructuras que se encuentran incluso sobre el nivel del suelo, así como también es bueno para enchapes, paredes internas y divisiones, representando una buena combinación entre resistencia, trabajabilidad y economía, cuyas mezclas son capaces de alcanzar una resistencia a la compresión de hasta 125kg/cm.

CAPÍTULO III:
PROPIEDADES DE LOS
MATERIALES



CAPÍTULO III: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

3.1. CEMENTO.

El cemento es el material conglomerante hidráulico cuya selección influirá en el comportamiento y las propiedades del mortero al ser el componente más activo en la mezcla.

La mezcla de cemento con una cantidad adecuada de agua forma una masa de carácter plástico moldeable, pero que con el tiempo aumenta su viscosidad y temperatura. Al cabo de un tiempo que suele oscilar entre los 45 y 120 minutos aproximadamente, la masa se vuelve rígida, dando lugar a lo que se conoce como “principio de fraguado”. Desde ese momento, aumentan las resistencias mecánicas, por la formación de fase cristalinas insolubles que deshidratan parcialmente la masa, hasta ser indeformables. Este momento se conoce como “final de fraguado”, y tiende a producirse antes de las 12 horas desde el inicio de la mezcla. A partir de entonces, se produce el “periodo de endurecimiento”, fase donde se produce un crecimiento exponencial de las resistencias mecánicas del mortero, debió a la consolidación final mediante la formación de fases cristalinas que colmatan los huecos y a la evaporación del agua sobrante. Transcurridos 28 días, en condiciones normalizadas, se obtiene una resistencia a compresión deseada que define el tipo de cemento utilizado.

3.1.1. Elección del tipo de cemento.

El material cementante para realizar y elaborar ensayos es Cemento Portland para uso general regido bajo la norma ASTM C- 1157 tipo GU.

3.1.2. Gravedad específica ASTM C-188

El ensayo consiste en colocar una masa de cemento conocida y seca, en el interior de un recipiente con una escala graduada previamente lleno de líquido hasta un nivel determinado. El cemento que se introduce en el recipiente desplaza líquido hasta un segundo nivel y por lectura directa, se obtiene el volumen de la masa de cemento. La densidad del cemento hidráulico se define como la masa por unidad de sus sólidos. En este caso, la temperatura del frasco, del líquido y del cemento se debe de mantener constante durante la prueba.

Materiales:

- Cemento de mampostería ASTM C-1157, Tipo GU.
- Bolsa plástica.

Equipo:

- Balanza de precisión
- Frasco Le Chantelier
- Termómetro de precisión
- Picnómetro
- Espátula
- Embudo

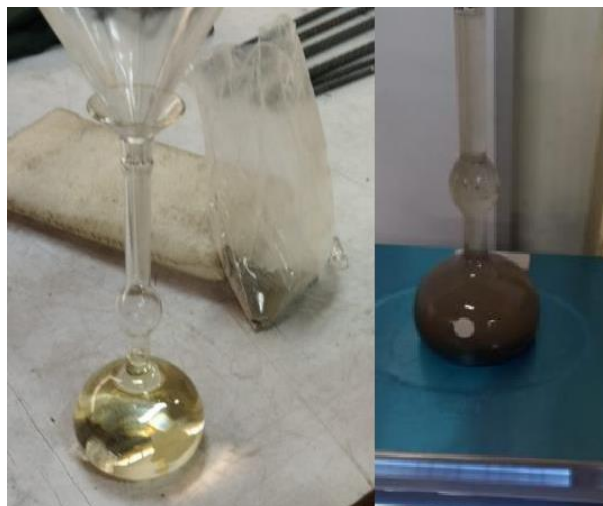
Figura 5 “Equipo para ensayo de determinación de la Gravedad Específica del cemento”. Fuente: propia



Procedimiento:

- Inicialmente se pesa por separado en el picnómetro volúmenes iguales de agua y keroseno, mediante estos datos se determina la gravedad específica del keroseno que según acorde norma debe de ser mayor a 0.73 g/mL.
- Se coloca en el frasco Le Chatelier el keroseno hasta alcanzar el nivel comprendido 0 y 1 mL, se procede a secar la parte interior de la baquilla del frasco después de agregar el líquido para evitar que se pegue el cemento en las paredes de la boquilla del frasco a la hora de introducirse el cemento.
- Se pesa el frasco Le Chatelier antes de agregar el cemento
- Se pesan exactamente una cantidad de cemento de 64g resguardándose en la bolsa plástica, de manera que el material no sea contaminado o se genere una reacción con agua tras una salpicadura.
- Se agrega el cemento al interior del frasco Le Chatelier, con ayuda del embudo teniendo el cuidado que el cemento no quede adherido a las paredes del frasco sobre el nivel del líquido.

Figura 6 “Frasco Le Chatelier”. Fuente: propia



- Después que todo el cemento haya sido introducido al frasco, se hace rotar el frasco suavemente en un círculo horizontal para liberar el aire atrapado en el cemento, este paso se realiza hasta que dejen de subir burbujas de aire.

Datos Obtenidos:

- Lecturas de temperatura:

Ensayo 1:

$$T_{inicial} = 22.0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{final} = 22.2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ensayo 2:

$$T_{inicial} = 22.0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{final} = 22.1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

- Lecturas de volumen:

Ensayo 1:

$$L_{inicial} = 0.1\text{ mL}$$

$$L_{final} = 21.9\text{ mL}$$

Ensayo 2:

$$L_{inicial} = 0.1\text{ mL}$$

$$L_{final} = 21.8\text{ mL}$$

- Masa del cemento:

Ensayo 1:

$$m_{cemento} = 64.20\text{ g}$$

Ensayo 2:

$$m_{cemento} = 64.00\text{ g}$$

- Densidad del cemento:

Ensayo 1:

$$D_{\text{cemento1}} = \frac{m_{\text{cemento}}}{L} = \frac{(64.20 \text{ g})}{(21.8 \text{ cm}^3)}$$

$$D_{\text{cemento1}} = 2.94 \text{ g/cm}^3$$

Ensayo 2:

$$D_{\text{cemento2}} = \frac{m_{\text{cemento}}}{L} = \frac{(64.00 \text{ g})}{(21.7 \text{ cm}^3)}$$

$$D_{\text{cemento2}} = 2.95 \text{ g/cm}^3$$

Promedio:

$$D_{\text{prom}} = 2.94 \text{ g/cm}^3$$

3.1.3. Resistencia a la compresión del cemento ASTM C-91, ASTM C-109

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar la resistencia a la compresión del cemento hidráulico, a través de la ruptura de especímenes cúbicos de 2 pulg o 50 mm por cara, a edades de 7 y 28 días después de la elaboración de los mismos.

Materiales:

- Cemento de Mampostería ASTM C-1157 tipo GU
- Arena Graduada
- Arena Estándar 20-30.

Equipos:

- Probeta Graduada
- Balanza de Precisión
- Espátula
- Franela
- Cuchara.
- Moldes para Especímenes cúbicos de 2 pulg o 50 mm.
- Mezclador electromecánico, equipado con pala y tazón para mezclar.
- Mesa de Fluidez, Molde de Fluidez (Cono) y Pisón no absorbente.
- Máquina de Ensayo (Máquina Universal).

Procedimiento:

- Hacer la mezcla con las proporciones que menciona la norma ASTM C91, los cuales son: Cemento: 540 gramos. Arena Graduada Estándar: 810 gramos. Arena Estándar 20-30: 810 gramos. Agua: 228 ml.
- Mezclar mecánicamente los materiales según la Norma ASTM C-305, en el siguiente orden:
 - Colocar el agua en el tazón de la mezcladora.
 - Agregar el cemento en 30 segundos, a una velocidad baja de la mezcladora.
 - A continuación, agregar la arena combinada en un lapso de 30 segundos, manteniendo la misma velocidad.
 - Parar la mezcladora y cambiar a velocidad media durante 30 segundos.
 - Parar y limpiar los excesos de las paredes del tazón en 15 segundos, y dejar reposar 75 segundos, tapándolo con la franela húmeda.
 - Mezclar durante un minuto más, a velocidad media.
 - Bajar y dejar reposar la mezcla.
- Inmediatamente después de mezclado el mortero, se procede a calcular la fluidez del mismo, sobre la mesa de flujo colocar el molde cónico el cual se llena en dos capas con la mezcla elaborada y con el pisón se compactan cada una, dando 20 golpes.
- Enrasar el nivel superior del molde y limpiar el mortero en su exterior, luego quitar el cono levantándolo verticalmente de manera continua.

- Se acciona la maquina dando 25 golpes y se miden las lecturas, teniendo que cumplir, que la sumatoria de éstas dé como resultado 110 ± 5 (Con base en la sección 3.1 de la Norma ASTM C-109)
- Con la última mezcla, se revuelve por 15 segundos más en la mezcladora. Acomodar el mortero en los moldes cúbicos engrasados, hasta llenar la mitad de su altura (En todos los compartimientos). Y apisonar la capa de mortero dando 16 golpes en toda la superficie de cada molde.
- Cuando el apisonado de la primera capa en todos los moldes es completado, llenar los compartimientos con el mortero restante y apisonar como lo especificado para la primera capa, procurando que el pisón no penetre más del espesor de la última capa
- Enrasar los moldes y dejar en un cuarto de curado entre 20 y 24 horas, cubiertos con una franela.
- Después quitar los moldes y sumergir los cubos en un tanque con agua, dejándolos en estas condiciones hasta el vencimiento de la edad de prueba (7 y 28 días), tres en cada edad.
- Para determinar el Esfuerzo a Compresión de los Cubos de Mortero, llegada la edad de prueba, sacar del tanque con agua los especímenes e inmediatamente llevarlos a la máquina de ensayo.
- Aplicar la carga a la cara del espécimen que estuvo en contacto con la superficie plana del molde. Cuidadosamente ubicar el espécimen en la máquina de ensayo abajo del centro en orientación con el bloque superior.

- Aplicar la carga hasta hacer fallar el espécimen en la máquina y anotar la carga máxima, para luego calcular el Esfuerzo a Compresión.

3.2. AGUA.

En la norma ASTM C-270 “Especificación estándar para el mortero de pega en unidades de mampostería” establece que el agua que se utilice para la elaboración de cualquier mortero debe de ser libre de impurezas perjudiciales como lo son: Aceites, Ácidos, Álcalis, Sales, Minerales y Materia orgánica o cualquier otra sustancia que altere químicamente la reacción del cemento con los agregados. Se sugiere adicionalmente que el agua a utilizar debe de ser agua potable.

Para la ejecución y elaboración de los ensayos de laboratorio el agua utilizada es potable y apta para el consumo humano.

3.3. ADITIVOS

3.3.1. Tipos de aditivos para mortero.

Los aditivos por definición (ACI 116.R), son: “Materiales distintos del agua, de los agregados, del cemento hidráulico y de las fibras de refuerzo que se utilizan como ingredientes del concreto y se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades, para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo, que hagan posible su adecuado transporte o comportamiento, durante y después de colocado o para reducir los costos de producción”.

3.3.1.1. Aditivos para mortero

Es una capa de mortero empleada para revestir una pared o un muro. Cumple la función de proteger la superficie de inclemencias del tiempo como el agua, sol, viento, etc. Para que este tenga una mejor durabilidad se necesitan de ciertas claves que los maestros de obra deben de seguir.

3.3.1.2. Aditivos por utilizar en ensayos de adherencia y resistencia.

- **REFLEX BOND LATEX**

Es un adhesivo que se agrega a mezclas cementicias para incrementar su adherencia.

Figura 7 “Aditivo Reflex Bond Latex, presentación de un galón” . Fuente: Refléx



Usos recomendados:

- Agregue a morteros tipo DecoBlock sobre paredes con poco poro tales como: concretos moldeados, repellos o afinados existentes, superficies con una o dos capas de pintura de agua y paneles de yeso.
- Puentes de adherencia entre superficies de hormigón y morteros.

Ventajas:

- Permite repellar paredes con poco poro sin tener que picar la pared existente.
- Al agregar a repellos o encementados evita que estos se soplen o se despeguen.
- Ayuda a mejorar la resistencia del repello.

• **ADIBOND AZUL**

Es un agente adhesivo en emulsión azul que permite la aplicación directa de mezclas de yeso o de mezclas de cemento portland a todo tipo de superficies estructuralmente sólida.

Usos:

Es usado para adherir todo tipo de repello y concreto, interior o exterior en superficies nuevas o viejas de repello, paneles de paredes, paneles de fibra, maderas, metal, cristal, cerámica, concreto, mampostería y mármol. También se adhiere a la pintura, siempre y cuando no se disuelva con agua que tenga 60 días

o más. Que este fuertemente adherida a la superficie y si es brillante, que haya sido lijada. Además, se usa para adherir terrazo y estuco en superficies viejas

Figura 8 “Aditivo ADIBOND, presentación de una lata”. Fuente: ADI



Aplicación:

La superficie debe de estar estructuralmente sólida. Libre de polvo, aceite, grasa, cera, eflorescencia, moho, curadores o tratamiento de formaletas. Al concreto nuevo se le debe de permitir que se cure. Si la superficie esta dudosa debe de aplicarse un parche de ADIBOND de prueba antes de usarlo para asegurarse de que la superficie está lo suficientemente limpia para adherencia.

Rendimiento:

30 a 50 metros cuadrados por galón (7.4-12.3 m² por litro) dependiendo de la porosidad y textura de la superficie tratada.

- **DECOBLOCK**

Es un repello decorativo compuesto de cemento Portland, arenas finas, fibras reforzadas, polímeros y químicos formulados, que es utilizado para producir una base fuerte y resistente, en uso interiores y exteriores, con espesores recomendados que rondan los 2 – 40 *mm* de espesor.

Mezcla:

Usando un recipiente limpio, se mezcla aproximadamente 2 ¼ galones de agua limpia por cada 40 kg de Decoblock, para posteriormente agregar el polvo al agua, asegurándose de que la mezcla sea homogénea y libre de grumos. Finalmente, se aplica el DecoBlock a más tardar una hora después de haber sido mezclado con agua.

Figura 9 “Mezcla para repello interior decoblock gris grueso DECOBLOCK, presentación bolsa de 40 kg. Fuente: Refl x



3.4. FIBRA

- **FIBRA DE REFUERZO PARA REPELLO ADIFIBRA**

Son fibras de polipropileno 100% virgen, de $\frac{1}{2}$ (12 mm) y $\frac{3}{4}$ (19 mm) de longitud, para el refuerzo del concreto, repello, estuco, etc.

Figura 10 “Aditivo Adifibra Plus”. Fuente: ADI



Usos:

- ✓ Acabados de túneles
- ✓ Productos prefabricados
- ✓ Repellos
- ✓ Estuco
- ✓ Patios domésticos, industriales e institucionales
- ✓ Tanques y tubería hidráulica
- ✓ Fibro-cemento
- ✓ Albercas
- ✓ Pisos residenciales e industriales
- ✓ Aceras, banquetas y veredas
- ✓ Jardineras y losas
- ✓ Pisos para cocheras
- ✓ Impermeabilizantes y selladore

Modo de empleo:

Las fibras de polipropileno pueden ser agregadas a la mezcla del concreto en cualquier momento ya sea antes, durante o después del proceso de dosificación, excepto al mismo tiempo que el cemento. El rango de tiempo de una mezcla regular es de 3-6 minutos gracias al control de denier por filamento de las fibras. En mezclas de concreto seco se recomienda un mayor tiempo de mezclado para evitar aglutamientos. Recomendamos seguir las normas ASTM C94 (especificaciones Estándar para Concreto Premezclado)

Dosificación:

Para un metro cubico se adiciona de 1 a 2 libras de ADIFIBRA PLUS, en caso de concreto lanzado se debe agregar 4 lb.

3.5. AGREGADO FINO.

La arena, también denominada agregado fino, es un componente esencial de los morteros ya que constituye del 70% al 80% del volumen total del mortero. Al representar tanto porcentaje dentro de un mortero, juega un papel muy importante en el desempeño de este. La calidad de los morteros depende en su mayor parte de la calidad de la arena.

3.5.1. Granulometría y módulo de finura.

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA MATERIAL MÁS FINO QUE LA MALLA N.º 200 (75 μ M) EN AGREGADO MINERAL POR LAVADO. (ASTM C 117)

Este método de ensayo presenta dos procedimientos, uno usando sólo agua para la operación de lavado y el otro incluyendo un agente humectante que ayude a separar el material más fino que la malla de 75 μ m (Nº 200). La norma propone que cuando no se especifique por qué método ensayar, el procedimiento que deberá ser utilizado es el que usa solamente agua. En algunos casos, el material fino está adherido a las partículas grandes, tal como algunos revestimientos de arcillas y de revestimientos en agregados que han sido extraídos de mezclas bituminosas. En estos casos, el material más fino será separado más rápidamente con un agente humectante en el agua. Este método de ensayo es propuesto debido a que el material más fino que 75 μ m puede ser separado de las partículas gruesas mucho más eficiente y completamente por tamizado húmedo que a través por tamizado en seco. Por tal razón, cuando se necesitan determinaciones precisas de material más

fino que la malla de 75 μm en agregado fino o grueso, este método es usado en la muestra previamente al tamizado en seco (norma ASTM C 136).

El resultado de este método de ensayo es incluido en los cálculos del análisis por tamizado de agregados gruesos y fino (ASTM C 136), y la cantidad total de material más fino que la malla de 75 μm por lavado, más la obtenida por tamizado en seco de la misma muestra, se reportan con los resultados obtenido con el método de ensayo C 136. Usualmente, la cantidad de material adicional más fino de 75 μm obtenido en el proceso de tamizado en seco, es una cantidad pequeña. Si fuera grande, la eficiencia de la operación de lavado puede ser verificada. Esto puede ser también una indicación de degradación del agregado. Para el ensayo se deberá escoger una muestra de material en función del tamaño máximo nominal de sus partículas según la siguiente tabla:

Tabla 3 “Selección del tamaño de la muestra de prueba”. Fuente: norma ASTM C-117

| Máximo tamaño nominal (mm.) | Mínimo de masa a utilizar (g) |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 4.75 | 300 |
| 9.5 | 1000 |
| 19.0 | 2500 |
| 37.5 | 5000 |

En el ensayo se lava una muestra de agregado de una manera prescrita, usando agua o agua conteniendo un agente humectante especificado. El agua de lavado decantada conteniendo material disuelto y suspendido, es pasada a través de la malla N^o 200. La pérdida en masa resultante del tratamiento de lavado se calcula como el porcentaje de masa de la muestra original y se reporta como el porcentaje de material más fino que las malla de 75 μm por lavado.

