

**Universidad Latina de Costa Rica**

**Facultad de Ingeniería y Arquitectura**

**Escuela de Ingeniería Civil**

*Propuesta de trabajo final de graduación para optar por el grado académico de  
Licenciado en Ingeniería Civil*

**Modalidad Tesis**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL CEMENTO MAMPOSTERO  
RESPECTO AL CEMENTO DE USO GENERAL EN REPELLOS.**

**Sustentante:**

**Mario Gabriel González Umaña**

**Tutor:**

**Minor Murillo Chacón**

**Lector 1:**

**Maria del Carmen Gallardo Mejía**

**Lector 2:**

**Manuel Serrano Beech**

**San Pedro, Montes de Oca**

**Enero, 2022**



Este proyecto titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL CEMENTO MAMPOSTERO RESPECTO AL CEMENTO DE USO GENERAL EN REPELLOS**, por el (la) estudiante: Mario Gabriel González Umaña, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede San Pedro, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

---

Minor Murillo Chacón

---

Maria del Carmen Gallardo

---

José Manuel Serrano Beeche





CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL TUTOR  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACION

San José, 5 de enero del 2022

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados Señores

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL CEMENTO MAMPOSTERO RESPECTO AL CEMENTO DE USO GENERAL EN REPELLOS**, elaborado por el estudiante : Mario Gabriel González Umaña como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Aseror.

Firmado digitalmente por MINOR  
EDUARDO MURILLO CHACON  
(FIRMA)

Fecha: 2022.01.05 08:54:06 -06'00'

Suscribe cordialmente,

Minor Murillo Chacón



CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL LECTOR  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACION

San José, 10 de enero 2022

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados Señores

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL CEMENTO MAMPOSTERO RESPECTO AL CEMENTO DE USO GENERAL EN REPELLOS**, elaborado por el estudiante : Mario Gabriel González Umaña como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Aseror.

Suscribe cordialmente,

MARIA DEL  
CARMEN  
GALLARDO  
MEJIA (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por MARIA DEL  
CARMEN GALLARDO  
MEJIA (FIRMA)  
Fecha: 2022.01.12  
14:57:33 -06'00'

Maria del Carmen Gallardo Mejía



CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL LECTOR  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACION

San José, 10 de enero 2022

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados Señores

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL CEMENTO MAMPOSTERO RESPECTO AL CEMENTO DE USO GENERAL EN REPELLOS**, elaborado por el estudiante : Mario Gabriel González Umaña como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

JOSE MANUEL EUGENIO SERRANO BEECHE (FIRMA)  
PERSONA FISICA, CPF-01-0521-0451.  
Fecha declarada: 11/01/2022 09:58:59 PM  
Esta representación visual no es fuente  
de confianza. Valide siempre la firma.

Manuel Serrano Beeche



## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Mario Gabriel González Umaña estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación en modalidad Tesis titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL CEMENTO MAMPOSTERO RESPECTO AL CEMENTO DE USO GENERAL EN REPELLOS.**

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en San José, 10 de enero de 2022

Gabriel González

Mario Gabriel González Umaña



**Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)**

**Universidad Latina de Costa Rica**

**Yo (Nosotros):**

Mario Gabriel González Umaña

**De la Carrera / Programa:** Ingeniería Civil

**Modalidad de TFG:** TESIS

**Titulado:** **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL CEMENTO MAMPOSTERO RESPECTO AL CEMENTO DE USO GENERAL EN REPELLOS.**

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "AUTOR"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "OBRA"). **SEGUNDO:** El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "UNIVERSIDAD"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD**. **SEXTO:** La presente autorización y cesión se registrará por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de



presentación relacionada con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día 20 de Diciembre de 2021 a las 8 am

Firma del estudiante(s):

Gabriel González



## **Agradecimientos**

Primero que todo le tengo que dar gracias a mis padres por todo el apoyo y la constancia a lo largo de la duración de la carrera. Mas que una ayuda, una guía, una brújula para seguir adelante en todo el camino y siempre dando lo mejor de ellos sin esperar nada a cambio para mi bienestar y prosperidad en los estudios. Así mismo a los demás miembros de la familia que siempre estuvieron pendientes de mi a lo largo de estos cinco años de carrera.

Un fuerte agradecimiento a todos los miembros del tribunal examinador que fueron piezas claves para la buena elaboración de este proyecto, así como los profesores de la carrera tanto en las clases particulares como en los laboratorios impartidos en el transcurso de la carrera.

Por otra parte, un fuerte agradecimiento a mis compañeros de la carrera, que formaron parte fundamental de todo el proceso de aprendizaje y con los cuales compartí buenos y malos momentos en todo el transcurso del proceso de convertirnos en ingenieros.

## **Resumen**

En el presente proyecto se realizó una comparación de los resultados obtenidos por medio de la realización de diferentes pruebas y ensayos de laboratorio para determinar el tipo de cemento mas apto para labores de repello. Esto se logro por medio de la creación de una pared falsa en la cual se colocaron los paños de repello en diferentes condiciones de curado para así generar una comparativa real de los resultados obtenidos en campo. Así mismo se realizaron las pruebas de laboratorio correspondientes al agregado y materiales a utilizar, así como los ensayos experimentales a los paños de repello y especimenes fallado durante la realización del proyecto.

*Palabras claves: mortero ,repellos, adherencia, compresión tensión*



## TABLA DE CONTENIDOS

<b>TABLA DE CONTENIDOS</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>12</b>
<b>1. CAPÍTULO I</b>	
<b>PROBLEMA Y PROPÓSITO</b> .....	<b>14</b>
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE ESTUDIO .....	19
1.2.1 <i>Enunciado del problema</i> .....	19
1.2.2 <i>Formulación del problema</i> .....	21
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	22
1.4 OBJETIVOS .....	23
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	23
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	23
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	24
1.5.1 <i>Alcances</i> .....	24
1.5.1.1. <i>Diseño de mezcla de mortero</i> .....	24
1.5.1.2. <i>Ejecución de pruebas</i> .....	24
1.5.1.3. <i>Comparación de resultados</i> .....	24
1.5.1.4. <i>Aspectos económicos y rentables</i> .....	24
1.5.2 <i>Limitaciones</i> .....	25
1.5.2.1. <i>Disponibilidad de tiempo</i> .....	25
1.5.2.2. <i>Falta de experiencia</i> .....	26
1.5.2.3. <i>Asistencia</i> .....	26
1.6 DELIMITACIONES .....	27
1.6.1 <i>Delimitación espacial</i> .....	27
1.6.2 <i>Delimitación temporal</i> .....	27
<b>2. CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>28</b>
2.1 PRINCIPIOS DEL MORTERO .....	29
2.1.1 <i>Definición</i> .....	29
2.1.2 <i>Componentes del mortero</i> .....	29

2.1.2.1. Cemento .....	29
2.1.2.2. Tipos de cementos hidráulicos .....	30
2.1.2.3. Modificaciones .....	31
2.1.3 Principales usos y aplicaciones .....	31
2.1.4 Agregados .....	33
2.1.5 Agua .....	34
2.2 RELACIÓN AGUA/ CEMENTO (A/C) .....	35
2.2.1 Tipos de mortero .....	35
2.2.1.1. Morteros calcáreos .....	35
2.2.1.2. Morteros de yeso .....	35
2.2.1.3. Morteros de cal y cemento .....	36
2.2.1.4. Morteros de cemento .....	36
2.3 PRINCIPALES USOS DE MORTEROS .....	36
2.3.1 Mortero de pega .....	36
2.3.2 Morteros de relleno .....	37
2.3.3 Mortero de recubrimiento .....	38
2.4 PROPIEDADES DE LOS MORTEROS .....	39
2.4.1 Propiedades de los morteros en estado plástico .....	40
2.4.1.1. Trabajabilidad .....	40
2.4.1.2. Retención de agua .....	40
2.4.1.3. Velocidad de endurecimiento .....	40
2.4.2 Propiedades de los morteros en estado endurecido .....	41
2.4.2.1. Retracción .....	41
2.4.2.2. Adherencia .....	41
2.4.2.3. Durabilidad .....	41
2.4.2.4. Resistencia .....	41
2.4.2.5. Apariencia .....	41
<b>3. CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>43</b>
3.1 DEFINICIÓN DEL ENFOQUE Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	44
3.2 SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN .....	44
3.2.1 Sujetos .....	44

3.2.2 Fuentes de información .....	45
3.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	46
3.4 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA RECOLECCIÓN DE LOS DATOS .....	48
3.4.1 Entrevista.....	48
3.4.2 Cuestionario.....	48
3.5 EQUIPO.....	49
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS, PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	51
3.6.1 Práctica Estándar para Reducción de las Muestras de Agregado a Tamaños de Prueba ( ASTM C702) .....	51
3.6.2 Método de Ensayo Estándar para Material más Fino que la Malla No.200 (75 mm) en Agregado Mineral por lavado .....	51
3.6.3 Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Análisis Granulométrico de los Agregados Finos y Gruesos (ASTM C136).....	51
3.6.4 Especificación Estándar para Agregado para Mortero de Mampostería.....	51
3.6.5 Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por Secado (ASTM C566).....	52
3.6.6 Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Especifica) y Absorción del Agregado Fino (ASTM C128).....	52
3.6.7 Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta ( Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados ( ASTM C29).....	52
3.6.8 Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico ( ASTM C 109)...	53
3.6.9 Resistencia a la Tracción de Superficies de Concreto y Resistencia de Unión o Resistencia a la Tracción de Reparaciones de Concreto y materiales de Recubrimiento por Medio de Tracción Directa (Método de Extracción/ Método Pull-Off) .....	53
3.7 SUSTENTACIÓN DE LA CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DE LOS INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	53
3.8 CRONOGRAMA DE TRABAJO .....	55
<b>4. CAPÍTULO IV .....</b>	<b>56</b>
4.1 PRACTICA ESTÁNDAR PARA REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO A TAMAÑOS DE PRUEBA ( ASTM C702).....	57

4.2 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO POR SECADO (ASTM C566) .....	58
4.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA MATERIAL MAS FINO QUE LA MALLA No.200 (75 MM) EN AGREGADO MINERAL POR LAVADO .....	59
4.4 MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (ASTM C136) .....	60
4.5 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C128) .....	67
4.6 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD BRUTA ( PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS ( ASTM C29).....	70
4.7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO ( ASTM C 109) .....	76
4.8 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE SUPERFICIES DE CONCRETO Y RESISTENCIA DE UNIÓN O RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE REPARACIONES DE CONCRETO Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO POR MEDIO DE TRACCIÓN DIRECTA (MÉTODO DE EXTRACCIÓN/ MÉTODO PULL-OFF) .....	105
<b>5. CAPÍTULO. V.....</b>	<b>117</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>117</b>
5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	118
5.1.1 <i>Análisis Granulométrico.....</i>	<i>118</i>
5.1.2 <i>Medición de fisuras a los 7 días (tasa de fisuración).....</i>	<i>120</i>
5.1.2.1. Ancho de fisuras y tasa de fisuras a los 7 días (condición de curado).....	121
5.1.2.2. Ancho de fisuras y tasa de fisuras a los 7 días (condición de no curado).....	122
5.1.3 <i>Medición de fisuras a los 28 días (tasa de fisuración).....</i>	<i>122</i>
5.1.3.1. Ancho de fisuras y tasa de fisuras a los 28 días (condición de curado).....	123
5.1.3.2. Ancho de fisuras y tasa de fisuras a los 28 días (sin condición de curado).....	124
5.1.4 <i>Ensayo a compresión ASTM C109 .....</i>	<i>124</i>
5.1.5 <i>Ensayo a tensión ASTM C1583 (prueba Pull-Off) .....</i>	<i>126</i>
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS (CRUCE DE INFORMACIÓN) .....	129
5.2.1 <i>Resistencia a la compresión versus resistencia a la tensión a los 28 días.....</i>	<i>129</i>
5.2.2 <i>Resistencia a la compresión versus tasa de fisuración a los 7 días .....</i>	<i>130</i>

5.2.3 Resistencia a la compresión versus tasa de fisuración a los 28 días .....	131
5.2.4 Tasa de fisuración versus resistencia a la tensión a los 28 días .....	132
5.3 HALLAZGOS .....	132
<b>6. CAPÍTULO VI.....</b>	<b>133</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>133</b>
6.1 CONCLUSIONES .....	134
6.2 RECOMENDACIONES.....	135
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>136</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>140</b>
8.1 FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO DE USO GENERAL DE LA MARCA CEMEX.....	141
8.2 FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO DE USO GENERAL DE LA MARCA HOLCIM .....	143
8.3 FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO DE USO GENERAL DE LA MARCA FORTALEZA .....	147
8.4 FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO DEL TIPO MAMPOSTERO DE LA MARCA HOCIM .....	149
8.5 FICHA TÉCNICA DE LA LAMINA DE DUROCK .....	152
8.6 FICHA TÉCNICA EXPOXI-MIL.....	155
8.7 FICHA TÉCNICA DE AGREGADOS, PLANTA GUÁPILES .....	157
8.8 FICHA TÉCNICA EQUIPO DE COMPRESIÓN FORNEY F-25EX-F-CPILOT.....	158
8.9 TRANSPORTE DE LOS ESPECIMENES CÚBICOS .....	159
8.10 PULL-OFF TESTER.....	160
8.11 COLOCACIÓN TÍPICA DEL EQUIPO PULL-OFF .....	161
8.12 PROCESO DE MOLDEO DE LOS ESPECIMENES CÚBICOS.....	162
8.13 RESULTADO DE LA PRUEBA A TENSIÓN.....	163

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS EN VENTA EN LA REGIÓN. ....	20
<b>TABLA 2</b> COMPOSICIÓN TÍPICA DE LOS CEMENTOS HIDRÁULICOS .....	31
<b>TABLA 3:</b> SUJETOS DE INVESTIGACIÓN .....	45
<b>TABLA 4</b> MATRIZ DE VARIABLES .....	47
<b>TABLA 5</b> CLASIFICACIÓN DEL AGREGADO SEGÚN LA NORMA ASTM C144.....	52
<b>TABLA 6</b> .CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.....	59
<b>TABLA 7</b> PORCENTAJE MÁS FINO QUE LA MALLA #200 .....	60
<b>TABLA 8</b> DETERMINACIONES PARA AGREGADO FINO.....	62
<b>TABLA 9</b> INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE AL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO .....	63
<b>TABLA 10.</b> CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (SEGUNDA ITERACIÓN). ....	65
<b>TABLA 11</b> PORCENTAJE MÁS FINO QUE LA MALLA #200 (SEGUNDA PRUEBA) .....	65
<b>TABLA 12.</b> DETERMINACIONES DEL AGREGADO FINO (SEGUNDA PRUEBA) .....	66
<b>TABLA 13.</b> INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE AL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (SEGUNDA PRUEBA) .....	66
<b>TABLA 14.</b> DATOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO .....	69
<b>TABLA 15.</b> CÁLCULOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO .....	70
<b>TABLA 16.</b> DIÁMETROS DE RECIPIENTE DE AGREGADO FINO.....	71
<b>TABLA 17.</b> ALTURAS DE RECIPIENTE DE AGREGADO FINO.....	71
<b>TABLA 18.</b> CÁLCULOS DEL RECIPIENTE DE PESO UNITARIO AGREGADO FINO .....	71
<b>TABLA 19.</b> PESO DEL RECIPIENTE DE PESO UNITARIO AGREGADO FINO .....	72
<b>TABLA 20.</b> PESO NETO DEL SUELO (AGREGADO FINO).....	72
<b>TABLA 21.</b> PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO FINO .....	72
<b>TABLA 22.</b> PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO (AGREGADO PASADO POR ABERTURA DE TAMIZ 2MM).....	72
<b>TABLA 23.</b> MEDICIONES DEL MOLDE # 1 .....	78
<b>TABLA 24.</b> MEDICIONES DEL MOLDE # 2.....	78
<b>TABLA 25.</b> MEDICIONES DEL MOLDE # 3.....	79
<b>TABLA 26.</b> MEDICIONES DEL MOLDE # 4 .....	79
<b>TABLA 27.</b> MEDICIONES DEL MOLDE # 7 .....	79

<b>TABLA 28.</b> MEDICIONES DEL MOLDE # 8 .....	80
<b>TABLA 29.</b> MEDICIONES DEL MOLDE # 9.....	80
<b>TABLA 30.</b> MEDICIONES DEL MOLDE # 11.....	80
<b>TABLA 31.</b> RESULTADOS OBTENIDO EN EL ENSAYO DE LA MESA DE FLUJO .....	86
<b>TABLA 32.</b> INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LOS PAÑOS DE REPELLO PARA LA CONDICIÓN DE CURADO A LOS 7 DÍAS DE FRAGUADO .....	95
<b>TABLA 33.</b> INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LOS PAÑOS DE REPELLO PARA LA CONDICIÓN DE NO CURADO A LOS 7 DÍAS DE FRAGUADO .....	96
<b>TABLA 34.</b> INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LOS PAÑOS DE REPELLO PARA LA CONDICIÓN DE CURADO A LOS 28 DÍAS DE FRAGUADO .....	97
<b>TABLA 35.</b> INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LOS PAÑOS DE REPELLO PARA LA CONDICIÓN DE NO CURADO A LOS 28 DÍAS DE FRAGUADO .....	98
<b>TABLA 36.</b> MEDIDAS DE LOS CUBOS FALLADOS A LOS 7 DÍAS DE CURADO.....	100
<b>TABLA 37.</b> MEDIDAS DE LOS CUBOS FALLADOS A LOS 28 DÍAS DE CURADO .....	100
<b>TABLA 38.</b> ESPECIMENES DE MORTERO REALIZADOS CON LA MEZCLA DE MORTERO ELABORADA CON CEMENTO DE LA MARCA HOLCIM UG FALLADOS A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS .....	101
<b>TABLA 39.</b> ESPECIMENES DE MORTERO REALIZADOS CON LA MEZCLA DE MORTERO ELABORADA CON CEMENTO DE LA MARCA CEMEX UG FALLADOS A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS .....	102
<b>TABLA 40.</b> ESPECIMENES DE MORTERO REALIZADOS CON LA MEZCLA DE MORTERO ELABORADA CON CEMENTO DE LA MARCA FORTALEZA UG FALLADOS A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS .....	102
<b>TABLA 41.</b> ESPECIMENES DE MORTERO REALIZADOS CON LA MEZCLA DE MORTERO ELABORADA CON CEMENTO DE LA MARCA HOLCIM MAMPOSTERO FALLADOS A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS .....	102
<b>TABLA 42.</b> ESPECIMENES DE MORTERO REALIZADOS CON LA MEZCLA DE MORTERO ELABORADA CON CEMENTO DE LA MARCA HOLCIM UG FALLADOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS .....	103
<b>TABLA 43.</b> ESPECIMENES DE MORTERO REALIZADOS CON LA MEZCLA DE MORTERO ELABORADA CON CEMENTO DE LA MARCA CEMEX UG FALLADOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS .....	103
<b>TABLA 44.</b> ESPECIMENES DE MORTERO REALIZADOS CON LA MEZCLA DE MORTERO ELABORADA CON CEMENTO DE LA MARCA FORTALEZA UG FALLADOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS .....	104
<b>TABLA 45.</b> ESPECIMENES DE MORTERO REALIZADOS CON LA MEZCLA DE MORTERO ELABORADA CON CEMENTO DE LA MARCA HOLCIM MAMPOSTERO FALLADOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS .....	104

<b>TABLA 46.</b> RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO PULL-OFF MEZCLA DE MORTERO REALIZADA CON CEMENTO HOLCIM UG, CONDICIÓN DE CURADO .....	112
<b>TABLA 47.</b> RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO PULL-OFF MEZCLA DE MORTERO REALIZADA CON CEMENTO CEMEX UG, CONDICIÓN DE CURADO .....	113
<b>TABLA 48.</b> RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO PULL-OFF MEZCLA DE MORTERO REALIZADA CON CEMENTO FORTALEZA UG, CONDICIÓN DE CURADO .....	113
<b>TABLA 49.</b> RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO PULL-OFF MEZCLA DE MORTERO REALIZADA CON CEMENTO HOLCIM MAMPOSTERO, CONDICIÓN DE CURADO .....	114
<b>TABLA 50.</b> RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO PULL-OFF MEZCLA DE MORTERO REALIZADA CON CEMENTO HOLCIM UG, CONDICIÓN DE NO CURADO.....	114
<b>TABLA 51.</b> RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO PULL-OFF MEZCLA DE MORTERO REALIZADA CON CEMENTO CEMEX UG, CONDICIÓN DE NO CURADO .....	115
<b>TABLA 52.</b> RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO PULL-OFF MEZCLA DE MORTERO REALIZADA CON CEMENTO FORTALEZA UG, CONDICIÓN DE NO CURADO.....	115
<b>TABLA 53.</b> RESULTADOS OBTENIDOS ENSAYO PULL-OFF MEZCLA DE MORTERO REALIZADA CON CEMENTO HOLCIM MAMPOSTERO, CONDICIÓN DE NO CURADO.....	116



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PROCESO DE PEGA DE BLOQUES UTILIZANDO MORTERO DE PEGA .....	37
FIGURA 2: RELLENO DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA CON MORTERO DE RELLENO .....	38
FIGURA 3: REPELLO DE UNA SUPERFICIE CON MORTERO DE RECUBRIMIENTO .....	39
FIGURA 4: REPRESENTACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA PLATA DE AGREGADOS GUÁPILES .....	58
FIGURA 5: CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO.....	63
FIGURA 6: CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO (SEGUNDA PRUEBA).....	67
FIGURA 7: PLANEAMIENTO DE LA CATEGORIZACIÓN DE LOS PAÑOS DE REPELLO.....	73
FIGURA 8: UBICACIÓN DE REGLAS DE MADERA.....	74
FIGURA 9: LAMINAS DE DUROCK COLOCADAS SOBRE LA PARED.....	74
FIGURA 10: LAMINAS DE DUROCK COLOCADAS SOBRE LA PARED .....	75
FIGURA 11: EQUIPO UTILIZADO PARA EL MOLDEO DE ESPECÍMENES DE MORTERO SEGÚN NORMA ASTM C109.....	76
FIGURA 12: ESPECÍMENES DE MORTERO DE PRUEBA .....	77
FIGURA 13: APLICACIÓN DEL PRINGADO PARA EL PAÑO DE MORTERO DE CEMENTO HOLCIM UG (CONDICIÓN DE CURADO).....	82
FIGURA 14: LAMINAS DE DUROCK CON CAPA DE PRINGADO APLICADA .....	83
FIGURA 15: APLICACIÓN DE AGUA A CADA UNO DE LOS PAÑOS ANTES DE REALIZAR EL REPELLO MAESTREADO.....	84
FIGURA 16: ORDEN DE APISONAMIENTO .....	89
FIGURA 17: MOLDEO DE LOS ESPECÍMENES DE MORTERO .....	89
FIGURA 18: DESMOLDE LOS ESPECÍMENES DE MORTERO Y DEMARCACIÓN DE CADA UNO DE ELLOS .....	90
FIGURA 19: PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DE COMPONENTES PARA REALIZAR LA MEZCLA DE MORTERO .....	91
FIGURA 20: REPELLO MAESTREADO CON LA UTILIZACIÓN DEL CODAL.....	91
FIGURA 21: PAÑOS DE REPELLO CON SU CAPA DE REPELLO YA APLICADA .....	92
FIGURA 22: USO DEL FISURÓMETRO APLICADO.....	94
FIGURA 23: TRANSPORTE DE LOS ESPECÍMENES CÚBICOS .....	99
FIGURA 24 GRAFICA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESTIPULADAS POR EL FABRICANTE .....	105
FIGURA 25: DESPRENDIMIENTO DE LA PARED FALSA .....	107

FIGURA 26:TRANSPORTE DE LA PARED FALSA .....	108
FIGURA 27:EQUIPO PARA LA PRUEBA PULL-OFF (PULL-OFF TESTER).....	109
FIGURA 28:DIAGRAMA DE LOS TIPOS DE FALLA .....	110
FIGURA 29:DIAGRAMA DE LOS TIPOS DE FALLA .....	111
FIGURA 30:CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO .....	118
FIGURA 31:TAMIZADO DE LA ARENA .....	119
FIGURA 32:CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO (SEGUNDA ITERACIÓN).....	120
FIGURA 33: TASA DE FISURACIÓN A LOS 7 DÍAS .....	121
FIGURA 34:TASA DE FISURACIÓN A LOS 28 DÍAS .....	123
FIGURA 35:RESISTENCIAS A COMPRESIÓN.....	125
FIGURA 36:COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO A TENSIÓN A LOS 28 DÍAS PARA LOS REPELLOS EN CONDICIÓN DE CURADO .....	127
FIGURA 37:COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN VERSUS EL ENSAYO A TENSIÓN.....	129
FIGURA 38:COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN VERSUS LOS RESULTADOS DE LA TASA DE FISURACIÓN A LOS 7 DÍAS .....	130
FIGURA 39: COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN VERSUS LOS RESULTADOS DE LA TASA DE FISURACIÓN A LOS 28 DÍAS .....	131
FIGURA 40:COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA TASA DE FISURACIÓN Y EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN A LOS 28 DÍAS .....	132
FIGURA 41: TRANSPORTE DE LOS ESPECIMENES CÚBICOS, PARA REALIZAR PRUEBA A COMPRESIÓN .....	159
FIGURA 42:EQUIPO PARA EL ENSAYO A TENSIÓN (PULL OFF TESTER) .....	160
FIGURA 43:COLOCACIÓN TÍPICA DEL EQUIPO DE PULL-OFF PARA LOS ENSAYOS A TENSIÓN .....	161
FIGURA 44:MOLDEO DE LOS ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO .....	162
FIGURA 45: FALLA TIPO A .....	163

**CAPÍTULO I**  
**PROBLEMA Y PROPÓSITO**

## 1.1 Antecedentes del problema

En un lapso no tan lejano, no más de diez años se han realizado investigaciones acerca de las diferentes características a cumplir que un cemento debe alcanzar, así mismo como las distintas pruebas que debe superar una mezcla de concreto para considerarse adecuada o efectiva para el uso que se le dará. Enseguida se mencionan los ejemplos mencionados.

Torres (2012) realizó una investigación acerca de la poca información encontrada sobre los distintos tipos de concretos en uso en Costa Rica. Estableció que para la utilización del concreto como material de construcción es necesario hacer una valoración sobre su uso, planificar e indagar sobre las condiciones sobre las cuales este mismo será aplicado. Así misma reseña que es necesario e indispensable la realización de ensayos de laboratorio en los cuales se analice y visualice el comportamiento de dicho material en cada caso o escenario específico, para así obtener un mayor entendimiento del funcionamiento de este y sus capacidades. Por otra parte, establece que es de suma importancia tener un conocimiento previo del proceso constructivo para cada uno de los tipos de concreto, tanto como para el ingeniero o encargado de la obra, como para el ingeniero inspector.

Carvajal (2016) ejecutó un estudio acerca de la resistencia a la compresión de en función del tiempo de cements de uso general en venta en el país. En dicha investigación determino que los cementos en venta en el país de tipo uso general tienen una resistencia a la compresión que llego a variar entre los 23,5 y 39,5 MPa a una edad de curado de los 28 días, esto con un nivel de confianza del 95%. Con base a esto determinó que existe una posibilidad de que los cementos de uso general no lleguen a cumplir con el requisito mínimo establecido de resistencia a la compresión de 20 MPa a esta edad especificado de curado. Así mismo estableció que en los primero tres días de la etapa de curado, los cementos en venta en la región llegaron a desarrollar un porcentaje de resistencia a la compresión de entre 56,70 y 70% a los 28 días y reseña que a los tres días de curado se presentó una resistencia a la compresión que varió entre los 15,7 y los 24,8 MPa. Por otra parte, delimitó que los cementos de uso general en venta en el país ganaron unas resistencias a la compresión entre los 18,4 y los 28,0 MPa en el periodo de edad de los 7 días. En dichos 7 días se alcanzó un porcentaje establecido entre el 67% y 78% de la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días. Cabe a destacar que Carvajal generó una serie de recomendaciones en las cuales caben a destacar las siguientes; ejecutar las pruebas de resistencia a la compresión de cements de uso general en venta en el país en zonas del país, las cuales presente condiciones climáticas que

difieran con las de la provincia de San José lugares con altas temperaturas o humedades relativas. También dio la recomendación de que a la hora de realizar pruebas de resistencia a la compresión para mezclas de concreto elaborados con los cementos de uso general vendidos en el país es necesario utilizar agregados, fino y grueso con características similares, lo que permite evaluar el efecto que tendrá el cemento en la resistencia a la compresión del concreto.

Hernández (2018) elaboró un estudio a cabalidad sobre la *Resistencia a la compresión simple versus tiempo de curado de especímenes de concreto hidráulico usando cementos modificados* en la cual, como parte de sus conclusiones y resultados obtenidos, determinó que al realizarse un curado adecuado, el concreto en general obtiene al menos un 65% de la resistencia delimitada para un periodo de 28 días en la primera semana. Así mismo los resultados obtenidos, se obtuvieron desviaciones estándar y coeficientes de variación que llegaron a calificar los resultados de las pruebas de compresión obtenidas, como resultados (excelentes, muy bueno y buenos) según el criterio dispuesto por el ACI 214, lo cual llega a esclarecer de que los datos obtenidos en este estudio son válidos y aplicables. También, determino por las diversas pruebas de laboratorio realizadas en su estudio, que las mezclas de concreto realizadas con agregados de río, obtuvieron resistencias mayores, que su contraparte las mezclas de concreto con agregado de tajo, esto deja ver la gran significación de realizar un estudio previo sobre los materiales (agregados) y de donde provengan los mismos. Esclareció que, en la realización de las diferentes mezclas de concreto con un mismo tipo de agregado, todos produjeron resistencias diferentes. De la misma manera Carvajal dio una serie de recomendaciones sobre el trabajo desarrollado y recomendaciones sobre futuras investigaciones en el tema, dentro de las cuales se mencionan las más rescatables a continuación. Menciona que antes de realizar algún tipo de investigación experimental es de suma importancia, realizar algún tipo de capacitación con los técnicos especializados en los ensayos y en los equipos para trabajar dichos ensayos. Determinó que hay ciertos ensayos realizados al cemento que se ven afectados si estos utilizan cementos provenientes de sacos ya previamente abiertos (consistencia normal y tiempo de fragua), esto se debe a que al saco estar abierto y no tener el hermetismo necesario puede que se haya hidratado en cierto grado

Delgado (2018), desarrolló un estudio en el cual investigó las *Curvas características de resistencia a compresión simple en concreto usando distintos tipos de cementos modificados* en la

cual concluyo lo siguiente; en diferentes mezclas de concreto realizadas a lo largo de la investigación se encontró que el factor más determinante en el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto es el cemento utilizado, debido a que en diferentes mezclas de concreto utilizando el mismo tipo de cemento no se presentó una diferencia significativa en los promedios de la resistencia. Así mismo estableció que si se desea obtener resultados equiparables a los realizados en el proyecto, es indispensable respetar las normas y disposiciones estipuladas en la ACI 211.1 – 91, de igual manera una resistencia específica estipulada de 24 Mpa y respetar una consistencia de la mezcla de concreto bajo la prueba de revenimiento de  $120 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$ . De igual manera Delgado determinó que las curvas de desarrollo de resistencia a la compresión de lo concreto fabricados en la realización de dicho estudio fueran las esperadas, en las cuales se obtuvieron valores que determinaron lo siguiente; a edades tempranas se presentó un aumento considerable y se terminó de estabilizar en las edades avanzadas. Obtuvo como resultado que la mayor resistencia a la compresión en el concreto se obtuvo, utilizando agregados de rio para la elaboración de las mezclas de estos. También aclara la importancia de realizar mezclas de concreto de prueba, para verificar que se cumplen los valores de revenimiento esperados.

Zúñiga (2020), elaboró un estudio sobre la resistencia a la compresión de mezclas de concreto utilizando diferentes marcas de cementos del país. Zúñiga realizó dichas pruebas en varios tipos de cementos (uso general y hidráulico), unos provenientes de una marca específica y los otros de otra. Todo el análisis realizado lo respaldó con pruebas estadísticas. En su estudio determinó que los cementos hidráulicos llegan a desarrollar diferentes resistencias a la compresión, aunque estos sean de la misma clase. Estableció que los concretos (clase 28 y clase AR) luego de pasar un periodo de 120 días igualan la resistencia a la compresión y determinó que dicho comportamiento en las resistencias de estos se mantiene para las edades de estudio. Esclareció que es de suma importancia conocer el valor de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico luego de los 28 días, ya que se logra encontrar la diferencia porcentual con respecto al valor de  $f'c$ , debido a que una ganancia significativa de la resistencia puede generar mayor rigidez en los elementos diseñados, provocando la aparición de fallas que pueden comprometer el comportamiento dúctil de la estructura. Encontró que en las curvas de desarrollo de resistencia a la compresión tanto del concreto como del mortero del mismo tipo y marca de cemento poseen la una tendencia logarítmica similar. Por su parte Zúñiga estableció una serie de recomendaciones luego de haber realizado dicho proyecto, dentro de las cuales caben a destacar las siguientes;

ejecutar un estudio y investigación a nivel país acerca de las características de los agregados pétreos en venta en el país y el desempeño de cementos hidráulicos de la misma procedencia. Estable que a la hora de realizar un diseño de mezcla y se va a utilizar el método sin modificación, es necesario tener en cuenta de que es un método aproximado, por lo cual recomiendo realizar mezclas de concreto hidráulico de prueba.

