



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DE DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURAS**

**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE  
IMPERMEABILIZANTES NATURALES EN VIVIENDA DE  
AUTOCONSTRUCCIÓN, POPULAR Y DE INTERÉS SOCIAL**

**PRESENTA**

**Ing. Ariel Espinoza Canales**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL EN EL  
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN**

**TUTOR**

**M.I. Miguel Ángel Soto Zamora**

**COMITÉ TUTORAL**

**Dr. Gerardo Araiza Garaygordobil**

**Aguascalientes, Ags., a 23 de Mayo de 2016**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

Centro de Ciencias del Diseño  
y de la Construcción

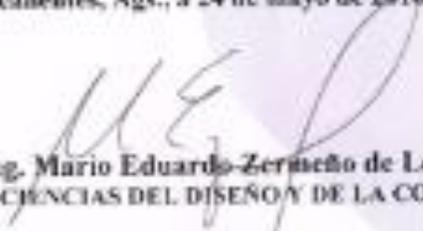
OFICIO No. CCDC-D-142-2016  
ASUNTO: Conclusión de Tesis

**DRA. GUADALUPE RUIZ CUELLAR**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**PRESENTE.**

Por medio de este conducto informo que el documento final de tesis titulado: **"Caracterización técnica económica para la implementación de impermeabilizantes naturales en vivienda de autoconstrucción, popular y de interés social"**. Presentado por el sustentante: **ING. ARIEL ESPINOZA CANALES** con ID 184737 egresado de la **MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**, cumple las normas y lineamientos establecidos institucionalmente. Cabe mencionar que el autor cuenta con el voto aprobatorio correspondiente.

Para efecto de los trámites que al interesado convengan se extiende el presente, reiterándole las consideraciones que el caso amerite.

**A T E N T A M E N T E**  
**"SE LUMEN PROFERRE"**  
Aguascalientes, Ags., a 24 de mayo de 2016

  
**Dr. en Ing. Mario Eduardo Zermeno de León**  
**DECANO DEL C. DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

c.c.p.- M. en Ing. José Luis López López - Secretario de Investigación y Posgrado del CCDC.  
c.c.p.- Dr. Jesús Pacheco Martínez - Secretario Técnico de la Maestría en Ingeniería Civil.  
c.c.p.- M. Miguel Ángel Soto Zarrera - Tutor de Tesis.  
c.c.p.- Ing. Ariel Espinoza Canales - Egresado de la Maestría en Ingeniería Civil.  
c.c.p.- Lic. Delia Guadalupe López Muñoz - Jefe Sección de Certificados y Títulos.  
c.c.p.- Archivo

MEZL:rbv



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES  
FORMATO DE CARTA DE VOTO APROBATORIO

**DR. MARIO EDUARDO ZERMEÑO DE LEÓN**  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL  
DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T E

Por medio del presente como Tutor designado del estudiante **ARIEL ESPINOZA CANALES** con ID 184737 quien realizó la tesis titulada: **CARACTERIZACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPERMEABILIZANTES NATURALES EN VIVIENDA DE AUTOCONSTRUCCIÓN, POPULAR Y DE INTERÉS SOCIAL**, y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla, y así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 17 de mayo de 2016.

M. en I. Miguel Ángel Soto Zamora  
Tutor de tesis

Dr. Gerardo Araza Garaygordobil  
Cotutor de tesis

V.B.  
MEZ

c.c.p. - Interesado  
c.c.p. - Secretaria de Investigación y Posgrado  
c.c.p. - Jefatura del Depto. De Construcción y estructuras  
c.c.p. - Consejo Académico  
c.c.p. - Muestra Secretario Técnico

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes por darme la oportunidad de continuar mi formación académica.

Al programa de posgrado del Centro de Ciencias de Diseño y de la Construcción del departamento de Construcción y Estructuras de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Al M. en I. Miguel Ángel Soto Zamora, asesor académico del trabajo de investigación, por su paciencia, amistad, por compartir sus conocimientos y gran apoyo brindado todo el tiempo.

A todos mis compañeros por compartir el espacio y tiempo conmigo, así como su invaluable amistad. Gracias.

Al laboratorio del Centro de Ciencias de Diseño y de la Construcción del departamento de construcción y estructuras de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, por permitirme el uso de sus instalaciones y equipo.

A grupo CALHIDRA de Aguascalientes por su apoyo técnico, instalaciones y materiales.

Agradezco infinitamente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por permitirme formar parte de un posgrado de calidad PNPC y brindarme el apoyo técnico y económico para realizar este posgrado.

## DEDICATORIAS

A Dios por permitirme llegar a culminar otra página más en mi vida. GRACIAS.

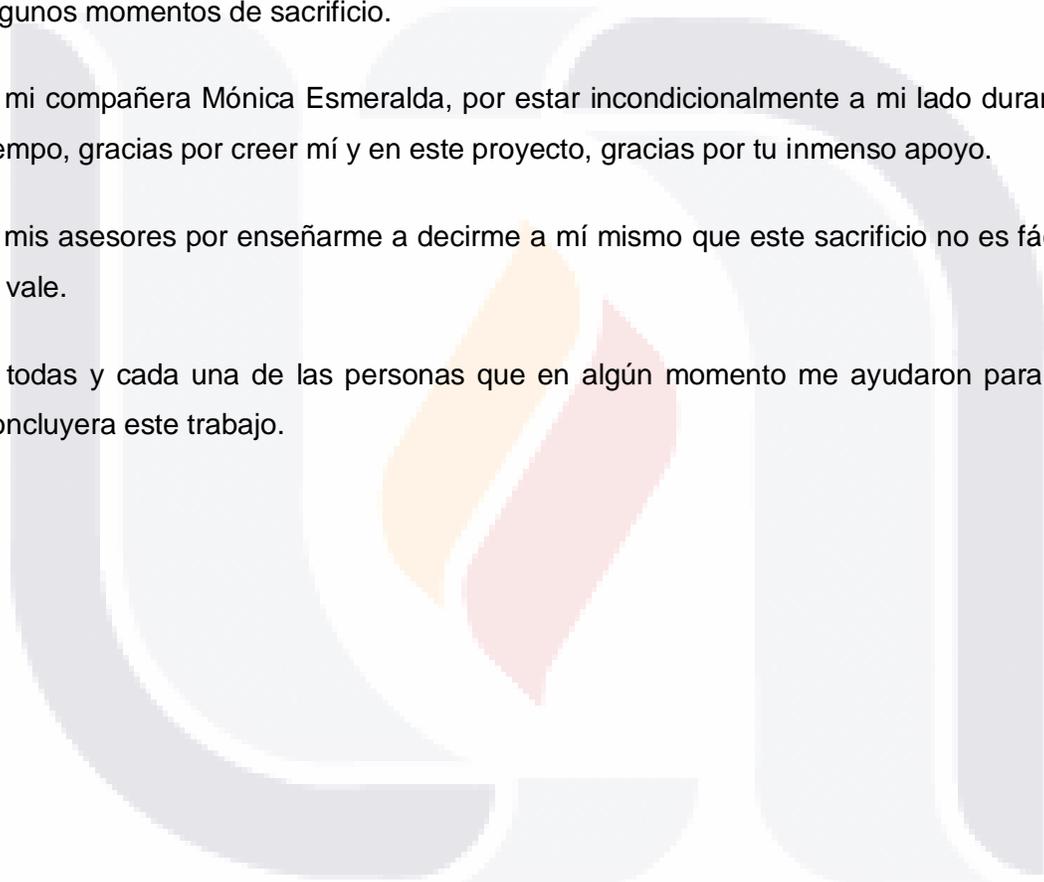
A mis padres Gumersindo Espinoza Saucedo y María Isabel Canales Sánchez por su apoyo incondicional. GRACIAS.

A mis hermanos: Alejandro e Isabel, por recorrer este camino conmigo, lo que ha significado algunos momentos de sacrificio.

A mi compañera Mónica Esmeralda, por estar incondicionalmente a mi lado durante este tiempo, gracias por creer mí y en este proyecto, gracias por tu inmenso apoyo.

A mis asesores por enseñarme a decirme a mí mismo que este sacrificio no es fácil, pero lo vale.

A todas y cada una de las personas que en algún momento me ayudaron para que yo concluyera este trabajo.



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	1
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	4
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	8
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	10
<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
1.1. Objetivos Generales.....	15
1.2. Objetivos Particulares.....	15
1.3. Alcances .....	15
1.4. Justificación.....	16
1.5. Hipótesis .....	16
1.6. Metodología .....	16
<b>CAPÍTULO 2. CAUSAS QUE ORIGINA HUMEDAD EN LAS CONSTRUCCIONES</b> ....	18
2.1. Económicas.....	18
2.1.1. Técnicas .....	18
2.1.2. Mala supervisión.....	19
2.1.3. Humedad en las construcciones .....	19
2.1.4. Humedades de los servicios .....	21
2.2. Causas naturales.....	21
2.2.1. Humedad del suelo.....	21
2.2.2. Humedad atmosférica.....	22
2.2.3. Humedades procedentes de las aguas de lluvia, granizo y nieve .....	23
<b>CAPÍTULO 3. IMPERMEABILIZANTES</b> .....	25
3.1. Antecedentes .....	25
3.2. Clasificación de impermeabilizantes .....	26
3.2.1. Impermeabilizantes cementantes .....	26
3.2.2. Membranas.....	27

3.2.3. Impermeabilizantes tradicionales.....	28
3.2.4. Impermeabilizantes asfálticos.....	29
3.2.5. Impermeabilizantes acrílicos.....	30
3.3. Materiales tradicionales en construcción de azoteas .....	30
3.3.1. Concreto.....	30
3.3.2. Mortero.....	31
3.3.3. Ladrillo.....	32
3.3.4. Cal.....	34
3.4. El Tubo de Karsten para medir permeabilidad .....	34
<b>CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL EXPERIMENTO .....</b>	<b>36</b>
4.1. Introducción fundamentos para definir el trabajo en laboratorio .....	36
4.2. Objetivos de la campaña experimental.....	37
4.3. Variables experimentales.....	38
4.4. Plan de trabajo .....	38
4.5. Elaboración de probetas.....	39
4.6. Elaboración y dosificación de impermeabilizantes tradicionales a ensayar .....	42
4.6.1. Jabonato de alumbre (I-1).....	42
4.6.2. Tradicional a base de Cal (I-2).....	44
4.6.2.1. Extracción de mucílago de Nopal.....	46
4.6.3. Impermeabilizante Comercial Fester Imperfácil a 3 años (I-4) .....	48
4.6.4. Tradicional de cemento y arena fina (chalpaque) (I-5) .....	48
4.6.5. Comercial de marca OXICAL (I-6) .....	49
4.7. Aplicación de las soluciones impermeabilizadoras a ensayar .....	50
4.7.1. Aplicación de impermeabilizante Jabonato de alumbre (I-1) .....	50
4.7.2. Aplicación de impermeabilizante Tradicional a base de Cal (I-2), Tradicional a base de mucílago de nopal (I-3), Comercial de marca OXICAL (I-6) .....	51
4.7.3. Aplicación de impermeabilizante Fester Imperfácil a 3 años (I-4) .....	52
4.7.4. Aplicación de impermeabilizante Comercial Tradicional de cemento y arena fina (chalpaque) (I-5) .....	53
4.8. Características a ensayar .....	54
4.8.1. Absorción.....	54
4.8.1.1. Procedimiento.....	55

4.8.1.2. Cálculo y expresión de resultados .....	56
4.8.1.3. Absorción total en 24 horas .....	56
4.8.1.4. Absorción en porcentaje .....	56
4.8.2. Permeabilidad.....	57
4.8.3. Adherencia .....	60
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN TÉCNICA .....</b>	<b>61</b>
5.1. Introducción.....	61
5.2. Resultados de absorción .....	61
5.3. Resultados de permeabilidad .....	62
5.4. Resultados de Adherencia .....	82
5.5. Análisis de costos .....	94
5.5.1. Introducción .....	94
5.5.2. Análisis de precios unitarios.....	94
5.5.2.1. Precio unitario de los impermeabilizantes ensayados en la campaña experimental.....	94
<b>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>96</b>
6.1. Absorción.....	96
6.2. Permeabilidad .....	98
6.3. Adherencia.....	101
<b>CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>104</b>
7.1. Conclusión general .....	104
7.2. Conclusiones particulares .....	106
7.3. Nichos de investigación .....	108
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>111</b>
ANEXO A. CLASIFICACIÓN DE ÁREA REMOVIDA DE LA NORMA ADHESIÓN AND FLEXIBILITY TESTS TO MEET THE STANDARDS OF ASTM D-3359 .....	113
ANEXO B. PRECIOS UNITARIOS.....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Impermeabilizantes a ensayar .....	37
Tabla 2 Pruebas, probetas y edad de ensaye. ....	38
Tabla 3 Probetas a ensayar .....	40
Tabla 4 Dosificación Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	40
Tabla 5. Pesos específicos de componentes de mortero .....	41
Tabla 6 Cálculo de volumen mortero 1:1:10 .....	41
Tabla 7 cálculo de pesos del mortero 1:1:10 .....	41
Tabla 8 cálculo del volumen por m <sup>3</sup> del mortero 1:1:10 .....	41
Tabla 9. Dosificación de impermeabilizante I-1 .....	43
Tabla 10 impermeabilizante I-2 .....	44
Tabla 11 dosificación impermeabilizante I-3.....	45
Tabla 12 Dosificación de impermeabilizante I-5 .....	48
Tabla 13 Absorción ladrillo petatillo sin impermeabilizar .....	54
Tabla 14 Absorción ladrillo petatillo con impermeabilizante .....	54
Tabla 15 Absorción en Mortero con impermeabilizante .....	55
Tabla 16 Absorción con impermeabilizantes en concreto .....	55
Tabla 17 Resultados de absorción en ladrillo sin impermeabilizante. ....	61
Tabla 18 resultados de absorción en ladrillo petatillo impermeabilizado. ....	61
Tabla 19 Permeabilidad concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	62
Tabla 20 Resultados Permeabilidad en Ladrillo petatillo sin impermeabilizante .....	62
Tabla 21 Permeabilidad probetas de Mortero .....	63
Tabla 22 Permeabilidad Karsten a 3 días I-1 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	63
Tabla 23 Permeabilidad Karsten a 3 días I-1 ladrillo petatillo .....	64
Tabla 24 Permeabilidad Karsten a 3 días I-1 Mortero 1:1:10.....	64
Tabla 25 Permeabilidad Karsten a 14 días I-1 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	65
Tabla 26 Permeabilidad Karsten a 14 días I-1 ladrillo petatillo .....	65
Tabla 27 Permeabilidad Karsten a 14 días I-1 Mortero 1:1:10.....	65
Tabla 28 Permeabilidad Karsten a 28 días I-1 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	66
Tabla 29 Permeabilidad Karsten a 28 días I-1 ladrillo petatillo .....	66
Tabla 30 Permeabilidad Karsten a 28 días I-1 Mortero 1:1:10.....	66

Tabla 31 Permeabilidad Karsten a 3 días I-2 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 67

Tabla 32 Permeabilidad Karsten a 3 días I-2 ladrillo petatillo ..... 67

Tabla 33 Permeabilidad Karsten a 3 días I-2 Mortero 1:1:10..... 67

Tabla 34 Permeabilidad Karsten a 14 días I-2 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 68

Tabla 35 Permeabilidad Karsten a 14 días I-2 ladrillo petatillo ..... 68

Tabla 36 Permeabilidad Karsten a 14 días I-2 Mortero 1:1:10..... 68

Tabla 37 Permeabilidad Karsten a 28 días I-2 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 69

Tabla 38 Permeabilidad Karsten a 28 días I-2 ladrillo petatillo ..... 69

Tabla 39 Permeabilidad Karsten a 14 días I-2 Mortero 1:1:10..... 69

Tabla 40 Permeabilidad Karsten a 3 días I-3 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 70

Tabla 41 Permeabilidad Karsten a 3 días I-3 ladrillo petatillo ..... 70

Tabla 42 Permeabilidad Karsten a 3 días I-3 Mortero 1:1:10..... 70

Tabla 43 Permeabilidad Karsten a 14 días I-3 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 71

Tabla 44 Permeabilidad Karsten a 14 días I-3 ladrillo petatillo ..... 71

Tabla 45 Permeabilidad Karsten a 14 días I-3 Mortero 1:1:10..... 71

Tabla 46 Permeabilidad Karsten a 28 días I-3 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 72

Tabla 47 Permeabilidad Karsten a 28 días I-3 ladrillo petatillo ..... 72

Tabla 48 Permeabilidad Karsten a 28 días I-3 Mortero 1:1:10..... 72

Tabla 49 Permeabilidad Karsten a 3 días I-4 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 73

Tabla 50 Permeabilidad Karsten a 3 días I-4 ladrillo petatillo ..... 73

Tabla 51 Permeabilidad Karsten a 3 días I-4 Mortero 1:1:10..... 73

Tabla 52 Permeabilidad Karsten a 14 días I-4 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 74

Tabla 53 Permeabilidad Karsten a 14 días I-4 ladrillo petatillo ..... 74

Tabla 54 Permeabilidad Karsten a 14 días I-4 Mortero 1:1:10..... 74

Tabla 55 Permeabilidad Karsten a 28 días I-4 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 75

Tabla 56 Permeabilidad Karsten a 28 días I-4 ladrillo petatillo ..... 75

Tabla 57 Permeabilidad Karsten a 28 días I-4 Mortero 1:1:10..... 75

Tabla 58 Permeabilidad Karsten a 3 días I-5 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 76

Tabla 59 Permeabilidad Karsten a 3 días I-5 ladrillo petatillo ..... 76

Tabla 60 Permeabilidad Karsten a 3 días I-5 Mortero 1:1:10..... 76

Tabla 61 Permeabilidad Karsten a 14 días I-5 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> ..... 77

Tabla 62 Permeabilidad Karsten a 14 días I-5 ladrillo petatillo ..... 77

Tabla 63 Permeabilidad Karsten a 14 días I-5 Mortero 1:1:10..... 77

Tabla 64 Permeabilidad Karsten a 28 días I-5 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	78
Tabla 65 Permeabilidad Karsten a 28 días I-5 ladrillo petatillo .....	78
Tabla 66 Permeabilidad Karsten a 28 días I-5 Mortero 1:1:10.....	78
Tabla 67 Permeabilidad Karsten a 3 días I-6 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	79
Tabla 68 Permeabilidad Karsten a 3 días I-6 ladrillo petatillo .....	79
Tabla 69 Permeabilidad Karsten a 3 días I-6 Mortero 1:1:10.....	79
Tabla 70 Permeabilidad Karsten a 14 días I-6 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	80
Tabla 71 Permeabilidad Karsten a 14 días I-6 ladrillo petatillo .....	80
Tabla 72 Permeabilidad Karsten a 14 días I-6 Mortero 1:1:10.....	80
Tabla 73 Permeabilidad Karsten a 28 días I-6 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	81
Tabla 74 Permeabilidad Karsten a 28 días I-6 ladrillo petatillo .....	81
Tabla 75 Permeabilidad Karsten a 28 días I-6 Mortero 1:1:10.....	81
Tabla 76 Adherencia a edad 3 días en I-1 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	82
Tabla 77 Adherencia a edad 3 días en I-1 en ladrillo petatillo.....	82
Tabla 78 Adherencia a edad 3 días en I-1 en Mortero 1:1:10 .....	82
Tabla 79 Adherencia a edad 28 días en I-1 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	83
Tabla 80 Adherencia a edad 28 días en I-1 en ladrillo petatillo.....	83
Tabla 81 Adherencia a edad 28 días en I-1 en Mortero 1:1:10 .....	83
Tabla 82 Adherencia a edad 3 días en I-2 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	84
Tabla 83 Adherencia a edad 3 días en I-2 en ladrillo petatillo.....	84
Tabla 84 Adherencia a edad 3 días en I-2 en Mortero 1:1:10 .....	84
Tabla 85 Adherencia a edad 28 días en I-2 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	85
Tabla 86 Adherencia a edad 28 días en I-2 en ladrillo petatillo.....	85
Tabla 87 Adherencia a edad 28 días en I-2 en Mortero 1:1:10 .....	85
Tabla 88 Adherencia a edad 3 días en I-3 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	86
Tabla 89 Adherencia a edad 3 días en I-3 en ladrillo petatillo.....	86
Tabla 90 Adherencia a edad 3 días en I-3 en Mortero 1:1:10 .....	86
Tabla 91 Adherencia a edad 28 días en I-3 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	87
Tabla 92 Adherencia a edad 28 días en I-3 en ladrillo petatillo.....	87
Tabla 93 Adherencia a edad 28 días en I-3 en Mortero 1:1:10 .....	87
Tabla 94 Adherencia a edad 3 días en I-4 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	88
Tabla 95 Adherencia a edad 3 días en I-4 en ladrillo petatillo.....	88
Tabla 96 Adherencia a edad 3 días en I-4 en Mortero 1:1:10 .....	88