Tabla 4 “Análisis por tamizado de agregados gruesos y fino”. Fuente: propia

| | | | |
|--|----------------------|-------|---|
| Masa seca de la muestra original | B | 600.2 | g |
| Masa seca de la muestra después del lavado | C | 589.2 | g |
| Masa del material lavado | D=B-C | 11.0 | g |
| Porcentaje de material que pasa la malla N° 200 por lavado | $A=(D/B) \times 100$ | 1.8 | % |
| Porcentaje de material mayor que la malla N° 200 | 100-A | 98.2 | % |

GRANULOMETRÍA Y MODULO DE FINURA (ASTM C-136)

La prueba de análisis granulométrico consiste en determinar la clasificación de un material por sus tamaños de partículas individuales; valiéndose de la curva granulométrica. La prueba se realiza por medio del tamizado del material a través de diferentes mallas, lo cual se conoce como Análisis Granulométrico Mecánico.

CARACTERÍSTICAS DE UNA ARENA ADECUADA PARA PREPARAR MORTEROS

La arena de buena calidad tiene que ser:

LIMPIA

La arena debe estar libre de sales, “tierra”, arcillas, partículas blandas y de impurezas orgánicas y de baja absorción.

El agua que absorbe la arena luego se evapora y deja vacíos.

GRADUADA

Las arenas graduadas tienen distintos tamaños que se acomodan bien y producen morteros más densos y fuertes. Es importante que no tenga exceso de finos, ya que la arena más fina absorbe más agua, que luego se evapora y puede generar contracción y fisuramiento.

Figura 11 “Agregados finos”. Fuente: Ripley Perú



Material y equipo:

- Arena procedente de Ilopango.
- Juego de tamices estándar.
- Vibrador electrónico (Rop-Tap).
- Balanza de precisión.
- Recipiente para muestras, Brocha y Cepillo.
- Horno.

Procedimiento:

- I. Tamizar la arena por la malla # 4 y luego colocarla en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.

- II. Pesar una muestra que como mínimo debe ser de 300 gramos (Se utiliza una masa inicial de 359.7 gramos).

Figura 12 “Determinación de la masa de la muestra”. Fuente: propia



- III. Efectuar el tamizado mecánico del material utilizando las siguientes mallas:
8, # 16, # 30, # 50 y # 100

Figura 13 “Material tamizado y pesado”. Fuente: propia



- IV. Calcular los porcentajes de material retenido en cada tamiz, dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos, entre el peso total de la muestra seca;

y con los retenidos parciales, se calculan los porcentajes retenidos

acumulados y los que pasan.

- V. Trazar la curva granulométrica del material en una gráfica, donde la abertura de las mallas se sitúa en las abscisas a escala logarítmica y en las ordenadas los porcentajes de material que pasan por dichas mallas, a escala natural.

Tabla 5 "Tabla resumen del análisis por tamizado de agregados gruesos y fino".

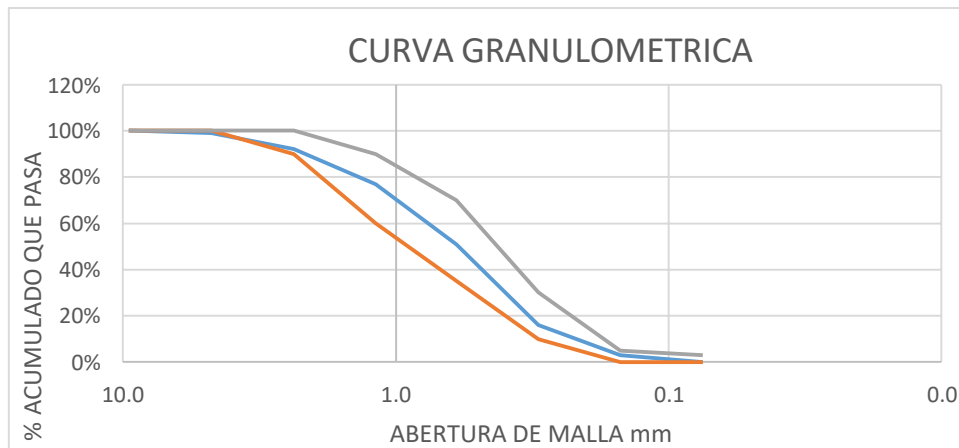
Fuente: propia

| MASA INICIAL g | | 599.24 | | | | | |
|----------------|---------------|-------------------|----------------|---------------|----------------------|-----------------|-------------------------|
| TARA | ABERTURA | MASA RETENIDA (g) | MASA CORREGIDA | MASA RETENIDA | % RETENIDO ACUMULADO | % PASA LA MALLA | RANGOS SEGÚN ASTM C-897 |
| #3/8 | 9.50 mm | 0.00 | 0.00 | 0% | 0% | 100% | 100% |
| #4 | 4.75 mm | 2.00 | 2.00 | 0% | 0% | 100% | 100% |
| #8 | 2.36 mm | 42.70 | 42.71 | 7% | 8% | 92% | 90%-100% |
| #16 | 1.18 mm | 87.00 | 87.02 | 15% | 23% | 77% | 60%-90% |
| #30 | 0.60 μ m | 153.80 | 153.84 | 26% | 49% | 51% | 35%-70% |
| #50 | 0.3 μ m | 207.50 | 207.55 | 35% | 84% | 16% | 10%-30% |
| #100 | 0.15 μ m | 75.30 | 75.32 | 13% | 97% | 3% | 0%-5% |
| #200 | 0.075 μ m | 17.00 | 17.00 | 3% | 100% | 0% | 0%-3% |

| | |
|---------|--------|
| SUMAS g | 585.30 |
| % ERROR | 2.33% |

Módulo de finura = 3.61

Figura 14 “Curva granulométrica”. Fuente: propia



- VI. Los resultados del análisis granulométrico se resumen en el dato de Módulo de Finura, que se define como la suma de los porcentajes acumulados en cada una de las mallas dividido entre 100.

La granulometría de la arena que se utilizó es aceptable, debido a que se encuentra dentro de los límites establecidos por la Norma ASTM C-897, según la curva granulométrica.

Algunos valores de módulo de finura:

Tabla 6 “Calificación de las arenas en función del módulo de finura”. Fuente: ASTM C-897

| | |
|----------------|-----------|
| Arena gruesa | 2.5 a 3.5 |
| Arena fina | 1.5 a 2.5 |
| Arena muy fina | 0.5 a 1.5 |

Dicho agregado presenta un módulo de finura de 2.610 lo que indica que es una Arena gruesa

3.5.2. Gravedad específica y absorción.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (ASTM C-128).

La gravedad específica y la absorción son propiedades físicas de los agregados, que brindan gran ayuda en las propiedades de la mezcla de mortero.

A. MATERIAL Y EQUIPO:

- i) Arena procedente del Río Jiboa tamizada por la malla # 4 secada al horno.
- ii) Horno y Balanza de precisión.
- iii) Picnómetro y Taras.
- iv) Equipo para prueba de cono de arena.

B. PROCEDIMIENTO:

- I. Tomar dos muestras de material que pasen la malla # 4, y colocarlas en taras con pesos conocidos, para luego sumergirlas en agua hasta cubrir por completo la muestra, dejándolas reposar por 24 horas.
- II. Pasado este período, se quita el exceso de agua, teniendo cuidado de que la muestra no se pierda; luego se dejan secar al sol, moviendo regularmente hasta que se alcance la condición saturada superficialmente seca.
- III. Pesar por separado el picnómetro vacío en la balanza de precisión, y luego colocando agua en el mismo recipiente se pesa el conjunto.

Figura 15 “Determinación de la masa del picnómetro”. Fuente: propia



- IV. Cuando la arena posea la condición saturada superficialmente seca (SSS), realizar la prueba del cono, la cual consiste en colocar la arena dentro del cono metálico, compactándola con 25 golpes, posteriormente se retira el cono para observar la consistencia de la arena.
- V. Pesar 500 gramos de arena y colocarla dentro del picnómetro con agua, batirla hasta que salga el aire contenido, y luego se termina de llenar el recipiente hasta la marca de aforo y se pesa el conjunto.

Figura 16 “Llenado del picnómetro”. Fuente: propia



- VI. A continuación, se coloca el contenido del picnómetro en una tara de peso conocido, y se coloca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ durante 24 horas.
- VII. Se sacan las taras con las muestras de agregado, y se pesan en la balanza, y con estos datos se calculan la Gravedad Específica y la Absorción de la arena.

DATOS OBTENIDOS EN ENSAYO:

- Absorción: 4.90
- Gravedad Especifica seca: 2.32
- Gravedad especifica SSS: 2.44
- Absorción: 4.60
- Gravedad Especifica seca: 2.30
- Gravedad especifica SSS: 2.42
- Gravedad especifica seca promedio: 2.31
- Gravedad especifica sss promedio: 2.43
- Absorción promedio (%): 4.75

3.6. ENSAYO AL MORTERO EN ESTADO PLÁSTICO Y ENDURECIDO.

3.6.1. Fluidez ASTM C-1437 y ASTM C-109

La fluidez se define como el aumento resultante en el diámetro medio de la base de la masa de mortero, expresado como porcentaje del diámetro original de la base. Se utiliza para calcular el contenido de agua que proporciona un nivel de flujo específico, para el cuál el desempeño óptimo de la mezcla deberá estar entre los valores $110 \pm 5\%$.

Material

- Arena procedente de Ilopango tamizada por la malla # 200.
- Cemento Portland ASTM C-1157 Tipo "GU".

Equipo

- Mezclador eléctrico.
- Probeta Graduada y Balanza de Precisión.
- Cuchara, Espátula, Brocha y Franela.
- Mesa de Fluidez, Molde de Fluidez (Cono) y Pisón no absorbente.

Procedimiento

1. Se utilizó un proporcionamiento 1:3 para los componentes del mortero.

Figura 17 “Material y equipo para el ensayo de fluidez”. Fuente: propia



2. La temperatura del cuarto de laboratorio, los materiales secos, la paleta y el tazón se mantuvieron a una temperatura de 26.1 °C.
3. Mediante el uso del mezclador eléctrico, se realizaron las mezclas de mortero para posteriormente determinar su respectiva fluidez, variando las cantidades de agua en dichas mezclas, hasta alcanzar el valor especificado en la norma.

Figura 18 “Mezclador Mecánico y materiales para la mezcla”. Fuente: propia



4. Con la mezcla de mortero lista, se limpió cuidadosamente la mesa de fluidez hasta dejarla seca y limpia.
5. Se colocó el molde de fluidez en el centro.
6. Primero, se colocó una capa de mortero de unos 25 mm de espesor en el molde y apisonó 20 veces con el apisonador, garantizando un llenado uniforme del molde.
7. Luego, se llenó el molde con más mortero, apisonando tal y como se hizo para la primera capa.
8. Posteriormente se enrazó el mortero dejando una superficie plana en la parte superior del molde, utilizando la regla o el borde de la paleta con un movimiento de “zigzag”.
9. Retirando los residuos o excedentes de mortero de la parte superior de la mesa hasta que estuviera limpia y seca, se levantó el molde de fluidez que contiene el mortero, dentro del intervalo de 1 minuto después de completar la operación de mezclado.

Figura 19 “Mesa de fluidez”. Fuente: propia



10. Inmediatamente se dejó caer la mesa de fluidez 25 veces en 15 segundos, midiendo posterior a ello, el diámetro del mortero (L1, L2, L3, L4) a lo largo de las cuatro líneas marcadas en la parte superior de la mesa.

Datos obtenidos

Se hicieron 4 pruebas de mezclas, logrando el valor esperado en la última.

A continuación, se comparten los resultados obtenidos durante el ensayo:

Tabla 7 “Lecturas obtenidas del ensayo de Fluidez”. Fuente: propia

| Lectura de los Diámetros del Mortero | Valores |
|--|---------|
| L ₁ | 25.4 |
| L ₂ | 25.3 |
| L ₃ | 25.4 |
| L ₄ | 25.3 |
| Diámetro Promedio (cm)=(L ₁ + L ₂ + L ₃ + L ₄)/4 | 25.4 |

Por lo tanto, la fluidez expresada en porcentaje viene dada por la siguiente fórmula:

$$\%_{Fluidez} = \frac{(\text{Diámetro Promedio} - \text{Diámetro inicial})}{(\text{Diámetro inicial})} * 100$$

Dónde el diámetro inicial corresponde al diámetro interno de la base, cuyo valor es:

$$\text{Diámetro inicial} = 11.8 \text{ cm}$$

$$\therefore \%_{Fluidez} = \frac{(25.4 - 11.8)}{(11.8)} * 100 \rightarrow \%_{Fluidez} \cong 115 \%$$

3.6.2. *Tiempo de fraguado ASTM C-403*

Se define como el tiempo transcurrido, desde que la mezcla de mortero alcanza una resistencia inicial a la penetración de 500 *psi*, hasta que la mezcla presente una resistencia final de 4,000 *psi*.

Material

- Arena procedente de Ilopango tamizada por la malla # 200.
- Cemento Portland ASTM C-1157 Tipo "GU".

Equipo

- Probeta Graduada, Espátula y Franela.
- Molde Metálico para Espécimen.
- Agujas (Con áreas de 1/2, 1/4, 1/10, 1/20 y 1/40 *pulg*²), y Equipo para penetración.

Procedimiento

1. Se utilizó un proporcionamiento 1:3 para los componentes del mortero.
2. Mediante el uso del mezclador eléctrico se realizaron las mezclas de mortero.

Figura 20 "Mezclador Mecánico". Fuente: Propia



3. Se llena el molde previamente engrasado con la mezcla realizada, dejando alrededor de 10 *mm* de espacio libre entre la superficie del mortero y el borde superior del molde.

Figura 21 “Molde utilizado para ensayo de tiempos de fraguado”. Fuente: ICIA El Salvador



4. Se registra la hora de elaboración de la muestra, que demarcará la hora de inicio en que el cemento entra en contacto con el agua.
5. Dejar el molde en el laboratorio alrededor de 2 o 3 horas, con el fin de eliminar el exceso de agua y que de esta manera empiece el fraguado del mortero, tratando de mantener una temperatura constante. En el ensayo se tuvo temperatura inicial de 23.0° C y una temperatura final de 24.5° C.
6. Transcurrido dicho lapso de tiempo, se inicia la penetración con la aguja de 1/2 *pulg*², colocando el molde en el penetrómetro y manteniendo la presión de la aguja sobre el mortero durante 11 segundos. Repitiendo este paso, hasta alcanzar las resistencias deseadas tanto inicial de 500 *psi*, tomando pruebas a intervalos de 20 minutos, como la resistencia final de 4,000 *psi* o más.

Figura 22 “Prueba de tiempos de fraguado en espécimen de mortero”. Fuente: ICIA El Salvador



Datos obtenidos

A continuación, se presentan las lecturas y datos obtenidos durante el ensayo:

Tabla 8 “Lecturas obtenidas durante el ensayo de Tiempos de Fraguado”, Fuente: propia

| LECTURAS OBTENIDAS DURANTE EL ENSAYO | | | |
|---|-------------------|---|-----------------------|
| TIEMPO TRANSCURRIDO (MIN) | CARGA (LB) | AREA DE AGUJA (PUlg²) | ESFUERZO (PSI) |
| 150 | 20 | 1/2 | 40 |
| 180 | 40 | 1/2 | 80 |
| 210 | 72 | 1/2 | 144 |
| 240 | 59 | 1/4 | 236 |
| 270 | 97 | 1/4 | 388 |
| 300 | 136 | 1/4 | 544 |
| 330 | 86 | 1/10 | 860 |
| 360 | 62 | 1/20 | 1240 |
| 390 | 86 | 1/20 | 1720 |
| 420 | 112 | 1/20 | 2240 |
| 450 | 142 | 1/20 | 2840 |
| 465 | 158 | 1/20 | 3160 |
| 480 | 174 | 1/20 | 3480 |
| 495 | 100 | 1/40 | 4000 |

3.6.3. Resistencia a la compresión de los morteros ASTM C-109

Consiste en la determinación de la resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico, utilizando especímenes cúbicos de 50 *mm*.

Material

- Arena procedente de Ilopango tamizada por la malla # 200.
- Cemento Portland ASTM C-1157 Tipo “GU”.

Equipo

- Guantes de hule
- Recipientes de plástico o aluminio
- Termómetro, Cuchara de albañil, Cronómetro o reloj y Lentes
- Tanque de almacenamiento para los especímenes cúbicos
- Pie de rey o regla metálica
- Franela, Lija fina y Escuadra para revisión de los especímenes.
- Balanza con aproximación de 0.1 *g*.

Procedimiento

1. Se utilizó un proporcionamiento 1:3 para los componentes del mortero.

2. Se elaborarán tres especímenes de una bachada de mortero para cada edad de ensayo (7 y 28 días).

*Figura 24 “Moldes de cubos de mortero para resistencia a la compresión” .
Fuente: propia*



3. Se deben sellar las superficies donde se unen las mitades de los moldes, mediante la aplicación de una ligera capa de grasa que permita la exudación cuando las dos mitades hayan sido apretadas.
4. También será necesario aplicar una capa delgada de un desmoldante en el interior de las caras del molde y de las placas no absorbentes, ya sea aceite o grasa, limpiando las caras de los moldes y la base con una franela, con tal de remover algún exceso del desmoldante, y para lograr una capa delgada y pareja en la superficie interior del molde.
5. Mediante el uso del mezclador eléctrico se realizarán las mezclas de mortero.

Figura 25 “Material y equipo para mezcla de materiales”. Fuente: propia



6. Con la mezcla de mortero preparada, se debe iniciar el moldeado y llenado de los especímenes dentro de un tiempo total de no más de 2 minutos y 30 segundos después de haber completado el mezclado original de la muestra del mortero, colocando inicialmente una capa de mortero de aproximadamente 25 mm (aproximadamente a la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos cúbicos.
7. Apisonar la primera capa de mortero en cada compartimento cubico 32 veces, repartidas en 4 rondas en aproximadamente 10 segundos, cada ronda será en ángulo recto a la anterior y consistirá de ocho golpes adjuntos sobre la superficie del espécimen. La presión del apisonado deberá ser lo suficientemente justa para asegurar un llenado uniforme de los moldes.
8. Se debe llenar los compartimentos con el mortero restante y entonces hacer el apisonado de la segunda capa tal y como se hizo anteriormente. Luego, se debe pasar el lado plano de la cuchara una vez a lo largo de la longitud

- del molde, con el fin de nivelar el mortero y hacer que el mortero que sobresale de la parte superior del molde logre un espesor más uniforme.
9. Para lograr una superficie plana en la parte superior del molde se debe pasar el extremo recto de la cuchara sosteniéndola casi perpendicular al molde con un movimiento de “zigzag” sobre la longitud de este.
 10. Limpiar del molde el mortero sobrante que ha quedado en sus alrededores para evitar cualquier obstrucción o impedimento de este, al desamoldar.