## **1.2 Planteamiento del problema de estudio**

### ***1.2.1 Enunciado del problema***

En la economía mundial y de manera más específica en la economía del país, las obras de infraestructura son determinantes en el continuo desarrollo de la región. En la ingeniería civil y de manera más concisa en las áreas de diseño y construcción, existe una clara necesidad de conocer a cabalidad las características y propiedades de los elementos con los cuales se construyen las obras y edificaciones a nivel nacional, en específico las del cemento. Componente fundamental en la elaboración de las mezclas de concreto, las cuales están elaborados con otros componentes como lo son la piedra, arena, agua y en ciertos casos la adición de aditivos especiales dependiendo de las características necesarias para el proyecto o el uso mismo que se le dará al concreto.

El cemento es el principal componente en la elaboración de una mezcla de concreto, debido a la capacidad que este tiene de reaccionar con el agua. Dicha hidratación que recibe el cemento le permite adquirir una ganancia en la resistencia del concreto con el paso del tiempo. En Costa Rica a partir de la nueva promulgación del reglamento RTCR 479:2015 *Materiales de Construcción. Cementos Hidráulico. Especificaciones*, se admitió la comercialización de nuevas marcas y productoras de cementos en el país. Esta nueva apertura del mercado trajo consigo nuevos tipos de cementos antes no vendidos en la región. Lo cual conllevó a la necesidad de generar un estudio exhaustivo de las características de estos y de la misma manera la de obtener conocimiento sobre si estos nuevos cementos cumplían con las características y demandas que las vendedoras especificasen. Con base en esto se realizaron incontables ensayos y pruebas para tener información adecuada al respecto. Esto con el fin de servir de ayuda y guía tanto como para los diseñadores y constructores de diferente índole. (Delgado,2018)

En la siguiente imagen se puede encontrar una clasificación de los diferentes tipos de cementos que se comercializan en el país, esto según el Reglamento Técnico RTCR 479:2015 Materiales de Construcción, Cementos Hidráulicos.



**Tabla 1.** Clasificación de los cementos en venta en la región.

Tipo	Designación general
I	Cemento Portland Ordinario
MM	Cemento Hidráulico Modificado Mixto
ME	Cemento Hidráulico Modificado Escoria Alto Horno
MP	Cemento Hidráulico Modificado Con Puzolana, Ceniza o Esquisto
MC	Cemento Hidráulico Modificado Con Caliza
MF	Cemento Hidráulico Modificado con Humo de Sílice

Fuente: Elaboración propia, a partir de Reglamento Técnico RTCR 479:2015 Materiales de Construcción, Cementos Hidráulicos.

Dicho esto, el enfoque que se le pretende dar a este proyecto de investigación se caracteriza en realizar una serie de pruebas como, por ejemplo; relación agua cemento, pruebas de resistencia a la compresión (desarrollo de resistencia del mortero), pruebas con respecto a la adherencia entre otras. Todo esto realizándose por medio de la comparación de diferentes tipos de cemento de las tres principales marcas de cementos en venta en el país (Cemex, Holcim, Fortaleza).

Cabe a destacar que se realizó una comparación de los resultados entre estos cementos, con la característica de que se va a generar una comparativa muy específica entre el cemento de tipo “Mampostero o Albañilería” de la marca Holcim y tres cementos de uso general de cada una de estas empresas. Con el fin de generar un estudio sobre sus características para desenvolverse en funciones de repello en las construcciones.

Los diferentes tipos de cementos tienden a tener un uso específico o una labor para la cual están diseñados a desenvolverse de mejor manera que sus contrapartes. Como por ejemplo el cemento *Mampostero* el cual tiene una serie de características y beneficios que lo hacen destacar antes los demás cementos de uso general, en las labores de repello. Entre las cuales se pueden mencionar algunas de estas, como lo son una mejor adherencia, de hasta un 10% mejor. Lo cual es de suma importancia porque genera menos rebote de la mezcla al utilizarla. Así mismo tiene una óptima retención de agua, lo cual produce una reducción en la aparición de grietas y fisuras, esto también puede resultar de suma importancia, ya que debido a tener una mejor retención de agua que el cemento de uso general, este puede tener una demanda de agua menor. Todas estas y demás características están dadas según la ficha técnica del cemento mampostero elaborada por Holcim.

### ***1.2.2 Formulación del problema***

A la luz del detalle brindado acerca del enunciado del problema y con referencia a las investigaciones realizadas desarrolladas previamente, el presente trabajo pretende responder la siguiente interrogante: ¿Existe alguna diferencia significativa a la hora de realizar un trabajo de repello con la utilización de cemento del tipo mampostero contra cemento del tipo uso general?

### **1.3 Justificación**

Al momento en el que se va a realizar la construcción de algún proyecto u obra civil, es de suma importancia conocer los componentes con los cuales se va a estar realizado la construcción y el diseño de este. Componentes tales como el cemento y los agregados que lo complementan para realizar su trabajo como parte de una mezcla de concreto. Es conocido ya que el cemento es el componente el cual tiene un cierto grado de importancia más alto que los demás elementos con los cuales se constituye el concreto (agregados, agua, aire, aditivos) es el cemento, debido a que este es el que reacciona químicamente con el agua y genera el proceso de endurecimiento del mismo, aportando un alto grado de resistencia al material como tal. A nivel país se comercializan diferentes tipos de cementos, provenientes de diferentes marcas.

Como parte del trabajo de un ingeniero civil, tanto como para el diseño y la construcción de los componentes a utilizar en el proyecto, es vital que este conozca las características y el funcionamiento de los elementos a utilizar. En este proyecto se expone la idea de realizar de realizar diferentes mezclas de mortero hidráulico para llegarse a utilizar en el proceso de repello en el proceso constructivo, con diferentes cementos en venta en el país el fin de realizar diversas pruebas, tales como los ensayos a compresión simple, para comprobar su resistencia a diferentes edades de curado, como la prueba pull-off, es cual ensayo para comprobar su adherencia, todo esto siguiendo todas las normativas y reglamentos establecidos. Así mismo se realizaron comparaciones de los fisuramientos que estos morteros lleguen a experimentar, con el fin de determinar cual tiene mejores características y cual tiende ser el más adecuado para utilizarse en las labores de repello.

Con base en lo expuesto, se puede decir que este proyecto será de gran importancia para la ingeniería civil, debido a que se enfoca en el estudio del desempeño de mezclas de mortero hidráulico utilizando cemento tipo mampostero y uso general, generando una serie de comparativas en distintos aspectos entre dichos cementos.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Evaluar las propiedades físico-mecánicas de mezclas de mortero elaboradas con una arena que cumple con la norma ASTM C144, un cemento del tipo mampostero y tres cementos de uso general, sometidos a dos condiciones de curado.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Efectuar una prueba real de repello con las cuatro mezclas de mortero hidráulico con la cual se pretende medir el fisuramiento del mismo a los 7 días y 28 días (ancho y longitud).
- Determinar la resistencia a la compresión para las diferentes mezclas de mortero mediante ASTM C109 a las edades de 7 y 28 días.
- Comparar la adherencia mediante la norma ASTM C1583 para las diferentes mezclas de mortero.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

El presente trabajo de investigación tendrá los siguientes alcances:

#### **1.5.1.1. Diseño de mezcla de mortero**

En el estudio a realizar es de clara importancia generar un diseño de mezcla, conocer el uso de dicha mezcla y los agregados y componentes con los cuales se realizará, esto con el fin de elaborar un correcto diseño. Para que el mismo cumpla con las regulaciones y especificaciones necesarias, tanto en el laboratorio como en obra.

#### **1.5.1.2. Ejecución de pruebas**

En el presente trabajo se realizaron diferentes ensayos de laboratorios, en los cuales se estudió el comportamiento de diferentes tipos de cementos, como los demás componentes necesarios para elaborar una mezcla de mortero hidráulico. Se realizaron pruebas de adherencia, ensayos de compresión simple, caracterización de los agregados finos a utilizar, entre otros. Todo esto con el fin de cumplir con las diferentes normal (ASTM y INTECO).

#### **1.5.1.3. Comparación de resultados**

Generar por medio de las diferentes pruebas a realizar mencionadas anteriormente, una comparativa de los resultados entre las diferentes mezclas de mortero hidráulico. Dichas pruebas arrojaran una serie de datos característicos para cada una de las mezclas de mortero hidráulico, dicha serie de datos, categorizándola por tipo de prueba, luego pueden ser comparados y con ello generar una serie de recomendaciones y conclusiones en diversos aspectos a considerar. Desde la diferencia de trabajabilidad entre el mortero realizado con cemento tipo mampostero y el cemento de uso general, hasta la cantidad de agua retenida en la mezcla.

#### **1.5.1.4. Aspectos económicos y rentables**

Por medio del presente proyecto se evaluaron las propiedades físico-mecánicas de diferentes tipos de cementos en venta en el mercado, de las marcar HOLCIM, CEMEX, FORTALEZA y con un grado de mayor especificación, se realizará la comparación de las cualidades y demás aspectos de la mezcla de cemento de tipo mampostero en comparación con la mezcla de mortero hidráulico realizada con cementos de uso general. Con los mismos se realizaron

distintas pruebas y ensayos para determinar su resistencia a la compresión y otros aspectos, para generar una comparativa entre los datos de estos.

Por medio de la comparación de datos y pruebas, se puede hacer un estudio de cuál de los dos tipos de cementos dependiendo de su uso puede llegar a ser más beneficioso o no a la hora de realizar trabajos de repello. Como se mencionó anteriormente el cemento tipo mampostero tiene ciertas cualidades que lo diferencian de sus contrapartes, el cemento de uso general.

Este proyecto como tal, tiene en uno de sus objetivos, verificar y comparar la veracidad de estas características y funciones específicas que el cemento mampostero como tal y comparar estas con el cemento de uso general de tres marcas de cementos distintas en venta en el país, con el fin de generar una caracterización de estos y comparar los resultados de los diferentes parámetros puesto en prueba y con esto generar una serie de conclusiones y recomendaciones del caso. Recomendaciones que pueden ser de hasta cual es mejor a utilizar en ciertos proyectos en los cuales las labores de repello sean necesarias y así verificar cual de ambos puede tener un mejor desempeño para el contratista. Así mismo cuál de las mezclas de mortero hidráulico a realizar presentan una mejor trabajabilidad que tanto como para el maestro de obra o el albañil pueden significar en ventajas a la hora de aplicarlo y utilizarlo en obra.

Todas estas ventajas y desventajas que pueda tener un cemento sobre el otro, terminan siendo factores determinantes a considerar a la hora de escoger cual se utilizara para el proyecto, ya que todo se traduce al aspecto económico y al factor del tiempo.

### ***1.5.2 Limitaciones***

El presente trabajo de investigación enfrentara las siguientes limitaciones:

#### **1.5.2.1. Disponibilidad de tiempo**

Al ser un estudio meramente práctico, es importante recalcar lo laborioso del procedimiento a efectuar, desde los ensayos de granulometría, la elaboración de las mezclas de mortero, hasta la prueba y falla de las muestras de mortero (cubos de mortero). Estas y otras pruebas tienen un periodo de tiempo bastante extenso para realizarse.

### **1.5.2.2. Falta de experiencia**

Debido a que dicho proyecto contó con la realización de una serie de mezclas de mortero utilizadas en la creación y elaboración de un grupo de repellos, los cuales contaron con una etapa de pringado y de relleno. No se contaba con la experiencia necesaria para ejecutar dicho procedimiento.

### **1.5.2.3. Asistencia**

Como se menciona a lo largo del trabajo, este es un proyecto el cual cuenta con diversas pruebas y ensayos de laboratorios que se deberán a realizar para efectos de comprobación de resistencias o de adherencia, por ejemplo. Por lo cual es necesario el uso de equipo especial de laboratorio. Laboratorio el cual cuenta con un técnico el cual tendrá la labor de guiar y ayudar en las labores correspondientes y así mismo como manejar equipo, que el estudiante no tiene experiencia en su manejo. Esto genera una constante atención por parte del técnico y se necesitó de una asistencia a lo largo de los diversos ensayos a realizar.

## **1.6 Delimitaciones**

Las delimitaciones tanto temporal como espacial, que se verán representadas en la elaboración de este proyecto de graduación son las siguientes:

### ***1.6.1 Delimitación espacial***

La elaboración de este proyecto y sus estudios correspondientes, desarrollaron en Costa Rica, de manera más específica en los laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad Latina de Costa Rica, sede San Pedro y sede Heredia.

### ***1.6.2 Delimitación temporal***

El proyecto de investigación se desarrolló desde mayo del 2021 hasta noviembre del 2021, esto con respecto al reglamento establecido por parte de la Universidad Latina para desarrollar el proyecto de investigación en modalidad de tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.



**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

## **2.1 Principios del mortero**

### ***2.1.1 Definición***

En la ingeniería civil y más específicamente en las áreas de construcción, es usual escuchar sobre las utilidades y las diferentes cualidades del mortero. El cual es un conglomerado de diferentes materiales, cada uno cumpliendo una función específica. Agua, arena y el conglomerante, que por lo general este compuesto por cemento, cal o inclusive yeso. Este una vez seco o endurecido adquiere una gran fuerza de resistencia.

Chinchilla (2016) menciona que el mortero es se puede delimitar en sus principales componentes, los cuales son un material de relleno, por lo general es un agregado fino, un material aglutinante y agua. También esclarece que puede llegar a ser necesario la utilización de alguna especie de aditivo, que genere una diferencia en la propiedad físico, químicas y mecánicas del mortero.

### ***2.1.2 Componentes del mortero***

#### **2.1.2.1. Cemento**

El cemento, uno de los principales componentes, tanto como de la mezcla de concreto como de las mezclas de mortero hidráulico. El cemento Portland es un material calcáreo el cual está formado por calcio, sílice, aluminio y hierro. Dicho material se podría definir como un polvo fino que se obtiene de la calcinación a temperaturas extremadamente altas de la mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. Este proceso de calcinación termina, produciendo el principal elemento del cemento, el cual se le conoce como Clinker. El cual luego de este proceso se muele con yeso y otra serie de aditivos para producir el producto final, conocido como cemento.

Hernández (2018) menciona que el cemento es el elemento que lleva a cabo la reacción química cementante y es la que permite el endurecimiento de la mezcla como un todo. También habla acerca de que el cemento cuenta con características en diversas etapas de su proceso de fabricación, lo cual le otorga diferentes cualidades tanto químicas como físicas. Estas le generan una serie de condiciones y/o características que lo determinan a un uso o funcionamiento particular.

### **2.1.2.2. Tipos de cementos hidráulicos**

En la Tabla 1 se puede ver la categorización de los diferentes tipos de cementos en venta en el país y los cuales están normados y regulados. Todos estos tipos y categorías del cemento cuentan con un trabajo específico para el cual están diseñadas a realizar, cada uno tiene áreas en las cuales se desenvuelve mejor que otros. Por ejemplo, en proyectos en los cuales se necesite un concreto que adquiera una alta resistencia inicial se utiliza por lo general cemento de uso industrial. El cual es un cemento para uso en concreto especiales y el cual cuenta con una alta resistencia inicial.

Otro claro ejemplo de los diferentes tipos de cementos utilizados para labores o proyectos específicos puede ser el caso del cemento tipo mampostero, el cual es elaborado por la empresa Holcim y fue ingresado en el mercado en el año 2020. Este cemento cuenta con características sumamente específicas y delimitaciones normadas para las cuales puede o no ser utilizado. Dicho cemento es fabricado bajo la norma ASTM C91 (Especificación Estándar Para Cemento de Mampostería). Cabe a destacar que este cemento es recomendado utilizarlo para elaborar trabajos de albañilería, como lo es la pega de bloques o repello. El cemento de mampostería no debe de ser utilizado para la fabricación de concretos estructurales, como lo son cimentaciones, vigas, columnas, losas, etc. Todo esto por las características particulares que tiene el mismo y además por recomendación del fabricante.

Los ingenieros en los apartados de diseño y construcción en el área estructural deben de tener extremo cuidado a la hora de escoger o de delimitar el tipo de cemento a utilizar en cada proyecto. Ya que un mal juicio en esto puede generar una serie de errores en los componentes de un edificio por ejemplo o el caso que se genere una falla en la estructura debido a que el cemento utilizado para la mezcla de concreto utilizada no cumple con los requerimientos de resistencia de diseño para el mismo. Otro ejemplo, podía ser la escogencia errónea para realizar una mezcla de mortero hidráulico para repello de las superficies de una pared de mampostería, con un cemento de uso industrial. Esto se puede clasificar como erróneo de diferentes maneras, pero una de las más claras vendría siendo el sobre costo del cemento para esa función específica.

Casos como estos y muchos otros generan la importancia de realizar un buen estudio de los diferentes tipos de cementos a utilizar, así mismo como los diferentes componentes que componen una mezcla de concreto, como la de una mezcla de mortero hidráulico.

### 2.1.2.3. Modificaciones

A los diferentes tipos de cementos mencionados anteriormente, pueden tener una serie de modificaciones. Esto dependiendo tanto como de su uso y de los componentes por los cuales este compuesto. En la siguiente tabla se mencionan dichas modificaciones y una breve descripción de su denominación.

**Tabla 2** Composición típica de los cementos hidráulicos

Tipos	Denominación	Tipo/Grado de sustitución
Tipo 1	Cemento Portland Ordinario (CPO)	Tipo I
Tipo MP	Cemento Hidráulico con; Puzolana, Ceniza volante; Esquisto	MP/A
		MP/B
		MP/C
		MP/D
Tipo MC	Cemento Hidráulico con Caliza	MC/A
		MC/B
Tipo MM	Cemento Hidráulico Modificado Mixto	MM/A
		MM/B
		MM/C
		MM/D
		MM/E
Tipo ME	Cemento Hidráulico con Escoria de Alto Horno	ME/A
		ME/B
		ME/C
		ME/D
		ME/E
Tipo MF	Cemento Hidráulico con Humo de Sílice	MF/A

Fuente: Elaboración propia, a partir de la norma INTE 06-11-15.

### 2.1.3 Principales usos y aplicaciones

De manera de esclarecer un poco los usos y diferentes aplicaciones que se les puede otorgar a los distintos cementos que se pueden encontrar en venta en el país se podría realizar una categorización por tipo de cemento y las diferentes utilidades que se le puede dar a estos. Cabe a destacar que estos son los usos recomendados tanto como el fabricante, como por entes reguladores (INTECO, ASTM, RTCR 479:2015).

A continuación, se muestra una tabulación de los tipos de cementos y sus aplicaciones tanto como para mezclas de concretos, como mezclas de morteros hidráulicos.

- I
  - Se tiende a utilizar para concretos de uso general
- I-AR
  - Este tipo de concreto se utilizan para proyectos los cuales necesiten un concreto con un alto grado de resistencia inicial.
- MP/AR
  - El cemento MP/AR es el utilizado para concretos que necesiten tener una alta resistencia inicial, un moderado calor de hidratación y una resistencia a los sulfatos moderada.
- MP
  - Esta clase de cementos es comúnmente utilizada para concretos y morteros de uso general, los cuales no demande de una alta resistencia inicial y que tengan una resistencia a sulfatos, agua de mar y así mismo con un bajo calor de hidratación.
- UG/MS
  - Este tipo de cementos es utilizado para mezclas de concreto y morteros hidráulicos, los cuales no demanden de una alta resistencia a la compresión inicial. Se utiliza comúnmente para concretos de uso masivo, con altas resistencias a los sulfatos y los cuales generen un bajo calor de hidratación.
- Albañilería
  - El cemento de albañilería o tipo mampostero es un cemento que como se mencionó anteriormente, no se recomienda utilizar para la elaboración de concretos para uso estructural, esto quiere decir que no se recomienda su uso par vigas, columnas, cimentaciones entre otros. El cemento tipo mampostero es el cual se utiliza para labores de pega de bloques de concreto y para labores de repello. Este cemento es para el uso de mezclas de mortero hidráulico.

#### **2.1.4 Agregados**

Uno de los componentes indispensable tanto en una mezcla de concreto, como en una mezcla de mortero hidráulico son sus agregados. Por un lado, están los agregados gruesos y los agregados finos. Por el desarrollo y enfoque que se le pretende dar a este proyecto el cual consta de una comparación del mortero hidráulico creado utilizando cemento tipo Mampostero, contra mezclas de mortero hidráulico utilizando cemento de uso general, en el cual se pretende generar una serie de pruebas tanto en laboratorio como en campo para comparar sus características y generar una serie de recomendaciones. Se puede esclarecer que para este tipo de mortero se utilizará de solamente de agregado fino, no será necesario el uso y caracterización de agregado grueso, ya que sus características no forman parte del objeto de estudio a realizar.

Con todo esto definido se puede comenzar a hablar con más especificación en la determinación del tipo de agregado fino a utilizar, así como de la importancia y función que cumplen los agregados en las mezclas de mortero hidráulico. El agregado fino está compuesto por materiales que pasan la malla N 4(4.75mm) y el cual es retenido en la malla N 200(75 $\mu$ m).

Chinchilla (2016) menciona en su proyecto que los agregados a utilizar en morteros hidráulicos son de arena natural o manufacturada y que estas son el volumen y el peso de mayor magnitud en la mezcla de mortero como tal. Así mismo comparte que, la arena en la mezcla de morteros hidráulicos actúa de manera de relleno inerte, proporcionando a la mezcla con trabajabilidad y reducción de la contracción. Así mismo esta influye en la resistencia a compresión de la mezcla de mortero hidráulico.

Estipuló que un aumento en el contenido de arena en la mezcla genera un aumento en el tiempo de fraguado y también una disminución del agrietamiento potencial que se puede generar en la junta de mortero. Chinchilla, menciona que el uso de arena manufacturada o especial puede llegar a generar resultados diferentes a los realizados con arena natural en mezclas de mortero en sitio.

Hernández (2018) menciona que los agregados conocidos como finos, tiene a tener un tamaño máximo nominal inferior a los 4.75 mm. Este término (tamaño máximo nominal) se refiere al tamaño máximo más grande del agregado que se queda atrapado en la malla del tamiz. Es importante mencionar que la distribución de los granos que constituyen un agregado ya sea fino o

grueso, es una característica, la cual se le conoce como distribución granulométrica en la Ingeniería civil y de manera más específica en la rama de materiales de construcción. Dicha propiedad está estudiada y normada tanto como por ASTM (ASTM C136) como su igual la norma INTE C46:216 *Método de Ensayo Normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos*.

Es de suma importancia realizar las diversas pruebas necesarias para caracterizar los agregados, ya que están garantizados que se cumplan los diferentes estatutos en las normas estandarizadas, como lo es el cumplimiento de la distribución granulométrica la cual tiene como fin certificar el cumplimiento de que los vacíos presentes entre las partículas sean llenados de manera correcta con partículas de tamaño y proporción adecuada. El cumplimiento de estas normas y características tiene tanto repercusiones en el aspecto económico, como en el de aspectos de índole físico-mecánico de una eventual mezcla de concreto, como lo es su resistencia a compresión o trabajabilidad de la misma

### **2.1.5 Agua**

Uno de los componentes fundamentales en la realización de cualquier mezcla, sea de concreto o de mortero es el agua. Dicho elemento debe ser potable y no contener ningún tipo de impurezas, ya sean de índole orgánico o algún tipo de aceite en el líquido. Es necesario garantizar que el agua utilizada para los diferentes procesos que conllevan realizar un mortero no contenga contaminante alguno.

Arias (2012) destaca que dicha garantía en la utilización de agua limpia y potable es indispensable para poder así realizar una correcta hidratación de los diversos componentes dentro del cemento y así mismo no llegar a generar ningún tipo de reacción desfavorable que pueda llegar a dañar o perjudicar las propiedades del mortero tanto en estado plástico, como endurecido.

El agua tiene dos principales usos en el proceso de fabricación de un mortero, el agua de mezclado y el agua de curado. Así mismo se puede establecer las funciones más importantes que brinda dicho componente a una mezcla, brindar de trabajabilidad al mortero, hidratación del cemento y la de facilitar la carbonatación del cal.

Chinchilla (2016) menciona que el contenido de agua es uno de los aspectos que más genera dudas o hasta inquietudes, en la realización de mortero de albañilería. Menciona que este

problema es causa de la confusión que se genera entre los requisitos para las mezclas de mortero y mezclas de concretos. Ambas mezclas cuentan con características y necesidades de agua muy diferentes, las cuales deben de seguirse al pie de la letra para respetar la normativa y regulación de estas.

## **2.2 Relación Agua/ Cemento (A/C)**

Esta relación es estimada en base a diversos factores, como lo son la trabajabilidad de la mezcla de mortero esperada, su resistencia a la compresión, su adherencia y hasta el tipo de acabado que se le quiera dar al mismo. Se podría definir esta característica como la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en la masa de hormigón fresco.

### **2.2.1 Tipos de mortero**

En la construcción es un tema muy común escuchar del uso del mortero, el cual en pocas palabras es una mezcla que se compone principalmente por agua, arena y el cemento. En la siguiente sección se pretende explicar de manera concisa los diferentes tipos de morteros según los componentes del mismo, que se utilizan para diversas labores en las áreas de construcción.

#### **2.2.1.1. Morteros calcáreos**

Este tipo de morteros se caracteriza por ser más manejables, debido a que su componente principal la cal es un agente ligante plastificados. Pero es importante a destacar que este beneficio en la trabajabilidad por la utilizan de estos componentes, tiene como consecuencia el bajo desarrollo de resistencias altas en el mortero, ya que la velocidad del proceso de endurecimiento resulta baja.

#### **2.2.1.2. Morteros de yeso**

Dicho mortero es preparado con yeso el cual es hidratado con agua. Esta hidratación depende del contenido de agua, el cual es variable según las características del yeso, como lo son el grado de cocción del yeso, su calidad y la finura del molido de los elementos de yeso.

Chinchilla (2016) destaca que el mortero se prepara a medida que se va a utilizar en las labores de construcción, sean labores de repello u o tras, ya que le misma fragua de manera rápida, a los cinco minutos y llega a terminar este proceso en aproximadamente 15 minutos.



### **2.2.1.3. Morteros de cal y cemento**

El mortero de cal y cemento se recomienda utilizar en su diseño de mezclas de mortero cuando se necesita de una excelente trabajabilidad, buena retención de agua y así mismo una buena resistencia (mayor a los morteros de cal).

### **2.2.1.4. Morteros de cemento**

Los morteros de cementos son los cuales están compuestos por arena y se caracterizan por la utilización de cemento Portland. Este tipo de mortero se caracteriza por tener altas resistencia y su trabajabilidad depende de las condiciones y usos que se le va a dar al mortero. En pocas palabras sus características pueden ser modificadas por medio de variar sus proporciones cemento: arena, dependiendo del uso que se le va a dar al mismo. Dicho mortero se recomienda mezclarlo en obra debido a lo rápido en que sucede el proceso de fraguado. También es de suma importancia que en este tipo de morteros las características de los componentes que lo conforman, como la arena son de gran importancia. Su granulometría, forma y módulo de finura pueden tomar un papel importante en la calidad y resultado de la mezcla final.

## **2.3 Principales usos de morteros**

El mortero por lo general se utiliza para realizar labores de relleno de espacios que queden entre los blocks y/o ladrillos, así mismo para el aplanado de muros y como revestimiento de paredes. Por otro lado, es excelente para labores de albañilería, ya que estas no requieren de gran resistencia estructural. Es importante mencionar que el mortero también puede utilizarse en funciones de índole estructural.

En la siguiente sección se presentará una pequeña lista y descripción de los usos más comunes que se le da a los morteros.

### ***2.3.1 Mortero de pega***

Esta clase de morteros debe de contar con ciertas cualidades específicas y especiales que lo diferencian a distintos tipos de morteros. Ya que este tipo está diseñado para someterse a condiciones específicas de un sistema constructivo y debe de cumplir con una resistencia adecuada, por el hecho de que ha de soportar esfuerzos tanto de tensión como de compresión, que la estructura de la que forme parte llegue a sufrir.

**Figura 1.** *Proceso de pega de bloques utilizando mortero de pega*



Fuente: Imagen obtenida de la dirección web:<https://cr.epaenlinea.com/epa-ideas/superficies-envidiables-todo-lo-que-debe-saber-sobre-morteros.html>.

### **2.3.2 Morteros de relleno**

Este mortero cumple una función de suma importancia en la construcción de una casa o proyecto que utilice bloques de concreto. Ya que se utiliza para llenar las celdas en los elementos de mampostería estructural, este mortero es recomendado que tenga una muy buena trabajabilidad para que este proceso se pueda realizar de manera más expedita. Cabe destacar que este mortero debe de tener cualidades estructurales, ya que el mismo ha de tener una resistencia adecuada.

*Figura 2: Relleno de bloques de mampostería con mortero de relleno*



*Fuente: Imagen obtenida de la dirección:  
<https://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757466/concreto-especial-grout-mamposteria-estructural.pdf/9fc15ecd-0498-7c65-4c37-b5c7f1dcfab8>*

### **2.3.3 Mortero de recubrimiento**

Esta clase de mortero cuenta con una función meramente estética y en función de los acabados que se le quieren dar a las superficies en lo que se va a aplicar. El mortero de recubrimiento no debe cumplir con ningún parámetro de mortero de uso estructural, ya que como su nombre lo menciona no está destinado para esa labor. Es utilizado para funciones de aplanado, repello, enlucido y detalles estéticos.

*Figura 3: Repello de una superficie con mortero de recubrimiento*



*Fuente: Imagen obtenida de la dirección web:<https://cr.epaenlinea.com/epa-ideas/superficies-envidiables-todo-lo-que-debe-saber-sobre-morteros.html>*

## **2.4 Propiedades de los morteros**

El mortero como tal cuenta con una serie de propiedades y características que lo diferencian de una mezcla de concreto. Estas se pueden categorizar en dos estados, el plástico y el endurecido. Cada característica tiene cualidades específicas y están afectan al mortero de manera particular.

En la siguiente se sección se mencionan las diferentes propiedades dependiendo de su estado.

## ***2.4.1 Propiedades de los morteros en estado plástico***

### **2.4.1.1. Trabajabilidad**

(Delgado,2018) Menciona que la trabajabilidad se define como la facilidad para mezclar, transportar, depositar, consolidar una mezcla de mortero o concreto, sin producir segregación al producto como tal. La trabajabilidad es una medida de lo fácil o no de manipular una mezcla. Para el caso de mampostería o revestimiento esta característica esta correlacionada con la consistencia de la mezcla, esto en cuanto a lo blando o seca de la misma. Esto depende de tanto la proporción de agregados, como de la cantidad de agua que se le agregue a la mezcla.

Para realizar la medición de dicha característica del mortero en estado plástico, se encuentra el ensayo de laboratorio conocido como mesa de flujo. El cual según su normativa se conoce como (normas ASTM C-230 y -1437).Es importante mencionar que en términos prácticos a la hora de realizar la mezcla del mortero en sitio, en la construcción esto queda a criterio y experiencia del encargado de realizar la mezcla.

### **2.4.1.2. Retención de agua**

Chinchilla (2016) destaca que se le conoce a retención de agua como a la habilidad del mortero de mantener su plasticidad, en el momento justo en el que este entre en contacto con la superficie en la cual está siendo aplicado o utilizado. Esto sucede así mismo cuando el mortero entra en contacto con agentes externos, como lo son el sol, viento y/o cambios en la temperatura.

Esta característica de las mezclas de morteros se puede modificar y mejorar, dependiendo de las necesidades del constructor. Entre algunas de las maneras de realizar estos cambios, está la adición de aditivos plastificantes o incorporadores de aire a la hora de utilizar cementos puzolánicos, también realizando una mejora en el módulo de finura de los agregados.

### **2.4.1.3. Velocidad de endurecimiento**

La velocidad de endurecimiento se refiere al tiempo de fraguado de la mezcla de mortero. El fraguado es el proceso de estado fluido de la mezcla a un estado rígido de la misma. Sin embargo, el termino de endurecimiento se refiere a la ganancia de resistencia por parte de la mezcla, esto en condiciones de curado a través de todo el proceso.

Chinchilla (2016) menciona que el proceso de fraguado en morteros toma de entre 2 a 24 horas, claro esto depende del tipo y uso de la mezcla como tal, así como de la composición de la mezcla y factores ambientales que puedan llegar a afectar este proceso, acelerando o disminuyendo el mismo.

#### ***2.4.2 Propiedades de los morteros en estado endurecido***

##### **2.4.2.1. Retracción**

Dicha propiedad se debe a las diferentes reacciones químicas presentes al momento del proceso de hidratación de la pasta de mortero y este se llega a elevar si los contenidos de cemento en la mezcla son elevados. Esta retracción en los morteros puede generar fisuras y agrietamientos, por eso como solución se utiliza arena la cual tenga una textura rugosa para así mejorar la retracción presente.

##### **2.4.2.2. Adherencia**

La adherencia presente en las mezclas de mortero es una característica que el mortero tiene como tal y esta se resume como la capacidad de absorber tensionales normales y tangenciales a la superficie o estructura (paredes, sobres) que se encuentra aplicado.

##### **2.4.2.3. Durabilidad**

Así como el concreto, se define como durabilidad como la resistencia que llegue a presentar el mortero ante agentes externos. Estos agentes externos pueden ser: baja temperatura, desgaste por abrasión, agentes corrosivos, eflorescencia, retracción al secado entre otros.

##### **2.4.2.4. Resistencia**

Para dicha característica es importante conocer el uso específico que se le dará al mortero, sea mortero de pega o un mortero que tenga que soportar cargas altas y sucesivas, como es en el caso de proyectos que utilicen mampostería estructural, la cual debe de tener un valor de resistencia a la compresión alta.

##### **2.4.2.5. Apariencia**

En términos de la apariencia es algo para lo cual los morteros son de gran ayuda, ya que estos brindan un acabado especial a las superficies a lo que estos se apliquen. Este acabado es

una decisión meramente estética y no genera ningún cambio en la estructura, debido a esto su escogencia es particular y debe de realizarse de buena manera, tanto así que se debe de generar un diseño de mezcla pensando en esta caracterización luego del proceso de fraguado. Ya que una errónea dosificación de los agregados y componentes a utilizar puede generar una serie de resultados no esperados.