Tabla 97 Adherencia a edad 28 días en I-4 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	89
Tabla 98 Adherencia a edad 28 días en I-4 en ladrillo petatillo.....	89
Tabla 99 Adherencia a edad 28 días en I-4 en Mortero 1:1:10 .....	89
Tabla 100 Adherencia a edad 3 días en I-5 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	90
Tabla 101 Adherencia a edad 3 días en I-5 en ladrillo petatillo.....	90
Tabla 102 Adherencia a edad 3 días en I-5 en Mortero 1:1:10 .....	90
Tabla 103 Adherencia a edad 28 días en I-5 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	91
Tabla 104 Adherencia a edad 28 días en I-5 en ladrillo petatillo.....	91
Tabla 105 Adherencia a edad 28 días en I-5 en Mortero 1:1:10 .....	91
Tabla 106 Adherencia a edad 3 días en I-6 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	92
Tabla 107 Adherencia a edad 3 días en I-6 en ladrillo petatillo.....	92
Tabla 108 Adherencia a edad 3 días en I-6 en Mortero 1:1:10 .....	92
Tabla 109 Adherencia a edad 28 días en I-6 en Concreto $f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup> .....	93
Tabla 110 Adherencia a edad 28 días en I-6 en ladrillo petatillo.....	93
Tabla 111 Adherencia a edad 28 días en I-6 en Mortero 1:1:10 .....	93
Tabla 112 Precio unitario de las mezclas ensayadas .....	95
Tabla 113 tabla de ponderación de impermeabilizantes naturales ensayados. ....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa conceptual de ensayos a probetas .....	36
Figura 2 Variable experimentales .....	38
Figura 3 Elaboración de probetas a ensayar .....	39
Figura 4. Jabón neutro rallado.....	42
Figura 5. Molienda de Piedra alumbre.....	43
Figura 6 Jabonato de Alumbre .....	43
Figura 7 Componentes impermeabilizante I-2 .....	44
Figura 8 Componentes para mezcla I-3.....	45
Figura 9 Filtración de baba de nopal .....	46
Figura 10 producto resultante de la filtración del Nopal .....	47
Figura 11 Extracción de Mucílago de Nopal .....	47
Figura 12 Imperfácil FESTER 3 años .....	48
Figura 13 mezcla I-6 Oxical.....	49
Figura 14 Impermeabilizante comercial Oxical .....	49
Figura 15 Aplicación de Jabonato de alumbre.....	50
Figura 16 Aplicación de impermeabilizantes a probetas a ensayar .....	51
Figura 17 Fester Imperfácil 3 años sello.....	52
Figura 18 Aplicación de impermeabilizante I-4. ....	52
Figura 19 Mezclado de chalpaque I-5.....	53
Figura 20 Probetas cubiertas de chalpaque I-5 .....	53
Figura 21 Determinación de la masa de una probeta .....	55
Figura 22 Ensaye de absorción.....	56
Figura 23 Método de permeabilidad Karsten.....	57
Figura 24 tubo graduado de Karsten .....	58
Figura 25 Método Karsten en ladrillo .....	58
Figura 26 Permeabilidad Karsten en ladrillo .....	59
Figura 27 Permeabilidad en Mortero sobre I-4 .....	59
Figura 28 Permeabilidad Karsten en concreto $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ .....	59
Figura 29 Prueba de adherencia sobre probeta .....	60
Figura 30 Gráfica de absorción del Ladrillo petatillo con y sin impermeabilizante.....	96

Figura 31 fuerza hidrostática ..... 97  
Figura 32 Gráfica resultados Permeabilidad Karsten en Concreto  $f'c=200\text{kg/cm}^2$  ..... 98  
Figura 33 Gráfica resultados Permeabilidad Karsten en Ladrillo petatillo ..... 99  
Figura 34 Gráfica resultados Permeabilidad Karsten en Mortero 1:1:10 ..... 99  
Figura 35 Impermeabilizante Fester aplicado en ladrillo petatillo ..... 100  
Figura 36 efecto impermeabilizante de mezclas naturales tradicionales ..... 100  
Figura 37 gráfica de adherencia en Concreto  $f'c=200\text{kg/cm}^2$  impermeabilizado ..... 101  
Figura 38 Gráfica de adherencia en Ladrillo petatillo impermeabilizado ..... 102  
Figura 39 Gráfica de adherencia en Mortero 1:1:10 impermeabilizado ..... 102



## ACRÓNIMOS

ACI	American Concrete Institute
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
NTCDF	Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal
PVSS	Peso Volumétrico del Suelo Seco
PVSM	Peso Volumétrico Seco
PU	Precio Unitario
TMA	Tamaño Máximo del Agregado
UAA	Universidad Autónoma de Aguascalientes
M I	Maestro en Ingeniería
M C	Maestro en Ciencias
ANFACAL	Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, A. C.
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
PNPC	Programa Nacional de Posgrados de Calidad
ICOMOS	International Council on Monuments and Sites
RILEM	Reunion Internationale des Laboratoires D'Essais et des Recherches sur les Materiaux et les Constructions
ASTM	American Society for Testing and Materials

## RESUMEN

La eliminación de la humedad es sin duda uno de los problemas más grandes con los que se enfrenta el usuario de una vivienda. Los daños por humedad, entre estos la presencia de salitre, hongos, fisuras en muros, causan un daño grave y progresivo, los daños por humedad se producen por ya sea por el agua o por acción conjunta del agua y sustancias perjudiciales.

Existen productos de origen químico que reducen la humedad en azoteas, sin embargo, estos productos presentan un elevado precio para usuarios de bajos recursos.

Hay antecedentes de impermeabilizantes tradicionales de origen natural orgánicos, los cuales su uso supone resultados eficientes en los aspectos de sustentabilidad, técnicos y económicos, presentándose como una mejor opción para el usuario.

El objetivo de la investigación fue determinar las características de la implementación de impermeabilizantes orgánicos tradicionales en viviendas de autoconstrucción, populares y bajos recursos, con la finalidad de constituir procedimientos que incidan en eficiencia y moderación del uso de materiales de construcción y así obtener una mayor optimización de los recursos naturales y minimizar los efectos de impacto ambiental sobre el medio ambiente y de los habitantes, además de lograr una reducción de costos en este tratamiento de impermeabilización, como alternativa a productos comerciales químicos usados actualmente.

Palabras clave: *impermeabilizantes, azoteas, sustentabilidad, materiales, recursos.*

## ABSTRACT

The removal of moisture is undoubtedly one of the greatest problems that a home user is facing. Moisture damage, among them the presence of nitrate, fungi, cracks in walls, causing severe and progressive damage, damage caused by moisture either by water or by joint action of water and harmful substances.

There are products of chemical origin which reduce moisture in roofs, but these products have a high price for low-income users.

No history of traditional organic waterproofing natural origin, which means efficient use results in the areas of sustainability, technical and economic, posing as a better choice for the user.

The objective of the research is to determine the characteristics of the implementation of traditional organic waterproofing in housing self, popular and poor, in order to establish procedures that affect efficiency and moderation in the use of building materials and obtain further optimization natural and minimize the effects of environmental impact on the environment and inhabitants, and to achieve cost reductions in this waterproofing treatment as an alternative to commercial chemical products currently used resources.

*Keywords: waterproofing, roofs, sustainability, materials, resources.*

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

Desde la antigüedad el hombre ha buscado refugio y protección contra los elementos. Sin embargo, aun hoy en día, después de siglos de avances tecnológicos en materiales y técnicas de construcción, sin embargo, el hombre todavía se enfrenta a elementos de la naturaleza que dañan sus refugios construidos.

Los problemas de impermeabilización se siguen presentando debido a la creciente complejidad de los sistemas construcción, y también por la desatención por la mayoría de los principios básicos de impermeabilización, y una incapacidad para coordinar la interconexión entre la multitud de sistemas constructivos involucrados en un solo edificio. Controlar adecuadamente las aguas subterráneas, el agua de lluvia y aguas superficiales evitan daños y evita reparaciones innecesarias a la construcción. De hecho, el agua es el agente erosionante más destructivo para los materiales de construcción. El agua continúa dañando y destruyendo por completo más edificios y estructuras que la guerra o desastres naturales. El agua y la infiltración de humedad también son responsables de la formación de moho y los problemas de salud de los usuarios de las construcciones.

La impermeabilización también implica elegir diseños y materiales adecuados para contrarrestar los efectos perjudiciales de estas naturales fuerzas. Las obras de construcción requieren la combinación de sistemas constructivos para evitar la infiltración de agua.

Las incapacidades para unir estos diversos componentes han logrado que la mayoría de los problemas de agua causen grandes problemas. Actualmente la experiencia ha demostrado que la mayoría de los problemas de infiltración de agua se producen en un tiempo relativamente pequeño y afectan el área total de la superficie expuesta de un edificio. La incapacidad para controlar los componentes de una solución de impermeabilización integral crea una multitud de problemas que enfrenta el diseño y construcción de una vivienda.

Los impermeabilizantes son sustancias que cortan el paso del agua, impidiendo su paso, y son usados para cubrir materiales que deben permanecer secos.

Su funcionamiento es eliminar o reducir la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad. (Michael T. Kubal, 2008)

Los impermeabilizantes son de origen tradicional natural o sintético. En los naturales tenemos los de mezclas con Cal y piedra alumbre y, dentro de los sintéticos, el uso de derivados del petróleo. Existen varios tipos de impermeabilizantes, pero hoy en día el más buscado es el impermeabilizante acrílico, por su perdurabilidad y por ser completamente atóxico, por lo que puede ser usado en cualquier ambiente. Existen diferentes tipos de impermeabilizantes, los más recomendados son aquellos de alta calidad, durables, y con acabado estético.

Para los habitantes de una vivienda, la decisión de aplicar algún tipo de impermeabilizante varía dependiendo de la superficie, el costo, la durabilidad, la aplicación y la garantía, ello hace que muchas veces esta misma los lleve a tomar una decisión imprecisa e inclusive el no aplicar ningún tratamiento, si no se tiene la información adecuada antes de tomar la decisión. (Edwin Santiago Simba, 2007)

En México el problema del deterioro de la vivienda obedece principalmente a las siguientes causas:

- A. A la estructura ocupacional y de ingresos de la población
- B. Al crecimiento demográfico
- C. A la especulación sobre los elementos que componen la vivienda (tierra y materiales)

El problema de la vivienda en el país se ha enfocado tradicionalmente como un problema de desajuste del mercado más que uno de tipo estructural, social y económico, por lo que la solución oficial ha consistido en de dotar de vivienda al que lo necesita y puede pagarla y abatir su costo a través del subsidio.

Alrededor del 70 % de la población urbana del país se provee a sí misma de vivienda utilizando materiales y procedimientos rudimentarios sin asistencia técnica ni apoyo financiero. (Bazant Jan S., 1985)

### **1.1. Objetivos Generales**

El objetivo de la investigación es determinar las características de la implementación de impermeabilizantes orgánicos tradicionales en viviendas de autoconstrucción, populares y bajos recursos, con la finalidad de constituir procedimientos que incidan en eficiencia y moderación del uso de materiales de construcción y así obtener una mayor optimización de los recursos naturales y minimizar los efectos de impacto ambiental sobre el medio ambiente y de los habitantes, además de lograr una reducción de costos en este tratamiento de impermeabilización, como alternativa a productos comerciales químicos usados actualmente.

### **1.2. Objetivos Particulares**

- A. Identificar y describir las causas que propician los problemas de humedad en edificaciones
- B. Identificar y describir el funcionamiento de técnicas actuales de impermeabilización para disminuir el deterioro en azoteas por causa de infiltración de agua y humedad.
- C. Identificar los materiales que se utilizan en la construcción de azoteas.
- D. Identificar métodos de impermeabilización tradicional.
- E. Caracterizar propiedades técnicas; permeabilidad, absorción y adherencia de los impermeabilizantes tradicionales e impermeabilizantes actuales no tradicionales
- F. Elaborar un análisis de costos de tratamientos de humedad

### **1.3. Alcances**

Los alcances de esta investigación estarán sujetos al presupuesto.

- A. La investigación se delimita a vivienda de interés social y autoconstrucción del estado de Aguascalientes.
- B. Se caracterizarán impermeabilizantes naturales tradicionales, y son elaborados con Cal, piedra Alumbre, Mucílago de Nopal, Jabón Neutro, Cemento.

- C. Los materiales a utilizar en la elaboración de los impermeabilizantes naturales, serán productos locales, o de fácil acceso.
- D. La dosificación de los impermeabilizantes naturales a utilizar será adecuada en la campaña experimental.
- E. La caracterización de los impermeabilizantes de origen químico se hará en dos productos de marcas comerciales.

#### **1.4. Justificación**

Considerando los antecedentes a los procesos de impermeabilización modernos con compuestos químicos industrializados, se encontró que los impermeabilizantes de origen natural, a base de ingredientes locales, de fácil aplicación, para los cuales su uso supone resultados eficientes en los aspectos técnicos y económicos, presentándose como una mejor opción para el usuario.

#### **1.5. Hipótesis**

” Los métodos tradicionales naturales de impermeabilización tienen características técnicas, y económicas eficientes para el tratamiento de problemas de humedad e infiltración de agua en edificaciones”

#### **1.6. Metodología**

- A. Identificar y describir el funcionamiento de técnicas de impermeabilización para disminuir el deterioro en azoteas por causa de infiltración de agua y humedad.
- B. Seleccionar técnicas de impermeabilización orgánicas tradicionales de acuerdo al planteamiento de campañas experimentales basándose en los recursos económicos y de tiempo para la elaboración de muestras y sus ensayos.
- C. Desarrollar los mecanismos pertinentes para el ensaye de las muestras, fabricar las mismas aplicando las técnicas identificadas y seleccionadas, y realizar el ensaye de las mismas de acuerdo a la normatividad y las buenas practicas aplicables.

- D. Analizar los resultados obtenidos de las campañas experimentales de las diferentes muestras y mezclas aplicadas, categorizando sus propiedades de manera cuantitativa, cualitativa y económica
- E. Proponer una metodología científica de aplicación de las técnicas de impermeabilización natural diseñadas a partir de los resultados de la campaña experimental con la finalidad de evaluar su eficiencia.
- F. Concluir respecto de la eficiencia de los distintos métodos experimentados, criticando de manera objetiva la metodología propuesta en los resultados obtenidos y valorando la factibilidad de cada una de las metodologías aplicadas.



## **CAPÍTULO 2. CAUSAS QUE ORIGINA HUMEDAD EN LAS CONSTRUCCIONES**

### **2.1. Económicas**

La causa principal de la humedad en la edificación es económica, porque no es tomada en cuenta por el proyectista, que, pensando en el cuidado del costo de la obra, destina al presupuesto un porcentaje mínimo en mantenimiento preventivo de humedades, y por el contrario que, si se le diera más apoyo económico, se buscarían mejores alternativas para asegurar un buen trabajo, lo cual significa que a largo plazo para el usuario de la obra ésta sería más económica.

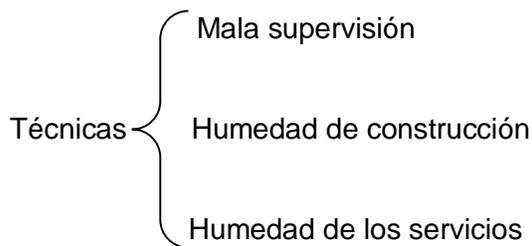
Los malos materiales y el desconocimiento de los productos existentes en el mercado, es otra de las causas de la humedad en la edificación, pues bien, el no saber que material habrá que usarse para cada problema.

Por otro lado, dentro de los fabricantes dedicados exclusivamente a combatir los problemas de las humedades, aun entre ellos hay diferencias, en la calidad del material, siendo por regla general que los económicos tienen periodos de mantenimientos más cortos.

Algo importante de mencionar por situaciones que se presentan cuando el prestador de servicios entrega al usuario de la obra una garantía por 1, 2, 3 y hasta 5 años, siendo estos periodos los que se otorgan normalmente, la razón es que si falla el trabajo, el prestador del servicio se hace responsable de arreglar los daños ocasionados por un material defectuoso o la misma aplicación del mismo, todo esto parece correcto, porque son reglas que se han marcado en el mercado, la seguridad se compra, porque si se tiene el presupuesto suficiente para comprar un buen material y hacer un buen trabajo, la garantía es de más tiempo y los periodos de mantenimiento más largos. (Luis Lesur, 1998)

#### **2.1.1. Técnicas**

Las causas que originan humedades técnicas se dividen de la manera siguiente:



### **2.1.2.Mala supervisión**

Una supervisión inadecuada en proyectos, planos y construcción es otra causa de humedad en edificación porque al no respetar el proyecto, cambiar especificaciones de origen, incluso de fabricante, pensando que el material por ser más económico tiene que funcionar y en la realidad no es así porque cada material se emplea exclusivamente para lo que fue diseñado.

Todo esto descrito anteriormente es ocasionado por decisiones de nivel técnico, pero el problema no acaba ahí, a esto se adiciona una mano de obra defectuosa. En ocasiones dentro de los mismos fabricantes, se cuenta con un departamento técnico que se dedica a dar asesoría a las personas o empresas que compran su producto, y el error de estos fabricantes es el capacitarlos en oficina y no capacitarlos prácticamente.

### **2.1.3.Humedad en las construcciones**

Además de la porosidad y de las grietas por donde se infiltra humedad, se tiene la problemática del uso de materiales higroscópicos empleados en la construcción. Estos materiales tienen la propiedad de absorber la humedad y de conservarla, impidiendo la libre evaporación a través de los poros. Consisten principalmente en sales, como las contenidas en el agua de mar o en sus arenas, no debiéndose emplear ninguna de las dos en las obras, salvo la arena si se lava bien, aunque no es recomendable.

Una de las principales consecuencias de la higroscopicidad recibe el nombre de eflorescencia. Son unas manchas, generalmente blancas, que aparecen frecuentemente en la superficie de los muros, tanto de los de piedra como en los de ladrillo.

Son causas de estas manchas las sales solubles que contienen los materiales del muro o terreno cercano y la presencia de humedad. El agua disuelve dichas sales y las arrastra consigo a través del muro. Al llegar a la superficie, el agua se evapora dejando residuos de sales recristalizadas. Estas son en su mayoría nitratos y sulfatos alcalinos y de magnesio y, menos frecuentemente, carbonatos. Si entre ellos existen sales de hierro, las manchas aparecerán coloreadas en tono amarillento. Si el agua contiene sustancias orgánicas procedentes, por ejemplo, de establos, la cristalización produce salitre (nitrato de sodio o de potasio) que no es más que un caso particular de eflorescencias.

Más que la naturaleza de las sales es conveniente determinar la procedencia de las mismas y la del agua que las disuelve y recristaliza en forma de eflorescencias. Las sales pueden provenir de los materiales empleados, del suelo inmediato al muro, de la contaminación atmosférica o del agua de mar.

La humedad puede proceder del suelo, a través de la cimentación: del agua empleada en la construcción, de desagüe y cañerías, de pendiente insuficientes o mal dirigidas en los elementos de relieve.

Para determinar si los materiales contienen sales eflorescentes pueden realizarse los ensayos siguientes:

Ladrillos o piedras. - se impregna por completo la pieza del ensayo de agua pura, mejor destilada, colocándola verticalmente en un recipiente plano en forma de platillo que se llena de agua hasta una altura de 10 a 15 milímetros y se renueva hasta que la pieza está totalmente impregnada. Si el ladrillo o la piedra contienen sales solubles aparecerán eflorescencias blancas en la superficie de los mismos.

Pasta de cemento. - amasado con agua pura hasta adquirir consistencia de pasta fluida, se vierte en un vaso poroso de tierra cocida. Este vaso, se coloca en un recipiente plano, lleno de agua, al igual que en el ensayo anterior. Si contiene sales solubles, la disolución

originada ascenderá por capilaridad por las paredes del vaso y las eflorescencias coronaran su borde. Si éstas son muy tenues sólo aparece un ligero velo blanco, el aglomerante puede utilizarse tranquilamente.

Determinación de la procedencia del agua. - si ésta proviene del suelo, las eflorescencias que provocan aparecen cerca del suelo con mayor intensidad, siendo más débiles a mayor altura hasta donde llegue la humedad del suelo. Si el agua causante de las eflorescencias es la empleada en la construcción, las manchas solo se producirán cuando la obra tarde en secarse.

#### **2.1.4. Humedades de los servicios**

No son debidas a ninguna de las causas descritas anteriormente, son las provocadas por fugas de tuberías, descuidos de personas en cuartos de baño, cocinas y lavaderos, etc. Las rupturas y fugas en las instalaciones son generalmente reparables.

En ocasiones están ocultas y es difícil encontrarlas, esto es muy común por ejemplo en los departamentos de interés social, que cuando los construyen no se tiene la adecuada calidad, tampoco se realizan en ocasiones las pruebas hidrostáticas antes o después de los colados, aun cuando la mano de obra se percata de estas inconsistencias la mayoría de las ocasiones se hace caso omiso. También llega a ocurrir que llega a fallar la soldadura entre las tuberías, si son de cobre, o fallar las roscas si son de galvanizado.

### **2.2. Causas naturales**

#### **2.2.1. Humedad del suelo**

Generalmente no puede evitarse que el suelo sea húmedo. Una gran parte del suelo siempre está saturado de agua, formándose la capa del nivel de aguas freáticas cuyo nivel superior corresponde al nivel de agua en los pozos. En realidad, el suelo se encuentra saturado de agua hasta un nivel superior a dicha capa, debido las fuerzas capilares, tanto

más alto, y cuanto más finos sean los poros, estas fuerzas elevan el agua a alturas superiores de 20 a 30 centímetros, en general, sobre el nivel de aguas freáticas. A un nivel superior, los poros, sin estar saturados de agua absorben una cantidad más o menos importante. Finalmente, sólo muy cerca de la superficie del terreno, el contenido del agua del suelo puede ser bastante débil, gracias a la absorción de las raíces de las plantas o a la evaporación al contacto con el aire y la acción de los rayos solares.

En la práctica hay que distinguir entre lo que sucede por debajo y por encima del nivel de aguas freáticas, ya que la zona del suelo no solamente está saturada, sino que el agua está a presión. Mientras que por encima de la capa el agua solo penetra en los muros por capilaridad o gravedad, dentro de la capa acuática lo que hará bajo la acción de la presión del agua, o sea bajo la acción de fuerzas mucho más importantes.