Figura 26 “Cubos de morteros para determinación de la resistencia a compresión a los 7 y 28 días”. Fuente: propia



11. Colocar los especímenes de ensayo en el cuarto húmedo, para extraerlos/desmoldarlos 24 horas después.
12. El curado de los especímenes se logrará manteniéndolos sumergidos dentro de agua hasta el día del ensayo.

13. Cuando se vayan a ensayar los especímenes se deben revisar los especímenes, removiendo cualquier grano de agregado flojo o por cualquier incrustación de las caras que estarán en contacto con los soportes de la máquina de ensayo. Se deben revisar las caras con una escuadra, por si existe alguna curvatura apreciable, para posteriormente limarlas y poder lograr una superficie plana o en el peor de los casos, el descarte del espécimen.
14. Se deben medir tanto los lados (L1 y L2) como la altura (H) del espécimen, registrando sus respectivos valores y determinar sus pesos (W) mediante el uso de una balanza.
15. Posteriormente, se debe colocar cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensayo, aplicando la velocidad correspondiente a una carga sobre el espécimen en el rango de 900 a 1800 N/s, anotando el valor de la carga máxima (P) total.

Datos obtenidos

Tabla 9 “Dimensiones y masas de los cubos de mortero para resistencia a la compersión”. Fuente: propia

| No. ESPÉCIMEN | FECHA DE ELABORACIÓN | EDAD (Días) | FECHA DE RUPTURA | L1 (cm) | L2 (cm) | H (cm) | W (Kg) | CARGA (Kg) |
|---------------|----------------------|-------------|------------------|---------|---------|--------|--------|------------|
| 1 | 7/11/2023 | 7 | 14/11/2023 | 5.0 | 5.0 | 4.9 | 0.27 | 3,699.0 |
| 2 | 7/11/2023 | 7 | 14/11/2023 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 3,786.0 |
| 3 | 7/11/2023 | 7 | 14/11/2023 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 3,695.0 |
| 4 | 7/11/2023 | 28 | 5/12/2023 | 5.0 | 5.0 | 4.8 | 0.28 | 4,535.0 |
| 5 | 7/11/2023 | 28 | 5/12/2023 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 4,645.0 |
| 6 | 7/11/2023 | 28 | 5/12/2023 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 4,486.0 |

Mediante estos datos procedemos a calcular los valores de Resistencia a la compresión f_m , de cada espécimen mediante la siguiente fórmula:

$$f_m = P / A \rightarrow f_{m1} = \frac{(3699.0 \text{ Kg})}{(5.0 \text{ cm})(5.0 \text{ cm})} \rightarrow f_{m1} \cong 148.0 \text{ Kg/cm}^2$$

El peso volumétrico P_v de determinará de la siguiente manera:

$$P_v = W / V \rightarrow P_{v1} = \frac{(0.27 \text{ Kg})}{(0.05 \text{ m})(0.05 \text{ m})(0.05 \text{ m})} \rightarrow P_{v1} \cong 2,204.1 \text{ Kg/m}^3$$

A continuación, se resumen los datos obtenidos:

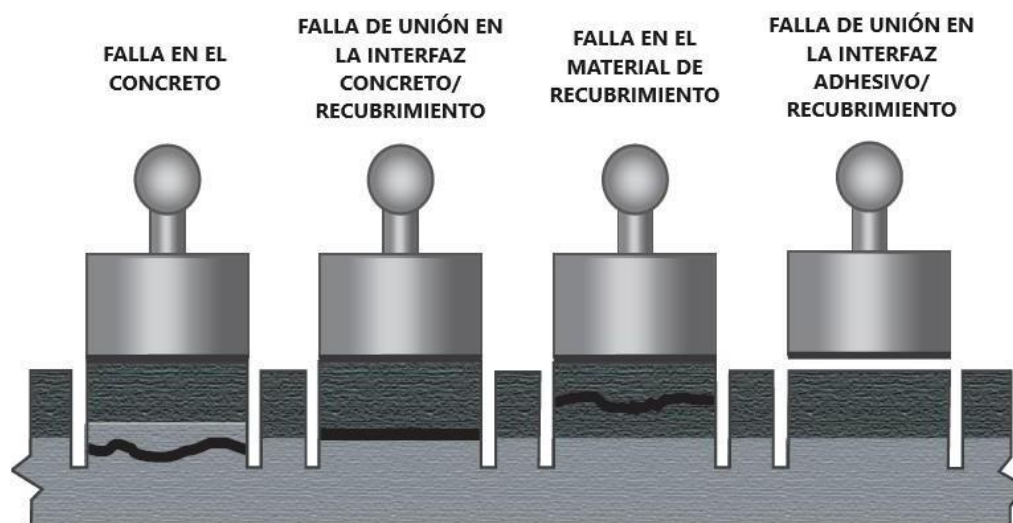
Tabla 10 “Resistencia a los 7 y 28 días de los cubos de mortero”. Fuente: propia

| No. ESPÉCIMEN | A (cm²) | V (m³) | W (Kg) | CARGA (Kg) | CARGA (Kg) | f_m (Kg/cm²) | PV (Kg/m³) |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|---|----------------------------------|
| 1 | 5.0 | 5.0 | 0.27 | 3,699.0 | 3,699.0 | 148.0 | 2,204.1 |
| 2 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 3,786.0 | 3,786.0 | 151.4 | 2,240.0 |
| 3 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 3,695.0 | 3,695.0 | 147.8 | 2,240.0 |
| 4 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 4,535.0 | 4,535.0 | 181.4 | 2,333.3 |
| 5 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 4,645.0 | 4,645.0 | 185.8 | 2,240.0 |
| 6 | 5.0 | 5.0 | 0.28 | 4,486.0 | 4,486.0 | 179.4 | 2,240.0 |

3.6.4. Método de ensayo estándar para la resistencia a la tracción de las superficies de concreto y la fuerza de adherencia o resistencia a la tracción de los materiales de reparación y recubrimiento de hormigón por tensión directa (método Pull-Off)

Este método de prueba cubre el procedimiento para la evaluación de la fuerza de adherencia (conocida comúnmente como Pull-Off) al desprendimiento de un revestimiento en el concreto. El ensayo determina la mayor fuerza perpendicular (en tensión) que una superficie puede soportar antes de que una porción de material se separe (falla) o si la superficie se mantiene intacta con un esfuerzo determinado.

Figura 27 “Superficies de falla”. Fuente: Failure surface, PAPWORTHS construction testing equipment, DY-2 Pull Off tester for Pull-Off Adhesion test



La falla se producirá a lo largo del plano más débil dentro del sistema compuesto por el accesorio de prueba, adhesivo, recubrimiento o el concreto mismo y será expuesta por la superficie de fractura. Este método de ensayo prioriza los

esfuerzos de tracción en comparación con el esfuerzo cortante aplicado por otros métodos, tales como el rayado de adhesión, por lo que los resultados pueden no ser comparables.

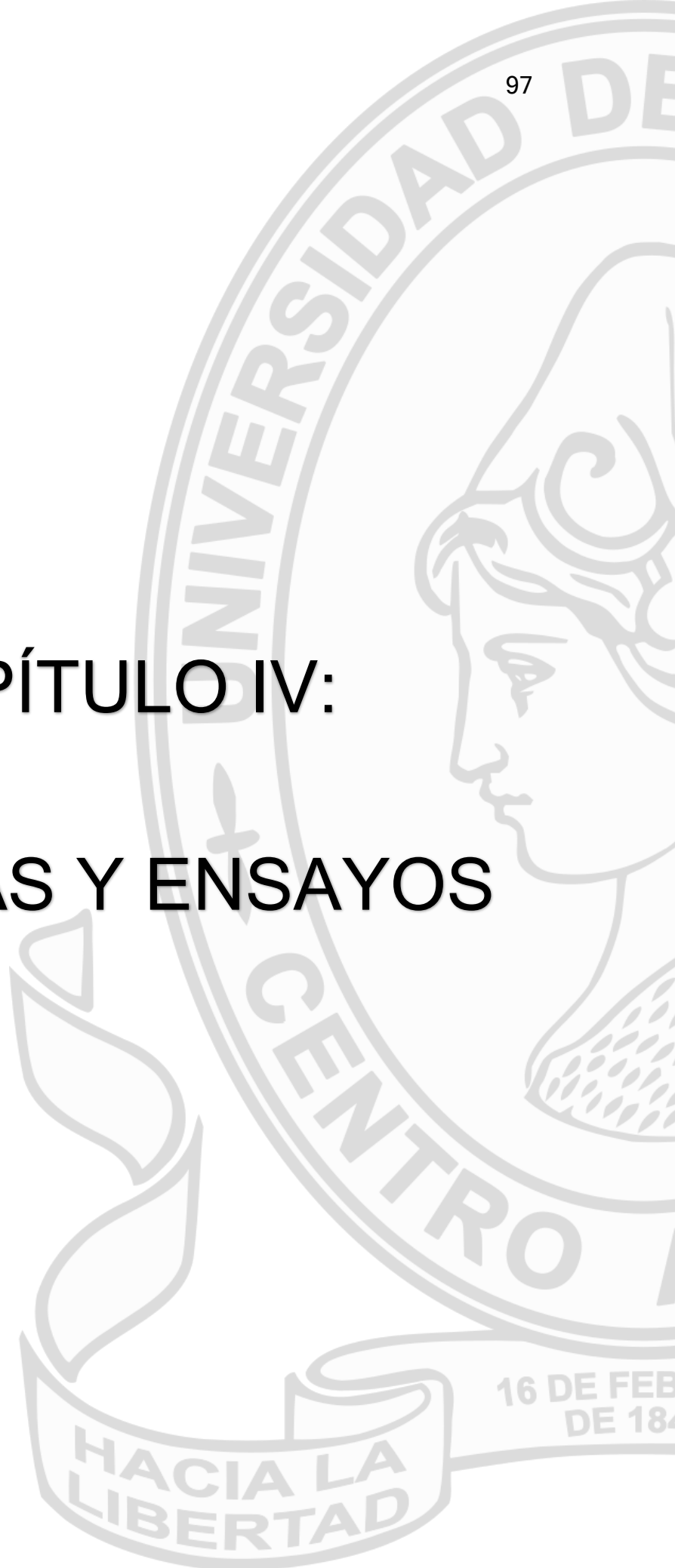
Figura 28 "Instrumentos utilizados para pruebas de adherencia". Fuente: International journal of precision engineering and manufacturing-green technology.



La resistencia al desprendimiento se calcula en base a la carga máxima indicada, los datos de calibración de los instrumentos y el área de superficie afectada, lo que provoca variaciones en los resultados de resistencia obtenidos, dependiendo la configuración que se utilice (diferentes instrumentos, recubrimientos, áreas de ensayo, etc.).

Los instrumentos están conformados por un medidor de la resistencia de adherencia, accesorios con una superficie plana que sirve para adherirse al recubrimiento y un medio de unión con el medidor por el otro extremo. Esta superficie puede ser redonda, cuadrada o rectangular. En el caso de los accesorios de carga redondos son por lo general de 50 mm (2,0 in) de diámetro, pero pueden ser admisibles diámetros entre los 20 mm (0,75 in) y 75 mm (3,0 in).

CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y ENSAYOS



CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y ENSAYOS.

4.1. MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Para dar seguimiento a los estudios realizados en esta investigación, se propusieron lineamientos para la construcción de los especímenes de prueba.

MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales, de los cuales el cemento, la arena y el agua se mantienen constantes; siendo la única variable el bloque de concreto, tal como se enlista a continuación:

- A. CEMENTO: Como material cementante se utilizó únicamente Cemento de Mampostería, bajo la Norma ASTM C-1157 tipo “GU”, el cuál es el indicado para este tipo de obra.
- B. ARENA: Se utilizó arena proveniente de Ilopingo, presentando un estado secado al sol y a la intemperie.
- C. AGUA: El agua cumple con la condición de ser potable ya que fue tomada de la red pública.
- D. BLOQUE DE CONCRETO: Se propuso el uso de unidades de mampostería a base de concreto, cuyas dimensiones nominales son 40x20x15 cm. Estos bloques fueron comparados a la empresa SALTEX la cual nos proporcionó su ficha técnica.
- E. ADITIVOS: Se propuso el uso de 3 tipos de aditivos: réflex látex, adi bond azul y adifibra plus.

ESPECIFICACIÓN DE MANO DE OBRA.

La elaboración de los especímenes se realizó empleando a las mismas personas y sin cambiar el equipo, todo esto para mantener las mismas condiciones en todos los tipos de mortero que se elaboraron.

4.1.1. *Proceso constructivo*

Durante el desarrollo de la investigación

La cantidad de agua fue obtenida realizando ensayos de fluidez para poder lograr una buena trabajabilidad que fuese lo más idónea y representativa de los morteros ocupados en obra de esta forma se garantiza que al ser replicada la mezcla en un proyecto esta tiene buena adherencia al ser lanzada contra la pared.

Se optó por utilizar una dosificación 1:2.5 para que al momento de realizar el ensayo de adherencia pull off este nos dé un plano de falla entre el bloque y mortero de repello, una mezcla de mayor proporción podría generar planos de falla en el mortero que no serían representativos o válido ya que el desprendimiento no se generaría en la superficie del bloque y el contacto con el repello.

Para el mezclado de los componentes de los morteros de repello se respetaron los tiempos descritos en la norma ASTM C-136 en la que se describe los paso

para ir colocando cada elemento de la mezcla y los tiempos de mezclado en la batidora.

Esto con el fin que el procedimiento empleado para obtener los cubos de mortero sea el mismo para la mezcla de repello en los bloques y no se pierda relación entre las condiciones usadas para los datos de compresión y adherencia.

Los especímenes consisten en un bloque de concreto de dimensiones 40x20x15 cm repellado en una de sus caras con mortero con un espesor de 8 mm. Los tipos de morteros utilizados son:

1. Mortero convencional
2. Mortero modificado con réflex látex
3. Mortero modificado con adifibra plus.
4. Mortero modificado adi bond azul.

4.1.2. Condiciones al momento de colocar la mezcla

Durante la colocación de los repellos la temperatura ambiente rondaba los 23 °C se realizaron en el transcurso de la mañana alcanzando una máxima de 31 °C.

La humedad promedio fue de 48%.

Se realizaron de forma previa ensayos hasta obtener una fluidez óptima tomando como referencia la cantidad de agua en el ensayo de fluidez para una mezcla de proporción 1:3 y la fluidez obtenida en el ensayo de compresión del cemento.

REPELLO CONVENCIONAL.DOSIFICACIÓN DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MORTERO CONVENCIONAL (CEMENTO, AGUA Y ARENA)

La mezcla utilizada para este repello consistió en una dosificación 1: 2.5 en las siguientes cantidades.

- Cemento: 720 gr
- Agua: 400 ml
- Arena: 1440 gr
- Relación a/c = 0.55

REPELLO MODIFICADO CON ADIFIBRADOSIFICACIÓN DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MORTERO MODIFICADO CON ADIFIBRA (CEMENTO, AGUA, ARENA Y ADIFIBRA)

La mezcla utilizada para este repello consistió en una dosificación 1: 2.5 en las siguientes cantidades.

- Cemento: 720 gr
- Agua: 480
- Arena: 1440 gr
- ADIFIBRA: 7gr

La cantidad de adifibra a agregar depende de la dosificación especificada del fabricante: para morteros de repello el rango de la cantidad de fibra es de 1-4 libras por metro cubico.

Rango en cantidad de fibra en gramos: de 1 a 12 gramos de fibra.

Relación a/c = 0.66

REPELLO MODIFICADO CON REFLEX LÁTEX

DOSIFICACIÓN DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MORTERO MODIFICADO CON REFLEX LÁTEX (CEMENTO, AGUA, ARENA Y REFLEX LÁTEX)

La mezcla utilizada para este repello consistió en una dosificación 1: 2.5 en las siguientes cantidades.

- Cemento: 720 gr
- Agua: 390
- Arena: 1440 gr
- Réflex látex: 20 ml

Según ficha técnica del fabricante la cantidad a aplicar es de 1 litro por una bolsa de decoblock, el rango de dosificación para la mezcla de mortero puede ser de hasta 84 ml de réflex látex para las cantidades de material que se esta utilizando en este diseño de mortero de repello.

Relación a/c = 0.54

REPELLO MODIFICADO CON REFLEX LÁTEX

DOSIFICACIÓN DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MORTERO MODIFICADO CON ADI BOND AZUL (CEMENTO, AGUA, ARENA Y ADI BOND AZUL)

La mezcla utilizada para este repello consistió en una dosificación 1: 2.5 en las siguientes cantidades.

- Cemento: 720 gr
- Arena: 1440 gr
- Agua: 400 ml
- Adi bond azul: aplicado con brocha al bloque de concreto.
- Relación a/c = 0.55

Figura 29 “Morteros aplicados sobre bloques de mampostería”. Fuente: propia



4.1.3. Resistencia a la compresión ASTM C-109

Se tomaron muestras por cada tipo de mortero a aplicar, elaborando los especímenes y curándolos bajo las condiciones de laboratorio.

De forma previa a la elaboración de las mezclas de mortero se hizo el ensayo de fluidez para determinar la cantidad optima de agua a aplicar.

Figura 30 “Realización de ensayo de fluidez en morteros”. Fuente: propia



Figura 31 “Realización de ensayo de compresión en espécimen cúbico de mortero”. Fuente: Propia



Resultados: las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos en las pruebas.