**CAPÍTULO III**  
**MARCO METODOLÓGICO**



### **3.1 Definición del enfoque y método de investigación**

Este trabajo se enfoca en una investigación cuantitativa de corte correlacional, ya que cuenta con la asociación de diferentes variables, la medicación y verificación de resultados. Este tipo de investigación se basa en la obtención de datos y resultados por medio de la realización de diferentes ensayos y pruebas de laboratorio, las cuales arrojan resultados sobre los objetivos planteados. En el presente proyecto se pretende realizar una comparación entre el uso de cemento del tipo mampostero versus cementos de uso general de las tres principales marcas en venta en el país, en la realización de morteros para uso de revestimiento o repello.

Al ser esta una investigación de forma cuantitativa, que como su nombre lo indica se inclina en todo lo relacionado a los números, medición de fenómenos, utilización de la estadística y generar hipótesis que pueden llegar a ser probadas, con las cuales se puede generar una serie de comentarios y recomendaciones.

Como se menciona en el libro Metodología de la Investigación, el proceso de una investigación que tenga un enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Con esto quiere decir que cada una de las etapas realizadas en la investigación anteceden a alguna otra. Cada una de las partes de dicha investigación cuentan con una serie de actividades que las precede. Por ejemplo, en el momento en que se tiene la idea de la investigación y esta luego se delimita, de ahí surge un proceso riguroso para generar los objetivos y preguntas de investigación, con las cuales se realizarán una serie de pruebas para comprobar dichos objetivos y preguntas de investigación. A partir de las cuales se generan las posibles hipótesis y recomendaciones del caso.

### **3.2 Sujetos y fuentes de información**

#### ***3.2.1 Sujetos***

Para la realización de un proyecto de graduación de modalidad tesis es de suma importancia tener personas con vasta experiencia en el área o áreas de estudio en las que se va a desarrollar la investigación. Esto con el fin de generar un nivel de conocimiento mayor de los temas a abordar y así mismo con la ayuda de dichos profesionales y expertos lograr abordar de mejor manera las posibles explicaciones y recomendaciones que se pueden llegar a obtener del proyecto a realizar.

Debido a esto se generó la siguiente tabla en la cual se encuentran los nombres de los sujetos de investigación y una breve descripción de su grado académico y laborar a desempeñar en dicho proyecto.

*Tabla 3: Sujetos de Investigación*

Nombre	Grado Académico	Trabajo	Tema/área a Colaborar
Deyri Núñez	Técnico de Laboratorio	Laboratorista de la Universidad Latina de Costa Rica, sede San Pedro	Laboratorio de Ingeniería Civil (materiales de construcción)
Minor Murillo	Ingeniero Civil	Profesor de la Universidad de Latina	Materiales de construcción (cemento y morteros hidráulicos)
Erick Cruz	Ingeniero Civil	Profesor de la Universidad de Latina	Construcción y trabajo en obra

Fuente: Elaboración Propia

### **3.2.2 Fuentes de información**

A la hora de realizar un proyecto de graduación es de suma importancia contar con diversas fuentes de información, las cuales provengan de diferentes medios, ya sean libros, artículos científicos, entrevistas, tesis o proyecto finales de graduación entre otros. Cabe destacar que dichas bibliografías tienen que ser de índole formal y además ser de fuentes confiables.

El presente trabajo en vista que se enmarca en el área de ingeniería estructural, enfocado en el tema de morteros hidráulicos, en el proceso de la investigación previa y desarrollo de los números pruebas de laboratorio a realizar se recurrirá las diferentes fuentes bibliográficas relevantes al tema para elaborar dicho proyecto. Las principales serán las mencionadas a continuación.

- Normas del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (Inteco)
- Código Sísmico de Costa Rica (CR-2010)
- American Society for Testing and Materials (ASTM)

- Reglamento Técnico RTCR 479:2015 Materiales de Construcción, Cementos Hidráulicos
- American Concrete Institute (ACI)

### **3.3 Definición de variables**

En este proyecto se realiza un estudio de evaluación del desempeño del cemento mampostero respecto al cemento de uso general en repellos, con base en es esto se propone un estudio en base a la siguiente matriz de variables:

**Tabla 4 Matriz de variables**

Variable	Definición conceptual	Definición Operativa
Resistencia a la compresión del mortero	Es la capacidad para soportar una carga por unidad de área y sus unidades son $\text{kg/cm}^2$ , Mpa o $\text{lb/pulg}^2$	Se medirá por medio de ensayos de laboratorio siguiendo las indicaciones de las normas ASTM C-109
Ensayo de la resistencia a la adherencia	El ensayo de “Pull Off” es uno de los métodos de ensayo a tensión, que a diferencia de otros métodos para ensayar la adherencia, puede realizarse tanto en laboratorio, como “in situ”; basta solamente disponer de una cara expuesta del elemento a ensayar, siendo aplicable a vigas, losas u otro elemento; sin planificación previa del mezclado o colado de la mezcla de mortero.	Se mide por medio de ensayos de laboratorio siguiendo las indicaciones de las normas ASTM D-7234-12
Fisuramiento del repello	La fisuración es un fenómeno físico que aparece en elementos estructurales de hormigón consistente en la aparición de micro fisuras de unas pocas décimas de milímetro.	Se realiza por medio de un repello que se planea hacer en una pared dada, con las diferentes mezclas de mortero a utilizar ( 4 en total) y así medir la fisuramiento que estas desarrollen en un periodo de 7 días.
Tipo de cemento	El tipo de cemento a utilizar en las diferentes mezclas de mortero, se escogen por medio de las características de estos y la función que se le va a dar al mortero.	Por medio del diseño de las mezclas de mortero
Consistencia normal. Fraguado y densidad del cemento hidráulico	Estas pruebas son de suma importancia en la realización de una mezcla de mortero, ya que son de gran ayuda para estudiar y comprobar la calidad y propiedades del cemento a utilizar.	Todas estas características del cemento se realizarán por medio de ensayos de laboratorio siguiendo todas las normativas correspondientes

Fuente: Elaboración Propia

### **3.4 Instrumentos y técnicas utilizadas en la recolección de los datos**

A la hora de realizar el trabajo de investigación proyectado, es necesario la utilización de equipo y maquinaria especializada para la realización de las diversas pruebas y ensayos de laboratorio, así como de las pruebas en condiciones reales presupuestadas a realizarse. De igual manera es de un gran beneficio referirse a herramientas o técnicas de recolección de datos que sirvan como guía o apoyo en la realización de la investigación en todo el proceso.

#### **3.4.1 Entrevista**

Se realizó de una entrevista a un profesional en el área de construcción y estructuras, al cual se le piensa consultar acerca de si han utilizado el cemento tipo mampostero manufacturado por la empresa Holcim y si este no es el caso, que tipo de cemento utilizan en obra para labores de repello.

#### **3.4.2 Cuestionario**

Un cuestionario es una excelente manera de adquirir conocimiento acerca del tema a investigar y así mismo de llegar a tener un mejor entendimiento del tema.

Pregunta 1

- ✓ ¿Conoce acerca de los diferentes usos que se le pueden dar al mortero elaborado con cemento hidráulico?

Pregunta 2

- ✓ ¿Está familiarizado con los distintos tipos de cementos comercializados en el país que pueden llegar a utilizarse en trabajos de repello, por medio de la utilización de mortero?

Pregunta 3

- ✓ ¿Qué condiciones considera usted que se deben tomar en cuenta a la hora de escoger un cemento sobre otro, a la hora de realizar una mezcla de mortero para uso en repellos?

Pregunta 4

- ✓ ¿Cree que se a generar una diferencia marcada entre las las diferentes mezclas de mortero utilizando cemento de uso general versus cemento del tipo mampostero?

## Pregunta 5

- ✓ ¿Usted cree que el uso de cemento tipo mampostero tiene ventajas significativas en aspectos de ahorro de tiempo y de dinero con respecto a sus contrapartes?

### 3.5 Equipo

Para la realización de este proyecto de investigación es indispensable la utilización de equipo especializado para realizar las diferentes prácticas y pruebas experimentales. Ya que como bien se ha documentado este proyecto es de índole práctico/experimental, es decir requiere de la realización de diversas pruebas para obtener sus resultados, con los cuales se llegarán a brindar tanto recomendaciones como conclusiones de lo encontrado.

Es bien conocido que para la obtención de los resultados esperados en las pruebas y/o prácticas experimentales es necesario de equipo especial, el cual no siempre se encuentra en las mejores condiciones o puede que no esté calibrado de la manera correcta o que no se haya calibrado en un periodo de tiempo extenso. Debido a estas condiciones es de suma importancia tener conocimiento previo de todo el equipo y/o herramientas que se van a utilizar en el desarrollo del presente trabajo, para lograr de mejor manera los objetivos planteados.

A continuación, se muestra una reseña del equipo utilizado para las diferentes pruebas y ensayos de laboratorio, así como para la elaboración de la parte práctica “prueba real de repellos” realizada. Es importante mencionar que el equipo mencionado en la lista a continuación se verificó previamente el estado y condición de este para generar una debida preparación de lo necesario para las pruebas.

1. Bandeja de 45 cm x 45 cm
2. Bandeja de 30 cm x 40 cm
3. Bandeja de 16 cm de diámetro
4. Brocha de 50 mm
5. Cepillo de bronce
6. Brocheta redonda de 25 mm de diámetro
7. Balanza digital de 8 kg
8. Balanza digital de 2 kg

9. Balanza digital de 40 kg
10. Juego de tamices normados para agregado fino
11. Cucharas de pulpero (diferentes tamaños)
12. Horno capaz de mantener una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
13. Bomba de vacío
14. Conos truncados de hule
15. Probetas (varios tamaños)
16. Gotero
17. Placa de vidrio
18. Plantilla eléctrica
19. Termómetro
20. Capsula de porcelana
21. Mesa vibratoria
22. Picnómetro
23. Olla de mezclado
24. Cucharas de albañil
25. Baldes
26. Pala
27. Carretillo
28. Moldes de bronce de 50 mm
29. Pistilo de hule
30. Vaselina
31. Cámara húmeda
32. Mesa de flujo
33. Maquina universal
34. Pull -Off Tester
35. Fisurómetro

### **3.6 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos, procedimiento y análisis de datos**

#### ***3.6.1 Práctica Estándar para Reducción de las Muestras de Agregado a Tamaños de Prueba (ASTM C702)***

Esta práctica proporciona los procedimientos y regulaciones necesarios para reducir la muestra total obtenida en el campo o las producidas en el laboratorio, a un tamaño conveniente y fácil de manipular a la hora de realizar una serie de ensayos necesarios al agregado a tratar. Todo esto con el fin de obtener una muestra del material total que sea representativa a la hora de realizar los diferentes ensayos para determinar la calidad del agregado.

#### ***3.6.2 Método de Ensayo Estándar para Material más Fino que la Malla No.200 (75 mm) en Agregado Mineral por lavado***

Este método se realizó para determinar la cantidad de material más fino que la malla de 75 mm en el agregado por medio del lavado. Las partículas de material orgánico o material arcilloso que quede disperso en el agua pueden ser removido con sumo cuidado durante la prueba.

#### ***3.6.3 Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Análisis Granulométrico de los Agregados Finos y Gruesos (ASTM C136)***

Método el cual es utilizado para determinar la distribución de las partículas del agregado fino o grueso por el tamaño de estas, por medio de la utilización de una serie de tamices normados para cada tipo de agregado, ya sea fino o grueso. Este ensayo se realiza principalmente para lograr alcanzar la granulometría de los materiales a utilizar sea la adecuada dependiendo del agregado y la función que este vaya a desempeñar.

#### ***3.6.4 Especificación Estándar para Agregado para Mortero de Mampostería***

Esta norma específica los parámetros de granulometría permitidos y necesarios a cumplir para agregados que se van a ser utilizados en mezclas de mortero para uso de mampostería. Usos como el relleno de block o repellos. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje pasando permitido para cada uno de los tamices asignados por la norma.



**Tabla 5** Clasificación del agregado según la norma ASTM C144

Abertura	Arena Natural		Arena Industrial	
	Límite Inferior	Limite Superior	Límite Inferior	Limite Superior
4.75 (mm)	100	100	100	100
2.36 (mm)	95	100	95	100
1.18 (mm)	70	100	70	100
600- $\mu\text{m}$	40	75	40	75
300- $\mu\text{m}$	10	35	20	40
150- $\mu\text{m}$	2	15	10	25
75 - $\mu\text{m}$	0	5	0	10

Fuente: Elaboración propia

### **3.6.5 Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por Secado (ASTM C566)**

Este método se utiliza para la determinación del porcentaje de agua evaporable en una muestra de agregado determinado por medio del secado, esta humedad consta la humedad superficial del agregado y la humedad de los poros de este. Dicho método se considera lo suficientemente exacto para utilizarse en ajustes de peso de las cantidades de materiales a utilizar en una mezcla de concreto.

### **3.6.6 Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino (ASTM C128)**

Por medio de este ensayo se pretende determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino determinada, la densidad relativa, que se conoce comúnmente como gravedad específica y la absorción del agregado. Con la realización de este ensayo se busca determinar la densidad de la porción solididad un numero grande de partículas de agregado, lo que luego provee de un valor representativo de la muestra total como tal. La gravedad especifica es una característica que generalmente es utilizada para determinar el cálculo del volumen ocupado por el agudo en las diferentes mezclas que contengan agregado fino.

### **3.6.7 Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta ( Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados ( ASTM C29)**

Método el cual tiene como objetivo principal determinar la densidad bruta del agregado a utilizar, tanto en una condición compactada o suelta. Así mismo calcula los vacíos entre

las partículas del agregado fino basándose en la determinación anterior. Este ensayo se aplica a agregados que no sobrepasen las 5 pulgadas de tamaño nominal máximo. Se realiza este ensayo ya que es de suma importancia a la hora de determinar los proporciones de materiales para las mezclas tanto de concreto como de mortero.

### ***3.6.8 Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico ( ASTM C 109)***

Dicho método tiene como objetivo principal la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes de mortero de cemento hidráulico cúbicos de 50 mm. Tiene como propósito principal determinar el cumplimiento de las especificaciones establecidas para los valores de compresión.

### ***3.6.9 Resistencia a la Tracción de Superficies de Concreto y Resistencia de Unión o Resistencia a la Tracción de Reparaciones de Concreto y materiales de Recubrimiento por Medio de Tracción Directa (Método de Extracción/ Método Pull-Off)***

Con la realización de dicha prueba, se determinará tanto el valor de la adherencia entre la superficie en la que es aplicada el mortero, como la adherencia entre el agregado y la utilización de este. Así mismo por medio de la realización del ensayo se obtiene un valor de resistencia a la tensión y un tipo de falla específico para ciertas condiciones dadas.

## **3.7 Sustentación de la confiabilidad y validez de los instrumentos de la investigación**

Las herramientas e instrumentos para utilizar en este marco metodológico durante la realización de este proyecto se podrían considerar confiables y seguras. Ya que las herramientas como lo es el cuestionario, la entrevista, así como los diversos y ensayos de laboratorio se realizaron siguiendo los lineamientos estipulados por las normas y estos se realizaron en un ambiente apto para dichas pruebas. Los individuos entrevistados cuentan con un conocimiento mucho mayor del tema a tratar que al de un estudiante, por lo que se considera que tienen mayor criterio. Debido a esto sus opiniones y comentarios acerca de la investigación resultan de suma significancia para el desarrollo del proyecto.

Así mismo las pruebas y ensayos de laboratorio que se van a realizar en este proyecto se pueden denominar como de alta confiabilidad debido a que estos se realizan siguiendo procedimientos normados por instituciones como ASTM e INTECO. Los cuales cuentan con manuales e instrucciones claras acerca de la manera en cómo se deben de proceder a la hora de

realizar estas. Cabe a destacar que para que se mantenga este alto indicio de confiabilidad en dichos ensayos, se debe de contar con los materiales adecuados y el equipo en buenas condiciones. Es claro mencionar que antes de utilizar equipo como las balanzas o la máquina universal, se debe tener información acerca de su estado en términos de su calibración, esto con el fin de no tener errores en las pruebas de esta índole.

### 3.8 Cronograma de trabajo

Actividad (descripción de las pruebas)	Semana del Cuatrimestre														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Muestreo y reducción de agregados en el laboratorio para pruebas		X													
Porcentaje más fino que la malla #200 obtenido por el lavado		X													
Análisis granulométrico del agregado fino		X	X												
Densidad de la masa y contenido de vacíos de agregados finos				X											
Gravedad específica y absorción de agregados finos				X											
Tiempo de fraguado del cemento, consistencia normal				X											
Densidad del cemento hidráulico				X											
Diseño de la mezcla					X	X	X								
Fabricación de los especímenes de mortero					X	X	X								
Pruebas de resistencia a la compresión de los especímenes							X	X	X	X	X				
Pruebas de resistencia a la adherencia								X	X	X	X				
Entrega del borrador de trabajo final de graduación													X		
Lectura del borrador con lectores y tutor asignado														X	

## **CAPÍTULO IV**

El presente trabajo se realizó basándose en datos e información recabada de los diferentes ensayos de laboratorio que se llevaron en las instalaciones de la Universidad Latina, todos estos se realizaron según lo dictan las normas ASTM (American Society of Testing Materiales). Las cuales abarcaron la caracterización de los agregados finos, mezcla, moldeo y la falla de los diferentes especímenes de mortero hidráulico. Así mismo se realizó una serie de repellos con la intención de poner a prueba las diferentes características de cada uno de los cementos a utilizar, por medio de una especie de prueba en condiciones reales. De esta manera poner a prueba las diferentes características de cada una de las diferentes mezclas de mortero utilizadas en la realización de este proyecto.

Para esto es importante recordar que, como parte de cualquier proceso de diseño de mezcla, tanto como de concreto como mortero, es de suma importancia realizar las diferentes pruebas necesarias para conocer detalladamente las características y información de los componentes a utilizar.

Así mismo es de suma importancia recalcar que todo el equipo necesario para cada una de las diferentes pruebas a realizarse debe estar en excelentes condiciones y calibrado, esto en los casos que sea necesario. Esto con el fin de no agregarle ninguna especie de variable ajena al proyecto.

#### **4.1 Practica Estándar para Reducción de las Muestras de Agregado a Tamaños de Prueba ( ASTM C702)**

Habiendo dicho esto, la primera prueba a realizar es la de reducción de muestras de agregados. En este caso solo se realizará la reducción de muestras al agregado fino, ya que las mezclas de mortero a realizar están compuestas de arena, cemento y agua. El procedimiento por seguir para dicha prueba está regulado por la norma ASTM C702. Dicha norma esclarece que existen tres métodos distintos para realizarla. El cuarteo mecánico, el cual utiliza una estructura metálica para realizar dicha función, este es el método A según la norma. El método B, es el cuarteo manual y por último está el método C, el cual se conoce como el apilamiento.

En este caso, para el muestreo del agregado fino a utilizar se realizó por medio del método B. Con dicho método se procedió a realizar la reducción del agregado. El procedimiento para realizar el cuarteo manual es relativamente sencillo, consiste en mezclar una cantidad determinada

de material de cierta manera en que se genera una serie de subdivisiones de la cantidad total del material y así mismo se descarta una parte de esta. Esto con el fin de homogenizar de manera completa la muestra de material con la que se estará trabajando posteriormente.

Cabe mencionar que el agregado fino que se utilizo es proveniente de rio y no de tajo, ya que las características de este son mejores que su contraparte. Este agregado fino proviene de la Planta de Guápiles. Es una arena 4,8 mm (C144 Refinada Industrial) esta arena es la óptima y la establecida según la norma ASTM C144 para utilizarse en mezclas de mortero.

*Figura 4: Representación de la ubicación de la plata de Agregados Guápiles*



*Fuente: Google Maps, Modificada por el autor*

#### **4.2 Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por Secado (ASTM C566)**

Habiéndose realizado la reducción del agregado fino a utilizar tanto en las pruebas de laboratorio como en los repellos, se procedió a realizar la prueba para determinar la humedad del agregado. Dicho ensayo lo rige la norma ASTM C566 y se conoce como el método de ensayo para determinar por secado el contenido de humedad total de los agregados. En la realización de este ensayo es necesario tomar una serie de mediciones de pesos específicas, como lo son el peso de la bandeja o el peso de la muestra, entre otros. Esto con el fin de por medio de un breve procedimiento, se logre calcular el porcentaje de humedad del agregado. El proceso comienza pesando una bandeja vacía y luego el peso de la muestra de agregado a utilizar, ambos deben de

registrarse de manera ordenada. Esta muestra se tomó del total del agregado fino que se tenía disponible (en total 8 sacos de 40 kg de arena). Luego de acotar la información de los pesos (bandeja y peso bandeja más muestra) este se mete al horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 24 horas. Luego de esto se debe pesar las muestras y así obtener el peso seco de la muestra, para luego calcular el porcentaje de humedad de esta.

**Tabla 6 .Contenido de humedad del agregado fino.**

Bandeja No	Peso Bandeja (g)	Peso bandeja + Peso de muestra(g)	Peso de muestra (g)	Peso bandeja + peso muestra (g)	Peso muestra seca (g)	Peso del agua (g)	%Humedad
30	80,1	680,6	600,5	638,3	558,2	42,3	7,58
108	79,6	679,3	599,7	637,5	557,9	41,8	7,49

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver evidenciado en la Tabla 6, el agregado fino a utilizar cuenta con un porcentaje de humedad bastante alto. Es importante recalcar que la arena que se utilizó se trató de mantener en las condiciones “originales”. Con esto se refiere a que luego de traer la arena de su lugar de origen se trató de mantener la misma lo más apegada a las condiciones originales de donde se extrajo. Esto se logró metiendo al agregado en sacos de 40 kg y trayéndolos desde su sitio de origen en un camión con una lona cubriéndolos, así este nos estuviera en contacto directo con el sol o la lluvia. Luego en la universidad se colocaron en una bodega bajo techo en donde los sacos no iban a estar expuestos a condiciones de calor o humedad muy adversas.

#### **4.3 Método de Ensayo Estándar para Material mas Fino que la Malla No.200 (75 mm) en Agregado Mineral por lavado**

Luego de obtener el porcentaje de humedad del agregado fino, se procedió a realizar el ensayo de porcentaje más fino que la malla #200 mediante el lavado. Este procedimiento esta normado a partir de la norma ASTM C117. Para este ensayo se usó una de las muestras utilizadas en el ensayo del cálculo de humedad. Dicho esto, se procedió a trabajar con la muestra de la bandeja #30, se escogió de manera al azar entre ambas opciones.

Según la norma para la realización de dicho ensayo se debe de utilizar el conjunto de tamices (tamiz #200 y tamiz #20). Estos dos se ordenan de manera de que el tamiz de abertura



mayor, vaya sobrepuesto el tamiz de menor tamaño de abertura. En otras palabras, se debe de colocar el tamiz #20 encima del tamiz #200. El proceso de lavado del material a seguir durante este ensayo es el siguiente; la totalidad de la muestra se coloca en un recipiente grande en el cual el material pueda ser manipulado junto con una cierta de cantidad de agua, sin que este se desborde del recipiente. Habiendo colocado el material en el recipiente, se le adiciona una pequeña cantidad de agua y se manipula el agregado para así “lavarlo”. Esto se realiza con suma cautela ya que no se debe de perder material. Posterior a eso se debe de verter el agua sucia sobre el conjunto de tamices, teniendo el cuidado de no perder material en este proceso. Al verter el agua, con la ayuda de un aforador se trata de limpiar cualquier granito de agregado que se haya quedado adherido a las paredes de recipiente. Todo este proceso debe realizarse hasta que el agua luego de manipular el agregado salga limpia(transparente). Pasando este paso la totalidad del material en el recipiente grande y el material retenido en los tamices es de vuelta a la bandeja #30. El último paso es colocar esta bandeja en el horno por un periodo de 24 horas a una temperatura de  $110\text{ C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Al siguiente día se retiró la muestra del horno y se procedió a pesar en la balanza para realizar los cálculos correspondientes al porcentaje pasando la malla #200. Como se evidencia en la Tabla 7 el porcentaje más fino que la malla #200 por medio del lavado del agregado utilizado fue de 13,3%.

**Tabla 7** Porcentaje más fino que la malla #200

Bandeja No	Peso bandeja (g)	Peso bandeja + peso muestra seca (g)	Peso muestra seca (g)	Peso bandeja + peso muestra seca lavada (g)	Peso muestra seca lavada (g)	% Pas 200
30	80,1	638,3	558,2	563,8	483,7	13,3%

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4 Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Análisis Granulométrico de los Agregados Finos y Gruesos (ASTM C136)**

Posterior a la realización de las pruebas para el cálculo de la humedad del agregado y el porcentaje de finos pasando la malla #200 del agregado, se procede al realizar el análisis granulométrico. Es importante mencionar que por el tipo de arena que se está utilizando (arena de río refinada industrial ASTM C144) el procedimiento a seguir es el de esa misma norma. La norma

ASTM C144; especificación normalizada para agregados para morteros de albañilería. En dicha norma se estable los porcentajes pasando por cada tamiz, tanto para la arena natural, como para la arena manufacturada.

Sin embargo, el método de prueba a seguir establecido por la norma ASTM C144, es el ensayo según la norma ASTM C136.El cual se conoce como el método de prueba estándar para realizar un análisis granulométrico de un agregado fino y grueso. En esta norma se estable un orden específico de tamices para realizar el ensayo, dichos tamices se mencionan a continuación ordenados de mayor a menor:

1. 4,75 mm
2. 2,36 mm
3. 2,00 mm
4. 1,18 mm
5. 0,600 mm
6. 0,300 mm
7. 0,150 mm
8. Charola

Según como lo establece la norma ASTM C 144 el uso y orden de los tamices varía considerablemente con respecto al orden de los tamices estipulado por la norma ASTM C 136.Esto se puede ver evidenciado a continuación, en donde se ordena de mayor a menor el uso y colocación de los tamices.

1. 4,75 mm
2. 2,36 mm
3. 1,18 mm
4. 600  $\mu\text{m}$
5. 300  $\mu\text{m}$
6. 150  $\mu\text{m}$
7. 75  $\mu\text{m}$
8. Charola

Esta diferencia en el orden y uso de los tamices es muy importante de tenerlo claro y de verificarlo, ya que los resultados obtenidos con la utilización de un juego u otro de tamices va a ser sumamente distinto.

Teniendo estas especificaciones claras y siguiendo al pie de la letra lo establecido por la norma, se procedió a realizar el análisis granulométrico del agregado fino. Dicho procedimiento se empieza al colocar los tamices en el orden anteriormente mencionado y asegurar que estos estén limpios y sin presencia de ningún agregado de alguna prueba anterior o polvo que pueda generar diferencias en los pesos y afectar los resultados de la prueba. Se comenzó colocando una parte de la muestra en el tamiz con abertura de 4,75 mm y se aseguró de taparlo, para evitar perder o agregar cualquier tipo de material o sustancia a la muestra. Posterior a esto se comenzó a agitar y dar golpes al conjunto de tamices para lograr que el material pase por las diferentes aberturas, luego se termina agregando el resto del material faltante. Al terminar de pasar toda la muestra de agregado por el conjunto de tamices, se procedió a pesar el material retenido en cada uno de estos y anotar dicho dato para luego efectuar la curva granulométrica.

Ya teniendo los pesos retenidos en cada uno de los tamices se procedió a aplicar los cálculos correspondientes para obtener la curva granulométrica. En la Tabla 8 se encuentra la información acerca del peso de muestra después de lavado y peso total de la muestra los cuales se utilizaron para el análisis granulométrico.

**Tabla 8 Determinaciones para agregado fino**

Bandeja No	Peso Bandeja (g)	Peso total + peso bandeja (g)	Peso total (g)	Peso seco + peso bandeja (g)	Peso seco (g)	Peso seco lavado + peso bandeja (g)	Peso seco lavado (g)
30	80,1	680,6	600,5	638,3	558,2	563,8	483,7

Fuente: Elaboración propia

Con la información de la Tabla 8 se procedió a realizar el procedimiento de la norma para el análisis granulométrico. En dicho análisis se obtuvieron los resultados tabulados en la Tabla 9. En dicha tabla se puede ver como los porcentajes pasando no cumplieron y por ende la granulometría no se respetó. Se logra ver de manera clara como en los tamices 8, 16, 30 y 100 no se obtuvo el porcentaje pasando esperado según lo establecido por la norma ASTM C144.

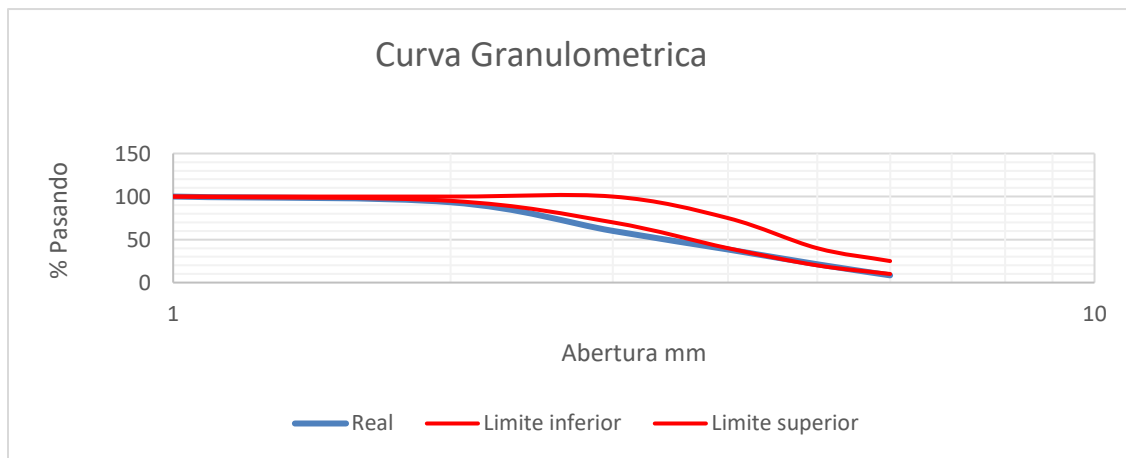
**Tabla 9** Información correspondiente al análisis granulométrico del agregado fino

Abertura	Alternativa	Peso retenido + peso bandeja (g)	Peso retenido (g)	% retenido	% Ret acumulado	% Pasando tamiz #	Límite Inferior	Limite Superior	Condición
4.75 (mm)	No.4	80,10	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	Cumple
2.36 (mm)	No.8	112,00	31,90	6,60	6,60	93,40	95,00	100,00	No Cumple
1.18 (mm)	No.16	241,00	160,90	33,31	39,91	60,09	70,00	100,00	No Cumple
600- $\mu$ m	No.30	184,50	104,40	21,61	61,52	38,48	40,00	75,00	Cumple
300- $\mu$ m	No.50	163,20	83,10	17,20	78,72	21,28	20,00	40,00	No Cumple
150- $\mu$ m	No.100	142,30	62,20	12,88	91,60	8,40	10,00	25,00	Cumple
	Charola	120,70	40,60	8,40	100,00	0,00			
		Suma peso ret	483,10	100,00					

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la información recabada en la Tabla 9, se generó una curva granulométrica por medio del software Excel. En la cual se puede ver evidenciado el incumplimiento en los porcentajes pasando que exige la norma. Dicha grafica se presenta a continuación con la Ilustración 5.

*Figura 5: Curva granulométrica agregado fino*



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

Habiéndose realizado la granulometría y comprobar que esta no cumplía con los parámetros que la norma ASTM C144 establecía. Se tomó la decisión de corregir dicho problema. Esto se logró por medio de la construcción de una zaranda . Este iba a contar con un cedazo que contase con las aberturas entre cada celda, lo más cercanas a 2,36 mm o al tamiz No.8. De esta manera se iba a lograr desechar cualquier material que se quedara retenido en el mismo. Con esto se esperaba tanto reducir la muestra y así mismo obtener un total de muestra pasando por un cedazo con características muy similares al tamiz No 8. Esta zaranda se construyó con 4 reglas de madera de 1x3” y con un cedazo con abertura de 2mm.

Se procedió a hacer una prueba pasando el material por el zaran, para así verificar que este funcionase y se estuviera realizando de manera correcta. Al hacerlo se observó que, al material al estar en una condición de humedad tan alta, se le dificultaba pasar por el cedazo. Para solucionar esto el agregado se colocó por partes sobre unas mantas plásticas al exterior para que el sol de manera paulatina secara el agregado. Al hacer esto se verifico que el trabajo de pasar el agregado por el sarán era mucho más rápido y eficiente. Con forme el agregado se fue secando, se procedía luego a pasarlo por el sarán. El material pasando se colocaba de nuevo en sacos cerrados, esto con el fin de tener organizado el agregado de manera correcta.

Luego de zarandear la totalidad del agregado se procedió a realizar nuevamente las diferentes pruebas realizadas con el agregado en condición general. Esto con el fin de comparar las características de este y verificar que la granulometría cumpliera según lo establecido en la norma.

Ya teniendo el material pasando el cedazo de 2mm se realizaron las pruebas de porcentaje de humedad, lavado de finos y la granulometría de este. Los procedimientos de estos ensayos se realizaron de la misma manera como los mencionados anteriormente con el agregado en su condición original. A continuación, tabulan dichos resultados y sus correspondientes pruebas.

**Tabla 10.** Contenido de humedad del agregado fino (segunda iteración).

Bandeja No	Peso Bandeja (g)	Peso bandeja + Peso de muestra(g)	Peso de muestra (g)	Peso bandeja + peso muestra (g)	Peso muestra seca (g)	Peso del agua (g)	%Humedad
27	80,00	680,00	600,00	664,20	584,20	15,80	2,70
117	80,20	680,20	600,00	663,50	583,30	16,70	2,86

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Tabla 10 los porcentajes de humedad bajaron considerablemente con respecto a la primera prueba con el agregado en condición original. Esto se debe a que al pasar todo el material por el zaran fue necesario secarlo para que este fuese más trabajable y pasase con mayor facilidad por el cedazo.