En el nivel de la capa varía ligeramente durante el transcurso del año y con las lluvias, pero sigue más o menos la configuración del suelo. Hoy en día es muy importante tener un estudio de mecánica de suelos para poder tener primeramente que tipo de cimentación se desarrolla y en particular a este estudio en cuestión de qué tipo de impermeabilización se utiliza. Para protegerse contra el agua del suelo la primera precaución consiste de alejarse de las aguas pluviales filtradas a través del suelo por gravedad.

### **2.2.2.Humedad atmosférica**

La mayor parte de una edificación, todo lo que se eleva por encima del suelo, se halla en contacto íntimo con la atmosfera. Esta contiene una cantidad variable de humedad en forma de vapor de agua, dependiente del clima, de las estaciones de año y del tiempo distinto en el transcurso de los días o de las horas.

Esta humedad se comunica a los materiales más o menos porosos que componen los muros exteriores y la azotea de una edificación, tratando de establecer constantemente un equilibrio higrométrico. Así en días húmedos y durante las lluvias y nevadas, la humedad de la atmosfera penetraría en los poros de la piedras, ladrillos y aplanados de mezcla, hasta saturarlos de agua.

Contrariamente, en días secos y de sol, la atmosfera absorberá la humedad contenida en los produciendo su evaporación. No solo se produce humedad en el interior de las viviendas por infiltración del exterior de la atmosfera. También la procedente de la atmósfera interior

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

puede condensarse en los paramentos interiores de los muros exteriores o de los techos, resulta a veces difícil dictaminar si la humedad se debe a una u otra causa. Salvo casos excepcionales, puede decirse que la humedad debida a condensaciones suele producirse antes de llover o después de las lluvias muy ligeras, sobre todo en cambios de tiempo de un frío fuerte en templado y húmedo, mientras que la debida a infiltraciones solo ocurre después de fuertes lluvias y se manifiesta más pronunciada en las partes altas de la casa. Menos en los sitios protegidos por aleros y cornisas. Estas humedades suelen ser difíciles de eliminar, mientras que las primeras desaparecen rápidamente con una buena ventilación.

### **2.2.3. Humedades procedentes de las aguas de lluvia, granizo y nieve**

La humedad infiltrada se acrecienta con las precipitaciones que, en forma de lluvia, granizo y nieve, ayudadas por el viento, penetran profundamente en los poros de los materiales en donde produce las lesiones y defectos característicos de la humedad.

Estos efectos perniciosos pueden resumirse en los siguientes: infiltración general a través de muros y cubiertas, con formación de goteras, hasta hacer la vivienda inhabitable; formación de manchas de humedad y de eflorescencias; desprendimiento en ladrillos y aplanados debido a las heladas, putrefacciones de maderas, corrosiones y oxidaciones de metales, etc.

La humedad de la atmosfera en mayor cuantía, la lluvia impulsada por el viento, penetra a través de los poros de los materiales o a través de las grietas capilares de diversas procedencia, generalmente provocada por falta de adherencia entre los diversos elementos de la obra o por la contracción del concreto después de su fraguado al secarse, la porosidad de los materiales es más bien una ventaja que un inconveniente, ya que el agua que penetra durante la lluvia en los poros, en lugar de deslizarse por la pared es eliminada después por evaporación. En cambio, las grietas son las verdaderas fuentes de humedad que hay que evitar a toda costa, sobre todo en aquellos parámetros que presentan que presentan una superficie impermeable. A través de dichas grietas se escurre el agua de la lluvia hasta encontrar alguna grieta por la que pueda penetrar. Una vez dentro de la pared la superficie exterior impermeable impedirá la eliminación de humedad por evaporación y el agua

contenida en los poros del muro aumenta con lluvias sucesivas hasta que aparezcan en el parámetro interior las manchas de humedad.

De tal forma, que un revestimiento impermeable de los muros exteriores no suele resolver la cuestión de las infiltraciones, si no se consigue, al mismo tiempo, evitar en absoluto las grietas capilares. (López, 2005)



## **CAPÍTULO 3. IMPERMEABILIZANTES**

### **3.1. Antecedentes**

La manera tradicional de impermeabilizar las azoteas de las edificaciones no contemplaba ningún material de origen industrializado, por lo tanto, se utilizaba material natural tomado del lugar. En los techos de las antiguas edificaciones como haciendas, iglesias, conventos, casonas, se utilizó el sistema de terrados, sistema que contemplaba un entrepiso formado por traveses de madera, losetas de barro tipo cuarterón hecho a mano y una capa de tierra compactada que lograba un peralte de 40 a 80 centímetros en función del área del techo, posteriormente se aplicaba una capa de ladrillo rojo recocido hecho a mano en forma de petatillo y finalmente se aplicaba una solución de alumbre que permitía lograr una superficie impermeable. (Díaz, 2006)

Es importante señalar que este sistema de protección para las azoteas fue utilizado durante muchos años, hasta la industrialización de algunos productos de origen sintético.

Con el surgimiento de la industria petrolera a principios del siglo XX y el descubrimiento de nuevos materiales derivados de esta industria se utiliza una mezcla de petróleo crudo y amoníaco conocido como asfalto, el cual empezó a ser aplicado en forma de capa protectora sobre los techos de las nuevas construcciones debido a lo liso de la superficie y la posibilidad de generar una capa de hule que al enfriarse se convierte en un hule flexible.

Desde el siglo pasado los derivados del petróleo han sido utilizados como materia prima para hacer tratamiento de humedades hasta que se hace su aparición la lámina de cartón asfáltico, es decir una lámina de cartón muy grueso bañada con emulsiones asfálticas que hace la función de una cubierta aislante e impermeable antes del enladrillado de petatillo tradicional.

En los años sesenta se desarrollaron nuevos materiales que inducen la transformación de la industria del plástico, logrando el descubrimiento de la fibra de vidrio, material que permite aplicaciones en diferentes ámbitos y puntualmente en el área de los impermeabilizantes,

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

obteniendo un enmallado de fibra de vidrio fina y de espesores muy delgados, y que implica ser el principio de los impermeabilizantes de membrana prefabricada, mejor llamada como, membrana de refuerzo de fibra de vidrio.

Este sistema de impermeabilización logra posicionarse como el procedimiento más usado en los años setenta y ochenta eliminado prácticamente la utilización de asfalto y cartón asfáltico, sin embargo y debido al crecimiento de las ciudades, la contaminación ambiental y la lluvia ácida, se hace cada vez más palpable que el sistema de membrana se intertemperiza a corto plazo obligando al cliente a renovar esta membrana continuamente, lo que en cuestión de costos no logra amortizar la inversión realizada, además de las molestias al tener que retirar el material ya deteriorado.

La industria química continúa investigando materiales y logra obtener productos que logran mantener capas sumamente delgadas y adicionándole fibras obtienen materiales que aplicados con calor permiten vulcanizar las placas logrando una superficie altamente sellada y obteniendo una mayor resistencia a la lluvia y la intertemperización de los materiales, así como un espesor más importante, lo ofrece una mayor flexibilidad en los cambios de temperatura del material.(Cruz Álvarez, 1999)

## **3.2. Clasificación de impermeabilizantes**

### **3.2.1.Impermeabilizantes cementantes**

Los productos a base de cemento están entre los productos más antiguos utilizados en la impermeabilización. Su uso continúa hoy en día, incluso son una excelente alternativa a los numerosos selladores elastoméricos y acrílicos disponibles. Sin embargo, estos sistemas tienen varias desventajas, incluyendo la incapacidad de cubrir grietas que se desarrollan en sustratos después de su aplicación. Esta desventaja puede ser disminuida realizando juntas de control de las juntas de control y de construcción para mitigar la contracción propia de la mezcla de cemento con agua.

Estos impermeabilizantes son productos a base de cemento portland que contienen agregados silíceos finamente graduados que son no metálicos. Poseen productos químicos para disminuir la infiltración del agua.

Dado que estos productos son resistentes al agua, y son altamente resistentes a la fatiga causada por el ciclo de congelamiento y descongelamiento, es fundamental evitar el ingreso de agua en sus poros pues al congelarse puede causar fisuras debido al aumento de volumen del agua al cambiar de su estado líquido al sólido.

Los impermeabilizantes cementantes tienen un buen desempeño hacia la abrasión de diferentes factores como el tránsito peatonal, y el causado por el medio ambiente.

Los impermeabilizantes cementosos son altamente resistentes al intemperismo acelerado, también son resistentes a la sal. Sin embargo, son susceptibles al deterioro provocado a la exposición prolongada de la lluvia ácida. Los impermeabilizantes cementantes son transpirables, propiedad que permite la transmisión de vapor de agua. Esto evita la necesidad de completar el secado de los sustratos antes de la aplicación, y el astillamiento que es causado por la humedad atrapada. Estos productos son adecuados para el exterior, donde es probable la transmisión de vapor.

### **3.2.2.Membranas**

Son mallas flexibles de fibras sintéticas inorgánicas con alta resistencia y durabilidad, son usados como parte integrante de sistemas impermeables asfálticos en frío, base solvente o base agua y también como refuerzo para los puntos críticos más comunes en impermeabilizaciones acrílicas asfálticas en frío. Son resistentes a todo tipo de condiciones climáticas y ambientales. Tienen la ventaja de promover la adherencia entre las capas asfálticas estructurando los sistemas impermeables, proporcionándoles así resistencia a los esfuerzos mecánicos y previniendo su deterioro prematuro, presentan una excelente flexibilidad, lo que les permite amoldarse a cualquier tipo de superficie y asimila perfectamente los esfuerzos de contracción - dilatación a los rayos solares y son resistentes a las altas temperaturas y en particular a la acción de rayos solares.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

No se recomienda su empleo en superficies verticales o con una inclinación superior a los 60 grados de más de 1 m de altura.

Las membranas de refuerzo de alta resistencia en superficies horizontales planas substituyen a otras membranas de refuerzo como parte integrante de sistemas impermeables base solvente de usos múltiples Como manto de refuerzo adicional en sistemas impermeables base solvente Resiste todo tipo de condiciones climáticas y ambientales.

### **3.2.3.Impermeabilizantes tradicionales**

El enladrillado es un sistema constructivo tradicional que hace la función de capa impermeabilizadora en una azotea, y básicamente consiste en la colocación de ladrillo en acomodo petatillo, sobre dicha azotea.

Este sistema constructivo es común en México, siendo heredado por los españoles a su llegada, es bastante efectivo para evitar el paso del agua y la humedad. Este procedimiento no utiliza ningún producto químico asfáltico, solamente se complementa con la aplicación de una mezcla de agua, material aglutinante, y arena fina comúnmente llamada lechada o chalpaque, esta mezcla es líquida para posteriormente endurecerse y formar una capa adicional al enladrillado.

El sistema de chalpaqueo o lechareado tiene un costo muy bajo y no requiere de personal capacitado para su ejecución. El mismo usuario de la vivienda lo puede elaborar y aplicar, tiene una buena resistencia a la humedad.

Sin embargo, este sistema también tiene la desventaja de que cuando un enladrillado ha fallado o simplemente se ha fisurado o presente agrietamientos no vuelve funcionar adecuadamente.

Otro impermeabilizante de uso tradicional es el Jabonato de alumbre, que es un sistema de componentes de jabón neutro en barra y piedra alumbre disuelta en agua, su uso es más efectivo sobre superficies que no presentan mal estado estructural y no necesitan resanes,

por lo cual la preparación consiste solamente en la limpieza de la superficie. La primera capa o mano que se aplica es el jabón en barra disuelto en agua caliente. El alumbre es una piedra de sulfato de aluminio, que se consigue en algunas ferreterías. Las azoteas de las catedrales europeas se impermeabilizaban con este método. Durante siglos, esta combinación de productos se usó por Europa para evitar la infiltración del agua en las edificaciones. El jabón como tal se disuelve fácilmente en el agua, pero el alumbre lo endurece y los hace resistente.

En México y en los países donde los españoles se asentaron, la forma de impermeabilizar también consistía en el uso de terrados los cuales son un sistema que contemplaba un entepiso formado por traveses de madera, loseta de barro tipo cuarterón hecho a mano y una capa de tierra compactada que lograba un peralte de 40 a 80 centímetros en función del área del techo, posteriormente se aplicaba una capa de ladrillo rojo recocido hecho a mano en forma de petatillo y finalmente se aplicaba una solución de alumbre que permitía lograr una superficie impermeable. (Díaz, 2006,)

Se buscaba la implementación de pendientes muy pronunciadas para dar salida al agua de lluvia a través de gárgolas que descargaban sobre los patios o solares traseros de las casas buscando la salida natural del agua hacia el campo.

Este tipo de sistema constructivo de azoteas fue muy utilizado durante casi 300 años hasta la aparición del concreto armado y los actuales sistemas impermeabilizantes químicos.

#### **3.2.4. Impermeabilizantes asfálticos**

Los sistemas de recubrimiento de asfalto proporcionan una superficie de desgaste de asfalto sobre una membrana de aplicación líquida. La base de impermeabilización es un asfalto que puede soportar el calor creado durante la instalación de la capa asfáltica. Estas capas de membrana impermeable y el asfalto son sistemas de aplicación en caliente. Las capas de asfalto son aproximadamente 2 mm de espesor. Estos sistemas mejoran su desempeño debido a la superposición asfáltica para proteger el recubrimiento de la base impermeable. El peso adicional añadido a una estructura por estos sistemas se debe considerar en el cálculo estructural.

Algunas de las desventajas de este procedimiento es que el asfalto restringe severamente la capacidad del recubrimiento de la membrana impermeable para cubrir grietas o para ajustar al movimiento térmico. Además, es difícil de reparar esta membrana una vez que el asfalto está instalado. No hay manera de eliminar una mala colocación sin destruir la membrana de revestimiento de base.

Los sistemas asfálticos sistemas asfálticos no es fácil su mantenimiento, hay que retirarlos en su gran mayoría y colocar una capa nueva.

### **3.2.5. Impermeabilizantes acrílicos**

Los impermeabilizantes acrílicos, son sustancias líquidas cuando se aplican que al secarse forman una película elástica, que evita la infiltración del paso del agua. Los impermeabilizantes acrílicos son formulados a partir de polímeros. Al aplicarse su penetración en el material es mínimo por lo tanto se considera un sellador en forma de película. Los productos acrílicos difieren en menor medida según el fabricante pues cada uno tiene compuestos patentados.

Los impermeabilizantes acrílicos se disuelven por lo general en agua sin embargo la mayoría de los fabricantes recomiendan su aplicación sin disolver. Estos compuestos acrílicos no tienen reacción química con los materiales donde se aplican.

## **3.3. Materiales tradicionales en construcción de azoteas**

### **3.3.1. Concreto**

El concreto en un sentido general es un producto o masa conformada por un medio aglutinante, compuesto el cemento portland y agua, y de compuestos granulares llamados agregados, a la grava se le conoce como agregado grueso y a la arena se le conoce agregado fino, al concreto también se le suele añadir otras sustancias llamadas aditivos, o adicionantes que mejoran o modifican algunas de las propiedades del concreto.

“El concreto compuesto de cemento Portland es el material manufacturado y base del sistema constructivo más utilizado en la industria de la construcción. En muchos países, la proporción del consumo de concreto excede, diez a uno, el del acero”. (P. Kumar Mehta & Paulo J.M. Monteiro, 1998) en 1997, el consumo mundial total de concreto se ha estimado en tres mil millones de toneladas.

El éxito de este material se debe a sus muchas ventajas entre las que se encuentran las siguientes: la resistencia considerable a la compresión, en comparación a otros materiales; su resistencia al fuego; durabilidad con nulo mantenimiento; facilidad de moldeado lo que permite utilizarlo de numerosas formas y su cualidad de mejor material estructural ante las afectaciones ocasionadas por el agua. Además, las estructuras de concreto son muy rígidas propiedad importante en su alta resistencia a la compresión.

De esta manera, sus aplicaciones están presentes en casi todas las estructuras, grandes o pequeñas: edificios, puentes, pavimentos, presas, muros de retención, pisos, túneles, viaductos, carreteras instalaciones de drenaje, instalaciones de irrigación, estacionamientos, entre otras muchas.

Por otro parte, una característica que se estudia en esta investigación es la permeabilidad del concreto la cual controla la velocidad de absorción de agua. El adecuado conocimiento de la permeabilidad en el concreto es primordial para evaluar su durabilidad.

Desafortunadamente métodos convencionales para la medición de ésta son lentos y sujetos a errores debido a fugas de fluidos sometidos a alta presión. La permeabilidad del concreto depende del grado de compactación del mismo, independientemente de la buena calidad de sus materiales.

### **3.3.2.Mortero**

Para evitar el paso del agua en las azoteas desde la antigüedad el material con el uso más utilizado es el mortero es decir una mezcla de cal, arena y agua. El uso de la Cal y en específico el mortero se ha utilizado en todas las grandes civilizaciones.

El vaciado de mortero en la azotea comúnmente llamado entortado, es uno de los procedimientos constructivos más utilizados y eficientes para evitar la infiltración de agua, y proviene de los llamados techos coloniales, donde el método constructivo era formar una estructura de vigas de madera, con un recubrimiento de una mezcla de Cal y arena fina con agua.

Los morteros son mezclas obtenidas con Cal que funciona como aglutinante, arena fina y agua, y son para unir piezas de mampostería como piedra y ladrillo.

Los morteros se pueden clasificar según sea el aglutinante. Así se tienen entonces morteros de yeso o cal. Es de uso común las dosificaciones de mortero con componentes de Cal, arena fina y cemento.

La mezcla de un aglutinante y agua se le puede nombrar pasta y su consistencia normal y trabajable es cuando la cantidad de agua de amasado es igual a los huecos del aglutinante suelto; si es menor será seca y mayor fluida comúnmente nombrada lechada y en esta mezcla predomina el agua. La Cal, se clasifica en aérea e hidráulica. (Salamanca, 1995)

### **3.3.3.Ladrillo**

El uso en la construcción del ladrillo de arcilla es una de las técnicas más antiguas y duraderas de la humanidad. El término mampostería consiste en unir pilas estables de pequeños elementos de ladrillos, con o sin mortero. Era un material de construcción fundamental de la Mesopotamia, Períodos egipcios y romanos. Durante la época romana, el uso de la arcilla ladrillo aumentó y se convirtió especializado con el fin de maximizar sus beneficios.

El Ladrillo de arcilla se siguió utilizando durante los tiempos medievales y modernos. A pesar de varios la modificación de los usos de ladrillo de arcilla, la forma y la producción a lo largo de miles de años de evolución constante, la simplicidad que hizo su éxito se mantuvo. Numerosos edificios construidos con ladrillos de arcilla prevalecieron hasta el siglo XXI, (James W. P. Campbell; Will Pryce, 2004) que da testimonio de la fuerza de este material a lo largo de siglos de tormentas de lluvia, nieve, las altas temperaturas y el

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

deterioro inducido por el hombre. Por otra parte, ladrillo podría ser fácilmente, a bajo costo y rápidamente manipulado y producido con un simple proceso de manufactura. Se basa en barro cocido, una materia prima disponible en grandes cantidades por toda la tierra.

A lo largo de la historia del ser humano son muchas las construcciones que se han realizado con ladrillos. en un principio el hombre se dio cuenta de que ciertas tierras una vez mojadas se les puede dar forma y que una vez secadas al sol adquieren cierta dureza posteriormente el secado con sol evoluciono al cocimiento con fuego.

El ladrillo son piezas prefabricadas con material arcilloso que constituyen material de construcción utilizándose para la edificación de muros, columnas, arcos y bóvedas de azoteas.es resistente a la humedad y calor, su color y calidad depende del tipo de arcilla que es elaborado.

Los tipos de ladrillos depende de las siguientes características de calidad, formato y resistencia. El ladrillo macizo tiene forma de prisma rectangular generalmente sus dimensiones son de 7 cm, 14 cm, 28 cm. Se emplea también el ladrillo especial el cual es el que no tiene las características estándar ni reúne las condiciones de los ladrillos macizos y son piezas de poco espesor utilizados para azoteas con acomodo en forma de petatillo.

Las condiciones que deben reunir los ladrillos para su empleo en las obras se requieren que satisfagan las siguientes propiedades:

- A. Homogeneidad en su masa.
- B. Ausencia de fisuras y defectos.
- C. Regularidad tanto en su forma como en las dimensiones de las distintas piezas.
- D. Resistencia suficiente a la compresión y flexión.
- E. Forma regular para que las hiladas de los muros sean de espesor uniforme y las aristas bien formadas y de ángulos rectos.
- F. Uniformidad en la coloración. (técnica de la construcción del ladrillo. Luis)

### **3.3.4. Cal**

La Cal es uno de los materiales aglutinantes que más se han utilizado en la edificación en México desde la llegada de los españoles, este material también fue utilizado en la época prehispánica en la edificación.

La Cal en la actualidad es utilizada para la elaboración de morteros, que son usados para juntar mampostería, para aplanados en paredes y como material para dar pendientes en azoteas. También la Cal es bastante utilizada y con un carácter de material fundamental en las obras de mantenimiento y conservación en edificios y construcciones de carácter histórico y arqueológico.

Existe la Cal hidráulica y la Cal viva, la cual su uso es fundamental en temas de restauración en edificaciones del patrimonio histórico, la cal hidráulica funciona como el cemento, al aplicárseles agua la mezcla tiende a fraguar inmediatamente, en contraparte la cal viva tiene características bioclimáticas y tiene la capacidad de conservarse por largos periodos de tiempo, pues posee propiedades hidrofugantes, que le permiten transpirar por sus poros lo cual da salida a la humedad contenida.