Tabla 11 "Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero base proporción 1:2.5". Fuente: propia

| 4 - MORTERO BASE PROPORCIÓN 1:2.5 | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| No. | EDAD (Días) | A (cm²) | V (m³) | W (Kg) | CARGA DE RUPTURA (Kg) | fm (Kg/cm²) | PV (Kg/m³) | CARGA ULTIMA (KG) |
| 1 | 7 | 25.6 | 0.0001285 | 0.26 | 3,820.00 | 187.49 | 2,016.77 | 4,800.00 |
| 2 | 7 | 25.1 | 0.0001263 | 0.26 | 4,270.00 | 209.98 | 2,057.79 | 5,260.00 |
| 3 | 7 | 25.1 | 0.0001255 | 0.26 | 4,360.00 | 191.62 | 2,064.53 | 4,800.00 |
| 4 | 28 | 25.2 | 0.0001278 | 0.27 | 5,670.00 | 279.36 | 2,101.51 | 7,040.00 |
| 5 | 28 | 25.3 | 0.0001273 | 0.27 | 5,700.00 | 283.39 | 2,138.90 | 7,170.00 |
| 6 | 28 | 25.9 | 0.0001311 | 0.27 | 6,330.00 | 296.82 | 2,083.99 | 7,690.00 |

Figura 32 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero base proporción 1:2.5”. Fuente: propia

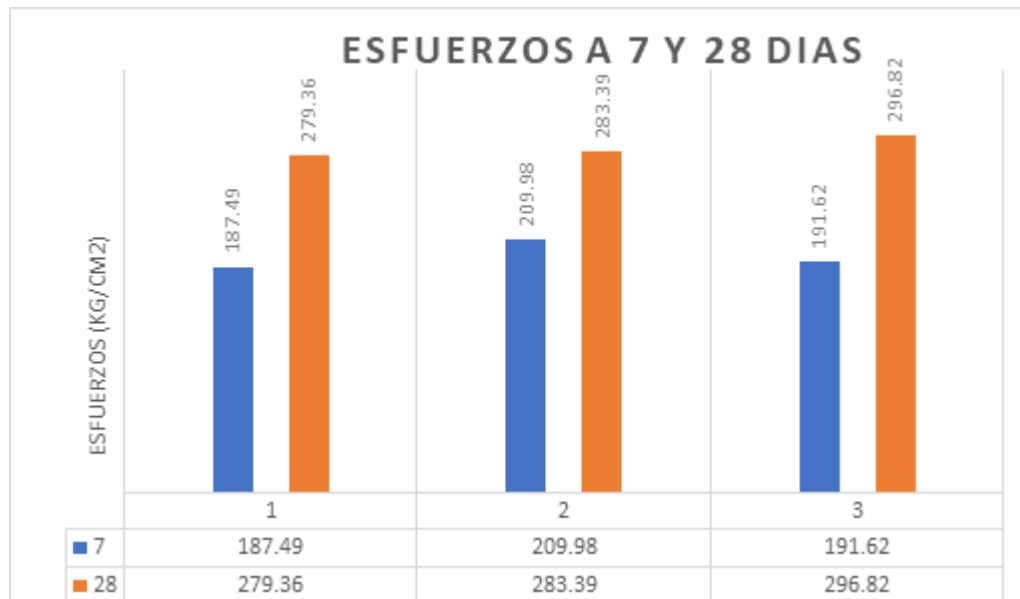


Tabla 12 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con aditivo fibras”. Fuente: propia

| 3 - MORTERO CON ADITIVO FIBRAS | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|---------|-----------|--------|-----------------------|--------------|------------|-------------------|
| No. | EDAD (Días) | A (cm2) | V (m3) | W (Kg) | CARGA DE RUPTURA (Kg) | fm (Kg/cm 2) | PV (Kg/m3) | CARGA ULTIMA (KG) |
| 1 | 7 | 25.7 | 0.0001303 | 0.25 | 1,874.00 | 84.59 | 1,928.28 | 2,170.00 |
| 2 | 7 | 25.9 | 0.0001316 | 0.25 | 2,020.00 | 104.42 | 1,892.67 | 2,700.00 |
| 3 | 7 | 25.5 | 0.0001301 | 0.25 | 2,170.00 | 113.32 | 1,926.76 | 2,890.00 |
| 4 | 28 | 25.6 | 0.0001301 | 0.26 | 3,320.00 | 157.71 | 1,985.16 | 4,030.00 |
| 5 | 28 | 25.9 | 0.0001314 | 0.26 | 3,960.00 | 170.22 | 1,962.63 | 4,410.00 |
| 6 | 28 | 25.2 | 0.0001270 | 0.26 | 3,690.00 | 165.01 | 2,072.30 | 4,150.00 |

Figura 33 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con aditivo fibras”. Fuente: propia

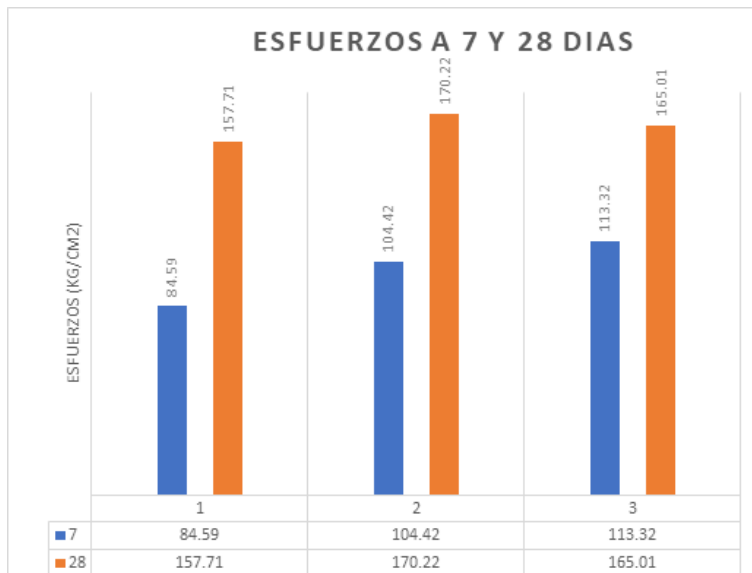
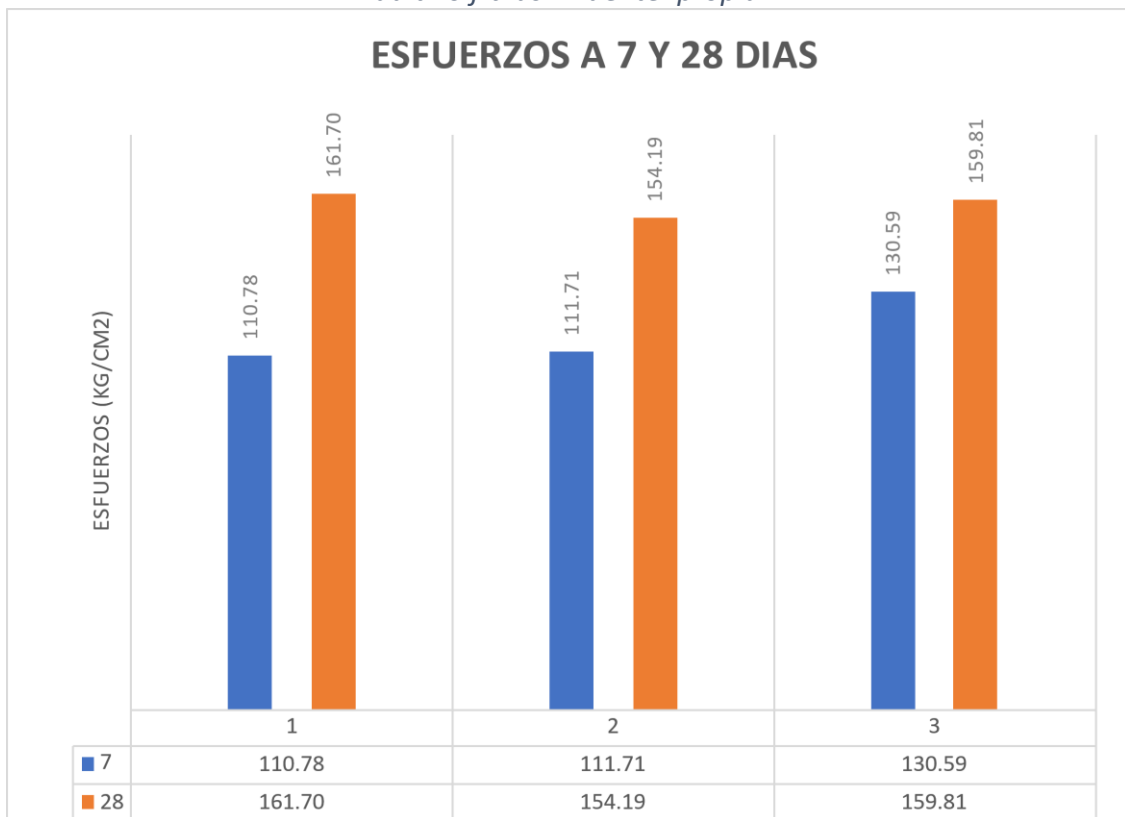


Tabla 13 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con aditivo fibras”. Fuente: propia

| 2 - MORTERO CON ADITIVO REFLEX | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|----------------------|---------------------|--------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| No. | EDAD (Días) | A (cm ²) | V (m ³) | W (Kg) | CARGA DE RUPTURA (Kg) | fm (Kg/cm ²) | PV (Kg/m ³) | CARGA ULTIMA (KG) |
| 1 | 7 | 25.9 | 0.0001321 | 0.25 | 2,150.00 | 110.78 | 1,879.19 | 2,870.00 |
| 2 | 7 | 26.0 | 0.0001324 | 0.25 | 2,180.00 | 111.71 | 1,887.59 | 2,900.00 |
| 3 | 7 | 26.0 | 0.0001321 | 0.25 | 2,830.00 | 130.59 | 1,894.33 | 3,390.00 |
| 4 | 28 | 25.6 | 0.0001299 | 0.25 | 3,540.00 | 161.70 | 1,910.15 | 4,140.00 |
| 5 | 28 | 25.6 | 0.0001296 | 0.25 | 3,270.00 | 154.19 | 1,897.28 | 3,940.00 |
| 6 | 28 | 25.8 | 0.0001312 | 0.25 | 3,510.00 | 159.81 | 1,887.59 | 4,120.00 |

Figura 34 “Gráfica de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con aditivo fibras”. Fuente: propia



4.1.4. Esfuerzo de adherencia de revestimiento usando equipo de adhesión portátiles ASTM C-1583.

Este método de ensayo cubre el procedimiento descrito en capítulo III para la obtención y evaluación de la adherencia entre la capa de mortero sobre la base rígida que es un bloque de concreto.

a) MATERIAL Y EQUIPO:

- Epóxico
- Equipo para medición de adherencia con manómetro.
- Perforadora con sierra de copa diamantada de 2 plg.
- Pastillas o placas para adherencia.

b) PROCEDIMIENTO

- Con los bloques repellados en una de sus caras se realizaron perforaciones con sierra de copa diamantada se realizaron 4 perforaciones.
- En las áreas perforadas con diámetro de 2 pulgadas se colocaron las pastillas metálicas adheridas por medio del epóxido Loctite.
- Con el equipo de extracción se procede a realizar el ensayo y posterior toma de lectura que indica el manómetro.

Figura 35 “Realización de Ensayo Pull Off sobre repellos aplicados a bloques de mampostería”. Fuente: propia



a) RESULTADOS: En las siguientes tablas se muestra un resumen de los datos obtenidos de la medición de adherencia.

Las hojas con los datos tomados en campo y el tipo de falla en cada uno de las pruebas de extracción se encuentran en los anexos

Figura 36 “Bloques de mampostería sometidos a ensayos Pull Off”. Fuente: propia



Figura 37 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5”. Fuente: propia

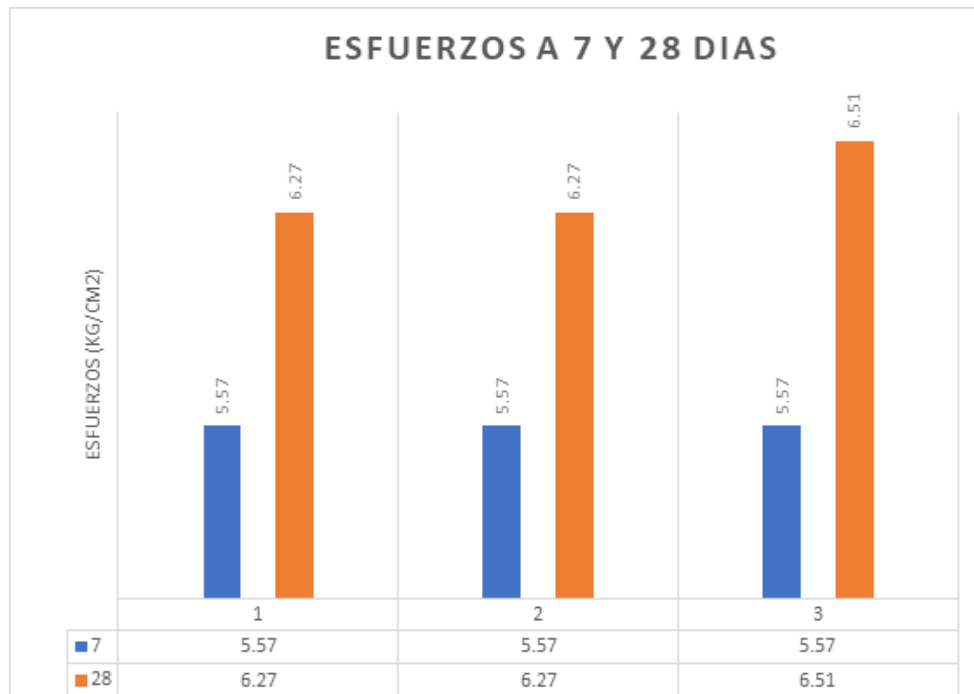


Figura 38 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adibond”. Fuente: Propia

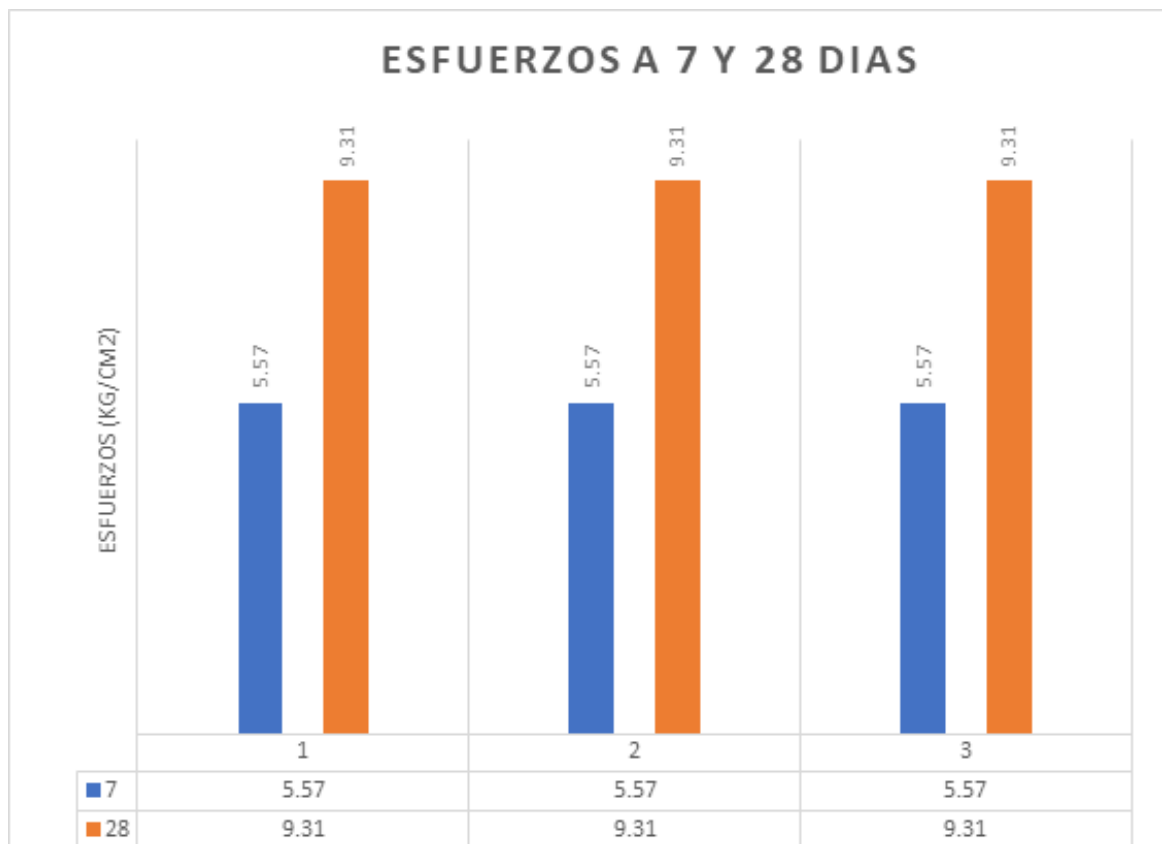


Tabla 14 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero con Adibond”. Fuente: Propia

| 1 - MORTERO PROPORCIÓN 1:2.5 CON ADIBOND | | | | | |
|---|---------------------------------|------------------------|---|--------------------|---|
| No. ESPÉCIME N | indicación manómetro | Fuerza (kN) | Área de pieza (cm²) | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm²) |
| 1 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 |
| 2 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 |
| 3 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 |
| 4 | 400.00 | 1.8 | 19.64 | 182.80 | 9.31 |
| 5 | 400.00 | 1.8 | 19.64 | 182.80 | 9.31 |
| 6 | 400.00 | 1.8 | 19.64 | 182.80 | 9.31 |

Figura 39 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adireflex”. Fuente: propia

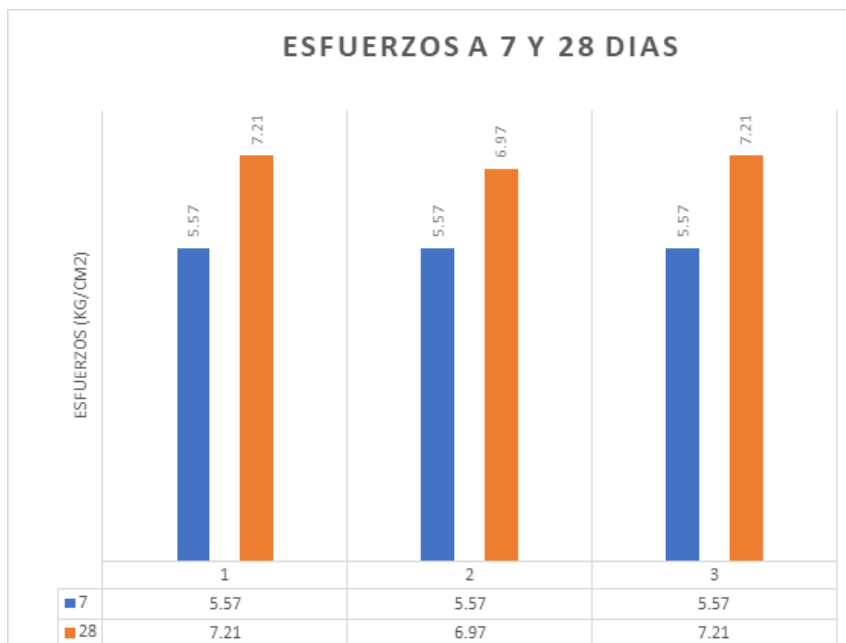


Tabla 15 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adireflex”. Fuente: propia

| 1 - MORTERO PROPORCIÓN 1:2.5 CON ADIREFLEX | | | | | |
|--|----------------------|-------------|----------------------------------|-------------|--------------------------------|
| No. ESPÉCIMEN | indicación manómetro | Fuerza (kN) | Área de pieza (cm ²) | Fuerza (kg) | Esfuerza (kg/cm ²) |
| 1 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 |
| 2 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 |
| 3 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 |
| 4 | 310.00 | 1.4 | 19.64 | 141.52 | 7.21 |
| 5 | 300.00 | 1.3 | 19.64 | 136.93 | 6.97 |
| 6 | 310.00 | 1.4 | 19.64 | 141.52 | 7.21 |