Al realizar la prueba de humedad se procedió con la prueba del lavado de finos por medio de la malla No 200. En la Tabla 11 se puede observar que le porcentaje de finos pasando la malla No 200, fue de 15,88%. Comparando este resultado con el ensayo de finos del agregado en condición original, se puede identificar de manera clara como este aumento. De un 13.35% a un 15,88% mencionado anteriormente.

**Tabla 11** Porcentaje más fino que la malla #200 (segunda prueba)

Bandeja No	Peso bandeja (g)	Peso bandeja + peso muestra seca (g)	Peso muestra seca (g)	Peso bandeja + peso muestra seca lavada (g)	Peso muestra seca lavada (g)	% Pas 200
27	80,00	664,20	584,20	571,40	491,40	15.88%

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procedió a realizar el procedimiento para el cálculo de la granulometría del agregado pasado por el cedazo de abertura de 2 mm. Este procedimiento se realizó conforme a lo estipulado en la norma y se puede ver en la primera prueba. En la Tabla 12 se encuentran los datos del peso de bandeja y el peso seco lavado, con los cuales se realiza el análisis granulométrico.

**Tabla 12. Determinaciones del agregado fino (segunda prueba)**

Bandeja No	Peso bandeja (g)	Peso total + peso bandeja (g)	Peso total (g)	Peso seco (g)	Peso seco lavado + peso bandeja (g)	Peso seco lavado (g)
27	80,00	680,00	600,00	#iREF!	571,40	491,40

Fuente: Elaboración propia

Con dicha información se procedió a realizar el análisis granulométrico del agregado fino pasado por el tamiz con abertura de 2 mm. En la Tabla 13 se tabularon tanto los porcentajes pasando como los límites inferior y superior conforme a la norma ASTM C144.

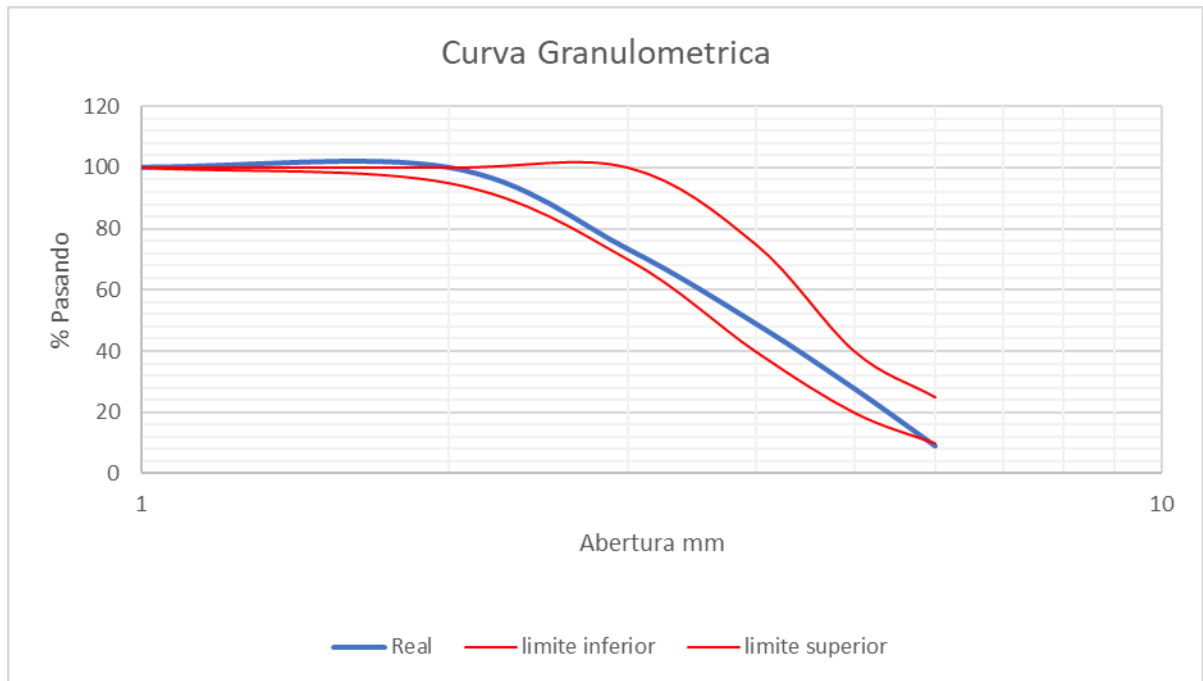
**Tabla 13. Información correspondiente al análisis granulométrico del agregado fino (segunda prueba)**

Abertura	Alternativa	Peso retenido + peso bandeja (g)	Peso retenido (g)	% retenido	% Ret acumulado	% Pasando tamiz #	Límite Inferior	Limite Superior	Condición
4.75 (mm)	No.4	80,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	Cumple
2.36 (mm)	No.8	80,20	0,20	0,04	0,04	99,96	95,00	100,00	Cumple
1.18 (mm)	No.16	211,20	131,20	26,75	26,79	73,21	70,00	100,00	Cumple
600- $\mu$ m	No.30	199,20	119,20	24,30	51,09	48,91	40,00	75,00	Cumple
300- $\mu$ m	No.50	184,30	104,30	21,26	72,35	27,65	20,00	40,00	Cumple
150- $\mu$ m	No.100	171,90	91,90	18,74	91,09	8,91	10,00	25,00	No Cumple
	Charola	123,70	43,70	8,91	10,00	0,00			
	Suma	peso ret	490.5	100.00					

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la Tabla 13, se cumple en la mayoría de los casos el porcentaje pasando según la norma lo estipula a excepción del tamiz No 100. Posterior a esto, se realizó una graficación de dichos resultados y se generó una curva granulométrica del agregado. A continuación, en la Figura 5 se presenta tanto el resultado real de la prueba como el límite inferior y posterior permitidos por la norma ASTM C144 para arena manufacturada.

Figura 6: Curva granulométrica agregado fino (segunda prueba)



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

Como se puede ver en la Figura 5, la curva real de la granulometría obtenida durante la prueba está de acuerdo con los límites establecidos por la norma ASTM C144. Al verificarse que la granulometría corregida del agregado cumpliera con los parámetros establecidos según la norma, se puede establecer que la granulometría se cumplió y se procede a continuar con las demás pruebas al agregado.

#### 4.5 Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino (ASTM C128)

Posterior a la corrección del agregado fino y la verificación de que se cumpliera con la norma, se procedió a realizar el ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino. Dicho procedimiento sigue el establecido según la norma ASTM C128. Es necesario hacer un procedimiento previo antes de proceder con el procedimiento de dicha prueba, el cual consta en que la muestra de agregado fino debe ser colocada en el horno por un periodo de 24 horas a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Al pasar esta etapa de preparación se procedió a realizar el ensayo, el cual consta de los siguientes pasos:



1. El picnómetro de 500 mL de capacidad debe de pesarse en la balanza de 0.01 gramos de precisión , así mismo realizar el pesaje de una bandeja de 16 cm de diámetro la cual se debe de pesar en la balanza de 0.1 gramos de precisión.
2. Se procedió a utilizar manguera de hule pequeña para extraer la mayor cantidad de agua del recipiente en el cual se encuentra el agregado, esto se debe a que este se había puesto en saturación desde el día anterior.
3. Se continuó encendiendo la plantilla eléctrica, en la cual se coloca la bandeja junto con la muestra de agregado. Se dejó ahí hasta que estuviera seca. Para realizar ese procedimiento es necesario estar mezclando en material para facilitar el proceso de secado.
4. Al tener el agregado en la condición seca establecida por la norma se continuó con el procedimiento el cual establece en colocar el cono en una superficie acrílica limpia y luego sujetarlo con la suficiente fuerza para que este no se moviese al momento de agregar el agregado fino. El mismo se llenó hasta el punto de desbordarlo y se le aplico una serie de 25 golpes con el apisonador metálico, estos a una altura de 5 mm. El orden de los golpes es el siguiente; primero se le dieron 10 golpes, al verificar que el agregado no se “bajara” se procedió con los otros 10 golpes y por último se le dieron 5 golpes, esto siempre verificando el nivel del agregado en el cono.
5. Luego se continuó limpiando cualquier resto de agregado que haya quedado en la superficie de la base del cono, esto haciéndolo con sumo cuidado de no levantar la mano o mover el cono. Luego el cono se levantó de manera rápida para comprobar el tipo de movimiento que había acontecido con el agregado dentro del cono, si este se derrumbaba se podría comprobar que el material se encontrase en condición superficie saturada seca.
6. Se procedió a pesar el picnómetro con 500 g  $\pm$  10 g de agregado en la condición superficie satura seca, en la balanza con una precisión de 0.01 gramos.
7. Luego se llenó el picnómetro con agua previamente desairada, esto hasta la marca de calibración de este.
8. Posterior a eso, se agitó el picnómetro por varios minutos para desairar el agregado y así mismo con la ayuda de la bomba de vacío se le trato de quitar la mayor

cantidad de burbujas de aire presentes. Este procedimiento debió hacerse con sumo cuidado ya que si la bomba de vacío de dejaba por más de unos 3-5 segundos podría hacer que el agregado se saliese del picnómetro.

9. Al haber terminado de desairar la muestra, se le agrego un poco de agua desaireada para llegar a la marca de calibración del picnómetro.
10. Luego se procedió a comprobar que la temperatura estuviera a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  con el uso del termómetro. Si esta temperatura se cumplía, se procedió a pesar el picnómetro, más muestra de agregado, más agua en la balanza de 0,01 gramos de precisión.
11. Luego de tener el dato anotado, se vació el total del contenido del picnómetro dentro de la bandeja de 16 cm de diámetro y se colocó dentro del horno a una temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 24 horas.
12. Por último, se procedió a pesar el picnómetro con el agua des aireada a temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la balanza de 0,01 gramos de precisión.
13. Pasadas las 24 horas se continuó sacando la muestra del horno, pesándola en la balanza digital de 0.1 gramos de precisión y se procedió a realizar los cálculos correspondientes.

Como se puede ver en la Tabla 14, se presentan los datos utilizados para los cálculos de gravedad específica y absorción de agregado finos.

**Tabla 14.** Datos de gravedad específica y absorción agregado fino

Bandeja (#)	Peso Bandeja (g)	Peso bandeja + Peso seco (g)	Peso picnómetro + Muestra + agua (g)	Picnómetro (#)	Peso Picnómetro (g)	Peso superficie saturada seca + W Picnómetro (g)	Peso Picnómetro + Agua (g)
27	80,20	570,50	975,56	3	158,28	657,75	653,26

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15.** Cálculos de gravedad específica y absorción de agregado fino

Peso superficie saturada seca (g)	Peso seco(g)	Peso agua (g)	Gravedad específica	Gravedad específica superficie saturada seca	Gravedad específica aparente	% absorción
499.47	2.77	494.98	2.77	2.82	2.92	1.87%

Fuente: Elaboración propia

#### **4.6 Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta ( Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados ( ASTM C29)**

Al finalizar el ensayo de gravedad específica y absorción, se procedió a realizar el último ensayo a realizarse sobre el agregado. Dicha prueba se le conoce como el ensayo para determinar el peso unitario y vacíos en los agregados. Este ensayo se rige bajo la norma ASTM C29, para dicho proceso es necesario realizar una preparación previa de las muestras a ensayar. Lo cual consiste en obtener una muestra de 15 kg del agregado pasado por la malla con abertura de 2 mm y esta se procedió a secarla en el horno por un periodo de 24 horas a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Luego del debido periodo de secado de la muestra, según la norma se procedió a dejarla enfriar hasta que la misma se pudiese manipular con la mano. Durante ese tiempo se continuó tomando las mediciones del molde de peso unitario para agregado fino. Este se pesó en la balanza de 0,5 gramos de precisión y así mismo se le tomaron 4 medidas del diámetro interno del recipiente y 4 mediciones de la altura interna del mismo. Es importante aclarar que para estas mediciones se realizaron con la ayuda de un Vernier digital para tener un mayor grado de precisión.

Ya contando con todas estas mediciones, las cuales son necesarias para los cálculos correspondientes se procedió a continuar con el procedimiento establecido el cual se presenta en los siguientes puntos:

1. Primeramente, se procedió a homogenizar la totalidad de la muestra de agregado fino con la cuchara mediana.
2. Al tener el material listo se agrega poco a poco al recipiente de peso unitario de agregado fino, esto con la ayuda de una cuchara de pulpero y dejando caer el material a unos 5 cm desde el borde superior del recipiente. Esta etapa se repitió

hasta que el recipiente estuviera completamente lleno, hasta el punto donde el material se desbordase.

3. Luego se continúa nivelando el material con una varilla, esto hasta que el material estuviera completamente liso con respecto a los límites superiores del recipiente. Es de suma importante asegurarse que no existieran espacios libres en la parte superior del molde. Si esto llegaba a ocurrir era necesario rellenar el espacio y volver a pasar la varilla para así nivelar de nuevo la superficie.
4. Por último, se procedió a pesar el conjunto molde más agregado en la balanza de 0,5 gramos de precisión.
5. El proceso se realizó unas 3 veces verificando que la diferencia de pesos entre ellos fuese menor al 1%.

A continuación, se pueden ver los datos y cálculos realizados para el ensayo de densidad de la masa (peso unitario) y el contenido de vacíos del agregado fino:

**Tabla 16.** *Diámetros de recipiente de agregado fino*

Medición #	1	2	3	4	Promedio
Fino (mm)	154,0	154,6	154,4	154,2	154,3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17.** *Alturas de recipiente de agregado fino*

Medición #	1	2	3	4	Promedio
Fino (mm)	155,3	155,2	155,2	155,0	155,2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18.** *Cálculos del recipiente de peso unitario agregado fino*

	Diámetro Promedio	Altura Promedio	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Fino (mm)	154,30	155,18	2901639,72	2901,64	0,0029

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19.** *Peso del recipiente de peso unitario agregado fino*

	Fino (kg)
Peso recipiente	1508,5

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20.** *Peso neto del suelo (agregado fino)*

Determinación	Peso agregado + peso recipiente(g)	Peso agregado (g)	Peso agregado (kg)
1	5860,5	4352,0	4,35
2	5855,0	4346,5	4,35
3	5866,0	4357,5	4,36
	Promedio	4352,0	4,35

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21.** *Pesos unitarios del agregado fino*

Determinación	Peso unitario(kg/m <sup>3</sup> )
1	1499,84
2	1497,95
3	1501,74
Promedio	1499,84

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22.** *Porcentaje de vacíos del agregado fino (agregado pasado por abertura de tamiz 2mm)*

Determinación	Gravedad específica	% Vacíos
1	2,77	45,69%
2	2,77	45,76%
3	2,77	45,63%
	Promedio	45,69%

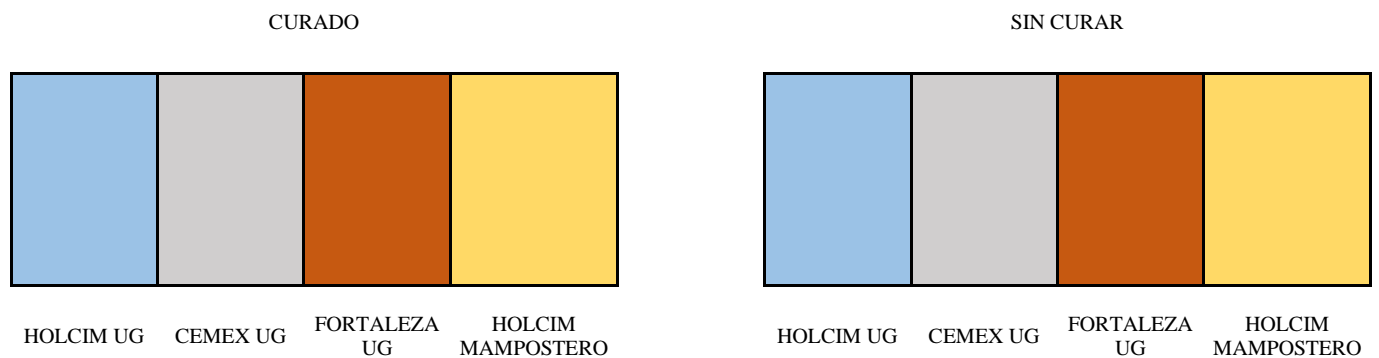
Fuente: Elaboración propia

Al concluir con todas las pruebas al agregado fino a utilizar, se procedió con la preparación previa para las diferentes pruebas a realizar y así mismo la construcción del sistema de pared “falsa” que fue implementado para la aplicación de los diferentes repellos.

Para la superficie en la cual se iban a ubicar esos repellos se tenía presupuestado una pared de block en condición virgen, pero luego de una extensa búsqueda en el campus de la universidad

Latina de San Pedro no se encontró ninguna que cumpliera con los estándares necesitados para el proyecto. Debido a esto se tomó la decisión de hacer uso de una pared falsa, construida con sistemas de construcción liviana. Esto quiere decir que se construyó utilizando láminas de Durock (tablacemento), las cuales contaban con dimensiones de 244 cm x 122 cm x 12mm. Se utilizaron dos laminas para poder colocar de buena manera los paños de repello, dejando un espacio entre cada uno de ellos. Estos paños de repello tenían un área de 0,5 m<sup>2</sup> cada uno. En la Figura 7 se puede ver una representación gráfica de la manera en que se organizaron los diferentes paños de repello, conjunto con las dos condiciones de curado.

*Figura 7: Planeamiento de la categorización de los paños de repello*



Fuente: Elaboración propia

Dichas láminas se ubicaron sobre una pared de blocks dentro del parqueo de la Universidad Latina. Se tomó la decisión de colocarla en esa zona, ya que era un área en la cual los paños de repellos iban a estar expuestos a los rayos del sol por una gran parte del día. Esto con el fin de simular condiciones reales de repello. Para la colocación de las láminas de Durock sobre la pared se procedió a hacer una serie de orificios en los cuales con la ayuda de expander y tornillos se iban a taladrar unas reglas de madera cepillada de 1x3". Estas reglas se colocaron a lo largo de la pared en tres secciones; en la parte superior, al medio y en la parte inferior. Esto para generar una zona de mayor contacto en donde posteriormente a la hora de la colocación de estas se podrían aplicar de mejor manera en busca que estas quedaran lo suficientemente firmes. En las Figuras 8 y 9 se puede ver de manera representativa dicho trabajo. Cabe recalcar que para la realización de dicho trabajo se dispuso de la ayuda de los corresponsales de mantenimiento de la Universidad Latina, los cuales hicieron posible gran parte de dicho proyecto debido a su colaboración.

*Figura 8: Ubicación de reglas de madera*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

*Figura 9: Laminas de Durock colocadas sobre la pared*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021



Posterior a la colocación de las láminas de Durock en la pared, se realizaron una serie de mediciones para colocar los diferentes paños de repello de manera en que quedase un espacio considerable entre cada paño. Como se puede ver en la Figura 7, de esa manera se estableció el orden los paños de repello. Esto considerando ambas condiciones de curado y así mismo los diferentes tipos de cemento que fueron utilizados para cada una de las mezclas de mortero.

Ya teniendo colocadas tanto las reglas como las láminas de Durock, se procedió a colocar la venilla de madera que serviría como guía para el albañil al momento de realizar los repellos. Esta fue cortada en tramos de 1 m y 0.5 con estas se generaron los rectángulos de 0.5 m<sup>2</sup> en los cuales iría el repello. En la Figura 10, se puede ver como se colocó dicha venilla y como terminaría quedando lista la superficie para posteriormente colocar tanto el pringado como el repello.

*Figura 10: Láminas de Durock colocadas sobre la pared*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021



Ya teniendo claro el método de colocación del repello, la superficie a repellar y los materiales listos, se procedió a preparar todo lo necesario para la implementación de este, así como una serie de pruebas preliminares antes de comenzar con el trabajo.

#### **4.7 Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico ( ASTM C 109)**

Una de estas pruebas fue la de practicar la elaboración de los especímenes de mortero, ya que el procedimiento de estos es muy específico y era necesario contar con la destreza necesario para realizarlos en el momento de la elaboración de las mezclas de mortero a utilizar en los repellos. Por lo que se decidió hacer una mezcla de mortero con cemento de uso general y la arena previamente tamizada por el cedazo de abertura promedio de 2 mm para verificar que se contaba con la suficiente experiencia y conocimiento para realizar dichos especímenes de manera correcta. Para dicho procedimiento se siguió el establecido según la norma ASTM C109, que establece la cantidad de agregado y cemento necesaria para hacer una tanda de seis especímenes, que fue el número de especímenes que se determinó que eran suficientes para generar un nivel de práctica adecuado para el moldeo de los futuros especímenes. En la Figura 11, se puede ver el equipo y materiales que fueron necesarios para la realización de dicha práctica.

*Figura 11: Equipo utilizado para el moldeo de especímenes de mortero según norma ASTM C109*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

El procedimiento para la realización de dichos especímenes se cumplió según la norma y en la Figura 12 se puede ver el resultado de dicha prueba. En la imagen se puede ver con claridad como en ciertas secciones del espécimen hay espacios dentro del mismo. Esto se pudo haber generado por la mala compactación a la hora de realizar el experimento o una mezcla de mortero con poca cantidad de agua, lo cual generó una trabajabilidad de la mezcla menor a la deseada.

*Figura 12: Especímenes de mortero de prueba*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Habiendo finalizado en ensayo anterior se determinó que ya se contaba con el conocimiento y práctica necesaria para realizar los especímenes de mortero próximos a fallar. Es importante destacar que al momento de la creación de los especímenes cúbicos finales se utilizaron para ellos la misma mezcla de mortero que se utilizó también para los repellos. Todo esto con el fin de no generar variables extras al momento del desarrollo de los especímenes, ya que al realizarlos con una mezcla de mortero distinta a la utilizada en los repellos se podrían generar cambios que pudiesen generar una diferencia tanto en el desarrollo a compresión de los especímenes, como en

los repellos como tal. También es clave mencionar que, para el moldeo de los especímenes de mortero con las diferentes mezclas de mortero, se siguió la metodología de la norma ASTM C109 sin embargo se varió tanto en el método de aplicación y en los materiales utilizados para emplearla.

Parte de la preparación para el moldeo de los diferentes especímenes a realizarse, se necesitó realizar el cálculo del y volumen de los diferentes moldes que se utilizaron para la creación de los especímenes, esto para tener un mayor control y verificación del equipo con en el que se trabajó durante el periodo de pruebas. En las siguientes tablas viene representado las medidas tanto de dos lados del molde como la profundidad de este, para luego obtener los valores de área y volumen.

**Tabla 23. Mediciones del molde # 1**

MOLDE #1	CUBOS												Promedio (mm)
	1,0				2,0				3,0				
Lado 1	50,8	50,8	50,7	50,8	50,9	51,1	50,8	51,2	50,8	51,1	51,1	51,0	50,9
Lado 2	50,8	50,7	50,8	50,3	50,8	50,8	50,9	50,7	50,7	50,4	50,6	50,6	50,7
Profundidad	51,0	51,0	50,9	51,2	50,9	51,2	51,4	51,4	51,2	51,0	51,5	51,0	51,1
												Area(cm <sup>2</sup> )	25,8
												Volumen(cm <sup>3</sup> )	132,0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24. Mediciones del molde # 2**

MOLDE #2	CUBOS												Promedio (mm)
	1,0				2,0				3,0				
Lado 1	50,9	50,9	50,9	50,7	50,9	51,0	50,7	50,6	50,9	50,7	50,9	50,8	50,8
Lado 2	50,8	50,8	50,9	50,8	50,8	50,8	50,8	50,7	50,9	50,7	50,7	50,6	50,8
Profundidad	51,0	51,1	51,3	51,5	51,0	51,0	51,2	51,2	51,1	50,9	51,3	51,4	51,2
												Area(cm <sup>2</sup> )	25,8
												Volumen(cm <sup>3</sup> )	132,0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25. Mediciones del molde # 3**

MOLDE #3	CUBOS												Promedio (mm)
	1,0				2,0				3,0				
Lado 1	50,8	50,9	50,8	50,5	51,0	51,2	51,0	50,9	50,8	50,8	50,8	50,7	50,8
Lado 2	50,7	50,8	50,8	50,7	50,8	50,9	50,8	50,8	51,0	50,8	50,7	50,8	50,8
Profundidad	51,1	51,0	51,0	51,0	51,0	50,9	51,2	51,0	51,0	51,0	51,0	51,1	51,0
												Area(cm <sup>2</sup> )	25,8
												Volumen(cm <sup>3</sup> )	131,8

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26. Mediciones del molde # 4**

MOLDE #4	CUBOS												Promedio (mm)
	1,0				2,0				3,0				
Lado 1	51,0	50,8	50,8	50,8	50,8	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9
Lado 2	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	51,0	50,9	50,9	50,8	50,8	50,9	50,9
Profundidad	51,1	50,9	51,0	51,0	51,0	51,1	51,1	51,0	51,0	50,9	51,1	51,1	51,0
												Área(cm <sup>2</sup> )	25,9
												Volumen(cm <sup>3</sup> )	132,0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27. Mediciones del molde # 7**

MOLDE #7	CUBOS												Promedio (mm)
	1				2				3				
Lado 1	50,6	50,5	50,4	50,9	50,8	50,8	50,7	50,5	50,8	50,9	50,7	50,9	50,7
Lado 2	50,7	50,5	50,7	50,7	50,7	50,7	50,6	50,7	50,8	50,7	50,5	50,6	50,7
Profundidad	51,5	51,1	51,0	51,1	51,1	51,5	51,2	51,1	51,1	51,1	51,5	51,3	51,2
												Area(cm <sup>2</sup> )	25,7
												Volumen(cm <sup>3</sup> )	131,5

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28.** Mediciones del molde # 8

MOLDE #8	CUBOS												Promedio (mm)
	1,0				2,0				3,0				
Lado 1	50,4	50,9	50,6	50,6	50,7	51,0	51,1	50,1	50,7	50,7	50,5	50,2	50,6
Lado 2	50,4	50,6	50,7	50,8	50,8	50,8	50,7	50,8	50,7	50,7	50,7	50,7	50,7
Profundidad	50,9	50,9	51,2	50,9	51,0	51,0	51,2	51,1	51,1	51,1	51,0	51,2	51,1
												Area(cm <sup>2</sup> )	25,7
												Volumen(cm <sup>3</sup> )	131,0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29.** Mediciones del molde # 9

MOLDE #9	CUBOS												Promedio (mm)
	1,0				2,0				3,0				
Lado 1	50,6	50,3	50,6	50,8	50,5	50,8	50,8	50,7	50,9	50,9	51,0	50,7	50,7
Lado 2	50,8	50,7	50,9	50,8	51,0	50,9	50,9	50,9	50,9	50,8	50,8	50,8	50,8
Profundidad	50,9	50,9	51,0	50,9	50,8	51,1	50,9	51,0	51,0	50,8	51,0	51,2	51,0
												Area(cm <sup>2</sup> )	25,8
												Volumen(cm <sup>3</sup> )	131,4

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30.** Mediciones del molde # 11

MOLDE #11	CUBOS												Promedio (mm)
	1,0				2,0				3,0				
Lado 1	50,8	50,6	50,6	50,6	50,9	51,1	51,0	50,9	50,9	50,8	50,7	50,8	50,8
Lado 2	50,6	50,8	50,7	50,9	51,0	50,8	50,6	50,9	50,9	50,8	50,9	50,9	50,8
Profundidad	51,0	50,9	50,9	51,0	50,9	51,0	50,8	51,0	50,9	50,9	51,0	50,9	50,9
												Area(cm <sup>2</sup> )	25,8
												Volumen(cm <sup>3</sup> )	131,5

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar las mediciones preliminares de los diferentes moldes a utilizar se procedió a preparar todo lo necesario para realizar el pringado sobre las láminas de Durock. Este pringado se realizaría para cada uno de los tipos de cementos, es decir se realizaron cuatro mezclas diferentes para el pringado. Cada una de esas mezclas se utilizó para dos paños de repello, esto para los dos casos de curado. Las dosificaciones para cada una de estas mezclas fue lo más similar posible, para no agregar ninguna diferencia en las mezclas. Para cada una de las mezclas se midió la cantidad de cemento, agregado y agua para realizar la mezcla. Con respecto al agregado, se utilizó media cubeta del agregado pasado por el tamiz con abertura de 2 mm y media cubeta del agregado que quedase retenido en el mismo. Esto para darle una mejor consistencia a la mezcla como tal, así mismo para generar un pringado más grueso el cual generaría una mejor superficie de contacto y adherencia entre el pringado y el repello maestreado realizado posteriormente. En términos de la cantidad de cemento que se utilizó para cada mezcla para el pringado, se utilizó media cubeta de cemento. Todo esto considerando que para realizar un pringado la dosificación debe de ser de una relación 1:2.

Es importante aclarar que tanto para el procedimiento del pringado y el repello maestreado o repello de relleno se contrató a un albañil con vasta experiencia en dichas labores. Esto debido a que no se contaba con la experiencia necesaria para realizar dichas labores personalmente.

Teniendo los materiales listos, tanto el cemento como el agregado y el agua se procedió a realizar cada una de las mezclas de mortero que se utilizarían para el pringado de cada uno de los paños. En resumidas cuentas, con cada una de las mezclas se cubrían 2 paños de  $0.5 \text{ m}^2$ . Como se puede apreciar en la Figura 13, se puede ver como el albañil procedía aplicar el mortero para cada uno de los paños. Este mortero utilizado para el pringado ha de tener una consistencia bastante manejable, para facilitar su aplicación. Ya que el mismo es tirado contra el paño con una cuchara de albañil y el mismo de esta manera se adhiere a esta.

*Figura 13: Aplicación del pringado para el paño de mortero de cemento Holcim UG (condición de curado)*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Dicho procedimiento se realizó para cada uno de los ocho paños de repello, siempre y cuando teniendo claro el tipo de cemento con el cual fueron efectuados. Con eso en cuenta se tomó la decisión de marcar cada una de las zonas a repellar con su tipo de cemento y así mismo con la condición de curado que iban a tener cada uno de ellos. Esto para tener un control adecuado de dichas mezclas para no incurrir en un error a la hora de aplicar el repello maestreado. Cada mezcla fue realizada con las cantidades de arena y cemento mencionadas anteriormente, esto para mantener una base y control acerca de los materiales utilizados y siguiendo con la relación establecida para el pringado.

Luego de finalizar con la colocación de toda la capa del pringado sobre las láminas de Durock, se dejó fraguar de un día para otro. En la Figura 15 se puede ver evidenciado la totalidad de los paños a repellar con su capa de pringado en ambas condiciones de curado.



*Figura 14: Laminas de Durock con capa de pringado aplicada*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Habiendo acabado con las labores del pringado se procedió a realizar la capa de relleno, por medio de un repello maestreado. El cuál iba a tener un espesor de 5 mm. La totalidad del espesor del repello para cada paño fue de 10 mm. Antes de proceder con la preparación de cada una de las mezclas de mortero a utilizar para realizar el repello de relleno, fue necesario humedecer los paños que ya contaban con la capa del pringado, esto se realizó con un balde lleno de agua y con la mano se le iba echando poco a poco hasta cubrir toda la superficie. Este proceso se realizó dos veces antes de aplicar la capa de relleno. En la figura 15, se puede ver esto con más claridad.



*Figura 15: Aplicación de agua a cada uno de los paños antes de realizar el repello maestreado*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Para el proceso de la aplicación de la capa de relleno en los paños, es importante aclarar que para la realización de estas mezclas se tuvo que respetar una dosificación con relación 1:3. Así mismo es importante mencionar que la misma mezcla que se utilizó para el repello maestreado con cada uno de los diferentes tipos de cemento, se utilizó así mismo en los especímenes de mortero que posteriormente se fallaron a los 7 y 28 días desde su elaboración, para así conocer su resistencia a compresión. También con dicha mezcla se realizó el ensayo de la mesa de flujo para conocer, esto para conocer el flujo de cada una de las mezclas con su respectivo cemento, tanto como para los tres cementos de uso general como para el cemento tipo mampostero. Este procedimiento rige a partir de la norma ASTM C1437, sin embargo, este procedimiento no se cumplió al pie de la

letra. Ya que no se siguió el procedimiento de preparación preliminar como la norma lo indica y el proceso de mezclado de los componentes de la mezcla no sigue lo establecido. Sino que más bien, de la misma mezcla de mortero desarrollada por el albañil se agrega una parte para realizar respectivamente la prueba y así mismo el molde de los especímenes de mortero. A continuación, se menciona brevemente el procedimiento de la utilización de la mesa de flujo y el proceso que se efectuó en el desarrollo del proyecto:

1. Primeramente, se limpió y secó de manera cuidadosa la superficie de la mesa de flujo y se le colocó el molde en el centro de esta.
2. Se procedió colocar una capa de mortero de 25 mm de espesor en el molde y se apisonó 20 veces con el compactador.
3. Es importante asegurar que la presión ejercida al apisonador sea la suficiente para asegurar el llenado de manera uniforme del molde. Este apisonamiento se distribuyó de manera uniforme sobre toda la sección transversal, para cada capa.
4. Luego se terminó de llenar el molde con el mortero empleado y luego se apisonó de la misma manera como en el paso anterior.
5. El mortero se enrasó para así obtener una superficie plana en la parte superior del molde.
6. Luego de verificar esto, se procedió a limpiar los bordes exteriores del molde y así mismo la superficie de la mesa del flujo.
7. Se levantó el molde cónico dejando el cono de mortero expuesto.
8. Se procedió dejar caer la mesa de flujo 25 veces en un periodo de aproximadamente 15 segundos
9. Con la ayuda de una regla y vernier se midió el diámetro del mortero, a lo largo de las 4 líneas trazadas en la superficie de la mesa de flujo.
10. Se tomaron dichos valores y se calculó el porcentaje de flujo con la utilización de la fórmula de flujo; la cual establece que el flujo se calcula dividiendo la resta de la lectura final promedio menos la lectura inicial entre la lectura inicial, todo esto multiplicado por cien para así obtener un porcentaje.