La cal al aplicarse se cristaliza y se carbonata, de afuera hacia adentro, conservando humedad en mayor medida en el centro, lo que le permite tener propiedades de elasticidad, que minimizan el micro agrietamiento a diferencia del cemento.

Cuando la cal viva se apaga en obra, es decir se le hidrata y la pasta resultante se le satura de agua en un medio hermético, esta cal vuelve a su estado natural, se convierte en una roca caliza, la cal apagada no tiene propiedades adherentes, y su fijación es mecánica. (DE GUZMAN, 2001)

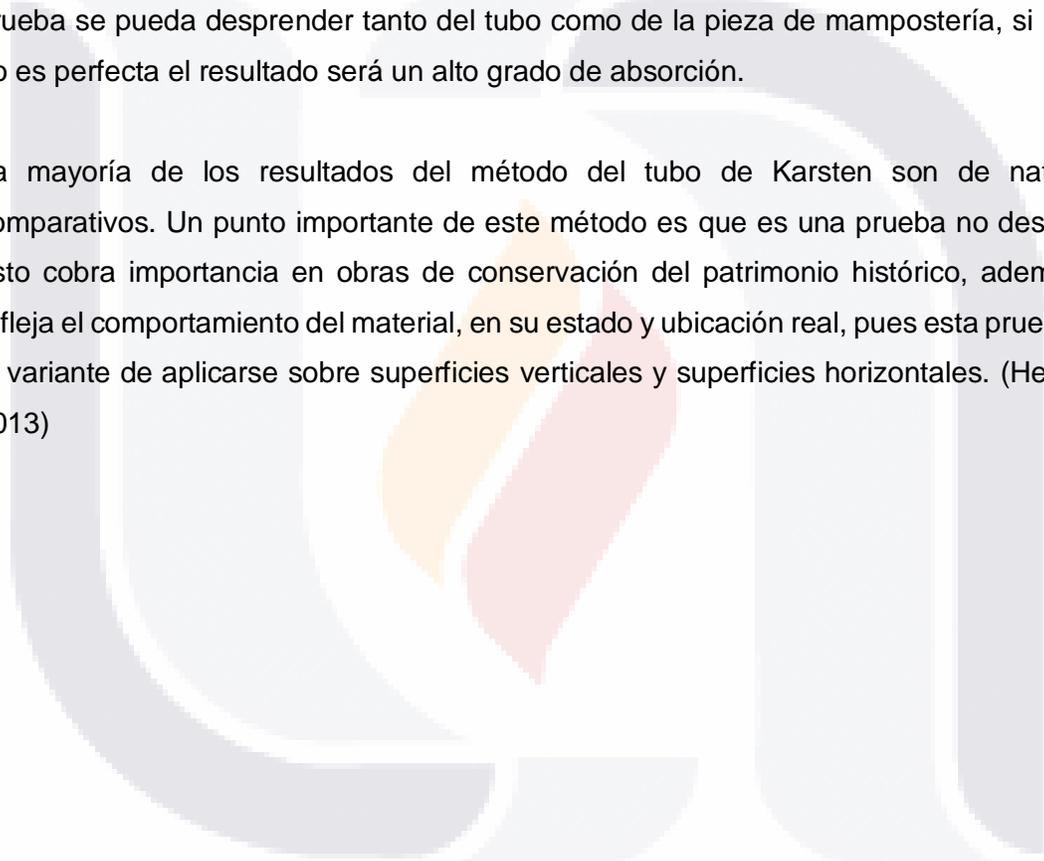
### **3.4. El Tubo de Karsten para medir permeabilidad**

El método del tubo de Karsten es un ensaye para determinar la permeabilidad en un material, y está estandarizado por el ICOMOS y el comité RILEM 25. Este método se ha utilizado mayormente en estudios y trabajos sobre la preservación de monumentos

históricos, pues permite medir la absorción de agua en materiales porosos y a su vez evaluar la eficiencia de impermeabilizantes o repelentes de agua midiendo su absorción antes y después de su aplicación.

Cuando se repiten mediciones en mismos puntos sistemáticamente durante periodos más largos la prueba, la prueba arroja datos más certeros. Los resultados de la prueba dependen de la calidad de la unión entre la superficie del material a estudiar y la base del tubo, esta unión se sella con un material epóxico que no permita fugas de agua, y que al final de la prueba se pueda desprender tanto del tubo como de la pieza de mampostería, si la unión no es perfecta el resultado será un alto grado de absorción.

La mayoría de los resultados del método del tubo de Karsten son de naturaleza comparativos. Un punto importante de este método es que es una prueba no destructiva, esto cobra importancia en obras de conservación del patrimonio histórico, además que refleja el comportamiento del material, en su estado y ubicación real, pues esta prueba tiene la variante de aplicarse sobre superficies verticales y superficies horizontales. (Hendrickx, 2013)



## CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

### 4.1. Introducción fundamentos para definir el trabajo en laboratorio

Si bien se han aplicado sistemas impermeabilizantes tradicionales, no existe en la bibliografía analizada datos técnicos que permitan recomendar su uso, así pues, en este capítulo se describe el desarrollo de la metodología de los ensayos que se siguieron para obtener la caracterización correspondiente a sistemas impermeabilizantes tradicionales, en el capítulo siguiente se presentan los resultados obtenidos, en el capítulo 6 se analizan dichos resultados.

La principal función de un método impermeabilizante es su capacidad de evitar la infiltración de agua y humedad a través de materiales con los que se construye una edificación, así se analiza la influencia de mezclas de impermeabilizantes elaborados en laboratorio con componentes tradicionales en probetas.

Las propiedades a analizar son permeabilidad, absorción, adherencia, como se muestra en la figura 1.

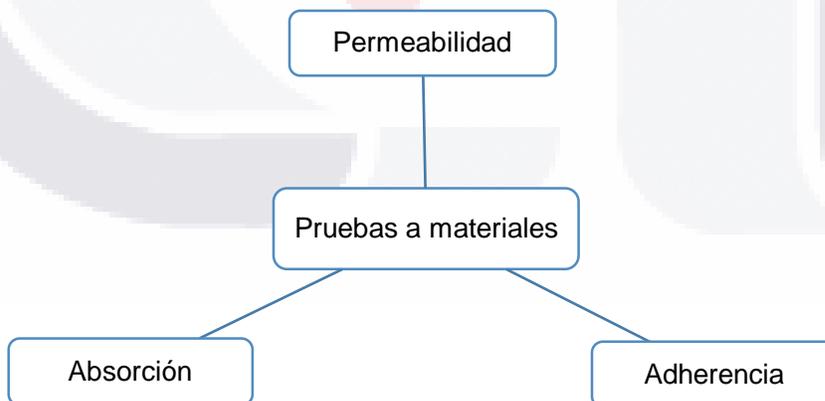


Figura 1 Mapa conceptual de ensayos a probetas

La campaña experimental se llevó a cabo con cuatro mezclas de impermeabilizantes Tradicionales (tabla 1) elaborados en laboratorio, y que pueden ser elaborados en cualquier lugar con utensilios básico, cuyos componentes principales son Cal, Agua, Mucílago de Nopal, Jabón Neutro, además de dos impermeabilizantes comerciales.

Tabla 1 Impermeabilizantes a ensayar

<b>id.</b>	<b>impermeabilizante tipo</b>	<b>componentes</b>
I-1	Tradicional (jabonato de alumbre)	agua, jabón neutro, piedra alumbre
I-2	Tradicional (Cal)	agua, jabón neutro, piedra alumbre, cal
I-3	Tradicional (nopal)	agua, jabón neutro, piedra alumbre, cal, mucílago de nopal
I-4	Comercial	Fester Imperfácil 3 años
I-5	Tradicional (chalpaque)	cemento, arena fina, agua, adherente
I-6	Comercial	oxical

Estas mezclas fueron aplicadas a probetas elaboradas en laboratorio de materiales estructurales comúnmente utilizados en la construcción de una edificación como lo es el mortero, concreto y ladrillo petatillo.

#### 4.2. Objetivos de la campaña experimental

- A. Fabricar 18 probetas de concreto  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$
- B. Fabricar 18 probetas de mortero cemento-cal-arena 1:1:10
- C. Recolectar 18 muestras de ladrillo tipo petatillo
- D. Analizar características de absorción, permeabilidad y adherencia de las probetas de concreto, mortero y ladrillo petatillo.
- E. Elaborar 4 mezclas de impermeabilizantes tradicionales.
- F. Aplicar los impermeabilizantes elaborados a las probetas de concreto, mortero y ladrillo, y someterlos a ensayos de absorción, permeabilidad y adherencia.
- G. Aplicar un impermeabilizante comercial FESTER Imperfácil 3 años, a las probetas de concreto, mortero y ladrillo, y someterlos a ensayos de absorción, permeabilidad y adherencia.
- H. Aplicar un impermeabilizante comercial OXICAL, a las probetas de concreto, mortero y ladrillo, y someterlos a ensayos de absorción, permeabilidad y adherencia.

### 4.3. Variables experimentales

Las variables del experimento fueron los materiales estructurales de que está construida una edificación como lo es el mortero, concreto y ladrillo petatillo. Se utilizaron cuatro mezclas de procesamiento tradicional y dos mezclas procesadas industrialmente. Otra variable que se introdujo fue la edad de aplicación de las mezclas impermeabilizantes a probetas de materiales estructurales (figura 2)

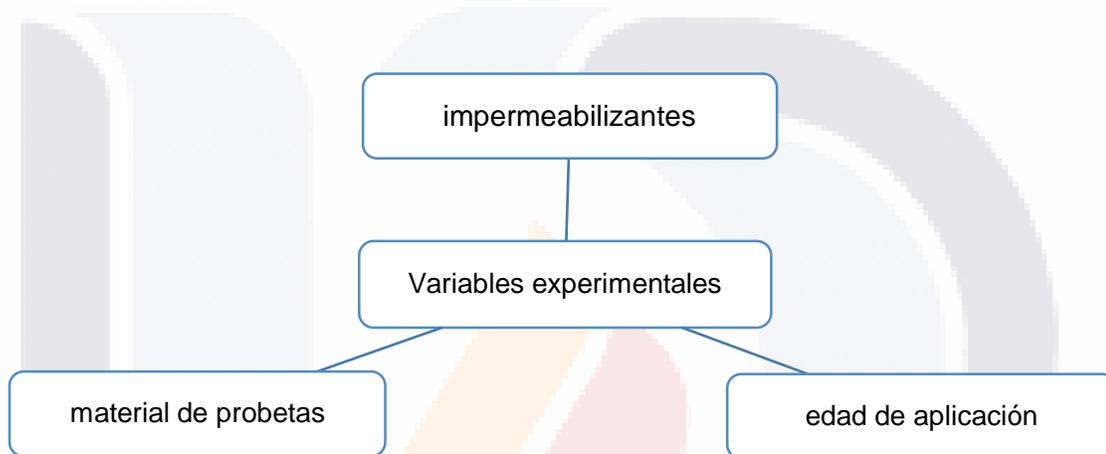


Figura 2 Variable experimentales

### 4.4. Plan de trabajo

La campaña experimental se realizó de junio de 2015 a octubre de 2015. Se implementaron pruebas a probetas de acuerdo a la tabla 2

Tabla 2 Pruebas, probetas y edad de ensaye.

probeta	edad (días)	pruebas realizadas		
		absorción	permeabilidad	adhrencia
ladrillo petatillo	3	X	X	X
	14		X	
	28		X	X
mortero cemento-cal-arena 1:1:10	3	X	X	X
	14		X	
	28		X	X
concreto hidráulico $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	3	X	X	X
	14		X	
	28		X	X

#### 4.5. Elaboración de probetas

La azotea es uno de los elementos constructivos de mayor importancia en la vida de una vivienda. Su función es proteger al mismo de las acciones del paso del tiempo y de los agentes atmosféricos y garantizar así un medio favorable para la actividad que en él se desarrolle.

Se elaboraron en el laboratorio probetas de los materiales usados en la construcción de azoteas, como se aprecia en la figura 3, estos materiales fueron el ladrillo petatillo de dimensiones de 25.5 X 12 X 3.5 centímetros, mortero cemento-cal-arena con una proporción de 1:1:10, y concreto hidráulico de resistencia a compresión de concreto  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Las dimensiones de las probetas fueron elegidas por la necesidad de manejo adecuado en laboratorio, las dimensiones del ladrillo petatillo son medidas estándar usadas en la industria ladrillera.

Para la experimentación se utilizan 18 probetas de cada uno de los materiales según se aprecia en la tabla 3.



Figura 3 Elaboración de probetas a ensayar

Tabla 3 Probetas a ensayar

No. Probetas	material	dimensiones		
		largo	ancho	espesor
18	ladrillo petatillo	25.4	12.0	3.2
18	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	30.0	30.0	2.5
18	concreto hidráulico $f_c =$ 200 kg/cm <sup>2</sup> .	20.0	15.0	5.0

Las probetas de concreto fueron fabricadas con un diseño de mezcla (tabla 4) para una resistencia a la compresión de  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, mediante la norma ACI 211.1.

La humedad ambiental de la grava fue de 0.008 % y de la arena 0.32 %, para este cálculo se consideró elaborar un volumen de concreto de 0.010 m<sup>3</sup>.

El acomodo del concreto se realizó con una varilla punta de bala, y el acabado de la cara superior de la probeta fue cerrado con plana, simulando el acabado de las azoteas de concreto.

Tabla 4 Dosificación Concreto  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$

Componente	Prediseño	Corrección volumen absoluto	Corrección absorción humedad	Corrección volumen	Volumen
Cemento	297.10	297.10	297.10	3.29	0.001095
Grava	926.11	926.11	895.83	9.93	0.004118
Arena	916.79	697.61	898.04	9.95	0.004229
Agua	205.00	205.00	34.86	0.39	0.000386
<b>Volumen total</b>	<b>1.07</b>	<b>0.10</b>	<b>0.90</b>	<b>0.01</b>	<b>0.010</b>

Las probetas de mortero se elaboraron con una dosificación de 1:1:10, es decir una unidad de cemento portland, una unidad de Cal, y diez unidades de arena graduada malla No 4, mediante cálculos de volúmenes aparentes de acuerdo a la tabla 5, 6, 7 y 8 respectivamente.

Las probetas de ladrillo petatillo se recolectaron de ladrilleras de la región.

Tabla 5. Pesos específicos de componentes de mortero

CONCEPTO	UNIDAD	PESO VOL	Pe
CEMENTO	TON	1510	3.10
CAL	TON	700	2.31
ARENA	M3	1460	2.46
AGUA	M3		

Tabla 6 Cálculo de volumen mortero 1:1:10

componentes	p.v.	proporción	p.e.	volumen (m3)
cemento	1510	1	3100	0.487
cal	700	1	2310	0.303
arena	1460	10	2460	5.935
agua				1.260
<b>total</b>				<b>7.985</b>

Tabla 7 cálculo de pesos del mortero 1:1:10

componentes	volumen (m3)	volumen total	vol./m3
cemento	0.487	7.985	0.061
cal	0.303		0.038
arena	5.935		0.743
agua	1.260		0.158
<b>total</b>			<b>1.000</b>

Tabla 8 cálculo del volumen por m3 del mortero 1:1:10

componentes	vol./m3	p.e.	masa/m3
cemento	0.061	3100	189.105
cal	0.038	2310	87.664
arena	0.743	2460	1828.428
agua	0.158	1000	157.796
<b>total</b>	<b>1.000</b>		<b>2262.993</b>

## 4.6. Elaboración y dosificación de impermeabilizantes tradicionales a ensayar

### 4.6.1. Jabonato de alumbre (I-1)

Se elaboró una solución de 100 mililitros de jabón en barra y agua, y 100 mililitros de agua y piedra alumbre, en un recipiente con agua al fuego a 60 °C se disolvió el jabón en barra previamente rallado como se muestra en figura 4.



Figura 4. Jabón neutro rallado

Posteriormente se disuelve la piedra alumbre en agua al fuego a una temperatura de 60 °C, previamente se molió el alumbre para lograr una mezcla homogénea, figura 5, según el proporcionamiento de la tabla 6 que describe el INAH (Emilia Díaz Arreola & Liliana Fuentes Valles, s/f).

A este impermeabilizante se le llama Jabonato de alumbre, y se aplica y se elabora y aplica por separado, el alumbre disuelto en agua y el jabón neutro disuelto en agua, figura 6.



Figura 5. Molienda de Piedra alumbre



Figura 6 Jabonado de Alumbre

Tabla 9. Dosificación de impermeabilizante I-1

<b>unidad</b>	<b>componente</b>	<b>proporción (gr/litro)</b>
gr	Jabón en barra	90.00
gr	pedra alumbre	40.00
gr	agua	850.00
<b>total</b>		<b>980.00</b>

#### 4.6.2.Tradicional a base de Cal (I-2)

Se elaboró en el laboratorio una mezcla de Agua, Cal, y piedra Alumbre, con una dosificación de acuerdo a la tabla 10, estas cantidades están en volúmenes, con la densidad de cada uno de los componentes se convirtieron en pesos y se llegó a cantidades exactas y medibles, figura 7.

Tabla 10 impermeabilizante I-2

<b>unidad</b>	<b>componente</b>	<b>proporción (gr/litro)</b>
gr	Jabón en barra	40.00
gr	piedra alumbre	50.00
gr	agua	700.00
gr	Cal	150.00
<b>total</b>		<b>940.00</b>



Figura 7 Componentes impermeabilizante I-2

Se elaboró en el laboratorio una solución con Agua, Cal, Mucílago de Nopal, Piedra Alumbre (figura 8), en esta mezcla se puso especial atención al uso del mucilago de nopal (tabla 11), puesto que esta planta tiene usos populares a los que actualmente se les está estudiando

su base científica, como la utilización de las pencas en la adición a la Cal como adherente, en pinturas (Ramsey, 1999). De ahí el interés implementarlo en las soluciones.

Tabla 11 dosificación impermeabilizante I-3

unidad	componente	proporción (gr/litro)
gr	Jabón en barra	40.00
gr	pedra alumbre	50.00
gr	mucílago de nopal	60.00
gr	agua	700.00
gr	Cal	150.00
<b>total</b>		<b>1000.00</b>



Figura 8 Componentes para mezcla I-3

#### 4.6.2.1. Extracción de mucílago de Nopal

El procedimiento para obtener el mucílago de nopal, es:

- A. Recolectar pencas de más de dos años de edad. Las pencas se recolectan por la mañana ya que la humedad es mayor. Se pesa cada penca para obtener un estimado del rendimiento del mucílago a obtener.
- B. Las pencas del nopal se lavan con agua, y con un cuchillo se les cortan las espinas. Cuando las pencas estuvieron cortadas en cuadro se depositaron en una cubeta de 19 litros y se aplicó agua a temperatura ambiente, a 16 C, ahí se dejaron por un lapso de 24 horas.
- C. Los cuadros de nopal saturados en agua fueron colocados en una coladera para separar la baba de nopal, como se muestra en la figura 9.



Figura 9 Filtración de baba de nopal

- D. La precipitación del mucílago del producto resultante de la filtración de la fase acuosa se llevó a cabo agregando etanol en una relación 1:3 (figura 10).

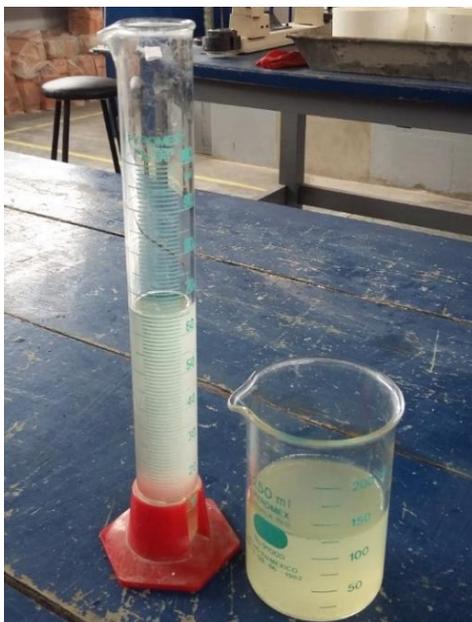


Figura 10 producto resultante de la filtración del Nopal

E. El precipitado del mucílago en forma de hilos se separó mediante una segunda filtración como se muestra en la Figura 11.



Figura 11 Extracción de Mucílago de Nopal

F. El resto del solvente se elimina en una estufa por 16 horas a 70°C. Los hilos de mucílago pasan por un proceso de molienda. El mucílago seco recuperado se coloca en un mortero de porcelana y se tritura hasta obtener un polvo blanquecino fino. (Droguett & Universidad de Chile. Escuela de Agronomía, 2002)

#### 4.6.3. Impermeabilizante Comercial Fester Imperfácil a 3 años (I-4)

El impermeabilizante comercial que se usó en esta campaña experimental fue como punto de referencia las mezclas tradicionales que se elaboraron en el laboratorio es el Imperfácil 3 años de la marca FESTER de la figura 12, el cual es una solución acrílica de alta viscosidad, elaborado a base de resinas acrílicas estirenadas, pigmentos, cargas inertes y aditivos. El fabricante lo recomienda para impermeabilizar losas de concreto monolíticas horizontales e inclinadas, muros y fachadas.



Figura 12 Imperfácil FESTER 3 años

#### 4.6.4. Tradicional de cemento y arena fina (chalpaque) (I-5)

El chalpaque es una mezcla de agua, cemento portland gris y arena graduada por la malla número 4, (tabla 9), tradicionalmente utilizada como sellador e impermeabilizante.