Figura 40 “Gráfico de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adifibra”. Fuente: propia

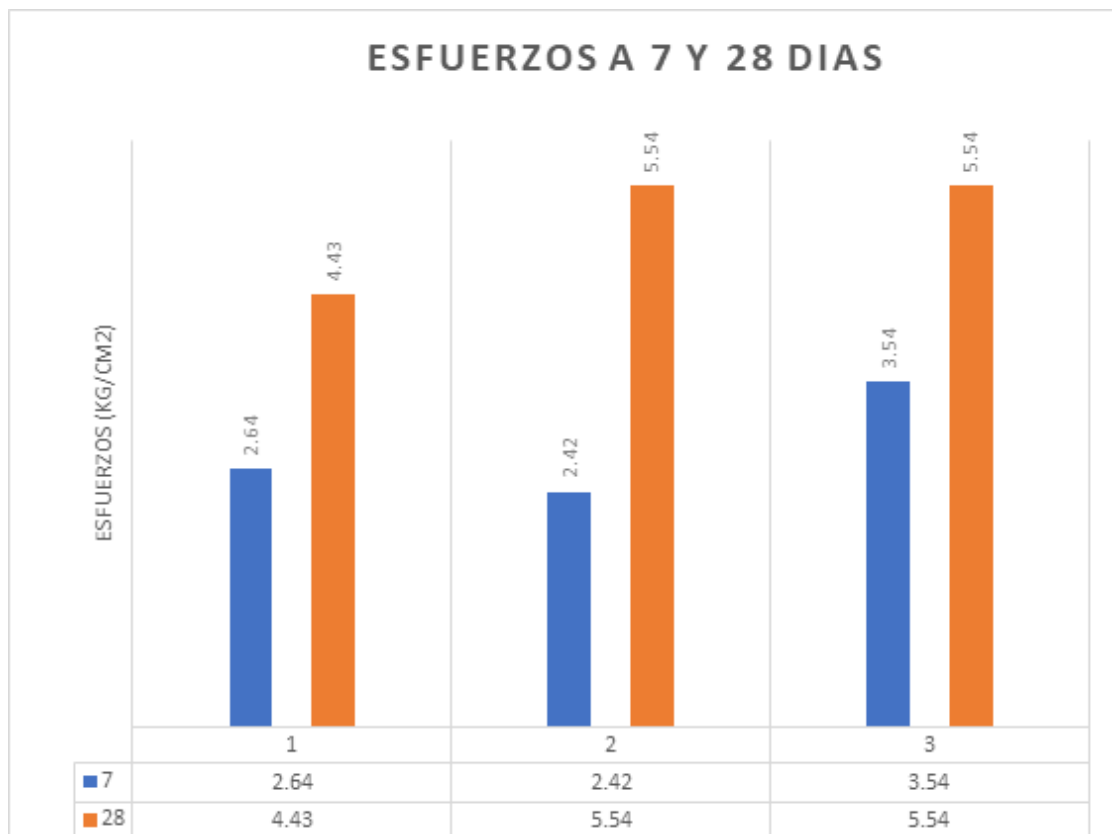


Tabla 16 “Tabla resumen de esfuerzos a los 7 y 28 días para especímenes de Mortero proporción 1:2.5 con Adifibra”. Fuente: propia

| 1 - MORTERO PROPORCIÓN 1:2.5 CON ADIFIBRA | | | | | |
|--|---------------------------------|------------------------|---|--------------------|---|
| No. ESPÉCIME N | indicación manómetro | Fuerza (kN) | Área de pieza (cm²) | Fuerza (kg) | Esfuerzo (kg/cm²) |
| 1 | 120.00 | 0.5 | 19.64 | 51.92 | 2.64 |
| 2 | 110.00 | 0.5 | 19.64 | 47.53 | 2.42 |
| 3 | 160.00 | 0.7 | 19.64 | 69.45 | 3.54 |
| 4 | 200.00 | 0.9 | 19.64 | 86.98 | 4.43 |
| 5 | 250.00 | 1.1 | 19.64 | 108.90 | 5.54 |
| 6 | 250.00 | 1.1 | 19.64 | 108.90 | 5.54 |

a) TIPOS DE FALLA:

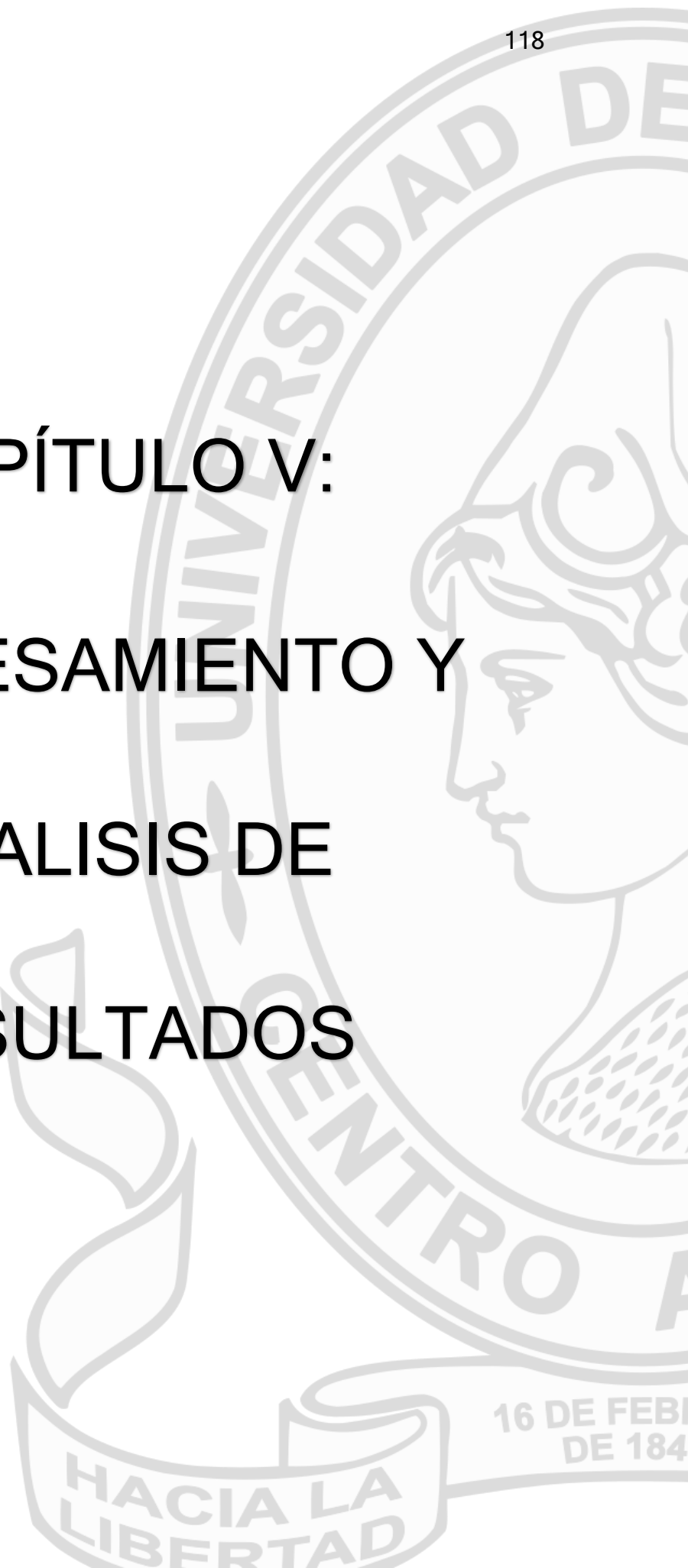
- Interfaz epóxido/cerámica
- Interfaz adherencia cerámica/mortero
- Falla interna del mortero
- Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- Falla del substrato (pared existente).

El tipo de falla que predominó fue el de interfaz adherencia mortero/substrato que en este caso de investigación era el esperado porque nos proporciona un dato preciso del esfuerzo a la tracción.

Figura 41 “Fallas presentadas durante ensayo Pull Off”. Fuente: propia



**CAPÍTULO V:
PROCESAMIENTO Y
ÁNÁLISIS DE
RESULTADOS**



CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO Y CAMPO DE LOS MORTEROS EVALUADOS.

Es determinante para el desarrollo de esta investigación el desempeño de las propiedades mecánicas y físicas de los morteros. El procesamiento, análisis y comparación de los resultados de las pruebas realizadas en laboratorio y campo. Por lo cual en este capítulo se plantean los análisis desde la evaluación de los materiales como el cemento, la arena hasta las pruebas finales de adherencia.

RESISTENCIA A LA COMPRESION ASTM C-109

En la tabla que se muestra a continuación. Se observan los requerimientos físicos de la norma ASTM C-91 y ASTM C-1157, se establecen los valores mínimos que el esfuerzo a la compresión de los especímenes cúbicos debe de poseer a los 7 y 28 días.

En los valores obtenidos en laboratorio se observa que están dentro del rango de resistencia ASTM C-91 el cual especifica al cemento para uso de trabajos de albañilería por tanto da valores de resistencia menores al ASTM C-1157 que es para uso general de estructuras de concreto.

Tabla 17 “Tabla comparativa - Resistencia a la compresión”. Fuente: NORMA ASTM C-91 Y ASTM C-1157.

| COMPARACION DE RESULTADOS DE PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CEMENTO CON REQUISITOS DE ASTM C-1157 Y C-91 | | | | | | |
|---|--|--------------------|--|--------------------|----------------------------|--------------------|
| EDAD DE ENSAYO (DIAS) | RANGO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-91 | | RANGO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-1157 | | DATOS DE CEMENTO UTILIZADO | |
| | Mpa | Kg/cm ² | Mpa | Kg/cm ² | Mpa | Kg/cm ² |
| 7 | 12.40 | 126.4 | 20.00 | 204.00 | 17.20 | 175.43 |
| 28 | 20.00 | 203.9 | 28.00 | 285.50 | 23.73 | 242.00 |

- ARENA

La granulometría de la arena se encuentra dentro de los parámetros aceptables, puesto que cumple con los límites establecidos por la norma ASTM C-897, tal y como se especifica en el capítulo III de esta investigación.

El módulo de finura presenta un valor de 2.61, el cual es aceptable según la tabla del capítulo III.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN ASTM C -128.

Los datos obtenidos en este procedimiento son necesarios para realizar el cálculo de la cantidad de agua a dosificar en la mezcla de concreto además de poder realizar correcciones en el diseño de la mezcla.

- BLOQUES

Los bloques de concreto son de la marca SALTEX que según ficha técnica proporcionada por el asesor comercial los bloques tendrían las siguientes características técnicas según norma ASTM C-90-22:

Tabla 18 “Clasificación de los bloques de acuerdo a la densidad”. Fuente: grupo SALTEX.

| CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A LA DENSIDAD | | | | |
|--|--|-------------------|--|---------------------|
| PESO MEDIANO | | | | |
| DENSIDAD SECA DEL CONCRETO, lb/pie3 (kg/m3) | Agua máxima absorción lb/pie3 (kg/m3) | | Área neta mínima resistencia a la compresión, lb/pulg2 (Mpa)(kgcm2) | |
| promedio de 3 unidades | Promedio de 3 unidades | Unidad individual | Promedio de 3 unidades | Unidad individual |
| 105-125 (1680-2000) | 15 (240) | 17(272) | 27.99 | 1800 (12.4) (126.4) |

| | DENSIDAD SECA DEL CONCRETO, lb/pie3 (kg/m3) | Agua máxima absorción lb/pie3 (kg/m3) |
|-----------------|--|--|
| NORMA ASTM C-90 | 1680.00 máx. | 288.00 máx. |

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LOS MORTEROS CON DOSIFICACIÓN 1:3, 1:2.5 Y LOS MODIFICADOS CON FIBRAS Y ADITIVOS.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MAMPOSTERIA ASTM C-1157 TIPO

GU

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión para cada tipo de mortero, las mezclas se realizaron en laboratorio bajo el procedimiento de la NORMA ASTM C-109, realizando para cada uno el ensayo de fluidez hasta obtener la cantidad optima de agua que de una buena trabajabilidad.

La relación agua cemento al momento de realizar el ensayo de fluidez presenta modificaciones en su cantidad de agua, esto para obtener el contenido óptimo de agua en la mezcla y siempre conservar las dosificaciones de cemento y arena.

Tabla 19 “Resistencia promedio a compresión a los 7 días para los tipos de mortero de repello”. Fuente: propia

| RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN PARA LOS TIPOS DE MORTERO DE REPELLO | | | | | |
|--|------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|---|
| MORTERO | AREA (CM2) | ESFUERZO DE REPTURA (Kg/cm2) | ESFUERZO DE RUPTURA (Mpa) | % DE DIFERENCIA | AUMENTO O DISMINUCIÓN (en relación al esfuerzo del mortero 1:2.5) |
| 1:2.5 | 25.23 | 196.4 | 19.26 | 0% | / |
| 1:3 | 25.00 | 149.1 | 14.62 | -24% | DISMINUCIÓN |
| REFLEX LATEX | 25.94 | 117.7 | 11.54 | -40% | DISMINUCIÓN |
| FIBRA | 25.67 | 100.8 | 9.88 | -49% | DISMINUCIÓN |

Figura 42 “Comparación de los resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de los morteros”. Fuente: propia

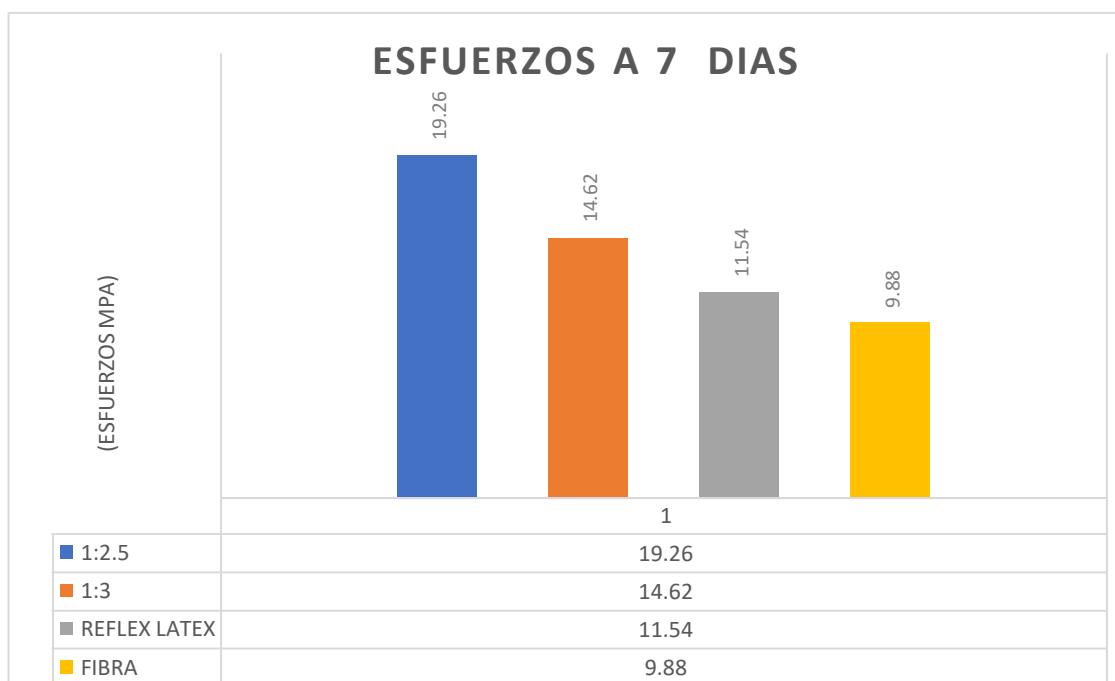


Tabla 20 “Resistencia promedio a compresión a los 28 días para los tipos de mortero de repello”. Fuente: propia

| RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESION PARA LOS TIPOS DE MORTERO DE REPELLO | | | | | |
|--|------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|--|
| MORTERO | AREA (CM2) | ESFUERZO DE REPTURA (Kg/cm2) | ESFUERZO DE RUPTURA (Mpa) | % DE DIFERENCIA | AUMENTO O DISMINUCIÓN en relación al esfuerzo del mortero 1:2.5) |
| 1:2.5 | 25.23 | 286.5 | 28.00 | 0% | / |
| 1:3 | 25.00 | 182.2 | 17.86 | -36% | DISMINUCIÓN |
| REFLEX LATEX | 25.94 | 158.6 | 15.55 | -44% | DISMINUCIÓN |
| FIBRA | 25.67 | 164.3 | 16.11 | -42% | DISMINUCIÓN |

Figura 43 “Comparación de los resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de los morteros”. Fuente: propia