En la Tabla 31 se tabularon los resultados obtenidos en el ensayo de la mesa flujo para las cuatro mezclas de mortero que fueron realizadas en el proceso de este proyecto. Es clave aclarar

que para la realización de este ensayo se tomó una cantidad pequeña de la totalidad de la mezcla de mortero desarrollada por el albañil. Así mismo es importante recalcar que la mesa de flujo del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, no se encontraba calibrado y tenía un leve problema con el pedestal en el cual estaba colocado el equipo. Todo esto es importante tenerlo en cuenta para el análisis de los resultados.

**Tabla 31.** Resultados obtenido en el ensayo de la mesa de flujo

	Mezcla de mortero con Holcim UG	Mezcla de mortero con Cemex UG	Mezcla de mortero con Fortaleza UG	Mezcla de mortero con Mampostero Holcim
	No registro	215,00	225,00	242,00
Lecturas(mm)	No registro	214,00	234,00	244,00
	No registro	216,00	232,00	244,00
	No registro	213,00	231,00	246,00
	Promedio	No registro	214,50	230,50
% Flujo	No registro	111,12	126,87	140,16

Fuente: Elaboración propia

Es importante recordar que al momento en el cual se realizaban los repellos de relleno en las láminas de Durock, se realizó el ensayo de la mesa de flujo y el ensayo del moldeo de los especímenes de mortero que posteriormente se iban a fallar a compresión. Para dichas mezclas se siguió lo anteriormente mencionado acerca de la relación de la dosificación para las mezclas de mortero de relleno. Para cada una de estas mezclas se utilizó 2 cubetas de arena y media cubeta de cemento respectivamente. Respetando claro el uso de cada uno de los cuatro cementos para cada mezcla. La cantidad de agua también fue documentada y se menciona a continuación; para la mezcla de mortero con cemento de uso general de la marca Holcim se utilizaron 3600 mL, para la mezcla de mortero con cemento de uso general de la marca Cemex se utilizaron 3800 mL, en la creación de la mezcla de mortero con cemento de uso general de la marca Fortaleza se utilizaron 4250 mL y por último para la mezcla de mortero con cemento del tipo mampostero de la marca Holcim se utilizaron 4500 mL de agua. Todas estas mediciones se realizaron con la ayuda de una probeta y se documentaron al instante en que el albañil realizaba cada una de las mezclas. Esta cantidad de agua él se las adicionaba para alcanzar la consistencia y trabajabilidad que el

considerase adecuada para poder aplicar el mortero a las láminas de Durock que ya contaban con la capa de pringado. Este mortero de relleno se aplicó utilizando el método de repello maestreado y se utilizó un codal y la guía de la venilla de madera para aplicarlo de manera uniforme. En la aplicación de este no se afinaba dicho repello y tampoco se utilizaba la llaneta, todo era codaleado.

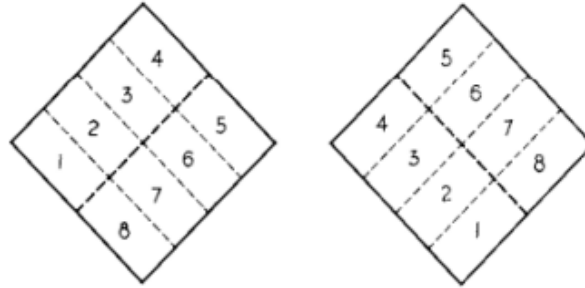
Por otra parte, al momento de realizar las mezclas de mortero de relleno por parte del albañil se apartaba una cantidad de dicha mezcla para realizar el ensayo de la mesa de flujo mencionado anteriormente y el ensayo del moldeo de los especímenes de mortero. El cual se explica brevemente a continuación:

1. Primeramente, se realizó la medición de los moldes que se utilizaron, dichas mediciones están tabuladas desde la Tabla 23 hasta la Tabla 30, mencionadas anteriormente.
2. Se verificó que los moldes estuvieran limpios y libres de cualquier impureza que pudiese afectar el moldeo de los especímenes.
3. Se procedió a lubricar cada uno de los moldes con vaselina para facilitar el proceso de extracción de los especímenes luego de 24 horas.
4. Teniendo los moldes limpios y lubricados fue necesario armarlos uno por uno, estos debían de quedar fijos y bien ajustados. Esto para asegurarse que al momento de moldearse el mortero no se llegara a salir por ninguna abertura o ranura en el molde.
5. Al momento de tener los 8 moldes listos se colocaron de manera ordenada con forme al orden de cada una de las mezclas de mortero a realizar. Así mismo se nombró cada par de moldes con su respectiva mezcla de mortero, esto para tener un mejor control acerca de la creación de los especímenes.
6. Poco luego de hacer la mezcla de mortero se procedió a moldear los especímenes, ya que no se puede esperar más de 2-3 minutos aproximadamente luego del proceso de mezclado, ya que el mortero se comienza a fraguar y a perder las condiciones iniciales de mezclado.
7. Este moldeo se realizó de la siguiente manera, se coloca una capa de mortero de aproximadamente 25 mm, esto a media profundidad del molde y se le apisono siguiendo el orden según lo establece la norma y como se puede ver en la Figura 15.

8. Se dieron 32 golpes en 4 rondas en cada uno de los compartimientos del molde. Fueron 8 golpes de un lado al otro del molde y los otros 8 golpes del otro lado, esto para cada capa.
9. Para la segunda capa se procedió de la misma manera, se rellenó el molde hasta que sobrepasara el borde superior del mismo y se apisono como lo establece la Figura 16.
10. Terminando con el apisonado de cada cubo de mortero, se continúa enrasando de manera cuidadosa para así retirar el excedente de mortero.
11. Con la ayuda de una espátula pequeña se procedió a nivelar la superficie, para que a la cara superior de los cubos quedaran lo más lisos posibles.
12. Para pasar a moldear el siguiente cubo se debía terminar de dar esa serie de golpes antes de proseguir al siguiente.
13. Conforme se iban moldeando los especímenes se iban transportando a la cámara húmeda, en la cual permanecieron 24 horas para luego desmoldarlos y cuidadosamente ubicarlos en baldes llenos de agua ubicados dentro de la cámara húmeda en donde permanecieron por un periodo de 7 a 28 días.

En la Figura 16 se ejemplifica el orden de apisonamiento de los especímenes de moldeo, para el ensayo a la resistencia a la compresión según la norma ASTM C109.

*Figura 16: Orden de apisonamiento*



Fuente: Captura obtenida de la norma ASTM C109.

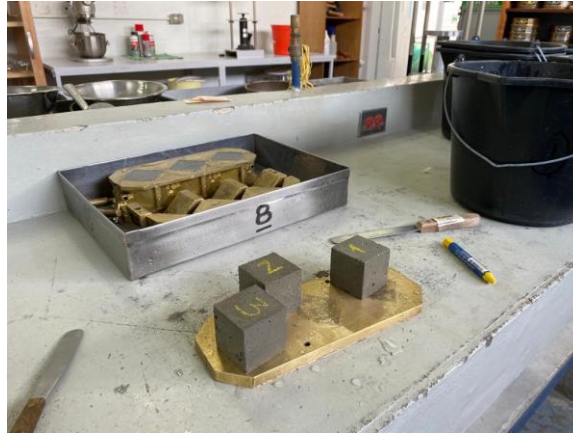
Este proceso de moldeo se realizó para cada una de las mezclas de mortero y se generaron un total de 24 especímenes. De los cuales 12 fueron fallados a los 7 días y los restantes 12 a los 28 días, de esta manera se obtuvo la resistencia a la compresión de los especímenes de mortero a dos edades de curado distintas. En las Figura 17 y 18, se evidencia parte del proceso de moldeo de los especímenes y así mismo como su colocación en la cámara húmeda. Es importante aclarar que a cada cubo se le asignó un número con el que se posteriormente fue más fácil de identificar y ordenar con respecto al tipo de mezcla de mortero con lo cual estos estaban realizados.

*Figura 17: Moldeo de los especímenes de mortero*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

*Figura 18: Desmolde los especímenes de mortero y demarcación de cada uno de ellos*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Con respecto a la aplicación de la capa de relleno sobre las láminas de Durock que ya contaban con la capa de pringado se realizó en orden con respecto al cemento utilizado. De cada mezcla de mortero de relleno se les aplicaba a dos paños. De esta manera se iban a tener 2 paños de mortero de realizados con las mezclas de mortero con cada uno de los 4 cementos utilizados. Se tenían 2 paños por mezcla para así obtener dos casos o dos condiciones de curado. Una en la que diariamente se le iba a estar echando agua y otra en que en los 28 días que estuvieron expuestas al sol y la intemperie no se le adicionó agua en lo absoluto, para generar un contraste entre ambas condiciones.

En la Figura 20 se puede ver de mejor manera el proceso de repello del mortero de relleno y como este se realizó. Dicho repello fue maestreado, utilizando de guía la venilla de 1 cm de espesor que previamente se había colocado sobre las láminas de Durock. Con las mezclas previamente hechas el albañil poco a poco iba colocando el mortero sobre la lámina y posterior a esto con la ayuda del codal iba emparejando la superficie poco a poco, hasta que la misma quedase al nivel de la venilla. Esto para asegurar el espesor deseado para el repello de relleno, el cual no podía superar los 6 mm.



*Figura 19: Preparación de la mezcla de componentes para realizar la mezcla de mortero*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

*Figura 20: Repello maestreado con la utilización del codal*





Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Dicho proceso de repellar cada uno de los paños con su respectiva mezcla de mortero se realizó el mismo día. Es decir, todas las mezclas y repellos de relleno se realizaron el mismo día, para así no generar variables al momento de tomar los datos sobre el fisuramiento y la prueba a realizarse terminado los 28 días de fraguado conocida como prueba de Pull-Off. Terminando de realizar cada uno de los repellos se removió el material sobrante en las superficies del paño, así mismo como el material que quedase recogido en los lienzos de material plástico que se había colocado previo a las labores de pringado para así recoger el material proyectado que no se adhiérase a la superficie. Recogiendo esto y lavando todo el equipo que se utilizó para las diferentes mezclas y moldeo de los especímenes se dio por terminado el proceso de construcción y elaboración de los elementos a poner a prueba en el transcurso de la elaboración del proyecto. Como se puede ver en la Figura 21, se presentan los ocho paños de repellos cada uno con su capa de relleno de 5 mm ya aplicada.

*Figura 21: Paños de repello con su capa de repello ya aplicada*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Como se mencionó en el objetivo general, uno de los propósitos de este proyecto era el de medir el fisuramiento presentado en los diferentes paños de mortero. Tanto en la condición de curado continua, así como en la condición de curado nula. Esto para generar una comparativa entre ambas y así mismo una comparativa en las fisuras que se presentaron en cada uno de los diferentes tipos de cementos. Estas fisuras se midieron tanto longitudinalmente como por el ancho de estas. Se determino medir las fisuraciones de los paños a los 7 y a los 28 días luego de la construcción de los estos. Para ello se decidió utilizar una técnica relativamente empírica con la cual se media el espaciado entre las fisuras para determinar el ancho. Esto se logró por medio de la utilización de un fisurómetro, el cual es una lámina de plástico del tamaño de una tarjeta de crédito que cuenta con una serie de líneas y espaciados para determinar el ancho de las fisuras. El fisurómetro se rige o basa en la norma ACI 224R-19 (Control de Fisuración en Estructuras de Hormigón), aunque como la norma lo indique es para medir la fisuración en estructuras de concreto o concreto armado su función es igual de importante y útil en el presente proyecto.

El uso del fisurómetro es sumamente sencillo, es cuestión de sobreponerlo sobre la superficie que se quiere medir y tratar de ubicar el ancho que indica el mismo con respecto al ancho de las fisuras presentes en la superficie. Se toman las medidas de cada uno de los paños y se asignó un rango promedio entre las medidas para cada uno de los paños de mortero. En la Figura 22 se puede ver de mejor manera lo anteriormente explicado.

Así mismo se midieron las fisuras de manera longitudinal. Esto se realizó con la ayuda de un pedazo de mecate blanco, el cual se iba sobreponiendo sobre cada una de las fisuras presentes y luego con una regla se media el largo de dicho pedazo del mecate. Se tomaron todas las mediciones de las fisuras y luego se promediaron para conocer el largo total de fisuras presentes y la tasa de fisuración. La tasa de fisuración es una simple división de la sumatoria de las fisuras longitudinales entre el área de repello, en este caso sería un área de repello de  $0.5 \text{ m}^2$ .

Es importante aclarar que dicho proceso se realizó para ambas condiciones de curado a los 7 y 28 días de fraguado de los paños de mortero.

*Figura 22: Uso del fisurómetro aplicado*



*Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021*

Como se mencionó anteriormente dicha medición de fisuras se realizó tanto a los 7 días como a los 28 días de curado. Y la documentación de estas se presenta a continuación; en la Tabla 32 presenta una representación visual del acomodo de los diferentes paños en las láminas de Durock, el rango de ancho de fisuras, la longitud de fisuras y la tasa de fisuración para cada uno de los paños de mortero para la condición de curado a los 7 días de fraguado. Y en la Tabla 33 se presenta exactamente lo mismo, pero para la condición no curado.

**Tabla 32.** Información correspondiente a los paños de repello para la condición de curado a los 7 días de fraguado

CURADO			
HOLCIM UG	CEMEX UG	FORTALEZA UG	HOLCIM MAMPOSTERO
Cemento	Ancho Fisuras (mm)	Longitud Fisuras Prom (cm)	Tasa de Fisuración(cm/m <sup>2</sup> )
HOLCIM UG	0,05-0,20	2,93	93,6
CEMEX UG	0,05-0,25	3,75	202,4
FORTALEZA UG	0,05-0,25	2,95	65
HOLCIM MAMPOSTERO	0,05-0,10	2,17	65,2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33.** Información correspondiente a los paños de repello para la condición de no curado a los 7 días de fraguado

SIN CURAR			
HOLCIM UG	CEMEX UG	FORTALEZA UG	HOLCIM MAMPOSTERO
Cemento	Ancho Fisuras (mm)	Longitud Fisuras Prom (cm)	Tasa de Fisuración(cm/m <sup>2</sup> )
HOLCIM UG	0,05-0,40	5,31	276,2
CEMEX UG	0,10-0,45	10,33	372
FORTALEZA UG	0,05-0,15	3,37	128
HOLCIM MAMPOSTERO	0,05-0,015	3,18	127,2

Fuente: Elaboración propia

Posterior a recabar toda esta información para los 7 días de fraguado se procedió con exactamente el mismo procedimiento para las mediciones y cálculos para el día 28 luego de realizar la colocación de los paños de repello. En la Tabla 34 se presenta una representación visual del acomodo de los diferentes paños en las láminas de Durock, el rango de ancho de fisuras, la longitud de fisuras y la tasa de fisuración para cada uno de los paños de mortero para la condición de curado a los 28 días de fraguado. Y en la Tabla 35 se presenta exactamente lo mismo, pero para la condición no curado.

**Tabla 34.** Información correspondiente a los paños de repello para la condición de curado a los 28 días de fraguado

CURADO			
HOLCIM UG	CEMEX UG	FORTALEZA UG	HOLCIM MAMPOSTERO
Cemento	Ancho Fisuras (mm)	Longitud Fisuras Prom (cm)	Tasa de Fisuración(cm/m <sup>2</sup> )
HOLCIM UG	0,05-0,20	2,60	109,2
CEMEX UG	0,05-0,25	3,45	234,4
FORTALEZA UG	0,05-0,25	2,71	81,4
HOLCIM MAMPOSTERO	0,05-0,10	2,14	77,2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35.** Información correspondiente a los paños de repello para la condición de no curado a los 28 días de fraguado

SIN CURAR			
HOLCIM UG	CEMEX UG	FORTALEZA UG	HOLCIM MAMPOSTERO
Cemento	Ancho Fisuras (mm)	Longitud Fisuras Prom (cm)	Tasa de Fisuración(cm/m <sup>2</sup> )
HOLCIM UG	0,05-0,40	5,08	315
CEMEX UG	0,10-0,45	8,30	414,8
FORTALEZA UG	0,05-0,15	3,13	162,6
HOLCIM MAMPOSTERO	0,05-0,015	3,04	139,8

Fuente: Elaboración propia

Como se ha mencionado a través de esta última sección, al momento de realizarse las pruebas y mediciones de fisuración de los repellos, también se procedió a fallar los especímenes de mortero a los 7 y 28 días. Para cada edad de falla fueron creados 3 especímenes por mezcla de mortero. Es decir, al cumplir los 7 días se fallaron 12 cubos de mortero y a los 28 días se fallaron los restantes 12 cubos respectivamente.

Es importante mencionar que para fallar dichos especímenes se tuvo que optar por utilizar el equipo a compresión del campus de la Universidad Latina de Heredia. Debido a que el equipo de compresión simple en el laboratorio de la Universidad Latina de San Pedro no se encontraba calibrado al momento de realizarse los ensayos. Debido a esto se tuvieron que transportar los especímenes cúbicos desde San Pedro hasta Heredia, estos se tuvieron que transportar dentro de una hielera mediana llena de arena húmeda. Esto para generar un espacio en el cual los

especímenes pudiesen ser transportados de manera segura, sin que estos llegasen a golpearse en el transcurso del viaje o sufrir alguna vibración fuerte que pudiese dañar al elemento. En la Figura 23 mostrada a continuación se puede ver evidenciado dicho proceso de manera más clara.

*Figura 23: Transporte de los especímenes cúbicos*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Posterior a transportar los especímenes a fallar, fue necesario tomar las medidas de cada uno de los especímenes para luego ser utilizadas en el cálculo de la resistencia compresión, esto se realizó para ambas series de cubos y se traía un control de cada uno de los especímenes a fallar, así como a cuál mezcla correspondía cada uno de estos.

En las Tablas 36 y 37 se presentan las medidas de las áreas de las caras de los cubos fallados a los 7 y 28 días respectivamente, dato el cual es indispensable para calcular la resistencia a la compresión.



**Tabla 36.** Medidas de los cubos fallados a los 7 días de curado

	lado(mm)	lado (mm)	área (mm <sup>2</sup> )	área (cm <sup>2</sup> )
cubo 1	50,97	50,44	2570,93	25,71
cubo 2	51,26	51,19	2624,00	26,24
cubo 3	51,9	50,97	2645,34	26,45
cubo 7	51,01	51,54	2629,06	26,29
cubo 8	51,28	50,95	2612,72	26,13
cubo 9	51,49	51,01	2626,50	26,27
cubo 13	50,92	51,22	2608,12	26,08
cubo 14	51,06	50,93	2600,49	26,00
cubo 15	50,97	50,98	2598,45	25,98
cubo 19	51,22	50,84	2604,02	26,04
cubo 20	50,98	50,89	2594,37	25,94
cubo 21	50,92	51,46	2620,34	26,20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37.** Medidas de los cubos fallados a los 28 días de curado

# Cubo	lado(mm)	lado (mm)	área (mm <sup>2</sup> )	área (cm <sup>2</sup> )
4	50,95	51,06	2601,507	26,02
5	51,28	50,89	2609,6392	26,10
6	50,88	51,01	2595,3888	25,95
10	51,17	51,19	2619,3923	26,19
11	51,26	51,35	2632,201	26,32
12	51,36	51,22	2630,6592	26,31
16	51,24	51,12	2619,3888	26,19
17	51,07	51,19	2614,2733	26,14
18	51,07	51,84	2647,4688	26,47
22	50,65	50,81	2573,5265	25,74
23	50,84	50,81	2583,1804	25,83
24	50,92	50,24	2558,2208	25,58

Fuente: Elaboración propia

Ya teniendo la medida del área de la cara a exponer en el equipo a compresión se procede a realizar el ensayo a compresión el cual consta de los siguientes pasos explicados a continuación:

1. Se inició limpiando cada una de las muestras, esto para removerles cualquier grano de arena suelta en la superficie de estos. Ya que dicho material generaría contactado

con los soportes de la máquina de ensayo, lo que podría generar un error en el ensayo.

2. Se colocaron una serie de cilindros de acero dentro de la máquina de ensayo para así lograr que los especímenes de mortero estuviesen a una altura indicada para que el pistón de carga lograra aplicar la carga de manera efectiva.
3. Se verifico que la maquina estuviese limpia y además se encendió con un cierto tiempo de anticipación para que la misma estuviese a una temperatura de funcionamiento adecuada.
4. Se procedió a colocar cada uno de los cubos de mortero para así aplicarles la carga. Estos se debían de colocar con una las caras que estuvieron en contacto con las paredes del molde donde se confeccionaron. Así mismo estos cubos se tuvieron que centrar en los cilindros de acero donde se colocaron, para que de esta manera el pistón de carga estuviera sobrepuesto del espécimen de manera centrada.
5. Posterior a la ubicación correcta del espécimen se procede a aplicarle la carga a compresión y se tomaron una serie de datos, como el tiempo en alcanzar la falla y la carga de falla.

A continuación, se presentan los resultados del ensayo a compresión a los 7 días de curado para cada una de las mezclas de mortero realizadas.

**Tabla 38.** *Especímenes de mortero realizados con la mezcla de mortero elaborada con cemento de la marca Holcim UG fallados a compresión a los 7 días*

Muestra #	Edad (Días)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso antes de la falla (g)	Tiempo para la falla (s)	Carga Falla (kN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
1	7	25,71	283,00	28,55	27,78	11	110.19
2	7	26,24	282,90	56,92	26,25	10	102.01
3	7	26,45	283,50	48,79	24,17	9	93.17
PROMEDIO					26,07	10	101,79

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39.** Especímenes de mortero realizados con la mezcla de mortero elaborada con cemento de la marca Cemex UG fallados a compresión a los 7 días

Muestra #	Edad (Días)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso antes de la falla (g)	Tiempo para la falla (s)	Carga Falla (kN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
7	7	26,29	289,10	1:14,56	37,65	14	146.03
8	7	26,13	289,50	1:09,56	31,96	12	124.74
9	7	26,27	287,00	1:02;96	29,91	11	116.12
PROMEDIO					33,17	13	128,96

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40.** Especímenes de mortero realizados con la mezcla de mortero elaborada con cemento de la marca Fortaleza UG fallados a compresión a los 7 días

Muestra #	Edad (Días)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso antes de la falla (g)	Tiempo para la falla (s)	Carga Falla (kN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
13	7	26,08	287,90	1:29,24	34,12	13	133.40
14	7	26,00	287,10	1:23,20	34,49	13	135.24
15	7	25,98	286,90	40,67	37,5	14	147.16
PROMEDIO					35,37	14	138,60

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41.** Especímenes de mortero realizados con la mezcla de mortero elaborada con cemento de la marca Holcim Mampostero fallados a compresión a los 7 días

Muestra #	Edad (Días)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso antes de la falla (g)	Tiempo para la falla (s)	Carga Falla (kN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
19	7	26,04	278,70	32,22	9,37	4	36.69
20	7	25,94	278,61	NR	NR	NR	NR
21	7	26,20	280,10	34,91	7,79	3	30.32
PROMEDIO					8,58	3	33,50

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados del ensayo a compresión a los 28 días de curado para cada una de las mezclas de mortero realizadas.

**Tabla 42.** *Especímenes de mortero realizados con la mezcla de mortero elaborada con cemento de la marca Holcim UG fallados a compresión a los 28 días*

Muestra #	Edad (Días)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso Antes de la Falla (g)	Tiempo de falla(s)	Carga Falla (kN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
4	28	26,02	284,80	36;54	54,42	21	213,31
5	28	26,10	285,90	32;47	53,12	20	207,57
6	28	25,95	283,60	1;02;58	51,73	20	203,25
PROMEDIO					53,09	20	208,04

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43.** *Especímenes de mortero realizados con la mezcla de mortero elaborada con cemento de la marca Cemex UG fallados a compresión a los 28 días*

Muestra #	Edad (Días)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso Antes de la Falla (g)	Tiempo de falla(s)	Carga Falla (kN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
10	28	26,19	293,20	1;01;78	61,79	24	240,55
11	28	26,32	293,24	45;25	64,44	24	249,64
12	28	26,31	291,50	34;47	62,26	24	241,34
PROMEDIO					62,83	24	243,84

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44.** Especímenes de mortero realizados con la mezcla de mortero elaborada con cemento de la marca Fortaleza UG fallados a compresión a los 28 días

Muestra #	Edad (Días)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso Antes de la Falla (g)	Tiempo de falla(s)	Carga Falla (kN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
16	28	26,19	287,30	47;14	48,72	19	189,67
17	28	26,14	286,40	NR	NR	NR	NR
18	28	26,47	286,00	41:92	46,09	17	177,52
PROMEDIO					47,41	18	183,59

Fuente: Elaboración propia

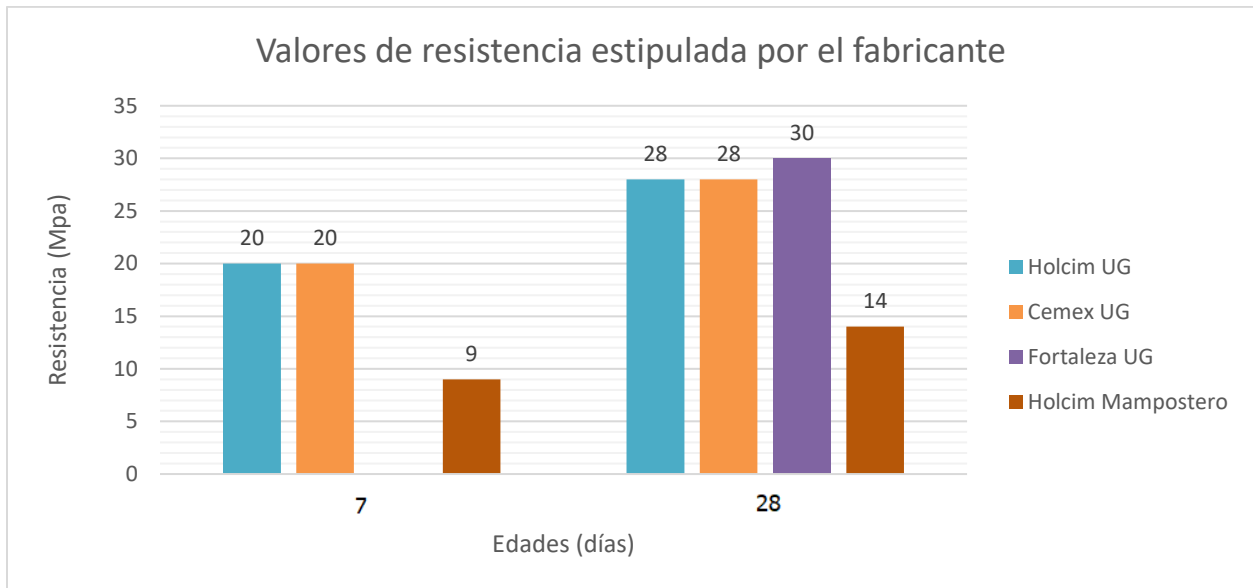
**Tabla 45.** Especímenes de mortero realizados con la mezcla de mortero elaborada con cemento de la marca Holcim Mampostero fallados a compresión a los 28 días

Muestra #	Edad (Días)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso Antes de la Falla (g)	Tiempo de falla(s)	Carga Falla (kN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
22	28	25,74	280,70	47;15	17,34	7	68,71
23	28	25,83	287,70	51;49	16,45	6	64,94
24	28	25,58	278,30	1;26:63	16,29	6	64,93
PROMEDIO					16,69	6	66,19

Fuente: Elaboración propia

También de una manera para generar una comparativa entre los resultados obtenidos y los resultados estipulados por el fabricante, con respecto a las resistencias a compresión alcanzadas en el desarrollo de los 28 días, se adjunta la gráfica en la Figura 24. En esta viene el valor de la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado, para cada uno de los 4 cementos utilizados en el desarrollo de esta prueba.

Figura 24 Grafica de resistencia a compresión estipuladas por el fabricante



Fuente: Elaboración propia

#### **4.8 Resistencia a la Tracción de Superficies de Concreto y Resistencia de Unión o Resistencia a la Tracción de Reparaciones de Concreto y materiales de Recubrimiento por Medio de Tracción Directa (Método de Extracción/ Método Pull-Off)**

Posterior a realizar tanto las pruebas de compresión a los especímenes de mortero para cada una de las diferentes mezclas de mortero realizadas y la medición de las fisuras presentes en cada uno de los paños de repello tanto a los 7 y 28 días de curado, se continua con la última prueba o ensayo realizada, que fue una prueba para medir la adherencia entre el repello y el sustrato, que en este caso sería la lámina de Durock. Dicha prueba se conoce como prueba Pull-Off y se rige bajo la norma ASTM 1583.

Como se menciona en la norma dicho proceso de comprobar la adherencia y clasificar según los casos de falla, era necesario utilizar un equipo especial para realizar una extracción de núcleos para así aplicar la prueba de Pull-Off con el Pul-Off tester. Este equipo era un taladro industrial el cual contaba con una broca de punta de diamante con diámetro interior de 2 pulgadas. Como bien se sabía dichos paños de repello a fallar estaban ubicados sobre una pared a las afueras del laboratorio de Ingeniería Civil y debido a que dicho taladro tenía que estar apoyado en suelo

para de esta manera extraer dichos núcleos, fue necesario ubicar las láminas de Durock en una superficie plana al nivel del suelo para poder realizar dicho trabajo.

Debido a esto, las láminas tuvieron que ser removidas de esa zona y transportadas para poder realizar tanto la extracción de los núcleos como la prueba Pull-Off. Para remover las láminas de la pared se pensó en diferentes alternativas para atacar el problema. Ya que por sí solas las láminas ya eran considerablemente pesadas, con el peso del mortero el peso era aún mayor. Y la remisión de estas de la pared tenía que realizarse con mucho cuidado, ya que cualquier mal movimiento o un golpe podría generar que el repello se fisurara por completo o inclusive la lámina se llegara a partir debido a lo complicado del movimiento. Una de las propuestas pensadas era la de realizar una serie de orificios pequeños en el repello para encontrar los tornillos con los cuales las láminas estaban sujetas a las reglas de madera que estaban fijadas a la pared de concreto, pero se descartó ya que dichos orificios podrían generar una serie de agrietamiento que dañaran parcial o completamente la superficie de los paños de repello. Otra alternativa era la de tratar de cortar el tornillo que estaba sujetando las láminas de madera a la pared de concreto para poder desprender por completo la pared falsa, pero esta opción se descartó por lo dificultoso del proceso. Por último, se procedió consultarles a los compañeros de mantenimiento de la universidad si además de ayudarme con la labor de remover y reubicar las láminas, se les ocurría otra manera segura y productiva de desprender las láminas. Por lo que se ideó usar una pata de chanco, que con mucho cuidado se metió entre el espacio de la regla de madera y la pared de concreto para generar un espacio entre las dos y así generar la suficiente fuerza de palanca para sacar los tornillos junto con las reglas de madera y la lámina de Durock. Este proceso se realizó entre tres compañeros de mantenimiento y mi persona, mientras uno hacía el movimiento con la pata de chanco, los otros tres en diferentes puntos de la lámina la sosteníamos para que al momento de que esta se desprendiera por completo no se callera al suelo de golpe y dañara tanto los repellos como la lámina. Dicho procedimiento se puede ver en la Figura 25.

*Figura 25: Desprendimiento de la pared falsa*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, noviembre 2021

Posterior a tener ambas láminas ya en el suelo, se tuvieron que ubicar en una zona donde hubiera algún tomacorriente cerca ya que el taladro mecánico que se iba a utilizar para sacar los núcleos necesitaba del fluido eléctrico y también había que ubicarlas en un lugar donde no interfieren con el flujo de los carros en el parqueo. Esto para no estorbar el paso y para que las láminas no se vieran golpeadas o majadas por algún vehículo o peatón. El transporte de las láminas a su lugar de reubicación al punto donde fueron ensayadas se puede ver en la Figura 26.



*Figura 26: Transporte de la pared falsa*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, noviembre 2021

Posterior a la ubicación de las láminas de Durock en su ubicación final a esperas de ser ensayadas, se procedió a alistar y organizar lo necesario para realizar el ensayo de Pull-Off en los próximos días.

Dicho ensayo, como se mencionó anteriormente se rige bajo la norma ASTM C1583, el cual tiene como uso determinar la resistencia a tracción del concreto cerca de la superficie. Al realizarse este ensayo lo que se determina es la resistencia a la unión al sustrato o resistencia a la tracción en los recubrimientos aplicados a la superficie o sustrato. Este método es frecuentemente utilizado para determinar la resistencia a adhesión de los componentes que conformar un elemento, en este caso el sustrato vendría siendo la lámina de Durock y el mortero de repello es la capa de recubrimiento.

Para la realización de esta prueba es necesario preparar el espécimen a ensayar, en este caso se ensayaron seis galletas por cada paño de mortero a realizar, para ambas condiciones de

curado. Cada espécimen por ensayar se fabricó mediante la perforación superficial que se realiza con el taladro mecánico y la broca de 2 pulgadas de diámetro interior. Esta perforación es para generar un núcleo al cual se le estará realizando el ensayo de adherencia. Al tener la galleta lista, se aplica un adhesivo y se le sobrepone un disco metálico de igual diámetro que el núcleo de mortero. A este elemento mencionado anteriormente se le coloca una especie de acole que funciona como método de unión entre el espécimen y el equipo de Pull-Off. En la Figura 27 se puede ver un ejemplo de la colocación del equipo, así como las diferentes partes mencionadas anteriormente.