Tabla 12 Dosificación de impermeabilizante I-5

unidad	componente	proporción (gr/litro)
gr	cemento portland gris	250.00
gr	arena fina	231.00
gr	agua	500.00
<b>total</b>		<b>981.00</b>

#### 4.6.5.Comercial de marca OXICAL (I-6)

El segundo impermeabilizante comercial que se usó en esta campaña experimental para tomarlo como punto de referencia de las mezclas tradicionales que se elaboraron en laboratorio es el Oxical de la misma marca que es una solución elaborada industrialmente a base de Cal, de ahí su color blanco en las figuras 13 y 14.

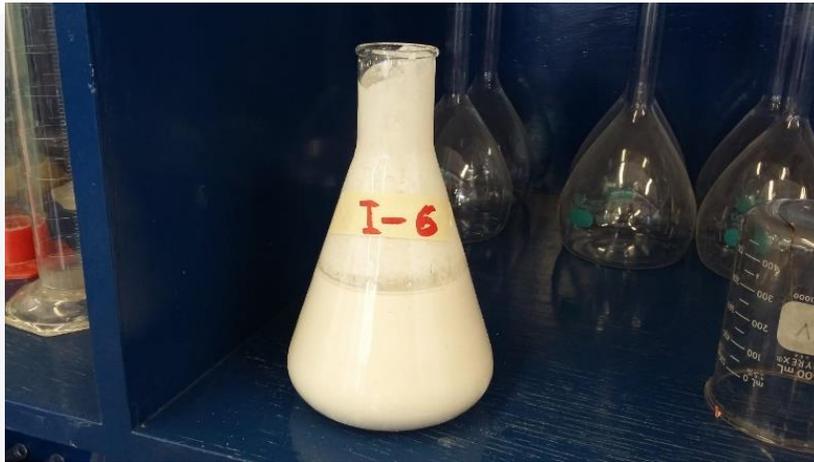


Figura 13 mezcla I-6 Oxical



Figura 14 Impermeabilizante comercial Oxical  
Fuente: [www.oxical.mx](http://www.oxical.mx)

## 4.7. Aplicación de las soluciones impermeabilizadoras a ensayar

### 4.7.1. Aplicación de impermeabilizante Jabonato de alumbre (I-1)

Antes de aplicar la mezcla a la probeta se aseguró de que ésta estuviera libre de polvo y en buen estado.

La aplicación tanto de jabón como de alumbre se hicieron en caliente a una temperatura de 65 °C, en caso de enfriarse puede calentarse de nuevo sin dejar hervir.

Se colocaron 3 capas intercaladas con brocha de cerdas naturales como se muestra en la Figura 15, de cada una de las mezclas, jabón y alumbre, cabe mencionar que antes de aplicar cualquier capa, la anterior estuvo totalmente seca.



Figura 15 Aplicación de Jabonato de alumbre.

**4.7.2. Aplicación de impermeabilizante Tradicional a base de Cal (I-2), Tradicional a base de mucílago de nopal (I-3), Comercial de marca OXICAL (I-6)**

La aplicación de estos tres tipos de sustancias se implementó de manera similar, a dos manos perpendicular respecto una de otra, con brocha comercial de 50% de cerdas negras naturales y 50% cerdas naturales teñidas con mango de polipropileno las cual es de uso común en la aplicación de cualquier pintura e impermeabilizante en cualquier tipo de superficie (lisa o rugosa).

Antes de aplicar las sustancias en las probetas se aseguró de que éstas estuvieran libres de polvo y en buen estado. Se homogeneizo perfectamente la sustancia agitándola con una cuchara de madera, debido a que tienden a asentarse y separarse los componentes con mayor peso específico del agua.

Con una brocha se aplicó la sustancia en una primera capa cubriendo la probeta, se dejó secar esta primera capa durante 12 horas posteriormente se aplicó una segunda mano esta vez se aplicó de manera perpendicular respecto a la primera aplicación (figura 16).



Figura 16 Aplicación de impermeabilizantes a probetas a ensayar

#### 4.7.3. Aplicación de impermeabilizante Fester Imperfácil a 3 años (I-4)

Para aplicación de este impermeabilizante se siguió lo sugerido en la ficha técnica del producto, aplicándolo en tres capas y se diluyeron 20 ml de impermeabilizante en 100 ml de agua y se aplicó la primera mano a manera de sellador primario, a razón de 5 m<sup>2</sup> por litro, como se muestra en figura 17.



Figura 17 Fester Imperfácil 3 años sello

Se permitió secar la primera mano 12 horas para posteriormente aplicar la segunda mano de manera cruzada respecto a la anterior capa, esta vez sin diluir el producto, a razón de 0.5 litros por m<sup>2</sup> (figura 18). Siguiendo el mismo procedimiento de la segunda mano se realizó la tercera aplicación del producto.



Figura 18 Aplicación de impermeabilizante I-4.

#### 4.7.4. Aplicación de impermeabilizante Comercial Tradicional de cemento y arena fina (chalpaque) (I-5)

Se graduó 231 gr de arena con la malla #4 y se mezclaron en seco a 250 gr de cemento portland de la marca Cemex, posteriormente se adicionaron 500 gr de agua, formando una solución de consistencia líquida.

Antes de aplicar las sustancias en las probetas se aseguró de que éstas estuvieran libres de polvo y en buen estado. Se homogeneizó perfectamente la sustancia agitándola con una cuchara de madera figura 19, debido a que tienden a asentarse y separarse los componentes con mayor peso específico del agua.



Figura 19 Mezclado de chalpaque I-5

Con una brocha se aplicó la sustancia en una capa, como se muestra en figura 20.



Figura 20 Probetas cubiertas de chalpaque I-5

## 4.8. Características a ensayar

### 4.8.1. Absorción

La absorción es la propiedad de un material para absorber una cantidad de agua y está relacionada con la permeabilidad, propiedad que impide el paso del agua través de las paredes de un material, por consiguiente, es una característica de las probetas que se analiza, con el procedimiento que a según la Norma NMX-C-037-1986-ONNCE-2005. (D.O.F., 2005).

Se determinó esta característica física a 6 probetas de concreto, 6 probetas de mortero, así como también a las 6 probetas de ladrillo petatillo sin aplicar ningún tipo recubrimiento para tener un parámetro inicial, posteriormente se hicieron los ensayos a las mismas probetas cubiertas por las mezclas de impermeabilizantes descritas anteriormente. A Cada una de las mezclas se aplicó en una probeta de cada tipo de material como se aprecia en las tablas 13,14, 15 y 16.

Tabla 13 Absorción ladrillo petatillo sin impermeabilizar

elemento	impermeabilizante	probeta
ladrillo petatillo	S.l.	T-1
ladrillo petatillo	S.l.	T-2
ladrillo petatillo	S.l.	T-3
ladrillo petatillo	S.l.	T-4
ladrillo petatillo	S.l.	T-5
ladrillo petatillo	S.l.	T-6

Tabla 14 Absorción ladrillo petatillo con impermeabilizante

elemento	impermeabilizante	probeta
ladrillo petatillo	I-1	T-1
ladrillo petatillo	I-2	T-2
ladrillo petatillo	I-3	T-3
ladrillo petatillo	I-4	T-4
ladrillo petatillo	I-5	T-5
ladrillo petatillo	I-6	T-6

Tabla 15 Absorción en Mortero con impermeabilizante

elemento	impermeabilizante	probeta
mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	m-1
mortero cemento-cal-arena 1:1:11	I-2	m-2
mortero cemento-cal-arena 1:1:12	I-3	m-3
mortero cemento-cal-arena 1:1:13	I-4	m-4
mortero cemento-cal-arena 1:1:13	I-5	m-5
mortero cemento-cal-arena 1:1:14	I-6	m-6

Tabla 16 Absorción con impermeabilizantes en concreto

elemento	impermeabilizante	probeta
concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	c-1
concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	c-2
concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	c-3
concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	c-4
concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	c-6
concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	c-5

#### 4.8.1.1. Procedimiento

Las probetas fueron secadas en horno a 100 °C y pesadas como se muestra en la figura 20, hasta que su diferencia de masas no fue mayor del 2 % en dos pesadas sucesivas. Las probetas se sumergieron en agua por 24 horas para obtener la condición de saturado, y posteriormente se secaron superficialmente y se volvió a determinar su masa.



Figura 21 Determinación de la masa de una probeta

Para determinar la masa del espécimen sumergido este se ató a una balanza mientras se sumergió en un recipiente adaptado con un control de demasías, figura 21, se tuvo cuidado de que las probetas no tocaran las paredes ni fondo del recipiente.



Figura 22 Ensayo de absorción

#### 4.8.1.2. Cálculo y expresión de resultados

#### 4.8.1.3. Absorción total en 24 horas

$$A = \frac{M_{sss} - M_s}{M_{sss} - P_a} \times 1000$$

En donde:

**A** Volumen de agua absorbido referido al volumen aparente del espécimen en  $\text{dm}^3 / \text{m}^3$

**Ms** es la masa seca del espécimen en kg.

**Msss** es la masa saturada y superficialmente seca en kg.

**Ps** es la masa saturada y superficialmente seca en kg

#### 4.8.1.4. Absorción en porcentaje

$$A = \frac{M_{sss} - M_s}{M_s} \times 100$$

En donde:

**A** es la Absorción en porcentaje.

**Ms** es la masa seca del espécimen en kg.

**Msss** es la masa saturada y superficialmente seca en kg.

### 4.8.2. Permeabilidad

Permeabilidad es la propiedad de un material de permitirle a un fluido su paso a través de él, por ende, esta característica es la que tiene un peso mayor dentro de la investigación. Para obtener los parámetros de permeabilidad se utiliza la prueba del tubo de Karsten, (Hendrickx, 2013, p.1310-1317) este método es una prueba no destructiva y representa una condición real de la infiltración de fluido para los tipos de materiales y superficie a estudiar.

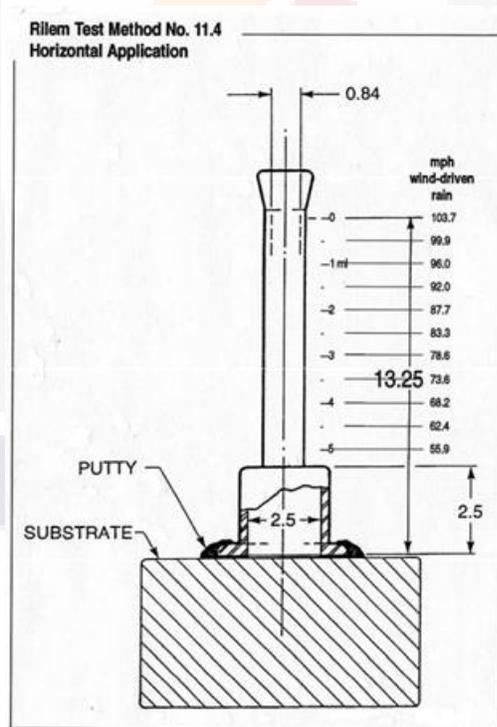


Figura 23 Método de permeabilidad Karsten

Fuente: (Hendrickx, 2013)

El procedimiento fue colocar un tubo de vidrio graduado en la superficie de la probeta del material a probar según la figura 22, el tubo y la superficie son sellados con plastilina adherible removible para evitar fugas de fluido, se aplica agua por la parte superior del tubo, induciendo una presión de agua, simula acción de lluvia estática con viento a diferentes velocidades dependiendo de la graduación del tubo, como se muestra en la figura 24.

El método ha sido ampliamente utilizado para medir absorción y medir la efectividad de aplicación de impermeabilidad mediante la absorción antes y después del tratamiento. Es factible para derivar parámetros fundamentales de humedad en materiales porosos.



Figura 24 tubo graduado de Karsten

Las mediciones de filtración de fluido se hacen en rangos de 5, 10,20, 30, y 60 minutos, sin embargo, para materiales menos porosos y capas de tratamiento impermeabilizantes, se puede considerar un tiempo de 24 horas como se muestra en la figura 24.



Figura 25 Método Karsten en ladrillo

Se realizaron pruebas de permeabilidad Karsten en ladrillo tipo petatillo (figura 26)



Figura 26 Permeabilidad Karsten en ladrillo

También se hicieron ensayos de permeabilidad Karsten en probetas de Mortero 1:1:10, en figura 26 se muestran mediciones en el impermeabilizante I-4



Figura 27 Permeabilidad en Mortero sobre I-4

Conforme a lo descrito en el plan de trabajo se realizaron pruebas de permeabilidad Karsten en probetas de concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> (figura 28)



Figura 28 Permeabilidad Karsten en concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

### 4.8.3. Adherencia

El procedimiento del ensayo de adherencia se realizó de acuerdo a la norma Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359.

Los ensayos se realizaron en dos probetas de cada tipo de materiales de concreto, mortero y ladrillo petatillo, y cada tipo de impermeabilizante. Se implementó la prueba de adherencia en las probetas a 3 y 28 días de aplicado el impermeabilizante. En cada probeta se seleccionó un área libre de imperfecciones y discontinuidades, posteriormente se hicieron un par de cortes intersectándose al centro y con orientación de 90 uno del otro de 20 mm de longitud, con el mango con navajas, manteniendo una presión uniforme y suficiente para pasar la capa de impermeabilizante como se observa en la figura 28.

Se retiró el material escarificado con un cepillo que forma parte del mismo kit del método, y se inspeccionaron los recortes para asegurarse de que se haya alcanzado el sustrato.



Figura 29 Prueba de adherencia sobre probeta

Se utilizaron 7.5 centímetros de cinta de prueba incluida en el kit, que se adhirió a cada una de las superficies escarificadas, retirándola de manera uniforme.

Finalmente se comparó la superficie de cada una de las probetas escarificadas y libre de residuos con las gráficas de la normatividad que se aprecian en el ANEXO A para obtener un porcentaje de área removida.

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN TÉCNICA

### 5.1. Introducción

En este capítulo se muestran los resultados experimentales de las pruebas a las que sometieron las probetas sin capa impermeabilizante y las probetas con impermeabilizante según lo planteado en la campaña experimental descrita en el capítulo anterior.

También se muestran los resultados de las pruebas de Absorción, los resultados de las pruebas de Permeabilidad y los resultados de las pruebas de adherencia.

### 5.2. Resultados de absorción

De la prueba de absorción en probetas de ladrillo tipo petatillo obtenemos entre un 24 % y un 25 % de absorción por pieza (tabla 17)

Tabla 17 Resultados de absorción en ladrillo sin impermeabilizante.

elemento	imper.	probeta	dimensiones (cm)			peso (gr)		absorción	
			largo	ancho	espesor	saturado	seco (horno)	masa (gr)	porcentaje
ladrillo petatillo	S.I.	T-1	25.4	12.0	3.2	1907.0	1542.5	364.5	24%
ladrillo petatillo	S.I.	T-2	25.4	2.4	3.4	1941.0	1560.0	381.0	24%
ladrillo petatillo	S.I.	T-3	25.9	12.0	3.5	1901.0	1524.4	376.6	25%
ladrillo petatillo	S.I.	T-4	25.8	12.1	3.5	1929.6	1540.0	389.6	25%
ladrillo petatillo	S.I.	T-5	25.8	12.1	3.4	1907.0	1530.0	377.0	25%

De las pruebas implementadas de absorción en las mismas probetas con la variable del recubrimiento de la capa impermeabilizante se obtuvo que efectivamente su permeabilidad aumento, sólo que en un rango máximo al 1 %, según los resultados que nos muestran la tabla 18.

Tabla 18 resultados de absorción en ladrillo petatillo impermeabilizado.

elemento	imper.	probeta	dimensiones (cm)			peso (gr)		absorción	
			largo	ancho	espesor	saturado	seco (horno)	masa (gr)	porcentaje
ladrillo petatillo	I-1	T-1	25.4	12.0	3.2	1901.0	1540.0	361.0	23%
ladrillo petatillo	I-2	T-2	25.4	2.4	3.4	1938.0	1562.0	376.0	24%
ladrillo petatillo	I-3	T-3	25.9	12.0	3.5	1895.0	1523.2	371.8	24%
ladrillo petatillo	I-4	T-4	25.8	12.1	3.5	1918.0	1539.2	378.8	25%
ladrillo petatillo	I-5	T-5	25.8	12.1	3.4	1902.0	1528.5	373.5	24%

### 5.3. Resultados de permeabilidad

La prueba de permeabilidad por el método Karsten arrojó que las probetas de concreto  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  sin impermeabilizar presentaron una filtración de agua media de 2.74 mililitros, como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19 Permeabilidad concreto  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
1		S.I.	C-1	0.70	0.70	0.15	0.85	0.15	1.00	0.35	1.35	1.20	2.55
2		S.I.	C-2	0.80	0.80	0.15	0.95	0.15	1.10	0.25	1.35	1.20	2.55
3		S.I.	C-3	0.70	0.70	0.10	0.80	0.20	1.00	0.15	1.15	1.25	2.40
4		S.I.	C-4	0.80	0.80	0.35	1.15	0.30	1.45	0.40	1.85	1.30	3.15
5		S.I.	C-5	0.70	0.70	0.40	1.10	0.40	1.50	0.40	1.90	1.30	3.20
6		S.I.	C-6	0.70	0.70	0.20	0.90	0.30	1.20	0.30	1.50	1.50	3.00
7		S.I.	C-7	0.68	0.68	0.20	0.88	0.15	1.03	0.15	1.18	1.25	2.43
8	concreto	S.I.	C-8	0.68	0.68	0.30	0.98	0.30	1.28	0.20	1.48	1.20	2.68
9	hidráulico $f'c$	S.I.	C-9	0.80	0.80	0.30	1.10	0.40	1.50	0.40	1.90	1.30	3.20
10	= 200	S.I.	C-10	0.65	0.65	0.15	0.80	0.35	1.15	0.35	1.50	1.40	2.90
11	kg/cm <sup>2</sup> .	S.I.	C-11	0.70	0.70	0.35	1.05	0.30	1.35	0.30	1.65	1.30	2.95
12		S.I.	C-12	0.75	0.75	0.30	1.05	0.30	1.35	0.20	1.55	1.00	2.55
13		S.I.	C-13	0.70	0.70	0.15	0.85	0.15	1.00	0.15	1.15	1.10	2.25
14		S.I.	C-14	0.65	0.65	0.15	0.80	0.15	0.95	0.30	1.25	1.20	2.45
15		S.I.	C-15	0.70	0.70	0.40	1.10	0.40	1.50	0.40	1.90	1.30	3.20
16		S.I.	C-16	0.65	0.65	0.15	0.80	0.35	1.15	0.35	1.50	1.40	2.90
17		S.I.	C-17	0.70	0.70	0.15	0.85	0.15	1.00	0.15	1.15	1.10	2.25
18		S.I.	C-18	0.78	0.78	0.20	0.98	0.30	1.28	0.30	1.58	1.20	2.78

De la prueba de permeabilidad implementada por el método Karsten se obtuvo que las probetas de Ladrillo petatillo sin impermeabilizar presentaron una filtración de agua media de 162.68 mililitros, como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20 Resultados Permeabilidad en Ladrillo petatillo sin impermeabilizante

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
19		S.I.	L-1	16.00	16.00	17.00	33.00	28.00	61.00	21.00	82.00	79.80	161.80
20		S.I.	L-2	16.00	16.00	16.20	32.20	29.00	61.20	22.00	83.20	79.90	163.10
21		S.I.	L-3	16.50	16.50	16.00	32.50	26.20	58.70	22.00	80.70	79.90	160.60
22		S.I.	L-4	15.00	15.00	15.50	30.50	30.50	61.00	20.50	81.50	80.00	161.50
23		S.I.	L-5	15.50	15.50	15.40	30.90	31.00	61.90	20.40	82.30	80.00	162.30
24		S.I.	L-6	16.20	16.20	15.50	31.70	39.10	70.80	21.40	92.20	80.00	172.20
25		S.I.	L-7	16.40	16.40	16.80	33.20	32.00	65.20	22.40	87.60	80.20	167.80
26		S.I.	L-8	16.50	16.50	16.20	32.70	27.90	60.60	20.40	81.00	80.10	161.10
27	ladrillo	S.I.	L-9	16.50	16.50	14.00	30.50	34.00	64.50	19.90	84.40	80.10	164.50
28	petatillo	S.I.	L-10	16.10	16.10	15.50	31.60	26.90	58.50	20.50	79.00	80.20	159.20
29		S.I.	L-11	16.50	16.50	15.30	31.80	28.00	59.80	21.50	81.30	79.90	161.20
30		S.I.	L-12	15.80	15.80	15.20	31.00	31.20	62.20	21.50	83.70	80.00	163.70
31		S.I.	L-13	15.70	15.70	14.90	30.60	28.80	59.40	20.80	80.20	80.00	160.20
32		S.I.	L-14	16.80	16.80	14.80	31.60	27.80	59.40	22.20	81.60	80.02	161.62
33		S.I.	L-15	17.00	17.00	14.00	31.00	26.80	57.80	21.80	79.60	80.20	159.80
34		S.I.	L-16	15.50	15.50	15.40	30.90	31.00	61.90	20.40	82.30	80.00	162.30
35		S.I.	L-17	15.80	15.80	15.20	31.00	31.20	62.20	21.50	83.70	80.00	163.70
36		S.I.	L-18	16.80	16.80	14.80	31.60	27.80	59.40	22.20	81.60	80.02	161.62

La prueba de permeabilidad por el método Karsten implementada arrojó que las probetas de Mortero 1:1:10 sin impermeabilizar presentaron una filtración de agua media de 19.59 mililitros, como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21 Permeabilidad probetas de Mortero

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
37	mortero cemento-cal- arena 1:1:8	S.I.	M-1	2.50	2.50	2.00	4.50	3.30	7.80	3.00	10.80	8.70	19.50
38		S.I.	M-2	2.40	2.40	2.00	4.40	3.20	7.60	3.00	10.60	9.00	19.60
39		S.I.	M-3	2.40	2.40	1.98	4.38	3.20	7.58	3.00	10.58	9.00	19.58
40		S.I.	M-4	2.30	2.30	1.96	4.26	3.25	7.51	3.00	10.51	9.00	19.51
41		S.I.	M-5	2.50	2.50	1.95	4.45	3.35	7.80	3.02	10.82	8.80	19.62
42		S.I.	M-6	2.40	2.40	2.20	4.60	3.30	7.90	3.01	10.91	8.85	19.76
43		S.I.	M-7	2.45	2.45	2.00	4.45	3.30	7.75	3.02	10.77	8.95	19.72
44		S.I.	M-8	2.55	2.55	2.10	4.65	3.30	7.95	3.01	10.96	8.95	19.91
45		S.I.	M-9	2.50	2.50	2.05	4.55	3.20	7.75	2.99	10.74	8.90	19.64
46		S.I.	M-10	2.50	2.50	1.99	4.49	3.25	7.74	2.98	10.72	8.95	19.67
47		S.I.	M-11	2.45	2.45	2.05	4.50	3.25	7.75	2.99	10.74	9.00	19.74
48		S.I.	M-12	2.50	2.50	1.00	3.50	3.30	6.80	2.98	9.78	9.00	18.78
49		S.I.	M-13	2.50	2.50	1.99	4.49	3.32	7.81	2.98	10.79	8.75	19.54
50		S.I.	M-14	2.55	2.55	2.00	4.55	3.32	7.87	3.02	10.89	8.75	19.64
51		S.I.	M-15	2.60	2.60	2.05	4.65	3.32	7.97	3.00	10.97	8.70	19.67
52		S.I.	M-16	2.50	2.50	1.95	4.45	3.35	7.80	3.02	10.82	8.80	19.62
53		S.I.	M-17	2.50	2.50	1.99	4.49	3.32	7.81	2.98	10.79	8.75	19.54
54		S.I.	M-18	2.40	2.40	1.98	4.38	3.20	7.58	3.00	10.58	9.00	19.58

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad en probetas de concreto a la edad de 3 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-1, se muestran en la tabla 22.