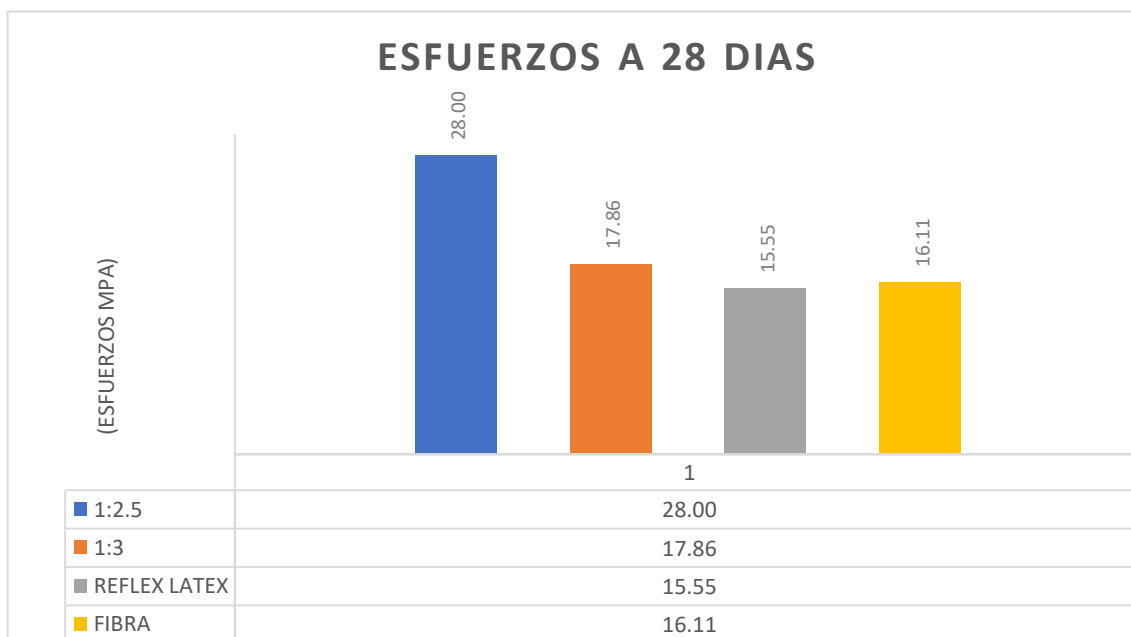
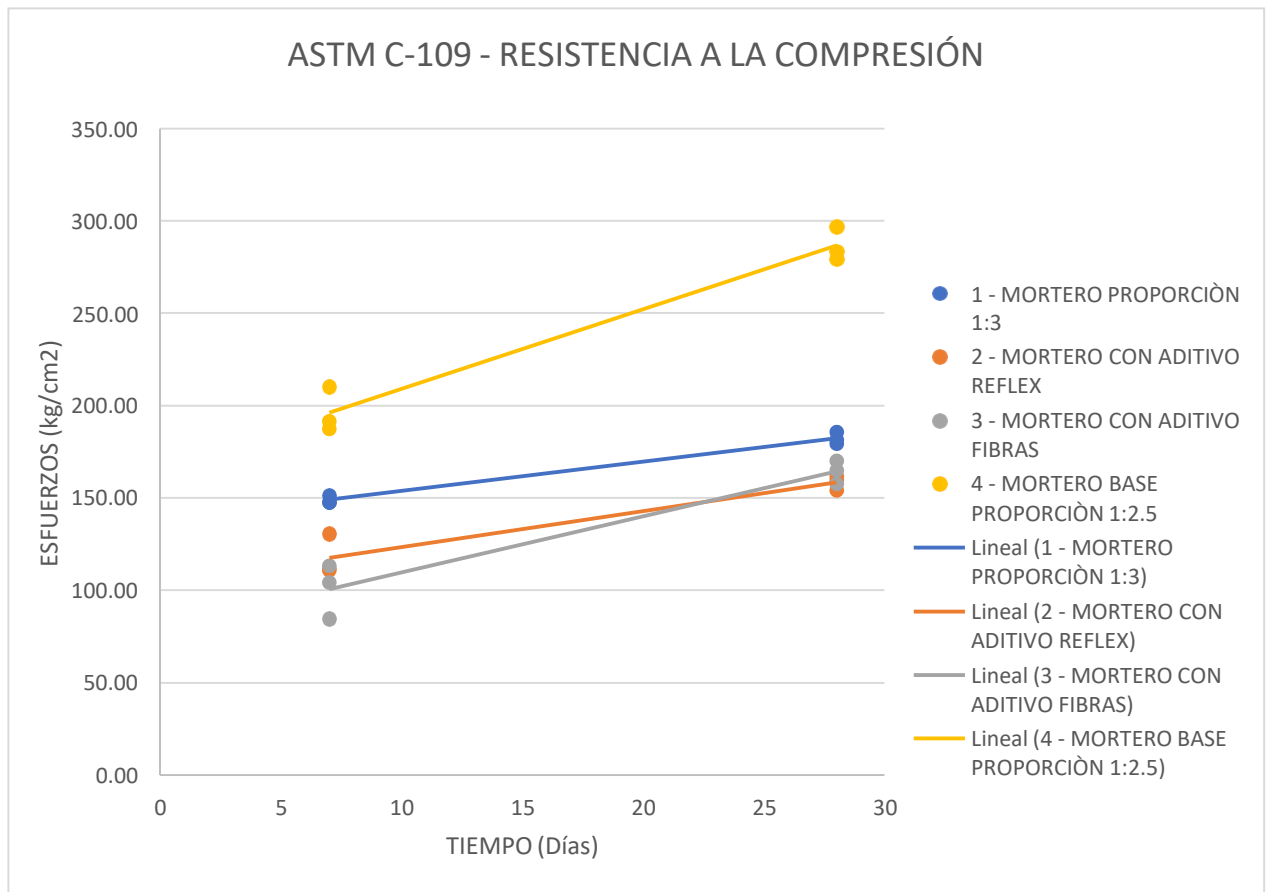


Figura 44 “Gráfico comparativo de Resistencia a la compresión de los morteros”. Fuente: propia



Del gráfico se puede observar que los resultados iniciales y finales destacan una mayor resistencia para el mortero base con una proporción de 1:2.5 con un aumento de resistencia del 31% del su valor a la edad de 7 días.

PORCENTAJE DE GANANCIAS DE RESISTENCIA A PARTIR DE LOS 7 DIAS DE EDAD.

- a) La ganancia de resistencia para el mortero 1:3 a partir de su valor de resistencia a la edad de 7 días es de 18%.

- b) La ganancia de resistencia para el mortero con aditivo réflex látex con base a su valor de resistencia a los 7 días es de 26%.
- c) La ganancia de resistencia para el mortero de fibras con base a su valor de resistencia a los 7 días es de 38%.

Los datos de resistencia para los morteros de repello con proporción 1:3 y réflex látex tienen mayor diferencia a la edad de 28 días que a la edad de 7 días con base al dato de esfuerzo del mortero 1:2.5.

El mortero modificado con fibras tiene mayor ganancia de resistencia a partir de su valor de esfuerzo a los 7 días mientras que el mortero proporción 1:3 presento una menor ganancia.

Figura 45 “Determinación de los diámetros para determinación de la Fluidez del mortero”. Fuente: propia



5.2. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ADHERENCIA O PULL OFF DE LOS REPELLOS CON LOS DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 21 “Tabla resumen de Resistencia promedio a tracción para los tipos de mortero de repello a los 7 días”. Fuente: propia

| RESISTENCIA PROMEDIO A TRACCION PARA LOS TIPOS DE MORTERO DE REPELLO | | | | | |
|--|------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|--|
| MORTERO | AREA (CM2) | ESFUERZO DE REPTURA (Kg/cm2) | ESFUERZO DE RUPTURA (Mpa) | % DE DIFERENCIA | AUMENTO O DISMINUCIÓN (con respecto al dato de esfuerzo mayor) |
| 1:2.5 | 19.64 | 5.57 | 0.54 | 0% | / |
| ADI BOND | 19.64 | 5.57 | 0.54 | 0% | / |
| REFLEX LATEX | 19.64 | 5.57 | 0.54 | 0% | / |
| FIBRA | 19.64 | 2.86 | 0.28 | -48% | DISMINUCIÓN |

Figura 46 “Gráfico Resistencia promedio a tracción para los tipos de mortero de repello a los 7 días”. Fuente: propia

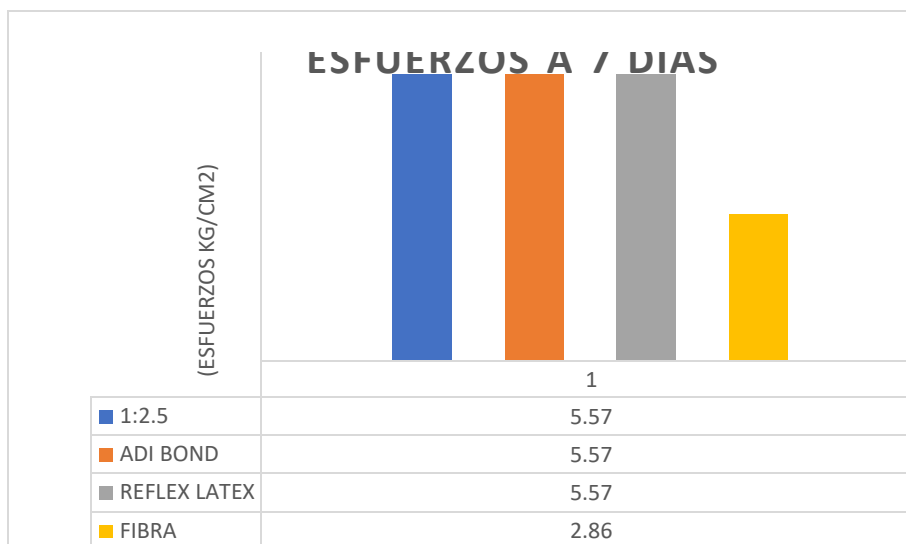


Tabla 22 “Tabla resumen de Resistencia promedio a tracción para los tipos de mortero de repello a los 28 días”. Fuente: propia

| RESISTENCIA PROMEDIO A TRACCION PARA LOS TIPOS DE MORTERO DE REPELLO | | | | | |
|--|------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|--|
| MORTERO | AREA (CM2) | ESFUERZO DE REPTURA (Kg/cm2) | ESFUERZO DE RUPTURA (Mpa) | % DE DIFERENCIA | AUMENTO O DISMINUCIÓN (con respecto al dato de esfuerzo mayor) |
| 1:2.5 | 19.64 | 6.35 | 0.62 | -32% | / |
| ADI BOND | 19.64 | 9.31 | 0.91 | 0% | / |
| REFLEX LATEX | 19.64 | 7.13 | 0.70 | -23% | / |
| FIBRA | 19.64 | 5.17 | 0.51 | -44% | DISMINUCIÓN |

Figura 47 “Gráfico Resistencia promedio a tracción para los tipos de mortero de repello a los 28 días”. Fuente: propia

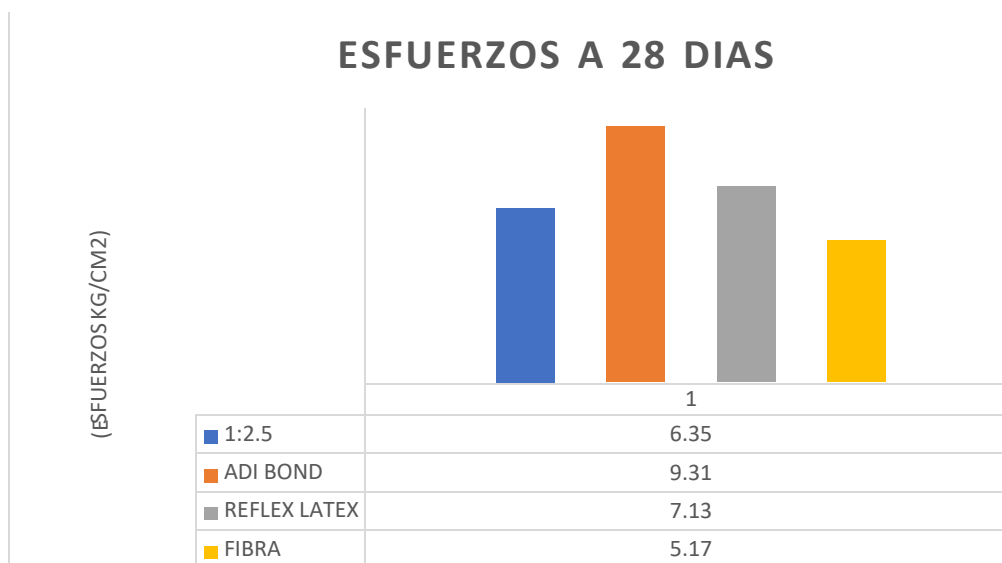
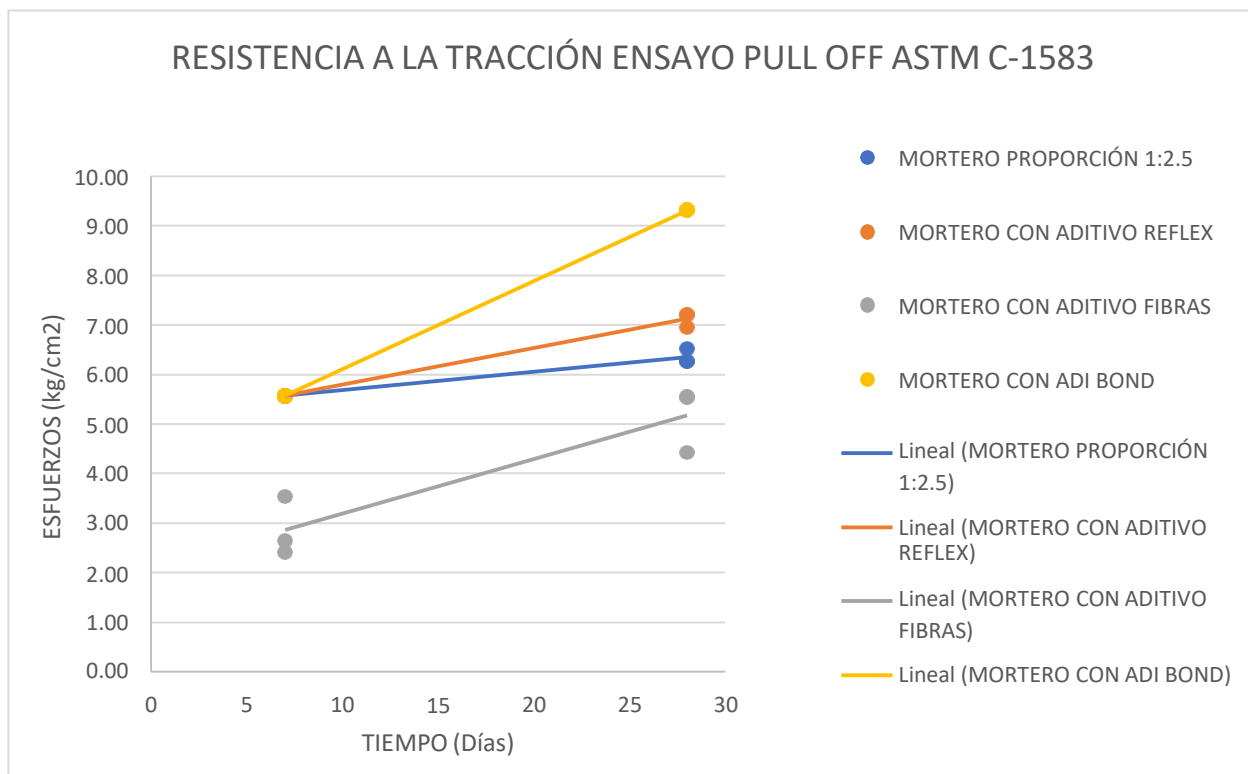


Tabla 23 “Tabla resumen comparativa - Resistencias a la tracción en morteros de repello”. Fuente: propia

| RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ENSAYO PULL OFF ASTM C-1583 | | | | |
|---|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| DIAS | MORTERO PROPORCIÓN 1:2.5 | MORTERO CON ADITIVO REFLEX | MORTERO CON ADITIVO FIBRAS | MORTERO CON ADI BOND |
| 7 | 5.57 | 5.57 | 2.64 | 5.57 |
| 7 | 5.57 | 5.57 | 2.42 | 5.57 |
| 7 | 5.57 | 5.57 | 3.54 | 5.57 |
| 28 | 6.27 | 7.21 | 4.43 | 9.31 |
| 28 | 6.27 | 6.97 | 5.55 | 9.31 |
| 28 | 6.51 | 7.21 | 5.55 | 9.31 |
| Datos de esfuerzo en Kg/cm2 | | | | |

Figura 48 “Gráfico comparativo - Resistencias a la tracción en morteros de repello”. Fuente: propia



De la gráfica se puede observar que los resultados iniciales destacan una mayor resistencia del 48% para los morteros de proporción de 1:2.5, con aditivo adi bond y con réflex látex respecto al mortero modificado con fibras.

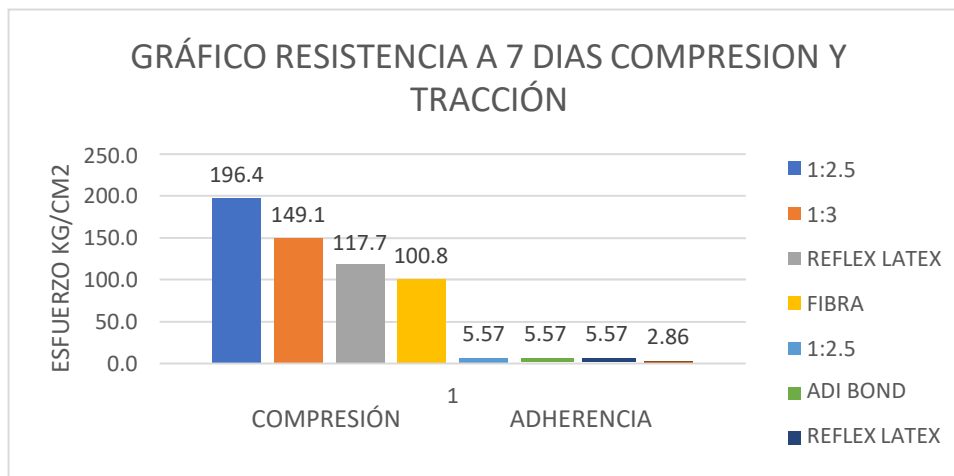
A la edad de 28 días la ganancia de resistencia destaca al mortero con adi bond como de mayor resistencia a la tracción con diferencia superior de más del 20% de los valores de los demás morteros.

Porcentaje de ganancias por tipo de mortero desde los 7 días hasta los 28 días.

- a) Mortero convencional aumento de resistencia de 12.9% a partir de la edad de 7 días hasta 28 días.
- b) Mortero con aditivo réflex látex aumento de resistencia de 21.8% a partir de la edad de 7 días hasta 28 días.
- c) Mortero con aditivo adi bond aumento de resistencia de 40.17% a partir de la edad de 7 días hasta 28 días.
- d) Mortero con aditivo fibra aumento de resistencia de 44.68% a partir de la edad de 7 días hasta 28 días.