*Figura 27: Equipo para la prueba Pull-Off (Pull-Off tester)*



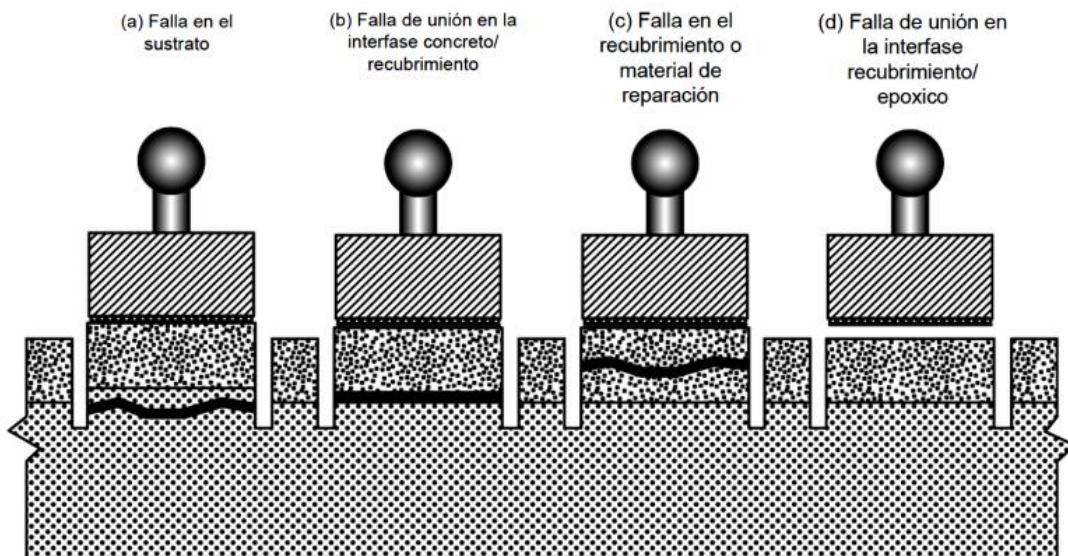
Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, noviembre 2021

El ensayo de Pull-Off además de arrojar un valor determinado de la fuerza de adherencia, también arroja información acerca de que fue o no lo que fallo en cada prueba realizada. Para esto existen 4 tipos de falla y se clasificaban de la siguiente manera:

- A. Falla en el sustrato
- B. Falla en la unión en la interfase concreto/recubrimiento
- C. Falla en el recubrimiento o material de reparación
- D. Falla de unión en la interfase recubrimiento/ epoxico

Todo esto referenciado lo que la norma establece, una representación gráfica del tipo de fallas que se pueden presentar en la realización de este ensayo se puede ver en la Figura 28.

*Figura 28:Diagrama de los tipos de falla*



Fuente: Captura tomada de la norma ASTM C1583

Posterior a tener tanto el equipo listo como los materiales a utilizar, se procedió a sacar los núcleos a ensayar. Esto se realizó por medio del taladro mecánico y la broca de diamante. Dicho proceso se puede ver en la Figura 29, en donde se muestra el procedimiento como tal y el resultado del uso de dicho equipo.

*Figura 29: Diagrama de los tipos de falla*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, noviembre 2021

Al momento de ya contar con todos los núcleos que iban a ser falladas se procedió a preparar la superficie de ensayo y a aplicar el ensayo como tal. De manera breve se menciona el procedimiento que se siguió para realizar dicha prueba, todo esto referenciado la norma.

1. Se debe limpiar el área a ensayar, esto para que no exista ninguna partícula o material que pueda interferir entre la galleta de mortero, el pegamento y el disco metálico.
2. Se debe de asegurar una base estable para colocar el equipo de Pull-Off que cuenta un trípode para así ubicarse de mejor manera para efectuar el ensayo.
3. Se debe de aplicar el adhesivo, en este caso fue un epoxico de contacto, tipo soldadura en frío. Este contaba con dos contendores los cuales debían mezclarse en partes iguales para luego ser aplicados a la superficie de cada una de las galletas a ensayar.

4. La aplicación del adhesivo debía ser la suficiente para recubrir la totalidad de la superficie de la galleta, pero no debía adicionársele demás, ya que a la hora de colocarle el disco y presionarle por unos breves segundos para asegurar contacto en la totalidad de la superficie de ambos, no se debía de derramar el epoxico en las paredes de la galleta de mortero.
5. Siguiendo a esto se debió dejar el epoxico curar, según lo establecía la ficha técnica del mismo. Este luego de 2 horas ya se podía fallar, sin embargo, para ciertos de los especímenes se dejó curando por 24 horas y para otros solamente 3 horas. Esto se debió a la limitada cantidad de discos metálicos con los que se contaban.
6. Posterior a esto, se colocaba el tornillo o unión giratoria, a cada uno de los discos metálicos y se iban fallando uno a uno. El equipo contaba con una pantalla digital la cual mostraba la carga de tracción que se estaba aplicando, así mismo como una palanca al lado de este para así generar esa fuerza en el eje de tracción del aparato.
7. Al momento de la falla, se tomaban datos como el número de especímenes diámetro en dos direcciones de la galleta, el punto pico de tracción y el modo de falla de cada espécimen.
8. Por último, se tenía que desprender el mortero y adhesivo del disco metálico, para dejar el equipo limpio de algún resto.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos durante la realización de este ensayo para cada una de las mezclas de mortero en las dos condiciones de curado.

**Tabla 46.** Resultados obtenidos ensayo Pull-Off mezcla de mortero realizada con cemento Holcim UG, condición de curado

Cemento	No. Especimen	Diámetro 1(mm)	Diámetro 2 (mm)	Promedio	Punto (pico)(N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia (Mpa)	Modo de Falla
Holcim UG	1	43,05	42,06	42,56	0,10	0,10	B
Holcim UG	2	42,87	43,59	43,23	0,22	0,22	C
Holcim UG	3	43,56	43,24	43,40	0,15	0,15	B
Holcim UG	4	42,99	42,91	42,95	0,03	0,03	A
Holcim UG	5	43,10	42,86	42,98	0,18	0,18	B
Holcim UG	6	42,73	42,86	42,80	0,13	0,13	C
Promedio					0,14	0,14	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47.** Resultados obtenidos ensayo Pull-Off mezcla de mortero realizada con cemento Cemex UG, condición de curado

Cemento	No. Espécimen	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Promedio	Punto (pico)(N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia (Mpa)	Modo de Falla
Cemex UG	13	43,41	42,17	42,79	0,12	0,12	B
Cemex UG	14	43,60	43,63	43,62	0,24	0,24	B
Cemex UG	15	43,84	42,91	43,38	0,18	0,18	C
Cemex UG	16	42,44	43,73	43,09	0,21	0,21	B
Cemex UG	17	43,59	43,17	43,38	0,19	0,19	B
Cemex UG	18	42,96	43,38	43,17	0,15	0,15	B
Promedio					0,18	0,18	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 48.** Resultados obtenidos ensayo Pull-Off mezcla de mortero realizada con cemento Fortaleza UG, condición de curado

Cemento	No. Espécimen	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Promedio	Punto (pico)(N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia (Mpa)	Modo de Falla
Fortaleza UG	25	43,79	43,70	43,75	0,22	0,22	B
Fortaleza UG	26	43,05	41,00	42,03	0,20	0,20	B
Fortaleza UG	27	43,57	42,87	43,22	0,23	0,23	A
Fortaleza UG	28	43,52	42,97	43,25	0,15	0,15	A
Fortaleza UG	29	43,24	42,54	42,89	0,21	0,21	A
Fortaleza UG	30	41,60	43,61	42,61	0,19	0,19	B
Promedio					0,20	0,20	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 49.** Resultados obtenidos ensayo Pull-Off mezcla de mortero realizada con cemento Holcim Mampostero, condición de curado

Cemento	No. Espécimen	Diámetro 1(mm)	Diámetro 2 (mm)	Promedio	Punto (pico)(N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia (Mpa)	Modo de Falla
Holcim Mampostero	37	43,76	42,9	43,33	0,29	0,29	A
Holcim Mampostero	38	42,89	42,73	42,81	0,23	0,23	A
Holcim Mampostero	39	43,08	42,36	42,72	0,24	0,24	A
Holcim Mampostero	40	43,08	42,36	42,72	0,32	0,32	B
Holcim Mampostero	41	43,30	43,28	43,29	0,26	0,26	A
Holcim Mampostero	42	43,03	42,9	42,97	0,24	0,24	A
Promedio					0,26	0,26	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50.** Resultados obtenidos ensayo Pull-Off mezcla de mortero realizada con cemento Holcim UG, condición de no curado

Cemento	No. Espécimen	Diámetro 1(mm)	Diámetro 2 (mm)	Promedio	Punto (pico)(N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia (Mpa)	Modo de Falla
Holcim UG	7	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim UG	8	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim UG	9	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim UG	10	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim UG	11	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim UG	12	NR	NR	NR	-	-	B
Promedio					NR	NR	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51.** Resultados obtenidos ensayo Pull-Off mezcla de mortero realizada con cemento Cemex UG, condición de no curado

Cemento	No. Espécimen	Diámetro 1(mm)	Diámetro 2 (mm)	Promedio	Punto (pico)(N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia (Mpa)	Modo de Falla
Cemex UG	19	NR	NR	NR	-	-	B
Cemex UG	20	NR	NR	NR	-	-	B
Cemex UG	21	NR	NR	NR	-	-	B
Cemex UG	22	NR	NR	NR	-	-	B
Cemex UG	23	NR	NR	NR	-	-	B
Cemex UG	24	NR	NR	NR	-	-	B
Promedio					NR	NR	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 52.** Resultados obtenidos ensayo Pull-Off mezcla de mortero realizada con cemento Fortaleza UG, condición de no curado

Cemento	No. Espécimen	Diámetro 1(mm)	Diámetro 2 (mm)	Promedio	Punto (pico)(N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia (Mpa)	Modo de Falla
Fortaleza UG	31	NR	NR	NR	-	-	B
Fortaleza UG	32	NR	NR	NR	-	-	B
Fortaleza UG	33	NR	NR	NR	-	-	B
Fortaleza UG	34	NR	NR	NR	-	-	B
Fortaleza UG	35	NR	NR	NR	-	-	B
Fortaleza UG	36	NR	NR	NR	-	-	B
Promedio					NR	NR	

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 53. Resultados obtenidos ensayo Pull-Off mezcla de mortero realizada con cemento Holcim Mampostero, condición de no curado**

Cemento	No. Espécimen	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Promedio	Punto (pico)(N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia (Mpa)	Modo de Falla
Holcim Mampostero	43	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim Mampostero	44	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim Mampostero	45	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim Mampostero	46	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim Mampostero	47	NR	NR	NR	-	-	B
Holcim Mampostero	48	NR	NR	NR	-	-	B
Promedio					NR	NR	

Fuente: Elaboración propia

**CAPÍTULO. V**  
**ANALISIS DE RESULTADOS**

## 5.1 Análisis de Resultados

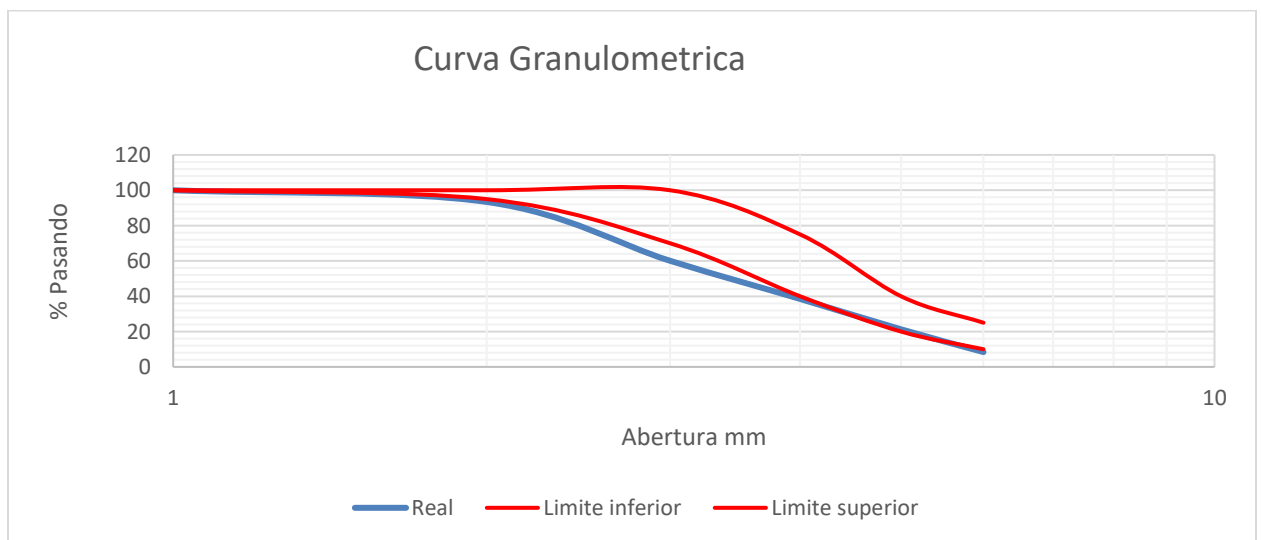
### 5.1.1 Análisis Granulométrico

Dado que el proyecto se trata de una comparación de diferentes tipos de cementos al utilizarse en la fabricación de mezclas de mortero empleadas en la fabricación de repellos se utilizó arena industrial normada bajo la norma ASTM C144. La cual tiene una granulometría particular bastante, diferente a la granulometría de agregado fino utilizada para realización de mezclas de concreto.

Todas estas pruebas realizadas a los agregados cumplían una función en específica y era la de verificar la calidad de los agregados con los cuales se trabajó en el transcurso del proyecto efectuado.

Esta arena como se mencionó en el capítulo 4 fue traída desde una planta de distribución en Guápiles y a la misma se le procedió a realizar el análisis granulométrico, para así conocer las condiciones del agregado y comprobar que este cumpliera con los estándares de la norma. A continuación, se presenta la gráfica de granulometría realizada a dicho agregado.

Figura 30: Curva granulométrica agregado fino



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

Como se puede ver en la gráfica, el agregado fino no cumplió con los parámetros establecidos por la norma. Con base en esto se decidió pasar todo el agregado por un cedazo cuya abertura fuera lo más similar al tamiz #8. Esto para corregir la granulometría y generar que esta cumpliera según la norma ASTM C144. Esto se logró pasando la totalidad del agregado fino por un sarán grande y de esta manera tamizar todo el agregado para así categorizarlo entre material pasando y material retenido. Posterior al haber realizado el tamizaje del agregado como se puede ver en la Figura 31, se realizó nuevamente el análisis granulométrico. Esto para verificar si ya se cumplía con los parámetros establecidos.

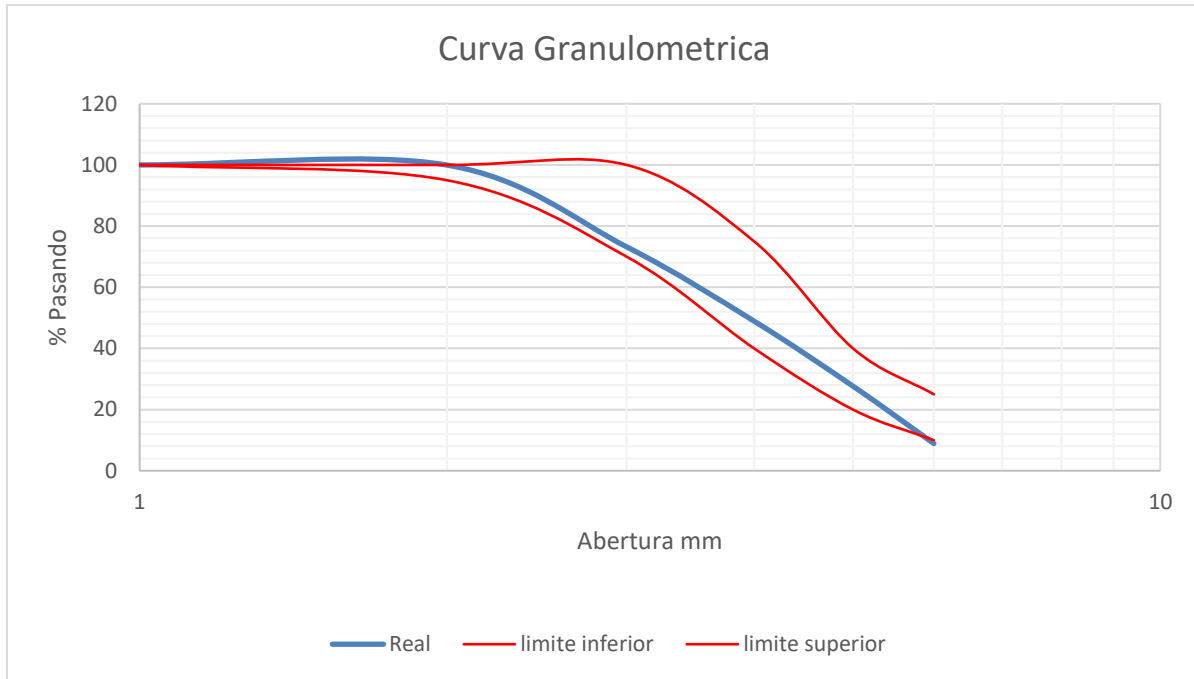
*Figura 31: Tamizado de la arena*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

Como se puede ver en la Figura 32, se presenta la segunda prueba granulométrica al agregado fino. En la cual se puede verificar que los parámetros de material pasando por cada uno de los tamices cumpliera, esto con respecto a la norma ASTM C144.

Figura 32: Curva granulométrica agregado fino (segunda iteración)



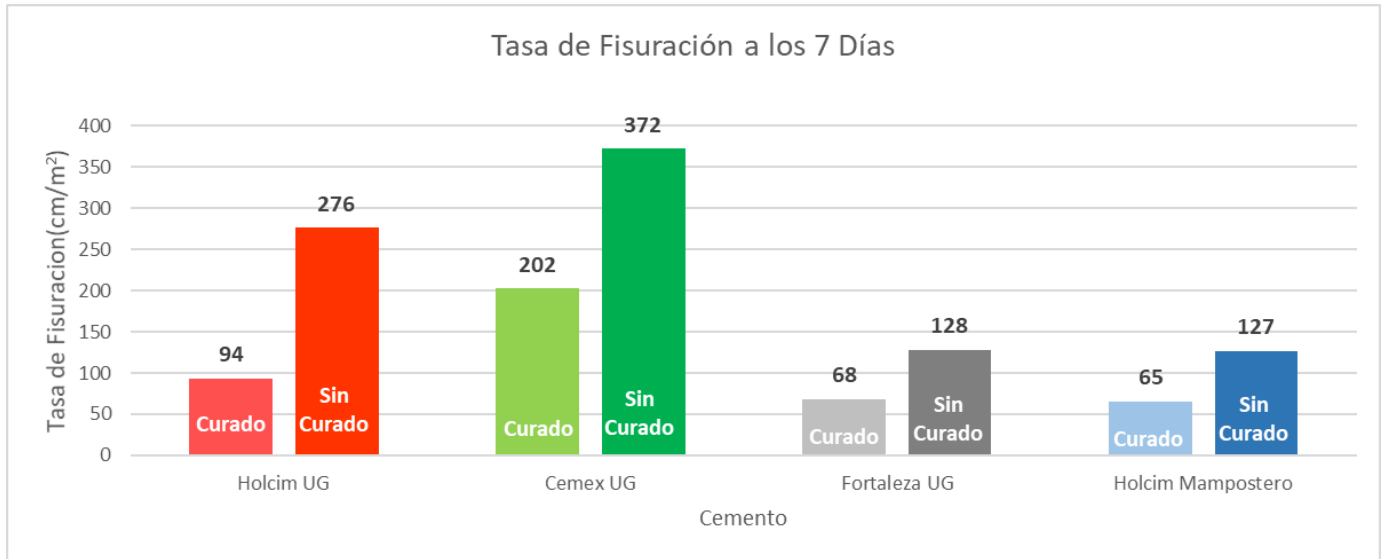
Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de granulometría del agregado fino ya corregido, se puede concluir que este agregado cumple con las especificaciones de la norma ASTM C144 y es adecuado para la realización de mezclas de mortero.

### 5.1.2 Medición de fisuras a los 7 días (tasa de fisuración)

De acuerdo con el gráfico presente en la Figura 33 se presentan los resultados para la tasa de fisuración a los 7 días para ambas condiciones de curado.

Figura 33: Tasa de Fisuración a los 7 Días



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

#### 5.1.2.1. Ancho de fisuras y tasa de fisuras a los 7 días (condición de curado)

De acuerdo con la Tabla 32 el paño de mortero realizado con el cemento tipo Mampostero fue el que tuvo menor ancho de fisuras 0,05-0,10 mm a los 7 días en la condición de curado y el que tuvo mayor ancho de fisuras fueron los paños de repello realizados con el cemento Cemex UG y Fortaleza UG; los cuales tuvieron un ancho promedio de fisuras en la condición de curado a los 7 días de 0,05-0,25 mm. El paño realizado con la mezcla de mortero con cemento Holcim UG, presentó un ancho de fisuras de 0,05-0,20 mm esto para la condición de curado a los 7 días.

En la Figura 33, se muestra la tasa de fisuración para los 4 años de mortero a los 7 días para la condición de curado.

En este gráfico se observa que el paño de mortero realizado con cemento de uso general de la marca Cemex es el que presenta mayor tasa de fisuración, con un valor de 202,4 cm/m<sup>2</sup> y el paño que presentó menor tasa de fisuración fue el elaborado con cemento de tipo Mampostero de la marca Holcim con un valor de 65,2 cm/m<sup>2</sup>. El paño de mortero realizado con el cemento de uso general de la marca Fortaleza presentó una tasa de fisuración a los 7 días de 68 cm/m<sup>2</sup> y el paño de mortero realizado con el cemento de uso general de la marca Holcim presentó una tasa de fisuración a los 7 días de 93,6 cm/m<sup>2</sup> ambos para la condición de curado.

### **5.1.2.2. Ancho de fisuras y tasa de fisuras a los 7 días (condición de no curado)**

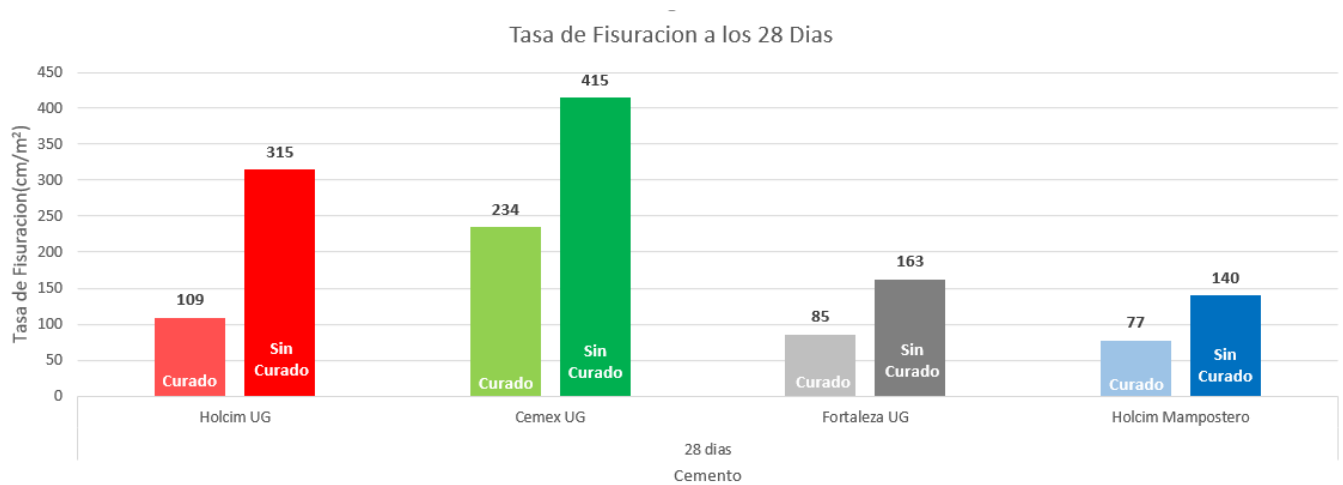
En la Tabla 33 se tabularon los resultados de las mediciones de las fisuras a los 7 días para la condición de no curado. En dicha tabla se presenta que el paño con ancho de fisuras promedios fue el realizado con cemento de uso general de la marca Cemex, con un valor de (0,10-0,45), por otro lado, los paños que presentaron menos ancho de fisuras a la edad de 7 días para la condición de no curado fueron los elaborados con los cementos de Fortaleza UG y Holcim Mampostero, los cuales desarrollaron un ancho promedio de (0,05-0,15mm). Por último, el paño de mortero elaborado con el cemento Holcim UG, presento un ancho de promedio (0,05-0,40 mm).

Por otra parte, como se puede observar en la Figura 33, se presenta un gráfico con los valores de la tasa de fisuración para cada uno de los paños de mortero a los 7 días en la condición de no curado. En dicha grafica se puede ver con claridad como la mezcla de mortero utilizada para el paño de repello con el cemento de uso general de la marca Cemex fue el que presento la tasa de fisuración más elevada con un valor de  $372 \text{ cm/m}^2$  y por otro lado el paño de repello que presente menor valor en la tasa de fisuración fue el elaborado con el cemento de la marca Holcim tipo Mampostero, esto para la condición de no curado a los 7 días, con un valor de  $127,2 \text{ cm/m}^2$ . También a mencionar, los repellos realizados con las mezclas de mortero con el cemento de uso general de Holcim y con el cemento de uso general de la marca Fortaleza, tuvieron respectivamente un valor de tasa de fisuración de  $276,2 \text{ cm/m}^2$  y de  $128 \text{ cm/m}^2$ .

### **5.1.3 Medición de fisuras a los 28 días (tasa de fisuración)**

De acuerdo con el grafico presente en la Figura 34 se presentan los resultados para la tasa de fisuración a los 28 días para ambas condiciones de curado.

Figura 34: Tasa de fisuración a los 28 días



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

### 5.1.3.1. Ancho de fisuras y tasa de fisuras a los 28 días (condición de curado)

En las Tablas 34 y 35 se puede verificar la información tabulada acerca de las características próximas a mencionar. En la Tabla 34 se presentan los datos acerca de las diferentes fisuras presentadas a los 28 días de curado, para la condición de curado, esto para cada una de las 4 mezclas de mortero realizadas.

Es importante destacar que en el rango del ancho de fisuras para esta condición no hubo cambio alguno, el repello no se fisuro más en ese sentido. Esto para cada uno de los repellos, más sin embargo en la longitud de fisuras promedio si hubo un cambio significativo, lo cual genero un aumento en la tasa de fisuración de cada uno de los paños de mortero para esta condición de curado.

En la Figura 34 se puede ver de mejor manera el rango de la tasa de fisuración presentada a los 28 días para la condición en la cual si hubo curado continuo todos los días. En esta se muestra como el paño de mortero que mostro un mayor grado de tasa de fisuración fue el repello realizado con el cemento de uso general de la marca Cemex, con un valor de 234,4 cm/m<sup>2</sup>. Por otro lado, el que presento un menor grado de fisuración fue el repello realizado con el cemento de la marca Holcim del tipo Mampostero, con un valor de 77,2 cm/m<sup>2</sup>. Así mismo el paño de repello con la mezcla de mortero utilizando el cemento de uso general de la marca Holcim, tuvo un grado de



fisuración de 109,2 cm/m<sup>2</sup> y el repello realizado el cemento de uso general de la marca Fortaleza tuvo un grado de fisuración del 85,4 cm/m<sup>2</sup> a los 28 días de curado en la condición de curado.

#### **5.1.3.2. Ancho de fisuras y tasa de fisuras a los 28 días (sin condición de curado)**

Con respecto a los valores de la tasa de fisuración presentados a los 28 días en la condición en la cual no hubo ningún curado se realizaron los cálculos respectivos presentados en la Figura 34.

En la figura 34 se puede ver con claridad los resultados obtenidos en el cálculo de la tasa de fisuración para los 4 paños de mortero realizados que no recibieron ningún tipo de curado en un periodo de 28 días. Dado esto, se puede ver como el paño de repello realizado con una mezcla de mortero con cemento de uso general de la marca Cemex es el que presente una mayor tasa de fisuración, con un valor de 414,8 cm/m<sup>2</sup>. Así mismo el paño de repello con menor tasa de fisuración fue el repello realizado con el mortero que utilizo como su principal componente el cemento del tipo Mampostero de la marca Holcim con un valor de 139,8 cm/m<sup>2</sup>. También cabe mencionar que el repello realizado con el cemento de uso general de la marca Holcim presento una tasa de fisuración de 315 cm/m<sup>2</sup> y el repello realizado con cemento de uso general de la marca Fortaleza presento una tasa de fisuración de 162,6 cm/m<sup>2</sup>.

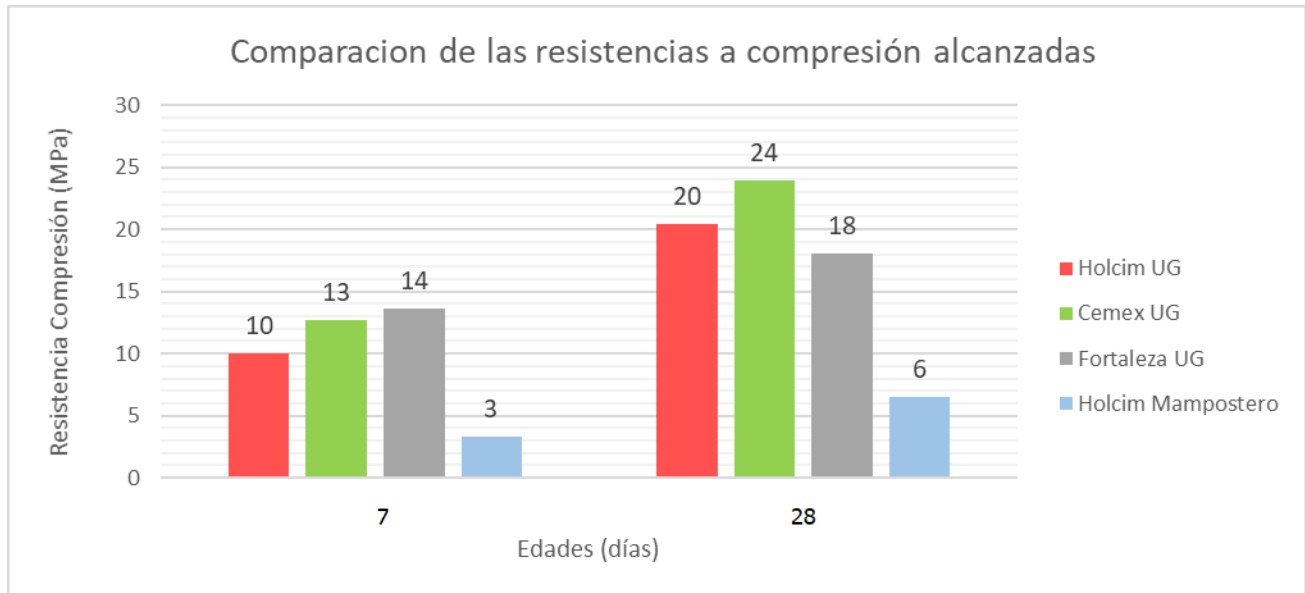
#### **5.1.4 Ensayo a compresión ASTM C109**

Con respecto al ensayo a compresión, se mencionó anteriormente que se realizaron 4 mezclas de mortero elaborados por un albañil. Dichas mezclas tenían las características que este considerase adecuadas para poder aplicar de manera correcta el mortero en los paños a repellar. De cada una de estas mezclas se realizaron una serie de especímenes para ser fallados a dos edades de curado. Un grupo de ellos a los 7 días y los otros a los 28 días desde la realización de la mezcla.

Como se puede ver en la Figura 36, en la cual se presenta una gráfica de las resistencias a compresión alcanzadas en ambas edades para cada una de las mezclas de mortero realizadas y se realiza una comparativa de las resistencias obtenidas en las dos edades para cada mezcla elaborada.

A partir de la Tabla 38 hasta la Tabla 45 de este documento se encuentran todos los datos relevantes para la realización del cálculo de la resistencia a compresión, desde el número de muestra hasta la carga de falla aplicada por el equipo utilizado en el ensayo.

Figura 35: Resistencias a compresión



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

Como se logra identificar a partir de la gráfica anterior, se evidencia las resistencias a compresión obtenidos luego del ensayo a compresión de los especímenes cúbicos elaborados a partir de las mezclas de mortero utilizadas en los repellos. A partir de lo anterior mencionado se puede identificar como la mezcla de mortero realizada con cemento de uso general de la marca Fortaleza fue el que obtuvo un grado mayor de resistencia a los 7 días de curado, presentando un valor de 14 Mpa. Así mismo para las otras dos mezclas realizadas con cemento de uso general de las marcas Holcim y Cemex se presentaron valores de resistencia a compresión a los 7 días de curado de 10 Mpa y 13 respectivamente. Por otra parte, para la mezcla de mortero realizada con el cemento del tipo Mampostero de la marca Holcim se obtuvo un valor de resistencia a la compresión a los 7 días, considerablemente menor a sus contrapartes con un dato de 3 Mpa.

Por otro lado, a una edad de curado de 28 días posteriores a la realización de las mezclas de mortero se evidencia como los especímenes cúbicos realizados con la mezcla de mortero que utilizó cemento de uso general de la marca Cemex obtuvo un valor mayor a todos los demás, siendo este un valor de resistencia a la compresión de 24 Mpa. Así mismo las otras dos mezclas de mortero realizadas con cementos de uso general de las marcas Holcim y Fortaleza obtuvieron valores a la

resistencia a la compresión de 20 Mpa y 18 Mpa respectivamente. Por su parte los especímenes realizados con la mezcla de mortero que utilizó el cemento del tipo Mampostero de la marca Holcim alcanzó un valor de resistencia a la compresión a los 28 días de 6 Mpa.