Tabla 22 Permeabilidad Karsten a 3 días I-1 en Concreto f'c=200 kg/cm2

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
55	concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm2.	I-1	C-1	0.20	0.20	0.20	0.40	0.25	0.65	0.25	0.90	0.45	1.35
56	concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm2.	I-1	C-2	0.20	0.20	0.20	0.40	0.25	0.65	0.25	0.90	0.50	1.40
57	concreto hidráulico f'c = 200 kg/cm2.	I-1	C-3	0.20	0.20	0.20	0.40	0.30	0.70	0.25	0.95	0.40	1.35

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad en probetas de ladrillo a la edad de 3 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-1, se muestran en la tabla 23.

Tabla 23 Permeabilidad Karsten a 3 días I-1 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
58	ladrillo petatillo	I-1	L-1	0.20	0.20	0.25	0.45	0.25	0.70	0.35	1.05	0.45	1.50
59	ladrillo petatillo	I-1	L-2	0.25	0.25	0.25	0.50	0.30	0.80	0.30	1.10	0.40	1.50
60	ladrillo petatillo	I-1	L-3	0.25	0.25	0.25	0.50	0.30	0.80	0.35	1.15	0.40	1.55

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad en probetas de concreto a la edad de 3 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-1, se muestran en la tabla 24.

Tabla 24 Permeabilidad Karsten a 3 días I-1 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
61	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-1	0.20	0.20	0.30	0.50	0.30	0.80	0.30	1.10	0.40	1.50
62	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-2	0.20	0.20	0.25	0.45	0.30	0.75	0.20	0.95	0.50	1.45
63	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-3	0.20	0.20	0.25	0.45	0.25	0.70	0.25	0.95	0.40	1.35

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 14 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-1, se muestran en las siguientes tablas 25, 26 y 27.

Tabla 25 Permeabilidad Karsten a 14 días I-1 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
64	concreto hidráulico $f_c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-1	0.30	0.30	0.20	0.50	0.30	0.80	0.35	1.15	0.80	1.95
65	concreto hidráulico $f_c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-2	0.35	0.35	0.20	0.55	0.30	0.85	0.30	1.15	0.70	1.85
66	concreto hidráulico $f_c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-3	0.30	0.30	0.20	0.50	0.30	0.80	0.30	1.10	0.70	1.80

Tabla 26 Permeabilidad Karsten a 14 días I-1 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
67	ladrillo petatillo	I-1	L-1	0.30	0.30	0.30	0.60	0.35	0.95	0.35	1.30	0.70	2.00
68	ladrillo petatillo	I-1	L-2	0.30	0.30	0.30	0.60	0.25	0.85	0.35	1.20	0.75	1.95
69	ladrillo petatillo	I-1	L-3	0.30	0.30	0.30	0.60	0.25	0.85	0.35	1.20	0.80	2.00

Tabla 27 Permeabilidad Karsten a 14 días I-1 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
70	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-1	0.28	0.28	0.30	0.58	0.30	0.88	0.35	1.23	0.65	1.88
71	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-2	0.28	0.28	0.30	0.58	0.30	0.88	0.35	1.23	0.65	1.88
72	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-3	0.28	0.28	0.30	0.58	0.30	0.88	0.35	1.23	0.70	1.93

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 28 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-1, se muestran en las siguientes tablas 28, 29 y 30.

Tabla 28 Permeabilidad Karsten a 28 días I-1 en Concreto  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
73	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-1	C-1	0.40	0.40	0.30	0.70	0.35	1.05	0.45	1.50	0.80	2.30
74	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-1	C-2	0.40	0.40	0.30	0.70	0.40	1.10	0.45	1.55	0.75	2.30
75	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-1	C-3	0.40	0.40	0.30	0.70	0.35	1.05	0.50	1.55	0.70	2.25

Tabla 29 Permeabilidad Karsten a 28 días I-1 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
76	ladrillo petatillo	I-1	L-1	0.50	0.50	0.55	1.05	0.65	1.70	1.00	2.70	3.00	5.70
77	ladrillo petatillo	I-1	L-2	0.50	0.50	0.60	1.10	0.70	1.80	1.00	2.80	3.00	5.80
78	ladrillo petatillo	I-1	L-3	0.50	0.50	0.60	1.10	0.70	1.80	1.00	2.80	3.50	6.30

Tabla 30 Permeabilidad Karsten a 28 días I-1 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
79	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-1	0.35	0.35	0.50	0.85	0.50	1.35	0.60	1.95	1.60	3.55
80	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-2	0.50	0.50	0.35	0.85	0.50	1.35	0.60	1.95	1.60	3.55
81	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-3	0.50	0.50	0.35	0.85	0.50	1.35	0.60	1.95	1.80	3.75

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 3 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-2, se muestran en las siguientes tablas 31, 32 y 33.

Tabla 31 Permeabilidad Karsten a 3 días I-2 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
82	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-4	0.50	0.50	0.40	0.90	0.30	1.20	0.30	1.50	0.60	2.10
83	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-5	0.50	0.50	0.40	0.90	0.20	1.10	0.30	1.40	0.70	2.10
84	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-6	0.50	0.50	0.40	0.90	0.30	1.20	0.30	1.50	0.70	2.20

Tabla 32 Permeabilidad Karsten a 3 días I-2 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
85	ladrillo petatillo	I-2	L-4	0.70	0.70	0.60	1.30	0.70	2.00	0.70	2.70	3.00	5.70
86	ladrillo petatillo	I-2	L-5	0.50	0.50	0.80	1.30	0.80	2.10	0.80	2.90	1.50	4.40
87	ladrillo petatillo	I-2	L-6	0.70	0.70	1.00	1.70	0.80	2.50	0.80	3.30	2.80	6.10

Tabla 33 Permeabilidad Karsten a 3 días I-2 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
88	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-4	1.00	1.00	1.00	2.00	0.90	2.90	0.80	3.70	1.20	4.90
89	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-5	1.00	1.00	0.80	1.80	0.80	2.60	0.80	3.40	1.60	5.00
90	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-6	1.20	1.20	1.00	2.20	1.00	3.20	0.80	4.00	2.00	6.00

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 14 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-2, se muestran en las siguientes tablas 34, 35 y 36.

Tabla 34 Permeabilidad Karsten a 14 días I-2 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
91	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-4	0.50	0.50	0.40	0.90	0.35	1.25	0.30	1.55	0.60	2.15
92	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-5	0.50	0.50	0.40	0.90	0.35	1.25	0.32	1.57	0.65	2.22
93	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-6	0.50	0.50	0.40	0.90	0.35	1.25	0.30	1.55	0.70	2.25

Tabla 35 Permeabilidad Karsten a 14 días I-2 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
94	ladrillo petatillo	I-2	L-4	1.00	1.00	1.50	2.50	1.70	4.20	1.90	6.10	4.00	10.10
95	ladrillo petatillo	I-2	L-5	1.00	1.00	1.50	2.50	1.80	4.30	1.90	6.20	5.00	11.20
96	ladrillo petatillo	I-2	L-6	1.00	1.00	1.60	2.60	1.80	4.40	1.80	6.20	5.00	11.20

Tabla 36 Permeabilidad Karsten a 14 días I-2 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
97	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-4	1.10	1.10	1.20	2.30	1.30	3.60	2.00	5.60	4.00	9.60
98	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-5	1.00	1.00	1.20	2.20	1.40	3.60	2.00	5.60	4.50	10.10
99	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-6	1.10	1.10	1.20	2.30	1.30	3.60	2.00	5.60	4.50	10.10

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 28 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-2, se muestran en las siguientes tablas 37,38 y 39.

Tabla 37 Permeabilidad Karsten a 28 días I-2 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
100	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-4	0.50	0.50	0.45	0.95	0.40	1.35	0.40	1.75	0.65	2.40
101	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-5	0.50	0.50	0.45	0.95	0.40	1.35	0.40	1.75	0.70	2.45
102	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-6	0.50	0.50	0.45	0.95	0.45	1.40	0.40	1.80	0.75	2.55

Tabla 38 Permeabilidad Karsten a 28 días I-2 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
103	ladrillo petatillo	I-2	L-4	3.00	3.00	3.50	6.50	4.00	10.50	5.00	15.50	15.00	30.50
104	ladrillo petatillo	I-2	L-5	3.00	3.00	3.50	6.50	4.00	10.50	5.00	15.50	14.50	30.00
105	ladrillo petatillo	I-2	L-6	3.50	3.50	3.50	7.00	4.00	11.00	6.00	17.00	15.00	32.00

Tabla 39 Permeabilidad Karsten a 14 días I-2 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
106	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-4	2.00	2.00	2.50	4.50	3.00	7.50	3.00	10.50	7.00	17.50
107	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-5	2.00	2.00	2.50	4.50	3.00	7.50	3.00	10.50	7.50	18.00
108	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-6	2.00	2.00	2.50	4.50	3.00	7.50	3.00	10.50	7.50	18.00

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 3 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-3, se muestran en las siguientes tablas 40, 41 y 42.

Tabla 40 Permeabilidad Karsten a 3 días I-3 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
109	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-7	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.40	0.20	0.60	0.40	1.00
110	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-8	0.05	0.05	0.05	0.10	0.20	0.30	0.25	0.55	0.35	0.90
111	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-9	0.10	0.10	0.10	0.20	0.30	0.50	0.20	0.70	0.30	1.00

Tabla 41 Permeabilidad Karsten a 3 días I-3 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
112	ladrillo petatillo	I-3	L-7	0.05	0.05	0.05	0.10	0.40	0.50	0.50	1.00	0.80	1.80
113	ladrillo petatillo	I-3	L-8	0.00	0.00	0.05	0.05	0.40	0.45	0.50	0.95	0.80	1.75
114	ladrillo petatillo	I-3	L-9	0.10	0.10	0.10	0.20	0.40	0.60	0.45	1.05	0.75	1.80

Tabla 42 Permeabilidad Karsten a 3 días I-3 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
115	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-7	0.15	0.15	0.15	0.30	0.30	0.60	0.30	0.90	0.50	1.40
116	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-8	0.10	0.10	0.15	0.25	0.30	0.55	0.30	0.85	0.50	1.35
117	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-9	0.10	0.10	0.20	0.30	0.30	0.60	0.30	0.90	0.55	1.45

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 14 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-3, se muestran en las siguientes tablas 43, 44 y 45.

Tabla 43 Permeabilidad Karsten a 14 días I-3 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
118	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-7	0.20	0.20	0.20	0.40	0.20	0.60	0.20	0.80	0.50	1.30
119	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-8	0.20	0.20	0.25	0.45	0.20	0.65	0.25	0.90	0.40	1.30
120	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-9	0.20	0.20	0.20	0.40	0.30	0.70	0.30	1.00	0.45	1.45

Tabla 44 Permeabilidad Karsten a 14 días I-3 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
121	ladrillo petatillo	I-3	L-7	0.40	0.40	0.45	0.85	0.50	1.35	0.50	1.85	1.00	2.85
122	ladrillo petatillo	I-3	L-8	0.40	0.40	0.45	0.85	0.50	1.35	0.50	1.85	1.00	2.85
123	ladrillo petatillo	I-3	L-9	0.40	0.40	0.40	0.80	0.45	1.25	0.50	1.75	0.90	2.65

Tabla 45 Permeabilidad Karsten a 14 días I-3 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
124	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-7	0.40	0.40	0.40	0.80	0.40	1.20	0.50	1.70	1.00	2.70
125	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-8	0.40	0.40	0.40	0.80	0.35	1.15	0.50	1.65	1.00	2.65
126	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-9	0.30	0.30	0.40	0.70	0.35	1.05	0.50	1.55	1.00	2.55

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 28 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-3, se muestran en las siguientes tablas 46, 47 y 48.

Tabla 46 Permeabilidad Karsten a 28 días I-3 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
127	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-7	0.20	0.20	0.25	0.45	0.35	0.80	0.50	1.30	1.00	2.30
128	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-8	0.20	0.20	0.25	0.45	0.35	0.80	0.50	1.30	1.00	2.30
129	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-9	0.20	0.20	0.25	0.45	0.35	0.80	0.45	1.25	1.10	2.35

Tabla 47 Permeabilidad Karsten a 28 días I-3 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
130	ladrillo petatillo	I-3	L-7	0.50	0.50	0.80	1.30	1.00	2.30	1.20	3.50	3.20	6.70
131	ladrillo petatillo	I-3	L-8	0.50	0.50	0.80	1.30	1.00	2.30	1.20	3.50	3.00	6.50
132	ladrillo petatillo	I-3	L-9	0.50	0.50	0.90	1.40	1.00	2.40	1.30	3.70	3.10	6.80

Tabla 48 Permeabilidad Karsten a 28 días I-3 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
133	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-7	0.40	0.40	0.40	0.80	0.50	1.30	1.00	2.30	2.50	4.80
134	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-8	0.40	0.40	0.40	0.80	0.50	1.30	1.00	2.30	2.80	5.10
135	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-9	0.30	0.30	0.40	0.70	0.50	1.20	1.20	2.40	2.50	4.90

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 3 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-4, se muestran en las siguientes tablas 49, 50 y 51.

Tabla 49 Permeabilidad Karsten a 3 días I-4 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)										
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos		
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	
136	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10
137	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08
138	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08

Tabla 50 Permeabilidad Karsten a 3 días I-4 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)										
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos		
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	
139	ladrillo petatillo	I-4	L-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.05	0.07	0.07	0.14	0.14
140	ladrillo petatillo	I-4	L-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
141	ladrillo petatillo	I-4	L-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.05	0.07	0.05	0.12	0.12

Tabla 51 Permeabilidad Karsten a 3 días I-4 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)										
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos		
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	
142	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10
143	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10
144	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 14 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-4, se muestran en las siguientes tablas 52, 53 y 54.

Tabla 52 Permeabilidad Karsten a 14 días I-4 en Concreto  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)										
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos		
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	
145	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-4	C-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10
146	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-4	C-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10
147	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-4	C-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10

Tabla 53 Permeabilidad Karsten a 14 días I-4 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
148	ladrillo petatillo	I-4	L-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.04	0.10	0.14
149	ladrillo petatillo	I-4	L-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.04	0.10	0.14
150	ladrillo petatillo	I-4	L-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.04	0.10	0.14

Tabla 54 Permeabilidad Karsten a 14 días I-4 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)										
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos		
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	
151	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12
152	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12
153	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.14

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 28 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-4, se muestran en las siguientes tablas 55, 56 y 57.

Tabla 55 Permeabilidad Karsten a 28 días I-4 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)										
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos		
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	
154	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12
155	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12
156	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10

Tabla 56 Permeabilidad Karsten a 28 días I-4 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)										
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos		
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	
157	ladrillo petatillo	I-4	L-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.11	0.15
158	ladrillo petatillo	I-4	L-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.11	0.15
159	ladrillo petatillo	I-4	L-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.10	0.14

Tabla 57 Permeabilidad Karsten a 28 días I-4 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)										
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos		
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	
160	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12
161	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13
162	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	M-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 3 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-5, se muestran en las siguientes tablas 58, 59 y 60.

Tabla 58 Permeabilidad Karsten a 3 días I-5 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
163	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-13	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.30	0.10	0.40	0.30	0.70
164	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-14	0.15	0.15	0.10	0.25	0.20	0.45	0.20	0.65	0.25	0.90
165	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-15	0.15	0.15	0.15	0.30	0.10	0.40	0.10	0.50	0.20	0.70

Tabla 59 Permeabilidad Karsten a 3 días I-5 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
166	ladrillo petatillo	I-5	L-13	0.20	0.20	0.30	0.50	0.20	0.70	0.30	1.00	0.60	1.60
167	ladrillo petatillo	I-5	L-14	0.40	0.40	0.30	0.70	0.30	1.00	0.30	1.30	0.20	1.50
168	ladrillo petatillo	I-5	L-15	0.20	0.20	0.30	0.50	0.30	0.80	0.30	1.10	0.60	1.70

Tabla 60 Permeabilidad Karsten a 3 días I-5 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
169	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-13	0.15	0.15	0.15	0.30	0.30	0.60	0.50	1.10	0.90	2.00
170	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-14	0.20	0.20	0.10	0.30	0.20	0.50	0.40	0.90	0.80	1.70
171	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-15	0.30	0.30	0.30	0.60	0.30	0.90	0.20	1.10	0.50	1.60

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 14 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-5, se muestran en las siguientes tablas 61, 62 y 63.

Tabla 61 Permeabilidad Karsten a 14 días I-5 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
172	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-13	0.15	0.15	0.15	0.30	0.15	0.45	0.30	0.75	0.65	1.40
173	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-14	0.15	0.15	0.15	0.30	0.20	0.50	0.30	0.80	0.70	1.50
174	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-15	0.15	0.15	0.15	0.30	0.15	0.45	0.30	0.75	0.75	1.50

Tabla 62 Permeabilidad Karsten a 14 días I-5 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
175	ladrillo petatillo	I-5	L-13	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	1.50	0.50	2.00	1.20	3.20
176	ladrillo petatillo	I-5	L-14	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	1.50	0.50	2.00	1.10	3.10
177	ladrillo petatillo	I-5	L-15	0.40	0.40	0.50	0.90	0.50	1.40	0.50	1.90	1.20	3.10

Tabla 63 Permeabilidad Karsten a 14 días I-5 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
178	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-13	0.30	0.30	0.40	0.70	0.50	1.20	0.50	1.70	1.00	2.70
179	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-14	0.30	0.30	0.40	0.70	0.50	1.20	0.50	1.70	1.10	2.80
180	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-15	0.30	0.30	0.40	0.70	0.50	1.20	0.55	1.75	1.00	2.75

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 28 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-5, se muestran en las siguientes tablas 64, 65 y 66.

Tabla 64 Permeabilidad Karsten a 28 días I-5 en Concreto  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
181	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-5	C-13	0.15	0.15	0.20	0.35	0.30	0.65	0.50	1.15	1.20	2.35
182	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-5	C-14	0.15	0.15	0.20	0.35	0.30	0.65	0.50	1.15	1.20	2.35
183	concreto hidráulico $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .	I-5	C-15	0.15	0.15	0.20	0.35	0.35	0.70	0.50	1.20	1.25	2.45

Tabla 65 Permeabilidad Karsten a 28 días I-5 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
184	ladrillo petatillo	I-5	L-13	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	2.00	1.50	3.50	3.50	7.00
185	ladrillo petatillo	I-5	L-14	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	2.00	1.50	3.50	3.40	6.90
186	ladrillo petatillo	I-5	L-15	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	2.00	1.50	3.50	3.40	6.90

Tabla 66 Permeabilidad Karsten a 28 días I-5 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
187	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-13	0.50	0.50	0.40	0.90	1.00	1.90	1.50	3.40	2.00	5.40
188	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-14	0.40	0.40	0.40	0.80	1.00	1.80	1.50	3.30	2.00	5.30
189	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-15	0.40	0.40	0.40	0.80	1.00	1.80	1.50	3.30	2.00	5.30

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 3 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-6, se muestran en las siguientes tablas 67, 68 y 69.