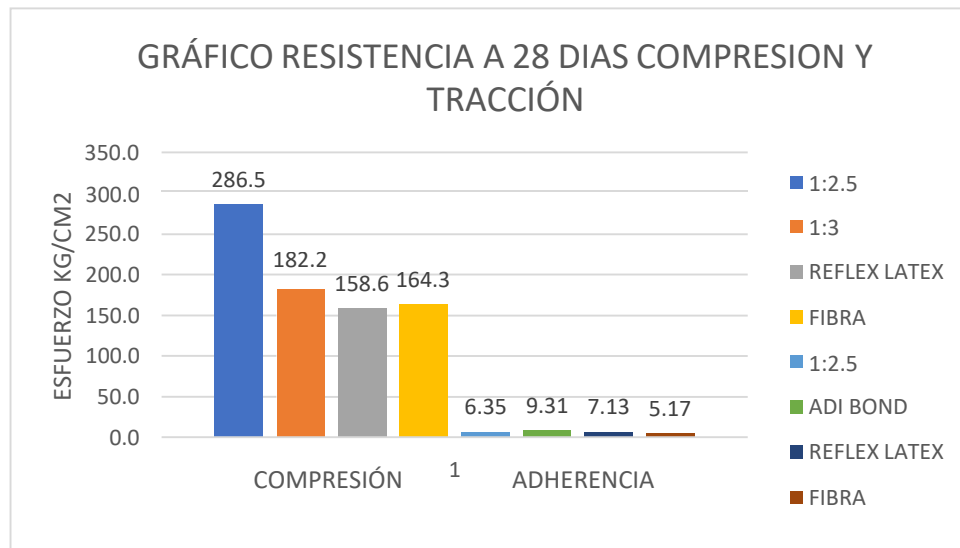
EVALUACION DE LOS RESULTADOS DE ADHERENCIA O PULL OFF DE LOS REPELLOS CON LOS DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Figura 49 “Gráfico resistencia a los 7 días - Compresión y tracción”. Fuente: propia

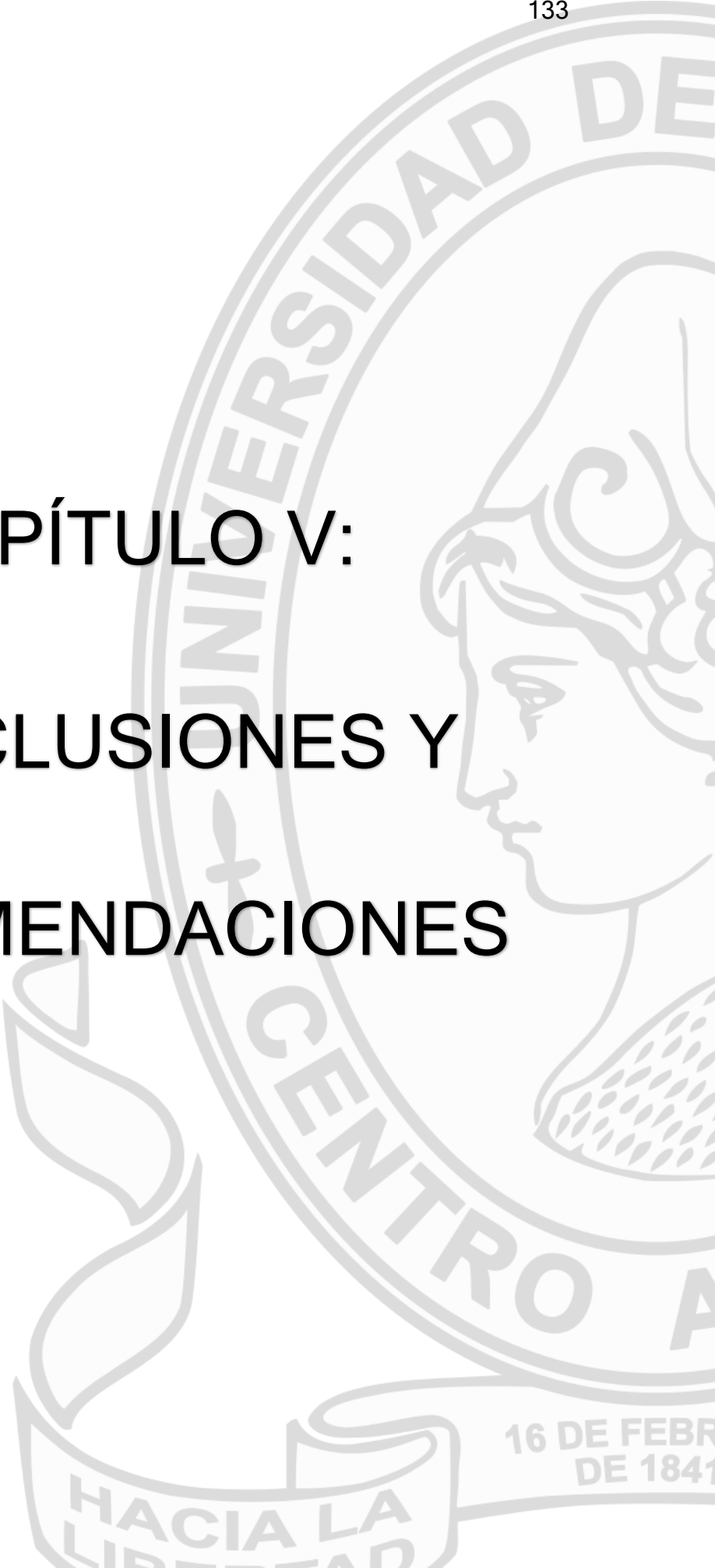


Según el gráfico mostrado el mortero convencional con proporción 1:2.5 y el modificado con adi bond presenta valores más altos de compresión y adherencia.

Figura 50 “Gráfico resistencia a los 28 días - Compresión y tracción”. Fuente: propia



Los indicadores del gráfico presentan un valor de resistencia a la compresión más alto para el mortero 1:2.5 pero en resistencia a la tracción el mortero con aditivo adibond tiene un valor más alto.



**CAPÍTULO V:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Tanto la adición del refuerzo de fibras de polipropileno como la adición del aditivo réflex látex a la mezcla de mortero, disminuye en gran medida la trabajabilidad de la mezcla. En consecuencia, al verse ésta reducida es necesario aumentar la cantidad de agua, alterando la relación agua-cemento y por ende disminuyendo su respectiva resistencia a la compresión. El porcentaje de aditivo réflex látex también disminuye la trabajabilidad del mortero de repello, aumentando la cantidad de agua necesaria para obtener una fluidez óptima de la mezcla.
- La diferencia entre la cantidad de agua utilizada en la mezcla convencional y la que incluye el aditivo réflex látex representa un valor de 2.5%, siendo el mortero convencional el de mayor cantidad.
- La mayor capacidad de resistencia a compresión se logra con una menor relación agua-cemento, teniendo como ejemplo el dato de resistencia obtenido para el mortero convencional.
- La mayor ganancia de resistencia a compresión a partir de los 7 días se obtuvo en el mortero reforzado con fibra. Sin embargo, no es comparable al dato de resistencia obtenido del mortero convencional. A los 7 días, los morteros con similar relación agua-cemento presentan el mismo valor de resistencia a la tracción.

- Los morteros con aditivos obtuvieron un mayor dato de resistencia a la tracción que el mortero convencional. En lo que respecta a la mejoría de la resistencia a la tracción, se comprueba que los aditivos mejoran significativamente la resistencia a la tracción, a excepción del mortero con aditivo de fibra.
- La fibra de polipropileno es beneficiosa en los casos que se necesite un mortero que resista el efecto de las contracciones tempranas por el fraguado inicial, ya que es capaz de evitar el fisuramiento. Una mayor cantidad de aditivo réflex látex en la mezcla podría proporcionar mayor resistencia a la tracción en los morteros.
- En la mayoría de los productos de morteros de repello preelaborado en marcas como Sika, Repemax y otros, indican esfuerzos de ruptura a la tensión mayores a los 1.5 Mpa. Tomando como referencia la investigación y los datos obtenidos se estaría por debajo de esa cifra en alrededor de un 40%. Se propuso una proporción 1:2.5 para obtener una mezcla más resistente y que al momento de realizar el ensayo a tracción esta presentara el fallo en la unión entre la mezcla y la superficie del bloque. El cemento utilizado en la investigación es del tipo ASTM C-1157 tipo GU (comercial); si se buscaran los mismos resultados tomando como base los mismos parámetros de este estudio, pero utilizando cemento de albañilería ASTM C-91 tipo S, se presentarían diferentes datos al ser un cemento ideal para ser utilizado en repellos de mampostería

6.2. RECOMENDACIONES.

- Para obtener mayores resistencias en adherencia y disminuir la cantidad de cemento, se sugiere el uso de aditivo adibon, este aditivo de imprimación de la superficie garantiza un aumento significativo en la resistencia a tracción. Dejando la capacidad de resistencia a compresión en la relación agua cemento y proporción del mortero.
- Si durante el diseño de la mezcla de mortero se empleará el aditivo réflex látex se recomienda mantener una relación agua cemento baja y utilizar dosificaciones mayores a 5% en relación con la cantidad de agua que se empleará. Esto nos puede garantizar un incremento en la adherencia y resistencia a la compresión.
- Es necesario la realización de ensayos a edades mayores a los 28 días para analizar el desarrollo de la resistencia y verificar si este sigue incrementando significativamente su valor en relación a las primeras edades.
- En investigaciones posteriores se pueden realizar diferentes dosificaciones para comparar los valores con estos datos y los de otras investigaciones y así lograr mejores parámetros para que al momento de dosificar una mezcla se pueda emplear la que mejor se adapte a las necesidades del proyecto a realizar.

- Es necesario conocer las propiedades y estado de los bloques a utilizar, una superficie con poca porosidad y lisa genera desprendimiento del mortero por su baja adherencia.
- Si las condiciones ambientales en la cual se colocará el mortero de repello presentan temperaturas altas y no sea necesario el uso de morteros con alta capacidad de resistencia a la compresión, se puede utilizar el uso de fibras de polipropileno. estas reducen el impacto del fisuramiento por efecto de la contracción por temperatura.
- Estos valores de dosificación empleados en el tema de investigación y sus respectivos resultados pueden ser utilizados para proyectos de construcción como, por ejemplo, reparación de losas de piso industrial, restauración de edificaciones antiguas o acabados arquitectónicos como repellos en paredes. Ya que en ellos se ve la necesidad de emplear mezclas con mejores capacidades físicas y mecánicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Barahona Garrido, Rubén. Evaluación de los Morteros Premezclados para Levantado en Guatemala. Trabajo de Grado Universidad de San Carlos. Guatemala, 1999.
- Diseño y Control de Mezclas (PCA), Steven H. Komatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Pararese y Jussara Tanesi; EE. UU., 2004.
- Manual del albañil. Madrid, Ricardo Marcos y Bausá, 1879.
- Diseño y control de Mezclas de concreto, Portland Cement Asociation, 2004.
- Tesis: “Determinación de la resistencia a la compresión de mortero empleando especímenes cilíndricos y cúbicos,utilizando arena del Occidente del país”, Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Departamento de Ingeniería y Arquitectural, 2012.
- Tesis: “Determinación de la resistencia a la compresión de mortero empleando especímenes cilíndricos y cúbicos,utilizando arena del Occidente del país” ”, Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Departamento de Ingeniería y Arquitectural, 2012.
- HISTORIA DE LOS MORTEROS José Ignacio Alvarez; Antonio Martín y Pedro J. García Casado. Departamento de Química y Edafología, Facultad de Ciencias. Universidad de Navarra.

ANEXOS





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL CEMENTO
 HIDRÁULICO, ASTM C-188

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
 Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de los morteros

TEMA:

LUGAR DE ENSAYO: Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: Ilopango

FECHA:

HOJA DE LABORATORIO

| DATOS DEL ENSAYO: | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|--|------|
| ENSAYO N° | 1 | 2 | | |
| Temperatura inicial (°C) | 22.00 | 22.00 | | |
| Lectura inicial (mL) | 0.10 | 0.10 | | |
| Masa de cemento (g) | 64.20 | 64.00 | | |
| Lectura final (mL) | 21.90 | 21.80 | | |
| Temperatura final (°C) | 22.20 | 22.10 | | |
| | | | | |
| Densidad (g/cm ³) | 2.94 | 2.95 | | |
| Promedio | | | | 2.94 |



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DE TAMICES DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS
 ASTM C-136

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
 Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de los morteros

TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de los morteros

LUGAR DE ENSAYO: Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: Ilopango

FECHA:

| | |
|-------------------|--------|
| Masa Inicial (g): | 599.24 |
|-------------------|--------|

| | |
|-------------------|------|
| Módulo de finura: | 3.61 |
|-------------------|------|

| DATOS OBTENIDOS | | |
|-----------------|---------------|-------------------|
| TARA | ABERTURA | MASA RETENIDA (g) |
| #3/8 | 9.50 mm | 0.0 |
| #4 | 4.75 mm | 2.0 |
| #8 | 2.36 mm | 42.7 |
| #16 | 1.18 mm | 87.0 |
| #30 | 0.60 μ m | 153.8 |
| #50 | 0.3 μ m | 207.5 |
| #100 | 0.15 μ m | 75.3 |
| #200 | 0.075 μ m | 17.0 |

| TARA | MASA CORREGIDA | MASA RETENIDA | % RETENIDO ACUMULADO | % PASALA MALLA |
|------|----------------|---------------|----------------------|----------------|
| #3/8 | 0 | 0% | 0% | 100% |
| #4 | 2 | 0% | 0% | 100% |
| #8 | 42.71 | 7% | 8% | 92% |
| #16 | 87.02 | 15% | 23% | 77% |
| #30 | 153.84 | 26% | 49% | 51% |
| #50 | 207.55 | 35% | 84% | 16% |
| #100 | 75.32 | 13% | 97% | 3% |
| #200 | 17 | 3% | 100% | 0% |



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DE TAMICES DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS
ASTM C-136

REALIZADO POR:

Estudiantes de trabajo de grado

TEMA:

Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de los morteros

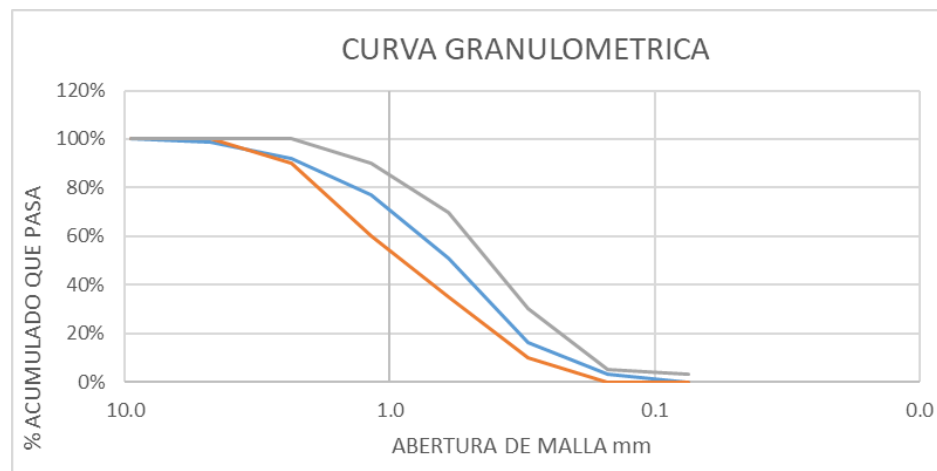
LUGAR DE ENSAYO:

Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

PROCEDENCIA DEL MATERIAL:

Ilopango

FECHA:





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO

ASTM C-1437

REALIZADO POR:

Estudiantes de trabajo de grado

TEMA:

Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de los morteros

LUGAR DE ENSAYO:

Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

PROCEDENCIA DEL MATERIAL:

Ilopango

FECHA:

PROPORCIONAMIENTO

PESO DE ARENA (g): 270

PESO DE ARENA OTAWA (g): 270

PESO DE CEMENTO (g): 170

VOLUMEN DE AGUA (mL): 110

TEMPERATURA AMBIENTE: 26.1° C

DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL CALIBRADOR ESPECIFICADO

| Lectura de los Diámetros | Valores |
|---|---------|
| L ₁ | 25.4 |
| L ₂ | 25.3 |
| L ₃ | 25.4 |
| L ₄ | 25.3 |
| Fluidez Promedio (cm) = $(L_1 + L_2 + L_3 + L_4)/4$ | 25.4 |

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{\text{Diámetro promedio final} - \text{Diámetro inicial}}{\text{Diámetro inicial}} \times 100$$

Diámetro inicial (cm): 11.8

% de Fluidez: 115%

Observaciones: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



TIEMPO DE FRAGUADO EN MEZCLAS DE CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
ASTM C-403

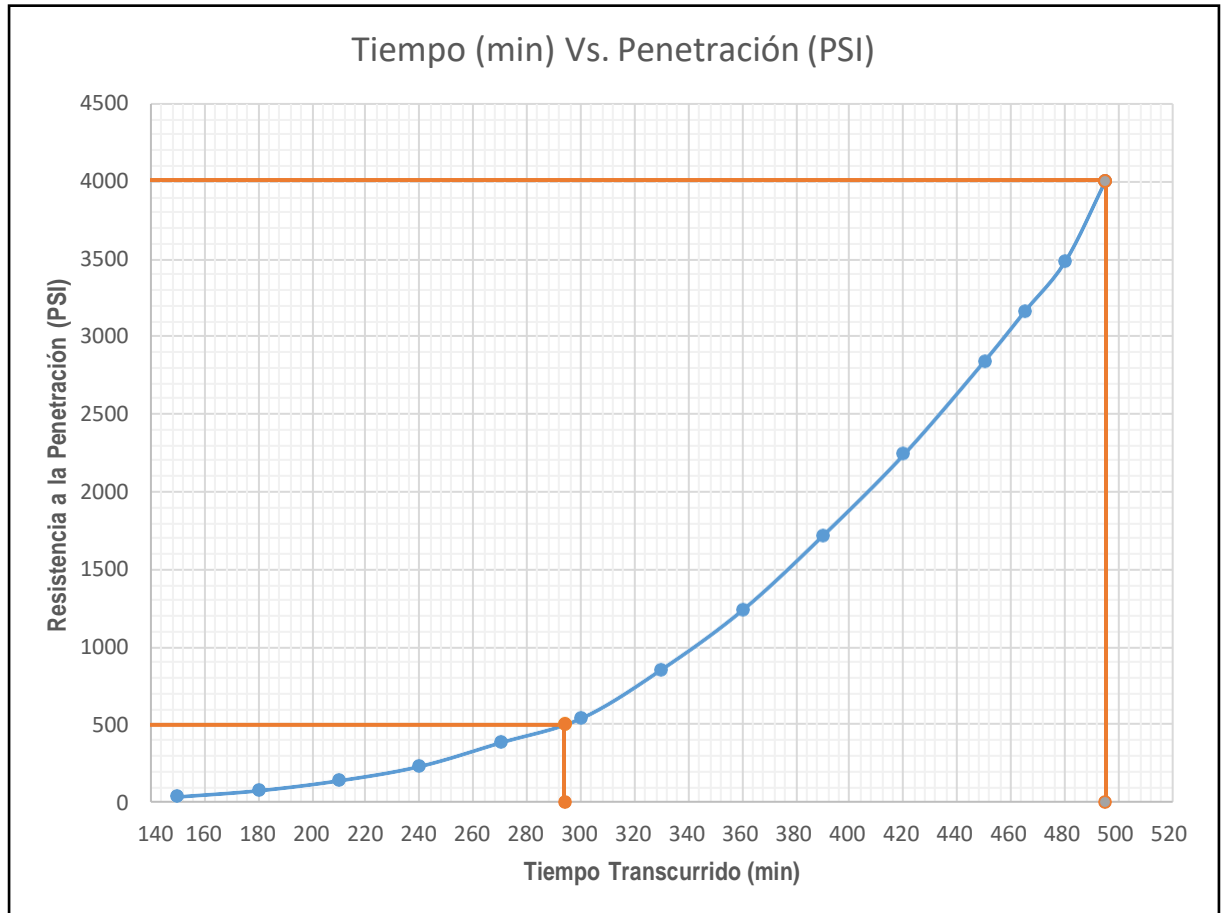
REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL
GUZMAN URBINA"
PROCEDENCIA DEL MATERIAL: Ilopango
FECHA:

DATOS OBTENIDOS

TEMPERATURA INICIAL 23.0 °C **FRAGUADO INICIAL (500 PSI)** ≈ 294 Min
TEMPERATURA FINAL 24.5 °C **FRAGUADO FINAL (4000 PSI)** ≈ 495 Min

| LECTURAS OBTENIDAS DURANTE EL ENSAYO | | | |
|--------------------------------------|------------|---------------|----------------|
| TIEMPO TRANSCURRIDO (MIN) | CARGA (LB) | AREA DE AGUJA | ESFUERZO (PSI) |
| 150 | 20 | 1/2 | 40 |
| 180 | 40 | 1/2 | 80 |
| 210 | 72 | 1/2 | 144 |
| 240 | 59 | 1/4 | 236 |
| 270 | 97 | 1/4 | 388 |
| 300 | 136 | 1/4 | 544 |
| 330 | 86 | 1/10 | 860 |
| 360 | 62 | 1/20 | 1240 |
| 390 | 86 | 1/20 | 1720 |
| 420 | 112 | 1/20 | 2240 |
| 450 | 142 | 1/20 | 2840 |
| 465 | 158 | 1/20 | 3160 |
| 480 | 174 | 1/20 | 3480 |
| 495 | 100 | 1/40 | 4000 |
| | | | |

GRÁFICO: Tiempo (min) Vs. Penetración (PSI)



Observaciones:

| | | | | | | |
|---|---|---|----------------|-------------------|--|------------------------------|
|  | UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL |  | | | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN CUBOS DE MORTERO ASTM C-109 | | | | | | |
| REALIZADO POR: | Estudiantes de trabajo de grado | | | | | |
| TEMA: | Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de | | | | | |
| LUGAR DE ENSAYO: | Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA" | | | | | |
| MORTERO ENSAYADO: | Mortero de cemento hidráulico | | | | | |
| FECHA: | | | | | | |
| DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO | | | | | | |
| No. ESPÉCIMEN | FECHA DE ELABORACION | EDAD (Días) | L1 (cm) | L2 (cm) | H (cm) | W (Kg) |
| 1 | 7/11/2023 | 7 | 5.00 | 5.00 | 4.90 | 0.27 |
| 2 | 7/11/2023 | 7 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 0.28 |
| 3 | 7/11/2023 | 7 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 0.28 |
| 4 | 7/11/2023 | 28 | 5.00 | 5.00 | 4.80 | 0.28 |
| 5 | 7/11/2023 | 28 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 0.28 |
| 6 | 7/11/2023 | 28 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 0.28 |
| ESFUERZO A LA COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO | | | | | | |
| No. ESPÉCIMEN | A (cm²) | V (m³) | W (Kg) | CARGA (Kg) | f_m (kg/cm²) | PV (kg/m³) |
| 1 | 5.00 | 5.00 | 0.27 | 3,699.0 | 148.0 | 2,204.1 |
| 2 | 5.00 | 5.00 | 0.28 | 3,786.0 | 151.4 | 2,240.0 |
| 3 | 5.00 | 5.00 | 0.28 | 3,695.0 | 147.8 | 2,240.0 |
| 4 | 5.00 | 5.00 | 0.28 | 4,535.0 | 181.4 | 2,333.3 |
| 5 | 5.00 | 5.00 | 0.28 | 4,645.0 | 185.8 | 2,240.0 |
| 6 | 5.00 | 5.00 | 0.28 | 4,486.0 | 179.4 | 2,240.0 |



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN CUBOS DE MORTERO
 ASTM C-109

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL
 GUZMAN URBINA"
MORTERO ENSAYADO: Mortero Convencional
FECHA DE ENSAYO (7 DÍAS): 20/02/24 **FECHA DE ENSAYO (28 DÍAS): 02/04/24**

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | EDAD (Días) | A (cm ²) | V (m ³) | W (Kg) |
|---------------|-------------|----------------------|---------------------|--------|
| 1 | 7 | 25.60 | 0.000129 | 0.26 |
| 2 | 7 | 25.05 | 0.000126 | 0.26 |
| 3 | 7 | 25.05 | 0.000126 | 0.26 |
| 4 | 28 | 25.20 | 0.000128 | 0.27 |
| 5 | 28 | 25.30 | 0.000127 | 0.27 |
| 6 | 28 | 25.91 | 0.000131 | 0.27 |

ESFUERZO A LA COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO

| No. ESPÉCIMEN | EDAD (Días) | CARGA DE RUPTURA (Kg) | fm (Kg/cm ²) | PV (Kg/m ³) |
|---------------|-------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 7 | 3,820.00 | 187.49 | 2,016.77 |
| 2 | 7 | 4,270.00 | 209.98 | 2,057.79 |
| 3 | 7 | 4,360.00 | 191.62 | 2,064.53 |
| 4 | 28 | 5,670.00 | 279.36 | 2,101.51 |
| 5 | 28 | 5,700.00 | 283.39 | 2,138.90 |
| 6 | 28 | 6,330.00 | 296.82 | 2,083.99 |



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN CUBOS DE MORTERO
 ASTM C-109

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL
 GUZMAN URBINA"
MORTERO ENSAYADO: Mortero con aditivo Reflex
FECHA DE ENSAYO (7 DÍAS): 20/02/24 **FECHA DE ENSAYO (28 DÍAS): 02/04/24**

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | EDAD (Días) | A (cm ²) | V (m ³) | W (Kg) |
|---------------|-------------|----------------------|---------------------|--------|
| 1 | 7 | 25.91 | 0.000132 | 0.25 |
| 2 | 7 | 25.96 | 0.000132 | 0.25 |
| 3 | 7 | 25.96 | 0.000132 | 0.25 |
| 4 | 28 | 25.60 | 0.000130 | 0.25 |
| 5 | 28 | 25.55 | 0.000130 | 0.25 |
| 6 | 28 | 25.78 | 0.000131 | 0.25 |

ESFUERZO A LA COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO

| No. ESPÉCIMEN | EDAD (Días) | CARGA DE RUPTURA (Kg) | fm (Kg/cm ²) | PV (Kg/m ³) |
|---------------|-------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 7 | 2,150.00 | 110.78 | 1,879.19 |
| 2 | 7 | 2,180.00 | 111.71 | 1,887.59 |
| 3 | 7 | 2,830.00 | 130.59 | 1,894.33 |
| 4 | 28 | 3,540.00 | 161.70 | 1,910.15 |
| 5 | 28 | 3,270.00 | 154.19 | 1,897.28 |
| 6 | 28 | 3,510.00 | 159.81 | 1,887.59 |



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN CUBOS DE MORTERO
 ASTM C-109

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: Laboratorio de suelos y materiales "ING. MARIO ANGEL
 GUZMAN URBINA"
MORTERO ENSAYADO: Mortero mejorado con Fibras
FECHA DE ENSAYO (7 DÍAS): 20/02/24 **FECHA DE ENSAYO (28 DÍAS): 02/04/24**

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | EDAD (Días) | A (cm ²) | V (m ³) | W (Kg) |
|---------------|-------------|----------------------|---------------------|--------|
| 1 | 7 | 25.65 | 0.000130 | 0.25 |
| 2 | 7 | 25.86 | 0.000132 | 0.25 |
| 3 | 7 | 25.50 | 0.000130 | 0.25 |
| 4 | 28 | 25.55 | 0.000130 | 0.26 |
| 5 | 28 | 25.91 | 0.000131 | 0.26 |
| 6 | 28 | 25.15 | 0.000127 | 0.26 |

ESFUERZO A LA COMPRESIÓN Y PESO VOLUMÉTRICO

| No. ESPÉCIMEN | EDAD (Días) | CARGA DE RUPTURA (Kg) | fm (Kg/cm ²) | PV (Kg/m ³) |
|---------------|-------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 7 | 1,874.00 | 84.59 | 1,928.28 |
| 2 | 7 | 2,020.00 | 104.42 | 1,892.67 |
| 3 | 7 | 2,170.00 | 113.32 | 1,926.76 |
| 4 | 28 | 3,320.00 | 157.71 | 1,985.16 |
| 5 | 28 | 3,960.00 | 170.22 | 1,962.63 |
| 6 | 28 | 3,690.00 | 165.01 | 2,072.30 |



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESFUERZO DE ADHERENCIA DE REVESTIMIENTO USANDO EQUIPO DE ADHESIÓN PORTATIL

ASTM C-1583

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC
MORTERO A ENSAYAR: Mortero mejorado con fibras
FECHA: 24/02/24 **EDAD DE PRUEBA: 7 Días**

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE: 23.5 °C

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | INDICACIÓN DE MANÓMETRO | FUERZA (kN) | AREA DE PIEZA (cm ²) | FUERZA (kg) | ESFUERZO (kg/cm ²) | PLANO DE FALLA |
|---------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | 120.00 | 0.5 | 19.64 | 51.92 | 2.64 | 4.00 |
| 2 | 110.00 | 0.5 | 19.64 | 47.53 | 2.42 | 4.00 |
| 3 | 160.00 | 0.7 | 19.64 | 69.45 | 3.54 | 4.00 |

REGISTRO DE FALLA:

- NO 1 Interfaz epóxico/cerámica
- NO 2 Interfaz adherencia cerámica/mortero
- NO 3 Falla interna del mortero
- NO 4 Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- NO 5 Falla del substrato (Pared existente)

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN 1



ESPÉCIMEN 2



ESPÉCIMEN 3





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESFUERZO DE ADHERENCIA DE REVESTIMIENTO USANDO EQUIPO DE ADHESIÓN PORTATIL

ASTM C-1583

REALIZADO POR:

Estudiantes de trabajo de grado

TEMA:

Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de

LUGAR DE ENSAYO:

CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC

MORTERO A ENSAYAR:

Mortero con aditivo REFLEX

FECHA: 24/02/24

EDAD DE PRUEBA: 7 Días

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE: 23.3 °C

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | INDICACIÓN DE MANÓMETRO | FUERZA (kN) | AREA DE PIEZA (cm ²) | FUERZA (kg) | HORA DE ENSAYO | PLANO DE FALLA |
|---------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------|----------------|
| 1 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |
| 2 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |
| 3 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |

REGISTRO DE FALLA:

- NO 1 Interfaz epóxico/cerámica
- NO 2 Interfaz adherencia cerámica/mortero
- NO 3 Falla interna del mortero
- NO 4 Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- NO 5 Falla del substrato (Pared existente)

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN 1



ESPÉCIMEN 2



ESPÉCIMEN 3





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESFUERZO DE ADHERENCIA DE REVESTIMIENTO USANDO EQUIPO DE ADHESIÓN PORTATIL
 ASTM C-1583

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC
MORTERO A ENSAYAR: Mortero con aditivo ADIBON
FECHA: 24/02/24 **EDAD DE PRUEBA: 7 Días**

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE: 23.2 °C

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | INDICACIÓN DE MANÓMETRO | FUERZA (kN) | AREA DE PIEZA (cm ²) | FUERZA (kg) | HORA DE ENSAYO | PLANO DE FALLA |
|---------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------|----------------|
| 1 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |
| 2 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |
| 3 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |

REGISTRO DE FALLA:

- NO 1 Interfaz epóxico/cerámica
- NO 2 Interfaz adherencia cerámica/mortero
- NO 3 Falla interna del mortero
- NO 4 Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- NO 5 Falla del substrato (Pared existente)

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN 1



ESPÉCIMEN 2



ESPÉCIMEN 3





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESFUERZO DE ADHERENCIA DE REVESTIMIENTO USANDO EQUIPO DE ADHESIÓN PORTATIL

ASTM C-1583

REALIZADO POR:

Estudiantes de trabajo de grado

TEMA:

Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de

LUGAR DE ENSAYO:

CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC

MORTERO A ENSAYAR:

Mortero CONVENCIONAL

FECHA: 24/02/24

EDAD DE PRUEBA: 7 Días

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE: 23.2 °C

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | INDICACIÓN DE MANÓMETRO | FUERZA (kN) | AREA DE PIEZA (cm ²) | FUERZA (kg) | HORA DE ENSAYO | PLANO DE FALLA |
|---------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------|----------------|
| 1 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |
| 2 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |
| 3 | 240.00 | 1.1 | 19.64 | 109.41 | 5.57 | 4.00 |

REGISTRO DE FALLA:

- NO 1 Interfaz epóxico/cerámica
- NO 2 Interfaz adherencia cerámica/mortero
- NO 3 Falla interna del mortero
- NO 4 Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- NO 5 Falla del substrato (Pared existente)

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN 1



ESPÉCIMEN 2



ESPÉCIMEN 3





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESFUERZO DE ADHERENCIA DE REVESTIMIENTO USANDO EQUIPO DE ADHESIÓN PORTATIL
ASTM C-1583

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC
MORTERO A ENSAYAR: Mortero mejorado con fibras
FECHA: 16/03/24 **EDAD DE PRUEBA: 28 Días**

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE: 26.8 °C

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | INDICACIÓN DE MANÓMETRO | FUERZA (kN) | AREA DE PIEZA (cm ²) | FUERZA (kg) | ESFUERZO (kg/cm ²) | PLANO DE FALLA |
|---------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | 200.00 | 0.9 | 19.64 | 86.98 | 4.43 | 4.00 |
| 2 | 250.00 | 1.1 | 19.64 | 108.90 | 5.55 | 4.00 |
| 3 | 250.00 | 1.1 | 19.64 | 108.90 | 5.55 | 4.00 |

REGISTRO DE FALLA:

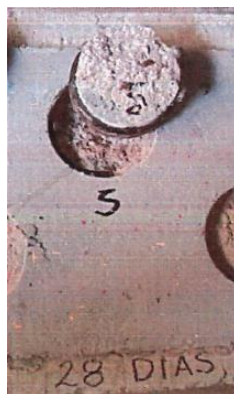
- NO 1 Interfaz epóxico/cerámica
- NO 2 Interfaz adherencia cerámica/mortero
- NO 3 Falla interna del mortero
- NO 4 Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- NO 5 Falla del substrato (Pared existente)

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN 1



ESPÉCIMEN 2



ESPÉCIMEN 3





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESFUERZO DE ADHERENCIA DE REVESTIMIENTO USANDO EQUIPO DE ADHESIÓN PORTATIL
ASTM C-1583

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC
MORTERO A ENSAYAR: Mortero con aditivo REFLEX
FECHA: 16/03/24 **EDAD DE PRUEBA: 28 Días**

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE: 23.9 °C

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | INDICACIÓN DE MANÓMETRO | FUERZA (kN) | AREA DE PIEZA (cm ²) | FUERZA (kg) | HORA DE ENSAYO | PLANO DE FALLA |
|---------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------|----------------|
| 1 | 310.00 | 1.4 | 19.64 | 141.52 | 7.21 | 4.00 |
| 2 | 300.00 | 1.3 | 19.64 | 136.93 | 6.97 | 4.00 |
| 3 | 310.00 | 1.4 | 19.64 | 141.52 | 7.21 | 4.00 |

REGISTRO DE FALLA:

- NO 1 Interfaz epóxico/cerámica
- NO 2 Interfaz adherencia cerámica/mortero
- NO 3 Falla interna del mortero
- NO 4 Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- NO 5 Falla del substrato (Pared existente)

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN 1



ESPÉCIMEN 2



ESPÉCIMEN 3





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESFUERZO DE ADHERENCIA DE REVESTIMIENTO USANDO EQUIPO DE ADHESIÓN PORTATIL
 ASTM C-1583

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC
MORTERO A ENSAYAR: Mortero con aditivo ADIBON
FECHA: 16/03/24 **EDAD DE PRUEBA: 28 Días**

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE: 23.9 °C

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | INDICACIÓN DE MANÓMETRO | FUERZA (kN) | AREA DE PIEZA (cm ²) | FUERZA (kg) | HORA DE ENSAYO | PLANO DE FALLA |
|---------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------|----------------|
| 1 | 400.00 | 1.8 | 19.64 | 182.80 | 9.31 | 4.00 |
| 2 | 400.00 | 1.8 | 19.64 | 182.80 | 9.31 | 4.00 |
| 3 | 400.00 | 1.8 | 19.64 | 182.80 | 9.31 | 4.00 |

REGISTRO DE FALLA:

- NO 1 Interfaz epóxico/cerámica
- NO 2 Interfaz adherencia cerámica/mortero
- NO 3 Falla interna del mortero
- NO 4 Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- NO 5 Falla del substrato (Pared existente)

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN 1



ESPÉCIMEN 2



ESPÉCIMEN 3





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESFUERZO DE ADHERENCIA DE REVESTIMIENTO USANDO EQUIPO DE ADHESIÓN PORTATIL
 ASTM C-1583

REALIZADO POR: Estudiantes de trabajo de grado
TEMA: Analisis comparativo de las propiedades mecanicas de
LUGAR DE ENSAYO: CENTRO DE INVESTIGACIONES ISCYC
MORTERO A ENSAYAR: Mortero CONVENCIONAL
FECHA: 16/03/24 **EDAD DE PRUEBA: 28 Días**

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE: 24.0 °C

DATOS OBTENIDOS DE LOS CUBOS DE MORTERO

| No. ESPÉCIMEN | INDICACIÓN DE MANÓMETRO | FUERZA (kN) | AREA DE PIEZA (cm ²) | FUERZA (kg) | HORA DE ENSAYO | PLANO DE FALLA |
|---------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------|----------------|
| 1 | 270.00 | 1.2 | 19.64 | 123.17 | 6.27 | 4.00 |
| 2 | 270.00 | 1.2 | 19.64 | 123.17 | 6.27 | 4.00 |
| 3 | 280.00 | 1.3 | 19.64 | 127.76 | 6.51 | 4.00 |

REGISTRO DE FALLA:

- NO 1 Interfaz epóxico/cerámica
- NO 2 Interfaz adherencia cerámica/mortero
- NO 3 Falla interna del mortero
- NO 4 Interfaz adherencia mortero/substrato (pared existente)
- NO 5 Falla del substrato (Pared existente)

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ESPÉCIMEN 1



ESPÉCIMEN 2



ESPÉCIMEN 3