#### ***5.1.5 Ensayo a tensión ASTM C1583 (prueba Pull-Off)***

A la hora de realizar el análisis de los datos obtenidos en la prueba a tensión por medio del Pull-Off tester se logra ver con claridad la gran diferencia presentada en los paños de repello para ambas condiciones de curado. El curado o no de los paños de repello para todo el proceso terminó siendo una variable fundamental y la cual generó resultados drásticamente diferentes entre las dos series de repellos. Es fundamental aclarar que la prueba de la resistencia a tensión para así medir la adherencia entre el mortero y la superficie a repellar, que en este caso eran las láminas de Durock, solamente se realizó a los 28 días de curado para ambos juegos de paños de repello. Estos resultados se mencionan a continuación.

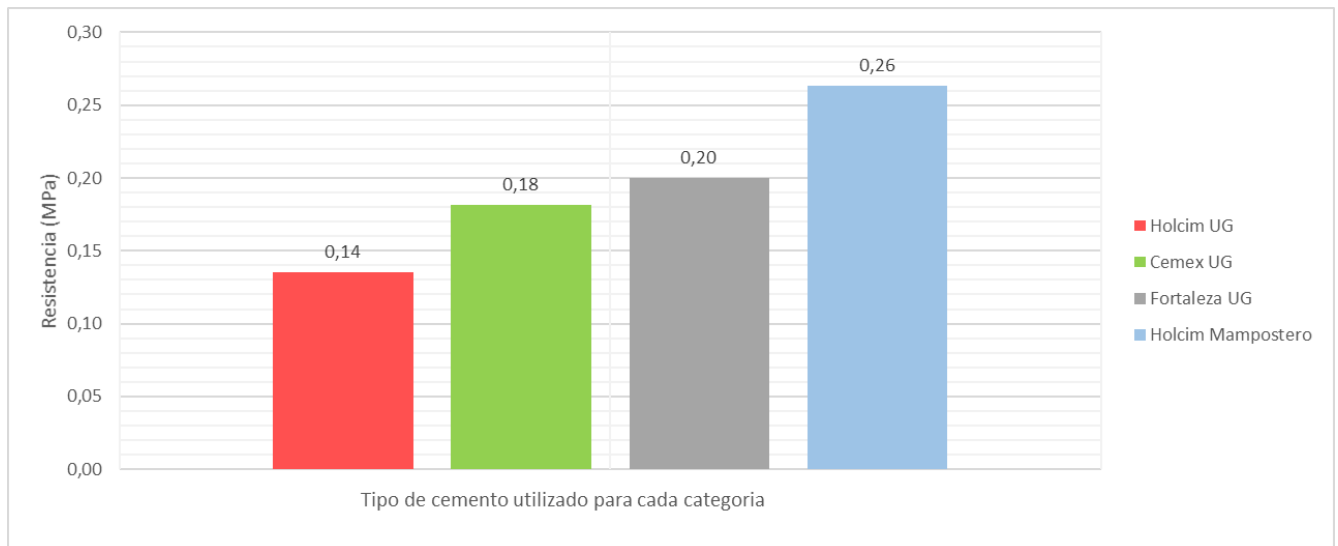
Como me menciono en el capítulo IV con una serie de tablas que va desde la Tabla 46 hasta la Tabla 53, en donde se documentaron parámetros como el tipo de cemento de los especímenes a estudiar, el diámetro promedio, el punto pico de resistencia a tensión alcanzada durante el ensayo y el modo de falla para cada uno de los especímenes puestos a prueba, se logró obtener una base de información de la cual se extrañaron una serie de argumentos.

En la Figura 37, la cual es un gráfico que compara los diferentes resultados obtenidos en el ensayo de la resistencia a tensión a los 28 días en los repellos los cuales si obtuvieron un curado con agua suficiente a través de todo el proceso. En dicha gráfica se compara el promedio de resistencia pico obtenido para cada mezcla de mortero realizada. Cabe a mencionar que se realizaron 6 galletas a fallar para cada uno de los paños y el valor obtenido para cada uno de estos se promedió y es resultado que termina apareciendo en dicha gráfica. Como se puede ver en la gráfica a una diferencia bastante significativo entre el mortero que presente un valor mayor de resistencia a tensión y el que obtuvo un menor valor. En este caso el mortero realizado con el cemento del tipo Mampostero fue el que presentó mayor resistencia a la tensión, es decir presentó un mayor grado de adherencia con respecto sus contrapartes. Como se observa en la figura, el valor de la resistencia a tensión promedio obtenida fue de 0,26 Mpa. Por otro lado, el mortero que presente menor resistencia a la tensión a los 28 días de curado fue el realizado con el cemento de uso general de la marca Holcim, con un valor de 0,14 Mpa. También a mencionar que para las

mezclas realizadas con cementos de uso general de las marcas Cemex y Fortaleza se obtuvieron valores de resistencia a la tensión a los 28 días de 0,18 Mpa y 0,20 Mpa respectivamente.

Teniendo en cuenta dichos resultados se observa como el cemento del tipo Mampostero fue el que presento un mayor grado de adherencia entre el mortero y las láminas de Durock en comparación con los tres de cementos de uso general, esto para la condición de curado presente.

*Figura 36: Comparación de los resultados obtenidos en el ensayo a tensión a los 28 días para los repellos en condición de curado*



*Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel*

Así otro dato importante que se deriva de la realización de este ensayo es el modo de falla que se presentó a la hora de realizar la prueba. Como anteriormente se mencionó, en este ensayo se presentan 4 tipos de falla distintos y se categorización de la siguiente manera:

- ✓ Falla tipo A: falla en el sustrato
- ✓ Falla tipo B: falla de unión en la interfase concreto/recubrimiento
- ✓ Falla tipo C: falla en el recubrimiento o material de reparación
- ✓ Falla tipo D: falla de unión en la interfase del recubrimiento epoxico

Con base en esto se obtuvieron los resultados siguientes con respecto al tipo de falla presente a la hora de realizar en el ensayo a los 28 días para cada una de las mezclas de motero en condición de curado realizadas. Para esto se presenta los datos obtenidos de la siguiente manera:

- ✓ Mortero realizado con el cemento UG Holcim:
  - 17 % de los especímenes presentaron falla del tipo A
  - 50 % de los especímenes presentaron falla del tipo B
  - 33 % de los especímenes presentaron falla del tipo C
- ✓ Mortero realizado con el cemento UG Cemex:
  - 83,33 % de los especímenes presentaron falla del tipo B
  - 16,7 % de los especímenes presentaron falla del tipo C
- ✓ Mortero realizado con el cemento UG Fortaleza:
  - 50 % de los especímenes presentaron falla del tipo A
  - 50 % de los especímenes presentaron falla del tipo B
- ✓ Mortero realizado con el cemento Mampostero Holcim:
  - 83,33% de los especímenes presentaron falla del tipo A
  - 16,67 % de los especímenes presentaron falla del tipo B

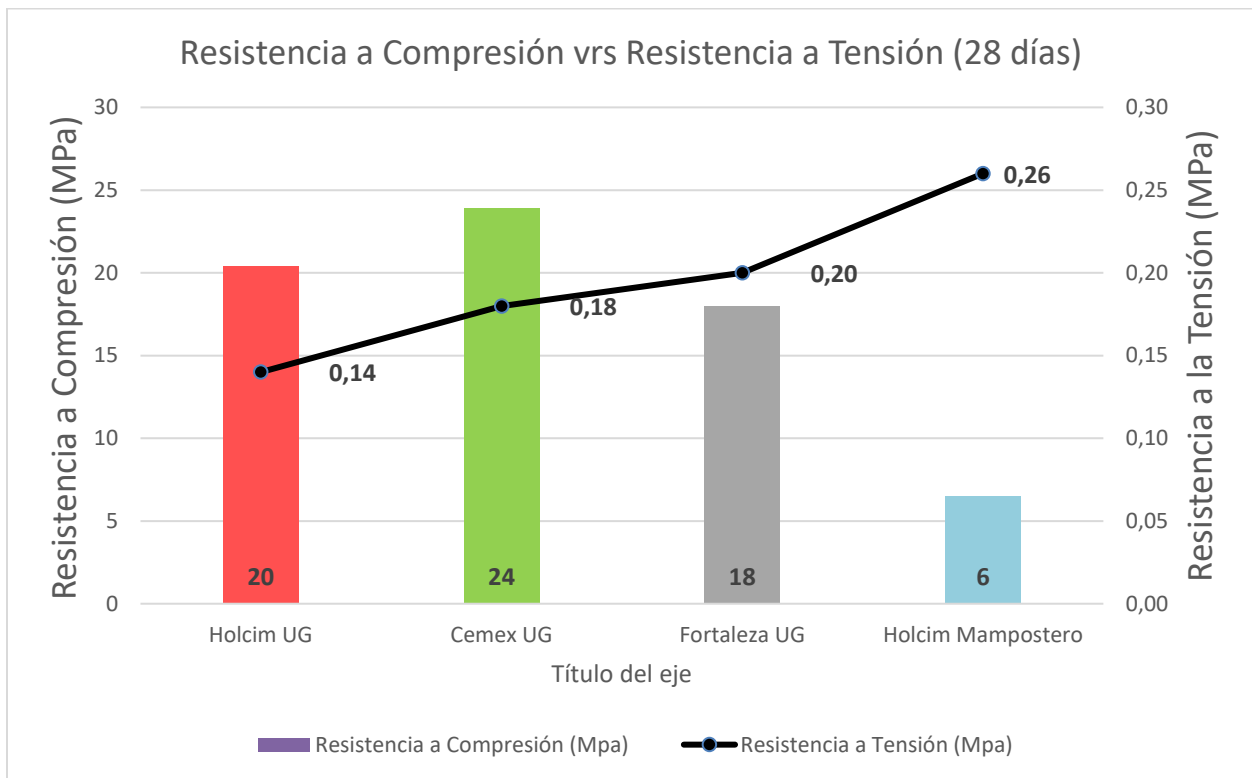
Sin embargo, para los paños de mortero que no recibieron ninguna clase de curado durante los 28 días, los resultados fueron extremadamente diferentes. Como se aprecian en las tablas que van desde la Tabla 46 hasta la Tabla 53, se tabularon los resultados obtenidos en la prueba de resistencia a la tensión. En la cual para todos los casos fue imposible realizar el ensayo, ya que el repello no mostro ninguna clase de adherencia. Esta característica se presentó para cada una de las mezclas de mortero que se realizaron, sin importar el tipo de cemento utilizado. Por lo cual se tomó la decisión de no realizar el ensayo, ya que al repello estaba completamente desprendido de la lámina de Durock. Este no presento en ninguna zona adherencia alguna a la superficie en la cual se trabajó. Esto se debe en la mayoría al faltante de agua durante los 28 días que los paños de repello estuvieron expuestos a la intemperie, en una zona en la cual recibían sol de manera constante unas 8-10 horas diarias. Esa falta de curado llevo a generar que el mortero no se adhiérase de manera correcta a la superficie de trabajo. El curado de tanto el concreto como el mortero, es fundamental en las condiciones climatológicas del país.

## 5.2 Análisis de resultados (cruce de información)

De manera en que se le lograra dar un mayor valor a la información obtenida en el presente proyecto, sé tomó la decisión de hacer un cruce de datos o información entre las diferentes pruebas. Esto para tener una comparación más visual y directa sobre los datos obtenidos. Con respecto a esto se generó el cruce de información entre las diferentes variables trabajadas, como lo fue, por ejemplo; la resistencia a compresión versus la resistencia a la tensión a los 28 días o la medida de la tasa de fisuración versus la resistencia a la compresión a los 28 días para cada una de las mezclas de mortero realizadas. Estas y demás gráficos se presentan en la siguiente sección.

### 5.2.1 Resistencia a la compresión versus resistencia a la tensión a los 28 días

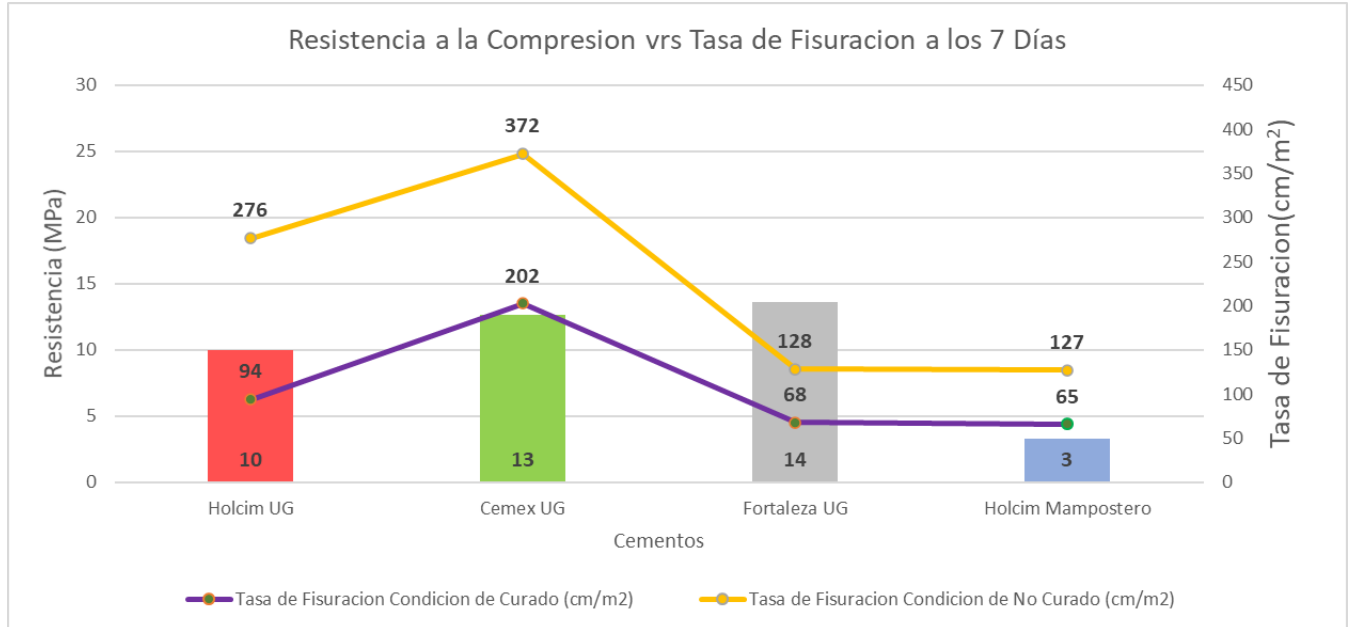
Figura 37: Comparación de los resultados obtenidos en el ensayo a compresión versus el ensayo a tensión



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

### 5.2.2 Resistencia a la compresión versus tasa de fisuración a los 7 días

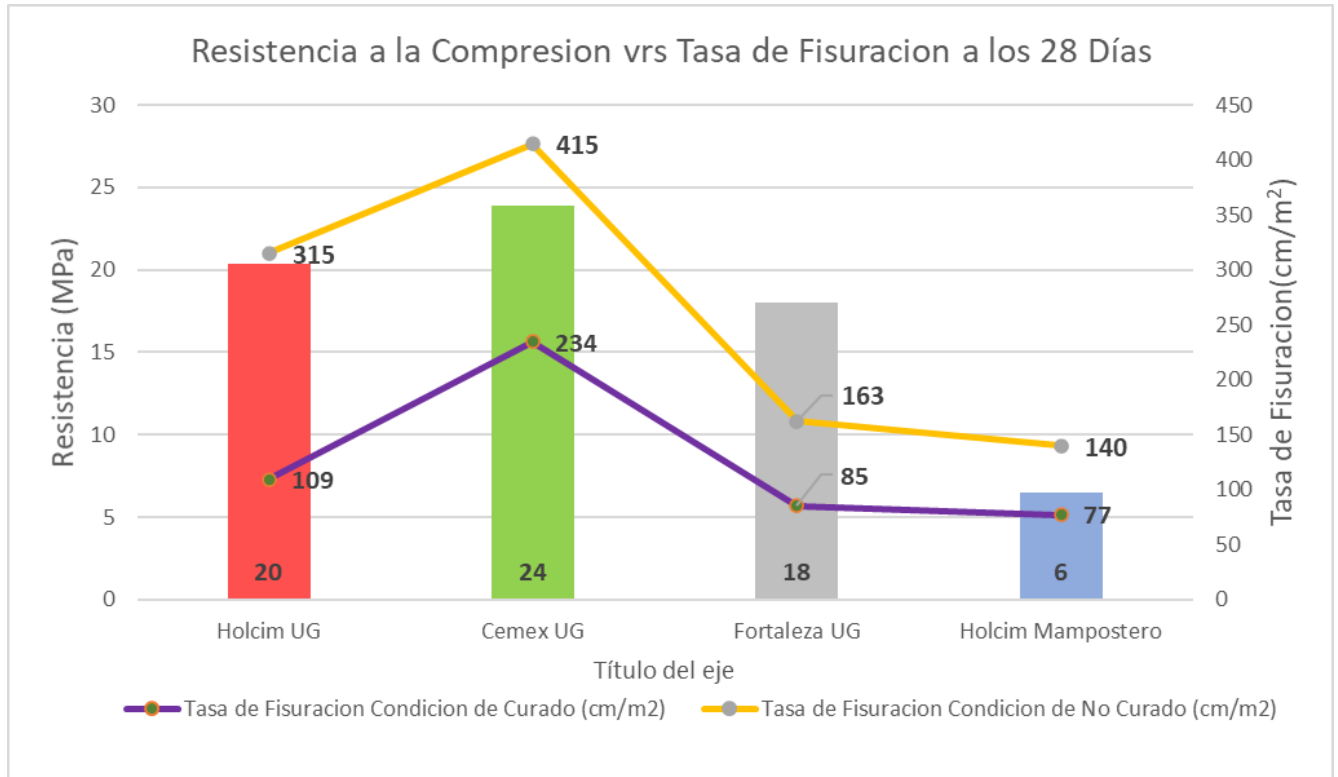
Figura 38: Comparación de los resultados obtenidos en el ensayo a compresión versus los resultados de la tasa de fisuración a los 7 días



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

### 5.2.3 Resistencia a la compresión versus tasa de fisuración a los 28 días

Figura 39: Comparación de los resultados obtenidos en el ensayo a compresión versus los resultados de la tasa de fisuración a los 28 días

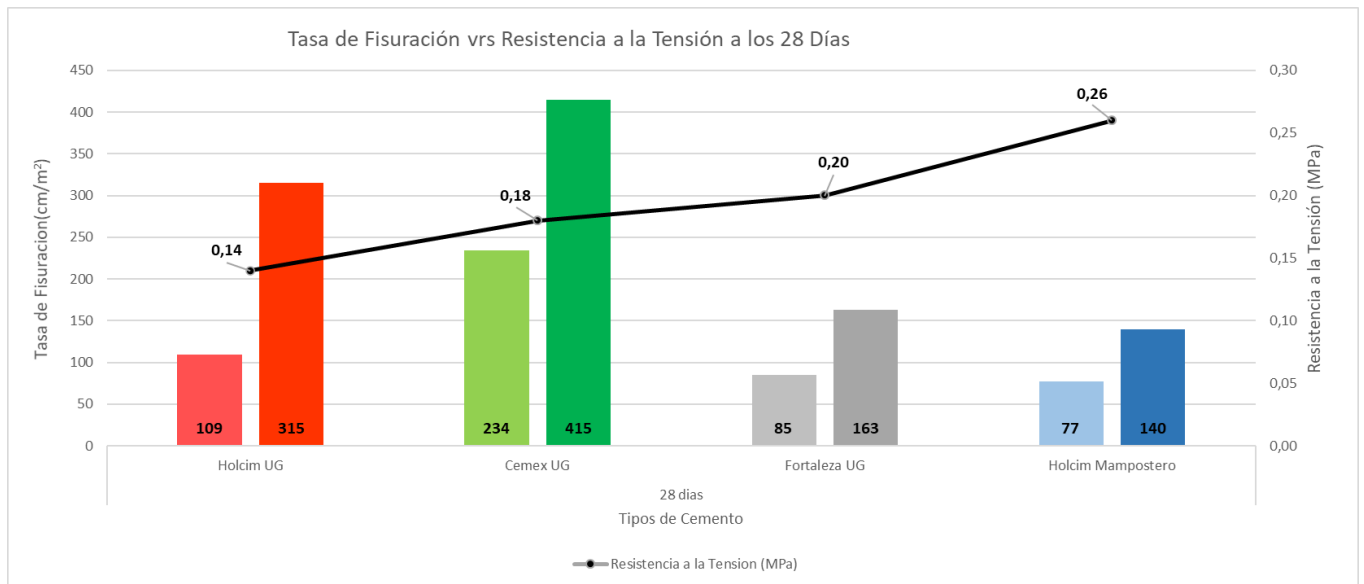


Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel



### 5.2.4 Tasa de fisuración versus resistencia a la tensión a los 28 días

Figura 40: Comparación de los resultados obtenidos en la tasa de fisuración y el ensayo de resistencia a la tensión a los 28 días



Fuente: Elaboración propia, elaborada por medio del software Microsoft Excel

### 5.3 Hallazgos

- El cemento de uso general de la marca Fortaleza obtuvo valores muy similares al cemento del tipo Mampostero en términos de la aparición de fisuras, ya que presentó valores de tasa de fisuración bajos, al igual que el cemento del tipo mampostero. Sin embargo, se diferencian el uno con el otro en el valor de la resistencia a la compresión, en donde el cemento de Fortaleza obtuvo mejores resultados.
- La falta de curado de los especímenes a lo largo de los 28 días, demostró ser una variable determinante en la adherencia de los paños de mortero a la superficie, en este caso la lámina de Durock.

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

- Se logro construir un panel de prueba con un mortero que cumplía con la especificación de la norma ASTM C144, con un cemento del tipo mampostero y tres cementos de uso general, esto bajo dos condiciones de curado.
- Se demostró que el mortero realizado con el cemento de uso general de la marca Cemex fue el que presento una mayor aparición de fisuras a los 7 y 28 días en ambas condiciones de curado. Y por otro lado la mezcla de mortero realizada con el cemento de tipo mampostero de la marca Holcim fue el cual presento menor aparición de fisuras a lo largo de los 28 días de curado, esto para ambas condiciones de curado.
- El mortero elaborado con el cemento de uso general de la marca Cemex fue el que desarrollo mayor resistencia a la compresión a los 28 días de curado con un valor de 24 Mpa.
- El cemento Holcim mampostero fue el cual desarrollo valores mas alto en el ensayo de la resistencia a la tensión con un valor de 0.26 Mpa. Así mismo en el ensayo a compresión demostró los mejores resultados de adherencia con respecto al tipo de fallas en donde obtuvo en el 83 % de los casos fue una falla del tipo A (falla en el sustrato) y en el 17 % de los casos falla del tipo B (falla de unión en la interfase concreto/ recubrimiento).

## 6.2 Recomendaciones

Al finalizar de manera concreta el estudio se llegaron a plantear las siguientes recomendaciones:

- Es recomendable verificar la granulometría del agregado a utilizar, esto sin importar si el fabricante o distribuidor aporta una ficha técnica con los valores típicos de dicha granulometría.
- Mantener la continuidad del operario a la hora de las labores a realizar, ya que el cambio de este puede agregar variables indeseables al proyecto.
- Al momento de querer realizar algún tipo de repello similar al realizado en el presente trabajo, es indispensable ubicar los repellos en una zona cercana al laboratorio donde se esté trabajando.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

American Society for Testing and Materials (2013). ASTM C566 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. West Conshohocken. United States: ASTM International.

American Society for Testing and Materials (2014). ASTM C136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. West Conshohocken. United States: ASTM International. Aggregates by Washing. West Conshohocken. United States: ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2011). ASTM C144 Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar. West Conshohocken. United States: ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2013). ASTM C1583 Standard Test Method for Tensile Strength of Concrete Surfaces and the Bond Strength or Tensile Strength of Concrete Repair and Overlay Materials by Direct Tension (Pull-off Method). West Conshohocken. United States: ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2015). ASTM C128 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. West Conshohocken. United States: ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2015). ASTM C1437 Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar. West Conshohocken. United States: ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2016). ASTM C109 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens). West Conshohocken. United States: ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2017). ASTM C29 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate. West Conshohocken. United States: ASTM International

Arias Barrantes,E.(2012).*Evolución de las propiedades del mortero preempacado para pega de bloques de mampostería*. [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR.

Campos Rojas,A.M.(2016). *Influencia de la cal en las características físico-mecánicas del mortero de pega para mampostería, fabricado con arena de tajo*. [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR.

Carvajal Coto,L.(2016).*Determinación de las curvas características de resistencia a la compresión en función del tiempo para el cemento de uso general comercializado en San José Costa Rica*. [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR.

Cemex(2021). Cemento Hidráulico de uso general. San José, Costa Rica: Ficha Técnica.

Chinchilla Mora,N.(2016) *Resistencia del mortero hidráulico a cinco edades diferentes utilizando cinco tipos de cemento nacional*[Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Construcción, Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-TEC.

Código Sísmico de Costa Rica 2010.Revision 2014 / Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. –5ª.ed.—Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica,2016.

Collado, C.F,Baptista Lucio, P.,& Hernández Sampieri,R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. Sexta Edicion). Mexico DF: Mc Graw Hill Education.

EB001, 14th edition, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 2002, 358 pages.

Elizondo Valverde;G.(2013) *Resistencia vs. relación A/C del concreto a tres edades y con dos tipos de cemento (UG y MP-AR)* [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Construcción , Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-TEC.

Fortaleza(2021). CEMENTO PORTLAND COMPUESTO CPC 30 R. San Jose,Costa Rica: Ficha Técnica

Hernández Mora,L.(2018).Resistencia a compresión simple versus tiempo de curado en especimenes de concreto hidráulico usando cementos modificados. [Proyecto de graduación para

optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR.

Holcim (2021). Cemento Hidráulico para Construcción General. San José Costa Rica: Ficha Técnica.

Holcim (2021). Cemento para Mampostería o Albañilería. San José Costa Rica: Ficha Técnica.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2015). INTE 06 11 15 :201 5. En Construcción Cemento hidráulico. Especificaciones y Requisitos(.). San Jose, Costa Rica: INTECO

Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; and Panarese, William C.; *Design and Control of Concrete Mixtures*,

Murillo Chacón. *Morteros para Repellos*. Centro Tecnológico del Concreto

Sarmiento Salazar,E & Segura Barrera,J & García Cardona K. (2012). *ANÁLISIS DE ADHERENCIA EN MORTEROS DE PEGA Y MORTEROS DE REPELLO UTILIZADOS EN MAMPOSTERÍA DE LADRILLOS DE SUELO CEMENTO*. [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de El Salvador].scribd <https://www.scribd.com/document/528922135/Analisis-de-Adherencia-en-Morteros-de-Pega-y-Morteros-de-Repello-Utilizados-en-Mamposteria-de-Lad>.

Torres Serrano,G.(2012). *Concreto hidráulico: usos y sus aplicaciones*. [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR.

Zuñiga Coto,A.(2020). *Análisis de la resistencia a la compresión de concretos y cementos hidráulicos costarricenses*. [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Construcción , Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-TEC.



## **ANEXOS**

## 8.1 Ficha Técnica del Cemento de Uso General de la Marca Cemex

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**COMPONENTES QUÍMICOS**

	RTCR 479:2015 Tipo MM/B(P-C)-28	ASTM C1157 Cemento UG
Óxido de magnesio (MgO),% ASTM C114	6.0% <u>máx</u>	no indica
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), % ASTM C114	4.0% <u>máx</u>	no indica
Cromo Hexavalente (Cr VI), % INTE 06-11-24	0.0002% <u>máx</u>	no indica

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**COMPONENTES QUÍMICOS**

	RTCR 479:2015 Tipo MM/B(P-C)-28	ASTM C1157 Cemento UG
Expansión en autoclave, % ASTM C151	0.80% <u>máx</u>	0.80% <u>máx</u>
Tiempo de fraguado inicial, min, ASTM C191	45 <u>mín</u>	45 <u>mín</u>
Tiempo de fraguado final, min, ASTM C191	420 <u>máx</u>	420 <u>máx</u>
Fraguado falso, % ASTM C451	50 <u>mín</u>	50 <u>mín</u>
Contenido de aire, % ASTM C185	12 <u>máx</u>	12 <u>máx</u>
Expansión en barras de mortero a 14 días, %, ASTM C1038	0.020 <u>máx</u>	0.020 <u>máx</u>
Resistencia a la compresión MPa, ASTM C109	≥13 MPa a 3 días ≥20 MPa a 7 días ≥28 MPa a 27 días	≥13 MPa a 3 días ≥20 MPa a 7 días ≥28 MPa a 27 días

[www.cemexcostarica.com](http://www.cemexcostarica.com)

CENTRO DE SERVICIO (506) 2201-2020

CEMENTO HIDRÁULICO USO GENERAL

Tipo MM/B (P-C)-28, según RTCR 479:2015





Producto certificado por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO); asegurando el cumplimiento del Reglamento Nacional de Cementos Hidráulicos RTCR 479:2015, como cemento Tipo MM/B(P-C)-28

Producido en nuestras Plantas de Cemento ubicadas en Colorado de Abangares y Guatuso de Patarrá. Procesos bajo el sistema de gestión integrado de Calidad y Ambiente:

- INTE/ISO 9001: 2008 - Sistemas de Gestión de Calidad
- INTE-ISO 14001:2004 - Sistema de Gestión Ambiental

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

Cemento de uso general, ideal para estructuras que no demanden alta resistencia inicial. Cumple con el Reglamento Nacional como cemento Modificado Mixto, Tipo MM/B (P-C)-28. Adicionalmente cumple con la norma ASTM C1157, como cemento Tipo UG.

El cemento de Uso General tiene la propiedad de producir mezclas de excelente trabajabilidad, plasticidad y cohesividad, lo que evita la segregación y ayuda a minimizar el sangrado, facilitando el manejo y colocación.

## COMPONENTES

✓ CLINKER ✓ YESO ✓ PUZOLANA ✓ CALIZA

## CERTIFICACIONES Y ACREDITACIONES

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD ACREDITADO POR ECA  
Ente Costarricense de Acreditación

**NORMA ISO 17025: Laboratorio de Control de Calidad**

Proceso productivo certificado bajo el  
**SISTEMA INTEGRADO DE CALIDAD Y AMBIENTE**

**INTE/ISO 9001: 2008 – Sistemas de Gestión de Calidad**

**INTE/ISO 14001: 2004 – Sistemas de Gestión Ambiental**

Producto certificado por el Instituto de  
**NORMAS TÉCNICAS DE COSTA RICA (INTECO)**

Garantía de cumplimiento del  
**REGLAMENTO TÉCNICO DE CEMENTO RTCR 479:2015**

## USOS Y APLICACIONES

Especial para morteros y concretos de uso general. Ideal para estructuras que no requieren de alta resistencia inicial. Cemento especialmente diseñado para soportar las condiciones ambientales de Costa Rica. Sus componentes permiten que sea un producto de alta durabilidad, especialmente en zonas costeras y volcánicas. Bajo riesgo de fisuras y contracciones

## RECOMENDACIONES DE USO

- Controle el agua de mezclado.
- El exceso reduce la resistencia a la compresión
- Verifique y controle las proporciones de los materiales en el diseño de mezcla del concreto.
- El curado con agua es fundamental para reponer el agua perdida por evaporación, principalmente durante los primeros 5 días.

## SUMINISTRO

El cemento se suministra en granel o en sacos de 50 kg.

## MANEJO DE CEMENTO A GRANEL

No utilice la unidad para transportar otros productos diferentes al cemento o, en su caso, elimine los residuos del material extraño antes de la carga del cemento

Antes de la carga asegúrese de que el interior de la tolva se encuentra limpia y seca. Después de la carga asegúrese de que las tapas de la tolva cierren herméticamente, mantenga el interior limpio y libre de adherencias. Incluya la limpieza del interior de la tolva y su hermeticidad en los programas de mantenimiento de la unidad.

## MANEJO DE CEMENTO EN SACOS

Almacene los sacos en un lugar cerrado, limpio y libre de humedad. Almacénelos de tal forma que los primeros sacos que entran sean los primeros que salgan del almacén. Evite colocarlos en superficies disparejas que puedan romperlos. Maneje con cuidado los sacos, transpórtelos y protéjalos de objetos que puedan causar su rotura (varillas, clavos, puntas de maderas, etc.). No los coloque directamente sobre el piso, utilice una tarima para separarlos al menos 10 cm del suelo y paredes. Evite que los sacos se mojen. No almacenar a la intemperie. Si el almacenamiento excede los 15 días, cubrir con lona impermeable.

## PRECAUCIONES

Puede provocar irritaciones o quemaduras en la piel u ojos, utilice el equipo de protección personal adecuado.

En caso de contacto o ingestión, acuda inmediatamente al centro de salud más cercano o llame al 911.



Construyendo un mejor futuro para Costa Rica

## 8.2 Ficha Técnica del Cemento de Uso General de la Marca Holcim

**Cemento Fuerte**  
Cemento Hidráulico para Construcción General

**Características:**  
Gracias a la composición química del Cemento Holcim Fuerte, su resistencia se sigue desarrollando después de los 28 días. **Ideal para remodelar o construir viviendas**

El Cemento Holcim FUERTE es el recomendado para preparar concretos y morteros de uso general, que no requieran alta resistencia inicial. Su contenido controlado de C<sub>3</sub>A no mayor al 8% provee un moderado calor de hidratación lo cual favorece la disminución de agrietamiento superficial por contracción plástica, cuando se controlan adecuadamente los parámetros de curado.

**Para todo tipo de construcción**

- Durabilidad garantizada
- Para todo tipo de construcciones
- Ideal para paredes y repellos

**Holcim Fuerte**  
Cemento Hidráulico de Uso General  
EN 12518-2013 ASTM C 150-22

50 kg

# Especificaciones Técnicas

La inclusión de Caliza Holcim de alta ley, le confiere mejores atributos en cuanto a plasticidad en estado fresco de las mezclas.