Tabla 67 Permeabilidad Karsten a 3 días I-6 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
190	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-16	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.40	0.30	0.70	0.50	1.20
191	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-17	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.40	0.30	0.70	0.50	1.20
192	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-18	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.40	0.25	0.65	0.50	1.15

Tabla 68 Permeabilidad Karsten a 3 días I-6 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
193	ladrillo petatillo	I-6	L-16	0.05	0.05	0.10	0.15	0.35	0.50	0.50	1.00	0.90	1.90
194	ladrillo petatillo	I-6	L-17	0.05	0.05	0.10	0.15	0.50	0.65	0.50	1.15	0.90	2.05
195	ladrillo petatillo	I-6	L-18	0.05	0.05	0.10	0.15	0.40	0.55	0.50	1.05	0.90	1.95

Tabla 69 Permeabilidad Karsten a 3 días I-6 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
196	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-16	0.15	0.15	0.15	0.30	0.30	0.60	0.30	0.90	0.60	1.50
197	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-17	0.10	0.10	0.15	0.25	0.30	0.55	0.30	0.85	0.70	1.55
198	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-18	0.10	0.10	0.20	0.30	0.30	0.60	0.30	0.90	0.70	1.60

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 14 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-6, se muestran en las siguientes tablas 70, 71 y 72.

Tabla 70 Permeabilidad Karsten a 14 días I-6 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
199	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-16	0.20	0.20	0.20	0.40	0.25	0.65	0.20	0.85	0.60	1.45
200	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-17	0.20	0.20	0.20	0.40	0.25	0.65	0.20	0.85	0.60	1.45
201	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-18	0.20	0.20	0.20	0.40	0.30	0.70	0.30	1.00	0.55	1.55

Tabla 71 Permeabilidad Karsten a 14 días I-6 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
202	ladrillo petatillo	I-6	L-16	0.05	0.05	0.10	0.15	0.40	0.55	0.80	1.35	1.50	2.85
203	ladrillo petatillo	I-6	L-17	0.05	0.05	0.10	0.15	0.50	0.65	0.80	1.45	1.50	2.95
204	ladrillo petatillo	I-6	L-18	0.05	0.05	0.10	0.15	0.55	0.70	0.70	1.40	1.60	3.00

Tabla 72 Permeabilidad Karsten a 14 días I-6 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
205	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-16	0.10	0.10	0.10	0.20	0.35	0.55	0.50	1.05	1.30	2.35
206	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-17	0.10	0.10	0.10	0.20	0.35	0.55	0.50	1.05	1.40	2.45
207	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-18	0.10	0.10	0.15	0.25	0.30	0.55	0.50	1.05	1.50	2.55

Los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad a la edad de 28 días por el método Karsten para el impermeabilizante I-6, se muestran en las siguientes tablas 73, 74 y 75.

Tabla 73 Permeabilidad Karsten a 28 días I-6 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
208	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-16	0.20	0.20	0.20	0.40	0.35	0.75	0.50	1.25	1.20	2.45
209	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-17	0.20	0.20	0.20	0.40	0.35	0.75	0.50	1.25	1.15	2.40
210	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-18	0.20	0.20	0.20	0.40	0.35	0.75	0.50	1.25	1.10	2.35

Tabla 74 Permeabilidad Karsten a 28 días I-6 ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
211	ladrillo petatillo	I-6	L-16	0.50	0.50	0.50	1.00	0.80	1.80	1.80	3.60	3.50	7.10
212	ladrillo petatillo	I-6	L-17	0.50	0.50	0.50	1.00	0.70	1.70	1.90	3.60	3.50	7.10
213	ladrillo petatillo	I-6	L-18	0.60	0.60	0.50	1.10	0.80	1.90	2.00	3.90	3.40	7.30

Tabla 75 Permeabilidad Karsten a 28 días I-6 Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	imper.	probeta	permeabilidad acumulada (mililitros)									
				5 minutos		10 minutos		20 minutos		30 minutos		60 minutos	
				lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.	lectura	acum.
214	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-16	0.40	0.40	0.50	0.90	0.50	1.40	1.20	2.60	2.50	5.10
215	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-17	0.40	0.40	0.50	0.90	0.50	1.40	1.00	2.40	2.70	5.10
216	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-18	0.30	0.30	0.50	0.80	0.50	1.30	1.20	2.50	2.70	5.20

### 5.4. Resultados de Adherencia

Las pruebas de adherencia implementadas en la campaña experimental a 3 días del impermeabilizante I-1, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 76, 77 y 78.

Tabla 76 Adherencia a edad 3 días en I-1 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
1	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-1	4B	2%
2	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-2	4B	2%
3	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-3	3B	5%

Tabla 77 Adherencia a edad 3 días en I-1 en ladrillo petatillo.

No Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
4	ladrillo petatillo	I-1	L-1	4B	2%
5	ladrillo petatillo	I-1	L-2	4B	2%
6	ladrillo petatillo	I-1	L-3	4B	3%

Tabla 78 Adherencia a edad 3 días en I-1 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
7	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-1	4B	2%
8	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-2	4B	2%
9	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-3	4B	2%

Las pruebas de adherencia a 28 días del impermeabilizante I-1, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 79, 80 y 81.

Tabla 79 Adherencia a edad 28 días en I-1 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
10	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-1	4B	2%
11	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-2	4B	2%
12	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-1	C-3	3B	5%

Tabla 80 Adherencia a edad 28 días en I-1 en ladrillo petatillo.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
13	ladrillo petatillo	I-1	L-1	4B	5%
14	ladrillo petatillo	I-1	L-2	4B	5%
15	ladrillo petatillo	I-1	L-3	4B	5%

Tabla 81 Adherencia a edad 28 días en I-1 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
16	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-1	4B	4%
17	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-2	4B	4%
18	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-1	M-3	4B	4%

Las pruebas de adherencia a 3 días del impermeabilizante I-2, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 82, 83 y 84.

Tabla 82 Adherencia a edad 3 días en I-2 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
19	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-4	3B	6%
20	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-5	3B	15%
21	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-6	3B	10%

Tabla 83 Adherencia a edad 3 días en I-2 en ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
22	ladrillo petatillo	I-2	L-4	2B	30%
23	ladrillo petatillo	I-2	L-5	3B	10%
24	ladrillo petatillo	I-2	L-6	3B	15%

Tabla 84 Adherencia a edad 3 días en I-2 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
25	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-4	3B	10%
26	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-5	2B	25%
27	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-6	3B	15%

Las pruebas de adherencia a 28 días del impermeabilizante I-2, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 85, 86 y 87.

Tabla 85 Adherencia a edad 28 días en I-2 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
28	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-4	1B	35%
29	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-5	1B	35%
30	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-2	C-6	1B	38%

Tabla 86 Adherencia a edad 28 días en I-2 en ladrillo petatillo.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
31	ladrillo petatillo	I-2	L-4	1B	50%
32	ladrillo petatillo	I-2	L-5	1B	50%
33	ladrillo petatillo	I-2	L-6	1B	55%

Tabla 87 Adherencia a edad 28 días en I-2 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
34	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-4	1B	40%
35	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-5	1B	45%
36	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-2	M-6	1B	40%

Las pruebas de adherencia a 3 días del impermeabilizante I-3, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 88, 89 y 90.

Tabla 88 Adherencia a edad 3 días en I-3 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
37	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-7	3B	10%
38	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-8	3B	10%
39	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-9	3B	10%

Tabla 89 Adherencia a edad 3 días en I-3 en ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
40	ladrillo petatillo	I-3	L-7	3B	15%
41	ladrillo petatillo	I-3	L-8	3B	15%
42	ladrillo petatillo	I-3	L-9	3B	10%

Tabla 90 Adherencia a edad 3 días en I-3 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
43	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-7	3B	15%
44	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-8	3B	10%
45	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-9	3B	10%

Las pruebas de adherencia a 28 días del impermeabilizante I-3, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 91, 92 y 93.

Tabla 91 Adherencia a edad 28 días en I-3 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
46	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-7	2B	15%
47	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-8	2B	15%
48	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-3	C-9	2B	15%

Tabla 92 Adherencia a edad 28 días en I-3 en ladrillo petatillo.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
49	ladrillo petatillo	I-3	L-7	2B	35%
50	ladrillo petatillo	I-3	L-8	2B	35%
51	ladrillo petatillo	I-3	L-9	2B	35%

Tabla 93 Adherencia a edad 28 días en I-3 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
52	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-7	2B	30%
53	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-8	2B	30%
54	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-3	M-9	2B	35%

Las pruebas de adherencia a 3 días del impermeabilizante I-4, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 94, 95 y 96.

Tabla 94 Adherencia a edad 3 días en I-4 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
55	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-4	3B	5%
56	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-5	3B	5%
57	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-6	3B	5%

Tabla 95 Adherencia a edad 3 días en I-4 en ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
58	ladrillo petatillo	I-4	C-10	4B	3%
59	ladrillo petatillo	I-4	C-11	4B	3%
60	ladrillo petatillo	I-4	C-12	4B	2%

Tabla 96 Adherencia a edad 3 días en I-4 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
61	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	L-10	4B	2%
62	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	L-11	4B	3%
63	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	L-12	4B	2%

Las pruebas de adherencia a 28 días del impermeabilizante I-4, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 97, 98 y 99.

Tabla 97 Adherencia a edad 28 días en I-4 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
64	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-7	3B	6%
65	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-8	3B	6%
66	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-4	C-9	3B	6%

Tabla 98 Adherencia a edad 28 días en I-4 en ladrillo petatillo.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
67	ladrillo petatillo	I-4	C-10	4B	3%
68	ladrillo petatillo	I-4	C-11	4B	3%
69	ladrillo petatillo	I-4	C-12	4B	3%

Tabla 99 Adherencia a edad 28 días en I-4 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
70	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	L-10	4B	3%
71	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	L-11	4B	3%
72	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-4	L-12	4B	3%

Las pruebas de adherencia a 3 días del impermeabilizante I-5, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 100, 101 y 102.

Tabla 100 Adherencia a edad 3 días en I-5 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
73	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-13	3B	6%
74	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-14	3B	10%
75	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-15	3B	8%

Tabla 101 Adherencia a edad 3 días en I-5 en ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
76	ladrillo petatillo	I-5	L-13	4B	4%
77	ladrillo petatillo	I-5	L-14	4B	4%
78	ladrillo petatillo	I-5	L-15	4B	3%

Tabla 102 Adherencia a edad 3 días en I-5 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
79	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-13	4B	4%
80	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-14	4B	4%
81	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-15	4B	3%

Las pruebas de adherencia a 28 días del impermeabilizante I-5, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 103, 104 y 105.

Tabla 103 Adherencia a edad 28 días en I-5 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
82	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-13	3B	5%
83	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-14	3B	5%
84	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-5	C-15	3B	5%

Tabla 104 Adherencia a edad 28 días en I-5 en ladrillo petatillo.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
85	ladrillo petatillo	I-5	L-13	4B	3%
86	ladrillo petatillo	I-5	L-14	4B	3%
87	ladrillo petatillo	I-5	L-15	4B	3%

Tabla 105 Adherencia a edad 28 días en I-5 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
88	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-13	4B	3%
89	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-14	4B	3%
90	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-5	M-15	4B	3%

Las pruebas de adherencia a 3 días del impermeabilizante I-6, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 106, 107 y 108.

Tabla 106 Adherencia a edad 3 días en I-6 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
91	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-16	3B	10%
92	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-17	3B	10%
93	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-18	3B	10%

Tabla 107 Adherencia a edad 3 días en I-6 en ladrillo petatillo

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
94	ladrillo petatillo	I-6	L-16	3B	15%
95	ladrillo petatillo	I-6	L-17	3B	15%
96	ladrillo petatillo	I-6	L-18	3B	10%

Tabla 108 Adherencia a edad 3 días en I-6 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
97	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-16	3B	15%
98	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-17	3B	10%
99	mortero cemento-cal-arena 1:1:10	I-6	M-18	3B	10%

Las pruebas de adherencia a 28 días del impermeabilizante I-6, de acuerdo al procedimiento Adhesión and Flexibility Tests to meet the standards of ASTM Test method D-3359, arrojaron los resultados que se muestran en las tablas 109, 110 y 111.

Tabla 109 Adherencia a edad 28 días en I-6 en Concreto  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup>.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
100	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-16	2B	15%
101	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-17	2B	15%
102	concreto hidráulico $f'c = 200$ kg/cm <sup>2</sup> .	I-6	C-18	2B	15%

Tabla 110 Adherencia a edad 28 días en I-6 en ladrillo petatillo.

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
103	ladrillo petatillo	I-6	L-16	2B	35%
104	ladrillo petatillo	I-6	L-17	2B	35%
105	ladrillo petatillo	I-6	L-18	2B	35%

Tabla 111 Adherencia a edad 28 días en I-6 en Mortero 1:1:10

No. Prueba	elemento	impermeabilizante	probeta	área removida	
				clasificación	porcentaje
106	mortero cemento- cal-arena 1:1:10	I-6	M-16	2B	30%
107	mortero cemento- cal-arena 1:1:10	I-6	M-17	2B	30%
108	mortero cemento- cal-arena 1:1:10	I-6	M-18	2B	35%

## **5.5. Análisis de costos**

### **5.5.1. Introducción**

Las obras son resultado de la necesidad de cubrir requerimientos del ser humano, por estética, abrigo, y de supervivencia, para lograr este cometido en el transcurso del tiempo se ha venido modelando una metodología constructiva, soportada principalmente por la técnica desprendiéndose así la eficiencia de materiales.

Otra parte el uso del Tiempo se ha reducido debido a las nuevas disciplinas de programación.

### **5.5.2. Análisis de precios unitarios**

#### **5.5.2.1. Precio unitario de los impermeabilizantes ensayados en la campaña experimental**

Se calculó el precio unitario de cada una de las mezclas impermeabilizadoras con la finalidad de emitir un parámetro puntual y objetivo del costo.

Para este cálculo se implementó el software de precios unitarios OPUS.

- A. Se calculó el costo de un litro de cada mezcla, el cual se compone del precio solamente de materiales, así como lo muestra el ANEXO B.
- B. Se calculó el precio unitario de cada mezcla, es decir el costo de cada impermeabilizante aplicado por unidad de metro cuadrado, este costo se compuso de los siguientes conceptos:
  - a. El costo del litro de la mezcla
  - b. El costo de la aplicación (mano de obra) por metro cuadrado
  - c. El rendimiento de las mezclas por metro cuadrado

- d. Y el costo de herramienta menor para su aplicación, se consideró el 5% de la mano de obra.

Como se aprecia en la tabla 112, los impermeabilizantes tradicionales de elaboración casera su costo por litro y su precio unitario es más económico que los impermeabilizantes comerciales.

El cálculo de estos precios se desglosa en el ANEXO B.

Tabla 112 Precio unitario de las mezclas ensayadas

<b>imper.</b>	<b>componentes</b>	<b>precio (litro)</b>		<b>p.u.</b>
I-1	Tradicional (jabonato de alumbre)	\$	4.11	\$ 14.19
I-2	Tradicional (Cal)	\$	2.39	\$ 10.30
I-3	Tradicional (nopál)	\$	3.59	\$ 12.52
I-4	Fester Imperfacil 3 años	\$	52.50	\$ 137.92
I-5	Tradicional (chalpaque)	\$	1.29	\$ 9.51
I-6	Oxical comercial	\$	30.00	\$ 51.67

## CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Absorción

Los resultados de la prueba de absorción siguiendo el procedimiento de la Norma NMX-C-037-1986-ONNCE-2005. En las mismas probetas con la variable del recubrimiento de la capa impermeabilizante obtenemos que efectivamente su impermeabilidad aumento, sólo que en un rango máximo al 1 %, según los resultados que nos muestran la tabla 14, y como se aprecia gráficamente en la figura 30, resultados que se consideraron poco determinantes, así se estableció un método alternativo que nos permitiera obtener datos más puntuales y precisos.

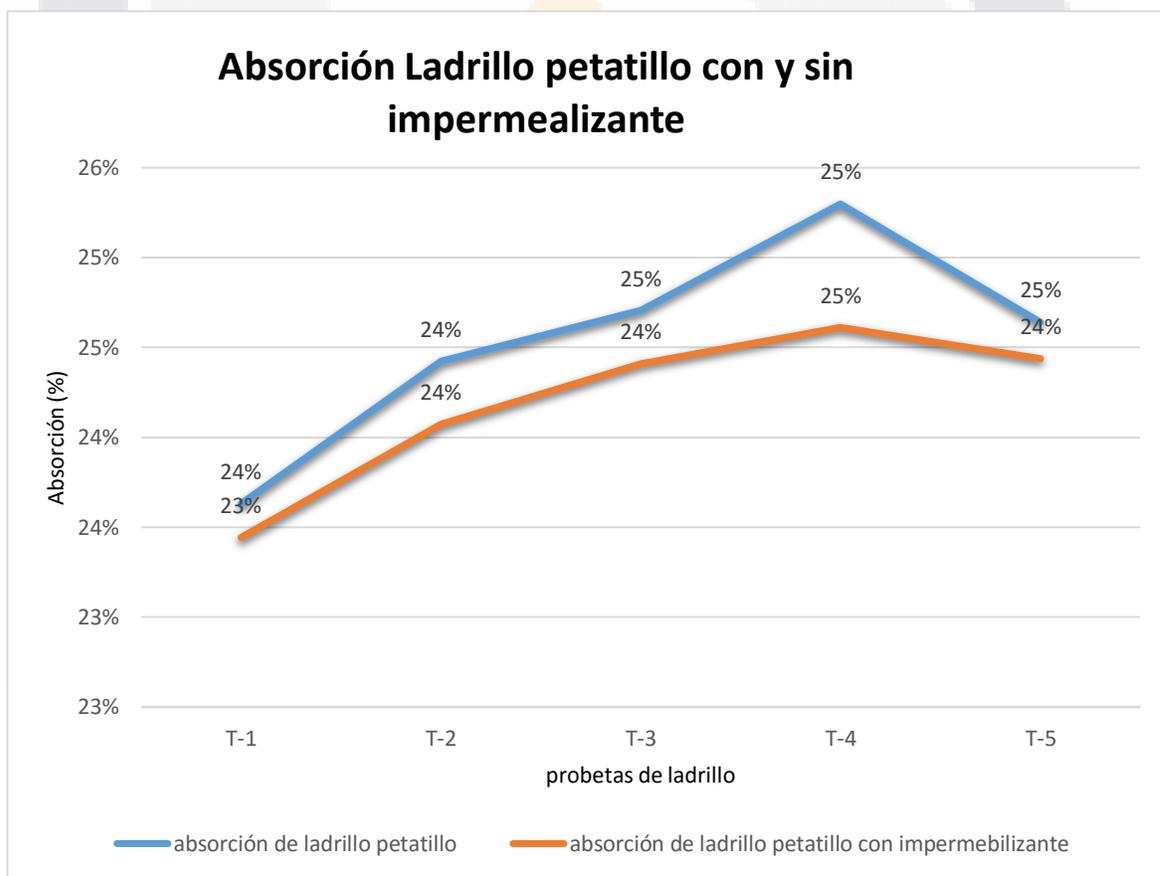


Figura 30 Gráfica de absorción del Ladrillo petatillo con y sin impermeabilizante

En este tipo de procedimiento la fuerza hidrostática ejerce una cantidad similar de fuerza en cada una de las caras de la probeta produce que se produzca un punto de falla que acelere el infiltramiento de agua. figura 31.

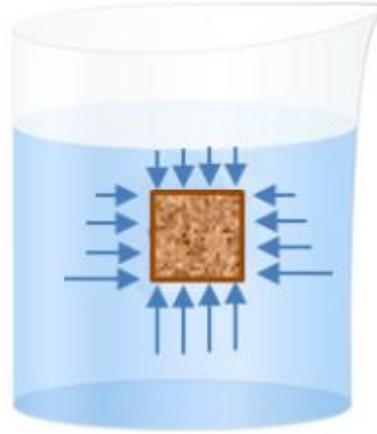


Figura 31 fuerza hidrostática  
 Fuente: [www.fisica.cubaeduca.com](http://www.fisica.cubaeduca.com)

Por consiguiente, se decidió aplicar la prueba del RILEM test method 11.4, prueba de permeabilidad del tubo de Karsten, la cual permitió obtener resultados más certeros.

## 6.2. Permeabilidad

La cantidad de infiltración de agua en las probetas de Concreto  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$  disminuye considerablemente al aplicar las mezclas impermeabilizadoras como se muestra en la figura 32, sin embargo, también se aprecia que estas sustancias con el paso del tiempo van mermando sus características repelentes al agua.