**TABLA 1: ANÁLISIS QUÍMICOS DEL CEMENTO**

	CEMENTO HOLCIM FUERTE	RTCR 479: 2015	ASTM C1157 GU
% Óxido de magnesio (M <sub>2</sub> O)	≤ 3.0	≤ 6.0	≤ 6.0
% Trióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	≤ 3.0	≤ 4.0	≤ 4.0

**TABLA 2: COMPOSICIÓN DEL CEMENTO**

	CEMENTO HOLCIM FUERTE	
Clinker	45-64	45-64
Adiciones minerales	36-55	36-55
Otros	0-5	0-5

**TABLA 3: ANÁLISIS FÍSICOS DEL CEMENTO**

	CEMENTO HOLCIM FUERTE	RTCR 479:2015	ASTUM C1157 GU
Contenido de aire del mortero INTE 06-11-04 (max. %)	12.0	12.0	12.0
Finura por permeabilidad (min. cm <sup>2</sup> /g) INTE 06-11-06	-	-	-
Finura retenido en tamiz 0.045 mm INTE 06-11-10 (max. %)	-	-	-
Resistencia mínima a la compresión INTE 06-02-20	3 días	13	13
	7 días	20	20
	28 días	28	28
Tiempo de Fragua, minutos INTE 06-11-05	Inicial mínimo	45	45
	Final máximo	420	420
Autoclave, cambio de longitud % máximo INTE 06-11-03	Expansión (máx.%)	0.80	0.80
	Contracción (máx.%)		0.80
Expansión en barras de mortero 14 días, % máximo ASTM C 1038	0,02	0,02	0,02
Falso fraguado, % mínimo ASTM C451	50	50	50

**Producido en:**

Holcim Costa Rica,  
Aguacaliente de Cartago

Producto Certificado por INTECO para el  
Uso de la Marca de Conformidad de  
Producto INTECO, con el Reglamento  
Nacional de Costa Rica (RTCR 479-2015).



# Usos y Recomendaciones

## Tipo MM/C (C-P)-28

RTCR 479:2015

### Presentación:

Bolsas 50 kg, granel

### Clasificación arancelaria:

**25.23.90.00.00**

Planta de Cemento Cartago con un sistema de gestión certificado según normas ISO 9001:2015 Gestión de Calidad e ISO 14001:2015 Gestión Ambiental.



Mantener condiciones de almacenamiento adecuadas para el cemento, según lo indicado en los documentos de la PCA, ACI International Cap. 2 y ACI 304 sección 2.3.

### Usos recomendados y aplicaciones:

Este cemento se considera apto para:

- Concretos de tipo estructural: vigas, columnas, cimientos
- Sellos, losas, aceras
- Reparaciones y remodelaciones
- Repellos de pared
- Concretos de relleno de celdas
- Producción de elementos de mampostería
- Concretos premezclados
- Morteros y concretos secos pre-ensacados
- Lechadas de inyección

### Recomendaciones:

Mantener un curado uniforme y sostenido.

Realizar el diseño de mezcla de concreto o del mortero que corresponda.

Mantener buenas técnicas de aplicación y procesos constructivos adecuados.





# Huella Ambiental:

El cálculo de la Huella de Producto para todos nuestros Cementos se realiza en cumplimiento con la norma PAS 2050, verificada por Carbon Trust y válida por tercera parte a través de INTECO.

Esta medición nos permite determinar la cantidad de gases de efecto invernadero que son liberados a la atmósfera durante la fabricación de un saco de cemento Holcim, expresado en kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente (kg de CO<sub>2</sub>e/saco).

Las principales acciones que nos han permitido lograr reducir el impacto ambiental de nuestras actividades y la huella del portafolio de productos:

- Uso de combustibles alternos para sustituir el consumo de combustibles fósiles tradicionales utilizados para el proceso productivo de Cemento.
- Automatización de la operación para garantizar la mayor eficiencia energética del proceso.
- Recuperación de calor en el sistema para reducir el consumo térmico del proceso.
- Utilización de minerales adicionados (puzolana y caliza) para optimizar la composición del cemento y mejorar sus propiedades.
- Mejora del desempeño del cemento y aumento de resistencias mediante la utilización de aditivos de molienda.

Desde el punto de vista del ciclo de la construcción, el contar con productos de menor huella de carbono o con significativas reducciones de CO<sub>2</sub>, contribuye a mitigar el impacto ambiental generado por el sector e incentiva cambios en la forma tradicional de construir. Holcim Costa Rica comprometido con los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) aporta soluciones sostenibles para el país.

HUELLA AMBIENTAL	
Unidad	Fuente
KgCO <sub>2</sub> e/t	535,32
Reducción Kg CO <sub>2</sub> e/t	334,75
Reducción % vs. Portland	38 %
Publicación en medios %	35 %
KgCO <sub>2</sub> e /saco 50 kg	26,77

Equivalencias

20 SACOS = 12 talados

20 SACOS = 123 Litros de gasolina no consumidos

20 SACOS = 4347 Horas menos de un uso de un

bombillo de 100 watts



### 8.3 Ficha Técnica del Cemento de Uso General de la Marca Fortaleza



**Ficha Técnica**  
**CEMENTO PORTLAND**  
**COMPUESTO CPC 30 R**

**CEMENTO PORTLAND COMPUESTO CPC 30R**

El Cemento Portland Compuesto clase resistente 30 de resistencia rápida (CPC-30R) es apto para la construcción de elementos estructurales donde no se necesita algún requisito con característica especial, desarrollando un buen desempeño de fraguado, resistencia y rendimiento.

**APLICACIONES**

El cemento Fortaleza CPC 30 R se puede utilizar en distintos elementos estructurales de ingeniería:

- Pisos
- Losas
- Cisternas
- Cimentaciones
- Cadenas y trabes
- Castillos y columnas
- Estabilización de suelos
- Vivienda y edificación en general
- Conductos de agua no residual (canales)
- Tanques de almacenamiento de agua no residual
- Almacenamiento de agua de escurrimiento pluvial
- Prefabricados como bloques, tabicones, bovedillas y adoquines

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Cumple con las especificaciones de calidad establecidas en la Norma Mexicana del Cemento **MMX-C-414-ONNCCE** vigente.

**Resistencia a compresión:**

- Mínima a 3 días: 20 N/mm<sup>2</sup> (204 kg/cm<sup>2</sup>)
- Mínima a 28 días: 30 N/mm<sup>2</sup> (306 kg/cm<sup>2</sup>)

**Tiempo de fraguado:**

- Inicial: 45 minutos (mínimo)
- Final: 600 minutos (máximo)

**VENTAJAS**

El Cemento Fortaleza CPC 30 R es una buena alternativa para construir con una excelente durabilidad en las obras.



## El maestro recomienda...

- Utilizar agua limpia, de preferencia potable.
- Emplear arena y grava de buena calidad y libres de contaminantes (tierra, arcilla, materia orgánica, etc.)
- Para obtener la trabajabilidad requerida de la mezcla, utilizar la cantidad de agua estrictamente necesaria, esta medida ayudará a evitar agrietamiento y baja resistencia en el concreto.
- Obtener una mezcla uniforme mezclando los materiales sobre una superficie plana, no absorbente y limpia, para evitar contaminación.
- Compactar (vibrar) el concreto para eliminar el aire atrapado en el concreto fresco, obteniendo una estructura densa, sin porosidades y con baja permeabilidad.
- Curar el concreto durante 7 días como mínimo, de forma continua y a partir que el concreto pierde su brillo superficial, esto ayuda a evitar agrietamientos y fomenta el desarrollo de resistencia del concreto.
- Proteger del viento, el frío y los rayos del sol toda la superficie del concreto expuesto en elementos prefabricados, pisos y losas.



## Para el transporte de sacos

- Revisar que las plataformas o tarimas no tengan clavos o materiales que puedan dañar los sacos.
- Vigilar que las uñas del montacargas no dañen las tarimas o los sacos.
- Para asegurar la carga de los sacos, utilizar cinchos o bandas y cuando se utilicen cuerdas se deben colocar protecciones en las superficies de fricción.



## Para el almacenamiento de sacos

- Almacenar los sacos en lugares secos y cubiertos.
- Evitar tiempos de almacenamiento prolongados (mayor de 45 días).
- Colocar los sacos sobre tarimas.
- Permitir la circulación del viento, que los sacos no hagan contacto con el piso ni paredes laterales.
- Evitar el uso de tarimas rotas o con clavos.
- Utilizar el cemento cronológicamente, primero los sacos que tienen más tiempo almacenados.
- Mantener el producto protegido de la humedad y colocarlo sobre superficies limpias.

## Para tu protección personal

- Evitar el contacto prolongado con la piel.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- Evita respirar el polvo del cemento
- Mantener fuera del alcance de los niños

Las condiciones y procedimientos de aplicación del cemento en concreto o mortero en la obra están fuera del alcance de **CEMENTOS FORTALEZA**. Para obtener asesoría técnica programar el apoyo con su Ejecutivo Comercial

[www.cementosfortaleza.com](http://www.cementosfortaleza.com)

## 8.4 Ficha Técnica del Cemento del Tipo Mampostero de la Marca Hocim



**NUEVO**

# ¡CEMENTO FUERTE MAMPOSTERO TE CONVIENE!

**Características:**

El cemento Mampostero es un producto especialmente diseñado para elaborar trabajos de albañilería (pega de bloques) de una manera eficiente y más durables. Su mayor rendimiento genera ahorros en el material utilizado y su alta trabajabilidad lo hace más fácil de aplicar, reduciendo el esfuerzo en la obra.

Hocim Mampostero es un cemento que se fabrica bajo la norma ASTM C91 cumpliendo estrictos estándares de calidad para garantizar la trabajabilidad y retención de agua en las mezclas.

**Producto especializado para la pega de bloques.**

Además, su nueva fórmula permite:

## Más

- Adherencia**  
Hasta 10% más adherencia
- Trabajabilidad**  
Hasta 15% más trabajable
- Rendimiento**  
Hasta 35% más rendimiento

**Hocim**



# Especificaciones Técnicas:

## Presentación del producto:

Cemento empacado en sacos de 50 kg.

## Usos:

Por sus características de **adherencia y trabajabilidad**, este cemento es ideal para trabajos de mampostería y en especial para el pegado de bloques.

\*Este cemento no es recomendable para la fabricación de concretos estructurales (cimentaciones, vigas, columnas, relleno de celdas, losas, etc).

## Beneficios:

### 1. Cobertura superior:

Hasta un 35% más rendimiento.  
Se avanza más por saco.

### 3. Óptima textura

Hasta un 15% más trabajable.  
Mejora la apariencia del acabado.

### 2. Mejor adherencia

Hasta un 10% mejor adherencia, menor rebote.

### 4. Óptima retención de agua:

Reduce la aparición de grietas y fisuras.

### 5. Ahorro en tiempo:

Hasta un 15% en el tiempo de pega de bloques.  
Hasta un 25% en el tiempo de preparación de mezcla: se requiere menos número de mezclas.

Puede demandar menos agua en comparación con el cemento Fuerte.



## DATOS TÉCNICOS

Parámetros	Unidad	Mampostería-Tipos
Finura, Residuo Tamiz 45um	%	24 máx
Expansión en Autoclave	%	1.0 máx
Tiempo de Fraguado inicial (Gillmore)	minutos	No menor de 90 No mayor de 1000
Resistencia a compresión 7 días (cubos)	mpa	9.0 Mpa
Resistencia a compresión 28 días (cubos)	mpa	14.5 Mpa
Contenido de aire (volumen)	%	Mínimo 8 - máximo 19
Retención de agua	%	70





# Huella Ambiental:

**Holcim Mampostero es un producto que ayuda a la sostenibilidad ambiental, ya que ha sido diseñado y fabricado bajo un proceso que genera un 50% menos de CO<sup>2</sup> vs el cemento Portland.**

El cálculo de la Huella de Producto para nuestro cemento Mampostero se realiza en cumplimiento con la norma PAS 2050, verificada por Carbon Trust y válida por tercera parte a través de INTECO.

Esta medición nos permite determinar la cantidad de gases de efecto invernadero que son liberados a la atmósfera durante la fabricación de un saco de cemento Holcim Mampostero, expresado en kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente (kg de CO<sub>2</sub>e/saco).

*Las principales acciones que nos han permitido lograr reducir el impacto ambiental de nuestras actividades y la huella del portafolio de productos:*

- Uso de combustibles alternos para sustituir el consumo de combustibles fósiles tradicionales utilizados para el proceso productivo de Cemento.
- Automatización de la operación para garantizar la mayor eficiencia energética del proceso.
- Recuperación de calor en el sistema para reducir e consumo térmico del proceso.
- Utilización de minerales adicionados (puzolana y caliza) para optimizar la composición del cemento y mejorar sus propiedades.
- Mejora del desempeño del cemento y aumento de resistencias mediante la utilización de aditivos de molienda.

Desde el punto de vista del ciclo de la construcción, el contar con productos de menor huella de carbono o con significativas reducciones de CO<sub>2</sub>, contribuye a mitigar el impacto ambiental generado por el sector e incentiva cambios en la forma tradicional de construir. Holcim Costa Rica comprometido con los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) aporta soluciones sostenibles para el país.

HUELLA AMBIENTAL	
Unidad	Mampostero
KgCO <sub>2</sub> e/t	435,17
Reducción KgCO <sub>2</sub> e/t	434,90
Reducción % vs Portland	50 %
Publicación en medios %	50 %
KgCO <sub>2</sub> e /saco 50 kg	21,80

**Equivalencias**

**20 sacos = 15 Árboles no talados** 

**20 sacos = 160 Litros de gasolina no consumidos** 


**20 sacos = 5648 Horas menos de un uso de un** 

bombillo de 100 watts



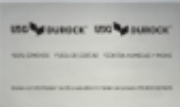


## 8.5 Ficha Técnica de la Lamina de Durock



# TABLACIMIENTO DUROCK®

Tablero para Sistema Exterior e Interior



### DESCRIPCIÓN

El tablero de cemento marca USG® es fabricada con cemento Portland en su núcleo, y laminado con una malla de fibra de vidrio polimerizada en ambas caras.

Proporciona una base sólida para recibir azulejos y recubrimientos cerámicos, losetas y mosaicos de cerámica, mármol, cantera, piedra y ladrillo delgado, así como acabados con pasta.

Se puede instalar sobre bastidores metálicos con los postes espaciados a 40 cm máximo (16"), tanto en construcciones nuevas como en remodelaciones.

Es el producto ideal para instalar en muros, faldones y cielos interiores, sujetos a contacto con el agua o condiciones de humedad alta como baños, regaderas, cocinas o lavanderías. También se puede utilizar para armar cocheras, bodegas agrícolas, marquesinas, desvanes, y fachadas.

---

### PRINCIPALES APLICACIONES

**Uso Exterior:**

- Muros.
- Cielos rasos.
- Elementos de fachada: faldones, cornisas, volúmenes decorativos.

**Uso Interior:**

- Muros divisorios de baños.
- Zonas de duchas.
- Cocinas industriales.

---

### VENTAJAS Y BENEFICIOS

- La mejor solución para áreas en contacto directo con agua.
- Se puede usar en interiores y exteriores.
- Fácil de marcar y cortar.
- No sufre deterioro, degradación, deformación, deslaminado, ni se desintegra al exponerlo al contacto directo con agua por tiempo prolongado.
- Presenta una de sus caras rugosa para la mejor aplicación de compuesto o mortero.
- Instalación rápida que acelera la productividad.


Dimensiones e Información del Producto	
Espesor	12.7mm (1/2")
Largo y ancho	1.22 m ancho ; 2.40 m largo
Peso por m <sup>2</sup>	13.01 kg/m <sup>2</sup>
Borlas	Tiene orilla cuadrada en sus lados cortos, redondeada y bis en sus lados largos.
Embalaje	El paquete consta de 30 piezas


  

Claves del producto		
Descripción del producto	Clave del producto	UPC
Tablamiento marca USG Durock® espesor 12.7mm (1/2") 1.22 m x 2.40 m.	DNG13244	0-81090-0440-0


NOTA ACLARATORIA: el peso bruto, se debe solicitar con SAD. El peso estimado bruto es 13.01 kg/m<sup>2</sup> por pieza, puede variar de acuerdo al embalaje.

Datos técnicos		
Resistencia a la flexión	51.7 kg/cm <sup>2</sup> (750 psf)	ASTM C-947-03
Capacidad de carga uniforme	Puntos @ 30.5cm (12")	244 kg/m <sup>2</sup> (50 psf)
Absorción de agua en 24 horas	15% de su peso	ASTM C-473-07
Resistencia a la extracción de clavos	79 kg (175 lb)	ASTM C-473-07
Resistencia al fuego	Aprobado	ASTM E-136-04
Propagación de flama	0	ASTM E-84-05
Generación de humo y tóxico	0	ASTM E-84-05
Radio mínimo de flexión	3.44m (12')	
Congelamiento (ciclado de ciclos de interior)	100	ASTM C-666-03





1



**Cumplimiento de Normas**

Producto	Norma ASTM	Descripción de la norma
USG DUROCK®	C 1325	Standard Specification for Non-Asbestos Fiber-Mat Reinforced Cementitious Backer Units
	C947	Standard Test Method for Flexural Properties of Thin-Section Glass-Fiber-Reinforced Concrete (Using Single Beam With Third-Point Loading)
	E 136	Standard Test Method for Behavior of Materials in a Vertical Tube Furnace at 750 degrees
	G 21	Standard Practice for Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to Fungi
	D 3373	Standard test method for resistance to growth of mold on the surface of interior coatings in an environmental chamber
	C 473	Standard Test Methods for Physical Testing of Gypsum Panel Products
	E84	Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials
	C666	Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing
	C627	Standard Test Method for Evaluating Ceramic Floor Tile Installation Systems Using The Robinson-Type Floor Tester
	C518	Standard test method Steady-state Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus

• NOM-018-ENER-2011 - Certificado del ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN (ONNCCCE)

**INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN**

- Los tableros de cemento se instalan sobre bastidores metálicos, tanto en muros como en sistema de cielo raso clase A.
- Los elementos de los bastidores a los que se sujetarán los tableros, deberán colocarse a no más de 61 cm. (24") entre ellos.
- Los tornillos o clavos a utilizar dependerán del tipo de bastidor al que se sujeten los tableros.
- Antes y durante el manejo de los productos USG, siga las normas de seguridad industrial vigentes. Tome las precauciones necesarias y utilice el equipo de seguridad personal adecuado.
- Antes de su especificación e instalación, lea detenidamente las instrucciones relacionadas con los productos, impresas en los empaques y manuales publicados por USG Latinoamérica.

**CONSIDERACIONES DE USO Y ALMACENAJE**

Fijar todos los postes a los canales de amarre.

- Los bastidores se deberán desplantar sobre una cadena de concreto, no se recomienda su desplante a nivel de piso terminado.
- En muros exteriores, se deberá instalar una membrana impermeable sobre el bastidor antes de instalar los tableros de cemento. En cielos rasos exteriores, un Ingeniero Mecánico calificado determinará si es necesario instalar una barrera de vapor.
- Los tableros de cemento marca USG DUROCK® deberán sujetarse a los bastidores con tornillos DS de 1-1/4" y DS de 1-5/8" fabricados para este uso, observando los espaciamientos de 20 cm (muros) y 15 cm (plafón)
- El tratamiento de juntas entre tableros de cemento marca USG DUROCK®, se hará con cinta de malla de fibra de vidrio USG DUROCK® y compuesto BASECOAT marca USG DUROCK® o BASEFLEX®, conforme a las especificaciones descritas en el Manual Técnico USG DUROCK® y fichas técnicas.
- La capa uniforme de BASECOAT® marca USG DUROCK® o

BASEFLEX® deberá de aplicarse con la malla USG en toda la superficie, 3 mm de espesor, capa uniforme, lista para recibir una acabado de pasta de 1/8" de espesor como mínimo conforme a las especificaciones del fabricante. Consulte el manual técnico USG DUROCK® con las especificaciones completas del sistema.

Es importante considerar el uso de selladores, tapajuntas (flashings) y elementos adicionales conforme las especificaciones del proyecto, para el correcto uso del tablero de cemento marca USG DUROCK®.

El almacén debe contar con las siguientes características:

- Lugar cerrado, fresco y seco.
- Las estibas deberán descansar sobre soportes, nunca sobre piso.
- No se recomienda el acomodo de los tableros sobre sus cantos para:
- Mantener la integridad del núcleo del canto y evitar que se fracture.



- Seguridad de los operarios.
- Antes y durante el manejo de los productos USG, siga las normas de seguridad industrial vigentes. Tome las precauciones necesarias y utilice el equipo de seguridad personal adecuado.
- Antes de su especificación e instalación, lea detenidamente las instrucciones relacionadas con los productos, impresas en los empaques y manuales publicados por USG Latinoamérica.

La estiba máxima es de 6 paquetes o tarimas (30 piezas por paquete), se recomienda mantener el mismo acomodo durante períodos largos de tiempo, y rotar las estibas cada 6 meses como máximo.

- Capacidad máxima de carga uniforme – positiva o negativa – del panel a 40 cm es de 16.1 kg/m<sup>2</sup> (33 psf).
- Espacio máximo entre postes o elementos que reciban el tablero de cemento: 40 cm.
- Deflexión máxima permisible para muros y cielos: L/360.
- Separación máxima entre fijadores en sistemas de muros (tornillos DS): 20 cm (8").
- Separación máxima entre fijadores en sistemas de plafón (tornillos DS): 15 cm (6").
- Los tornillos deben ser DS de 1-1/4" en capa sencilla y DS de 1-5/8" en segundas capas.
- Carga muerta máxima en sistemas de plafón: 36.6 kg/m<sup>2</sup>

(7.5psf).

- Calibre mínimo en bastidores metálicos: 20.
- No usar fijadores (tornillos o clavos) especificados para panel de yeso.
- En sistemas de pisos con tablero de cemento marca USG DUROCK®, no utilizar bases para piso de vinilo.

No usar accesorios (esquineros, rebordes, etcétera) metálicos sobre tableros de cemento USG DUROCK®

### GARANTÍA DE FABRICANTE

USG Garantiza sus productos contra defectos de fabricante a 30 días de su compra. Es importante presentar los documentos de adquisición (facturas o recibos) para realizar cualquier reclamación notificando al distribuidor autorizado USG con quien realizaste tu compra.

#### PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS:



- Compuesto Basecoat marca USG DUROCK® y Baseflex marca USG DUROCK®
- Cinto de refuerzo marca USG DUROCK®
- USG TABLAROCA® Herramientas.
- METALES USG: Postes, canales y tornillos.
- Malla marca USG DUROCK®

#### NOTA:

- Si requiere que el sistema sea acústico y/o térmico: Colchoneta de Fibra de Vidrio.
- Si requiere que el sistema sea térmico, acústico y ensamble para protección contra fuego: Colchoneta de Lana Mineral.



## 8.6 Ficha Técnica Expoxi-mil



CÓDIGO CAPRIS: 520945

LOCTITE 668356 COMPUESTO EPÓXICO DE DOS PARTES GRADO INDUSTRIAL Y AUTOMOTRIZ GRIS CAJA 150G EPOXI-MIL:

Categoría: EPÓXICOS

Marca: LOCTITE

Modelo: 668356

Inventario: Disponible

\*\*\*\*\*

PRECIO:

Normal: ₡ 2,779.80 i.v.i

### ► Descripción

**Loctite Expoxi-mil compuesto de dos partes grado industrial y automotriz.**

- Es un sellador de bridas anaeróbico, en gel listo para usarse que cura a temperatura ambiente cuando es aislado del contacto con el aire.

#### APLICACIONES TÍPICAS

- Sella uniones de conexiones en superficies de metal rígido y bridas y se tensa con el menor movimiento de la brida.
- Proporciona una resistencia inmediata a presiones bajas después del ensamble de las piezas.
- Normalmente es usado para formar juntas en bombas, termostatos, compresores, cajas de transmisión y cajas de cojinetes

### ► Características

#### Propiedades físicas

- Coeficiente de expansión térmica, ASTM D696, K-1 :  $80 \times 10^{-6}$  .
- Coeficiente de conductividad térmica, ASTM C177, W.m-1K-1 : 0.1 .
- Calor Especifico kJ.(kg-1K-1) : 0.3

#### Modo de Empleo

- Para un desempeño óptimo, las superficies deben estar limpias y libre de grasa.
- Este producto está diseñado para conexiones de bridas con holguras de hasta 0.25mm.
- Aplíquelo manualmente como un cordón continuo o por medio de una malla a una de las superficies de la brida.
- Se puede aplicar una presión baja (<0.5 bar) para probar que se tenga un sello completo inmediatamente después del ensamble y antes del curado.
- Las bridas deben ser apretadas tan pronto sea posible después del ensamble para evitar desajustes.

#### Almacenamiento

- Almacene el producto en un lugar frío y seco, en envases cerrados a una temperatura entre 6°C Y 28°C(46°F a 82°F). Para evitar la contaminación del producto no usado, no regresar el producto sobrante al envase original.

#### Usos

- Sustituye empaques tradicionales en: flangers, carcasas, depósitos de aceite de transmisión, como reemplazo de rings y partes de motores.
- Rellena holguras de hasta 1.3 m.



- Excelente resistencia a todos los fluidos del motor incluyendo gasolina.
- 

## ▶ TIPO

REPARACIONES RÁPIDAS

---

## ▶ Información de embalaje

- Frente: 90.0 mm
  - Profundidad: 45.0 mm
  - Altura: 62.0 mm
  - Peso: 180.0 g
  - Orientación: Horizontal
  - Restricción de Transporte: Sí
- 

## Garantía

- [27-E] PRODUCTO CONSUMIBLE, GARANTÍA 30 DÍAS. APLICA SOLAMENTE CONTRA DEFECTOS DE FABRICACIÓN. VER DETALLES AL DORSO DE LA FACTURA.
-

## 8.7 Ficha Técnica de Agregados, Planta Guápiles

# Arena 4,8 mm (C 144 Refinada Industrial)

## Código 10018552

### Descripción

Es una arena manufacturada, que se obtiene a partir de un proceso de extracción, trituración y cribado de material de río.

### Litología

Basaltos, Andesitas.

### Aplicaciones

Recomendada principalmente para mortero de pega y repellos.

Análisis granulométrico según: INTE 06-02-09-07 (ASTM C 136)

Malla, mm (pulgadas,#)	% Pasando. Rangos usuales	
	Inferior	Superior
9,5 (3/8")	100	100
4,75 (# 4)	100	100
2,36 (# 8)	80	96
1,18 (# 16)	55	70
0,6 (# 30)	35	50
0,3 (# 50)	25	36
0,15 (# 100)	15	23
0,075 (# 200)	9.0	15.0

### Ventajas

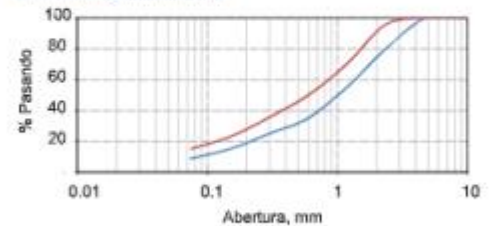
Tamaño máximo de 4,8 mm, lo que evita el cribado en sitio, facilitando las labores de pega y repellos en aplicaciones de mampostería.



### Propiedades físicas

Propiedades físicas	Según ensayo INTE (ASTM)	
Humedad evaporable	06-02-36-10 (C-566)	< 14%
Pérdida por lavado # 200	06-02-12-08 (C-117)	<15,1%
Peso específico	06-02-34-10 (C-128)	> 2,45
Absorción	06-02-34-10 (C-128)	< 5%
Peso unitario	06-02-21-08 (C-29)	> 1300 kg/m <sup>3</sup>
Colorimetría	06-02-22-09 (C-40)	< 3
Sanidad	06-02-24-09 (C-88)	< 12%

### Distribución granulométrica






## 8.8 Ficha Técnica Equipo de Compresión FORNEY F-25EX-F-CPILOT

### Ficha Técnica

### Equipo: De Compresión FORNEY F-25EX-F-CPILOT

Datos Técnicos del Equipo						
Nombre	Máquina de compresión					
Código	54450					
Marca	Forney					
Nº de Serie	9037					
Modelo	F-25EX-F-CPILOT					
Año de Fabricación	2009					
Especificaciones del Equipo						
Sistema de Alimentación	Electricidad -115VAC Monofásico, Frecuencia 60 Hz.					
Recorrido máximo del pistón	6.35 cm (2 1/2 pulgadas)					
Unidades de lectura	<b>Kgf / lbf</b>					
Diámetro de cabeza	150.24 mm					
Diámetro de base	150.24 mm					
Número de canales	2					
Lubricantes utilizados	Aceite Regal para transmisión					
Capacidad máxima	113398 Kgf 250000 lbf 1112.05 kN		Dimensiones			
Fuente de Energía	Hidráulica		Peso	Alto	Ancho	Prof.
Motor	3/4 HP		300 kg	1700 mm	860 mm	550 mm
Velocidad	(0-2"/min)					
Condiciones generales						
Actividad	Equipo sólo trabaja a compresión para falla de: morteros, concretos, pastillas de suelo estabilizadas, probetas de roca, probetas de madera y otros.					
Años de Servicio	11 años					
Situación Actual	Operativo					
Observaciones	Equipo restaurado por Suplidora ELVEC Equipo Calibrado y certificado junio 18 del 2020 por LANAMME					
Criticidad	Alta					
Elaborado por:	Alvaro Flores Ortiz, Técnico Escuela de Ingeniería Civil sede Heredia.					
Revisado por:						



## 8.9 Transporte de los Especímenes Cúbicos

*Figura 41: Transporte de los especímenes cúbicos, para realizar prueba a compresión*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021



## 8.10 Pull-Off Tester

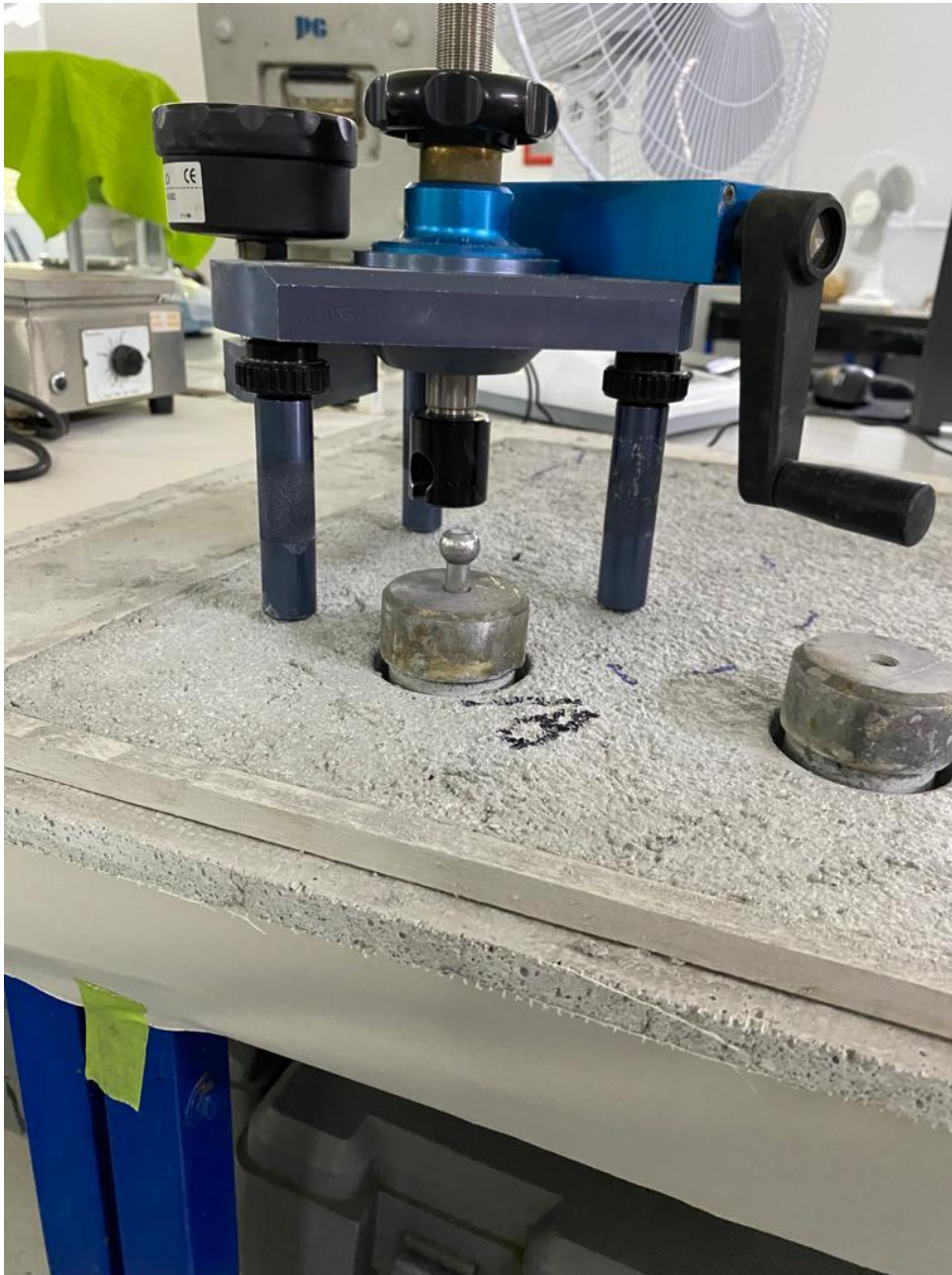
Figura 42: Equipo para el ensayo a tensión (Pull Off Tester)



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

### 8.11 Colocación Típica del Equipo Pull-Off

*Figura 43: Colocación típica del equipo de pull-off para los ensayos a tensión*



Fuente: Fotografía toda por Gabriel González Umaña, octubre 2021



## 8.12 Proceso de Moldeo de los Especímenes Cúbicos

*Figura 44: Moldeo de los especímenes cúbicos de mortero*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021

### 8.13 Resultado de la Prueba a Tensión

*Figura 45: Falla tipo A*



Fuente: Fotografía tomada por Gabriel González Umaña, octubre 2021