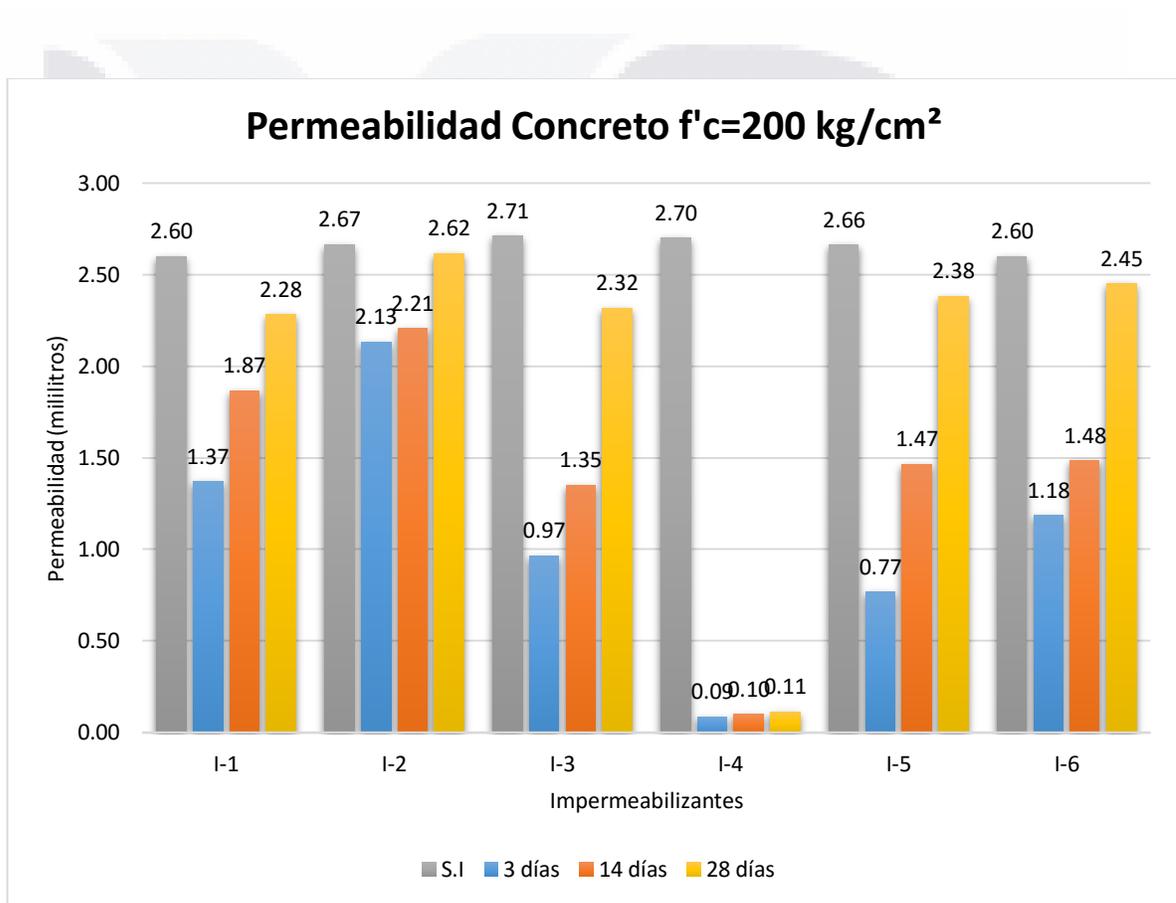


Figura 32 Gráfica resultados Permeabilidad Karsten en Concreto  $f'c=200\text{kg/cm}^2$

El impermeabilizante tradicional que mejor se desempeñó en estos ensayos a los 3, 14 y 28 días es el I-5.

El impermeabilizante I-1, tuvo el segundo mejor desempeño en su comportamiento a permeabilidad.

Los impermeabilizantes tradicionales I-2 e I-3 tuvieron resultados cercanos a I-1.

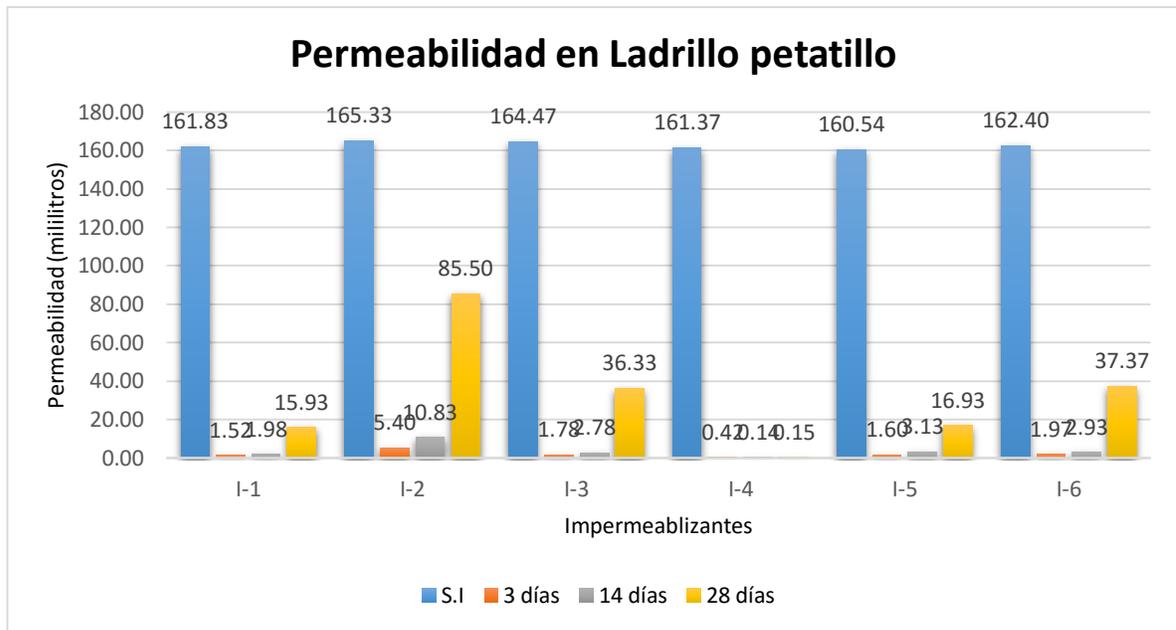


Figura 33 Gráfica resultados Permeabilidad Karsten en Ladrillo petatillo

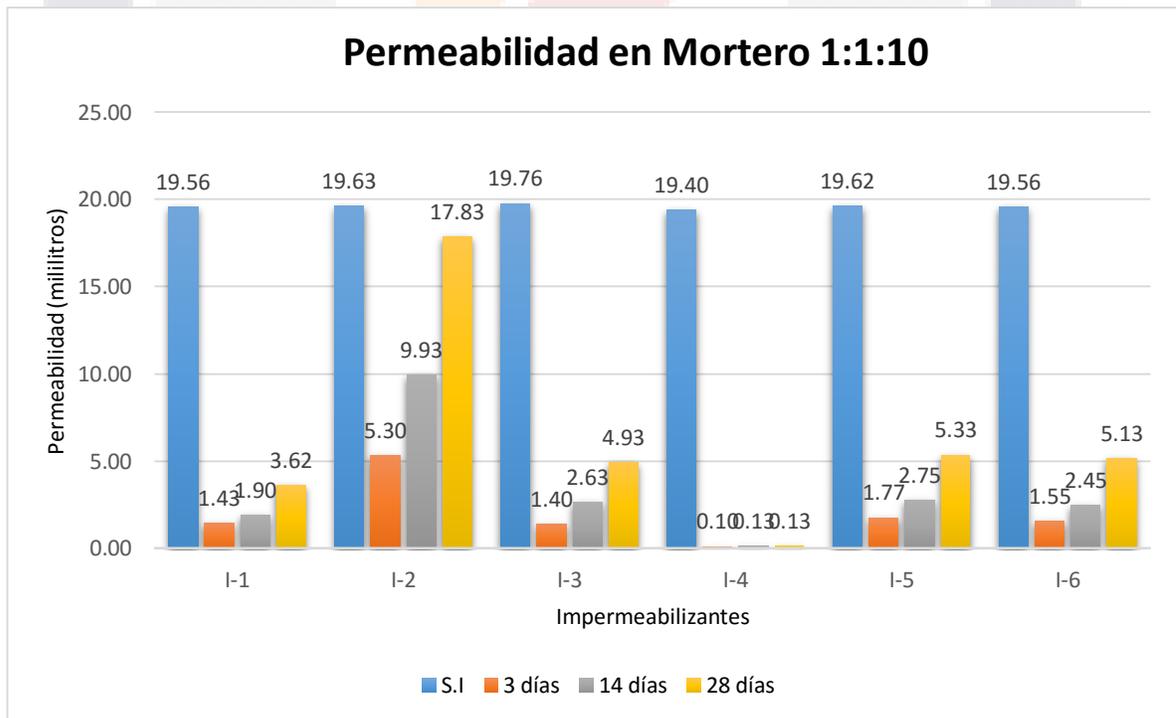


Figura 34 Gráfica resultados Permeabilidad Karsten en Mortero 1:1:10

Respecto a los resultados de los impermeabilizantes Comerciales, sin duda el I-4 Fester Imperfácil supero a las mezclas tradicionales, sim embargo también se observó su merma de permeabilidad con el paso del tiempo.



Figura 35 Impermeabilizante Fester aplicado en ladrillo petatillo

El I-6 Oxical se desempeñó de manera muy similar a las mezclas a base de Cal elaboradas en laboratorio.



Figura 36 efecto impermeabilizante de mezclas naturales tradicionales

### 6.3. Adherencia

La mezcla de Jabonato de alumbre I-1, obtuvo los mejores resultados como se aprecia en la gráfica de la figura 37, pues se mantuvo estable respecto al área removida en el transcurso del tiempo. En su contraparte las mezclas a base de Cal obtuvieron el menos desempeño, siendo la mezcla de agua y cal I-2 la de mayor área removida a los 14 días, esto significa que el mucílago de nopal en el I-3, contribuye a la adherencia a mayor edad, en superficies de concreto acabado con flota.

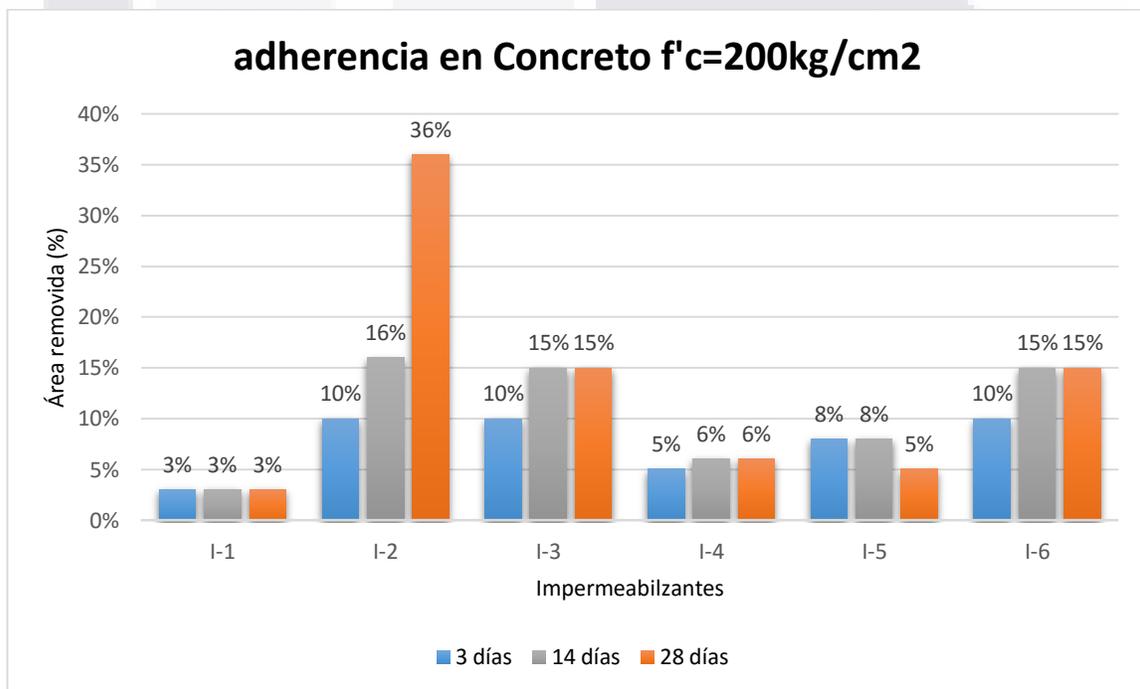


Figura 37 gráfica de adherencia en Concreto f'c=200kg/cm2 impermeabilizado

La mezcla de Jabonato de alumbre I-1, obtuvo los mejores resultados a edades tempranas, sin embargo, el chalpaque I-5, se comportó mejor al transcurso de los 28 días, esto se debe al aumento natural de la resistencia del cemento en función del tiempo. En su contraparte las mezclas a base de Cal obtuvieron el menor desempeño, siendo la mezcla de agua y cal I-2 la de mayor área removida a los 14 días, esto significa que el mucílago de nopal en el I-3, contribuye a la adherencia a mayor edad, en superficies de Ladrillo petatillo.

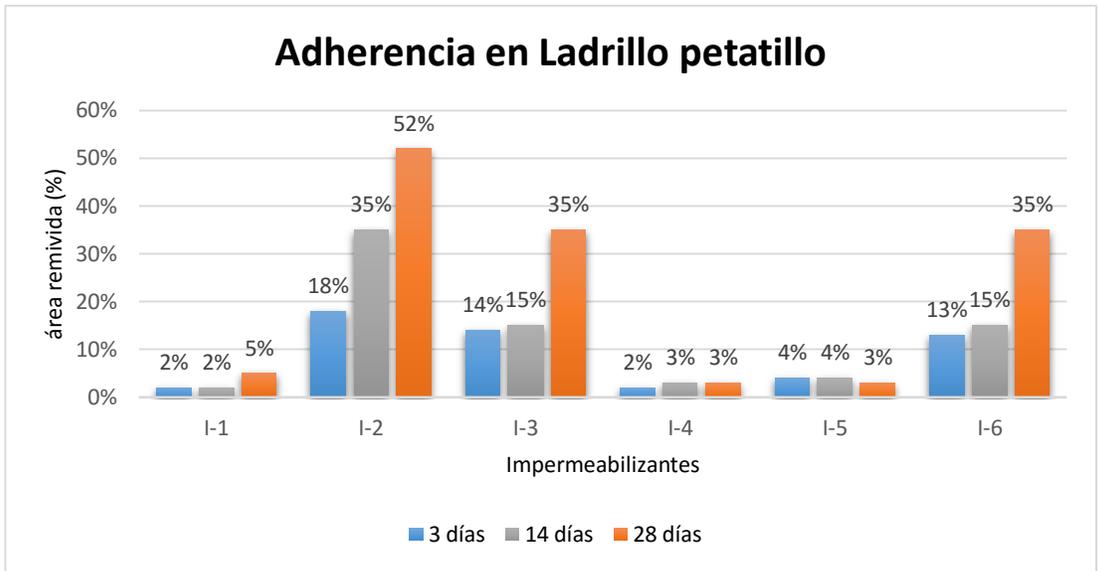


Figura 38 Gráfica de adherencia en Ladrillo petatillo impermeabilizado

La mezcla de Jabonato de alumbre I-1, obtuvo los mejores resultados a edades tempranas, sin embargo, el chalpaque I-5, se comportó mejor al transcurso de los 28 días, esto se debe al aumento natural de la resistencia del cemento en función del tiempo. En su contraparte las mezclas a base de Cal obtuvieron el menor desempeño, siendo la mezcla de agua y cal I-2 la de mayor área removida a los 14 días, esto significa que el mucílago de nopal en el I-3, contribuye a la adherencia a mayor edad, en superficies de mortero acabado con flota.

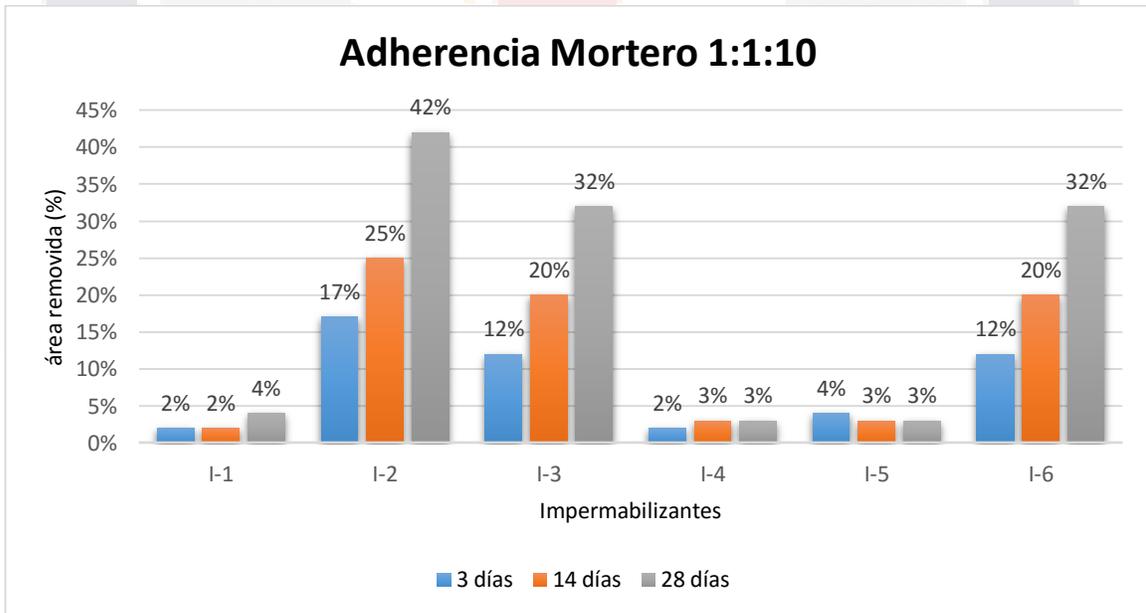
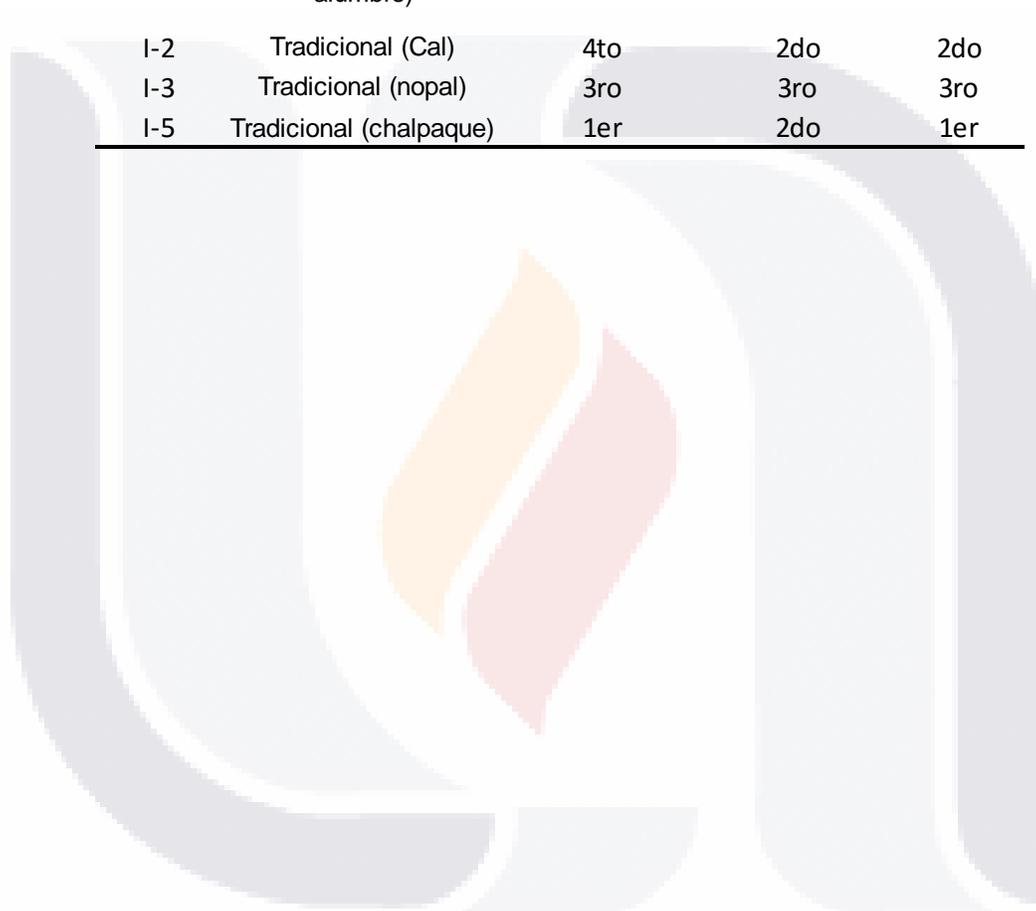


Figura 39 Gráfica de adherencia en Mortero 1:1:10 impermeabilizado

En la tabla 109 se observa el resumen de la eficiencia de sus características técnicas y económicas que cada impermeabilizante natural obtuvo.

Tabla 113 tabla de ponderación de impermeabilizantes naturales ensayados.

<b>imper.</b>	<b>componentes</b>	<b>permeabilidad</b>	<b>adherencia</b>	<b>costo</b>
I-1	Tradicional (jabonato de alumbre)	2do	1er	4to
I-2	Tradicional (Cal)	4to	2do	2do
I-3	Tradicional (nopál)	3ro	3ro	3ro
I-5	Tradicional (chalpaque)	1er	2do	1er



## **CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES**

### **7.1. Conclusión general**

Los orígenes de la infiltración de agua y la humedad están relacionadas entre sí y sus causantes van desde las naturales, técnicas hasta las económicas, resolver esta problemática significa la implementación de todo un sistema integral, sin embargo desde el punto económico, nunca existe el suficiente presupuesto, de ahí que esta investigación intervenga y analice alternativas al tratamiento de humedad e implementación de impermeabilizantes naturales tradicionales que su uso recaerá en un abatimiento significativo en impermeabilización.

La humedad e infiltración de agua causa daños en las viviendas y reduce sustancialmente el confort del usuario de una vivienda. Existen técnicas usadas que se utilizan a base de impermeabilizantes industrializados a base de derivados del petróleo, sin embargo, su costo es alto, y su uso es poco utilizado por habitantes en edificaciones y hogares de bajos recursos económicos.

Técnicamente los impermeabilizantes tradicionales funcionan con un grado satisfactorio de eficiencia, de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de Permeabilidad realizadas con el tubo de Karsten, con respecto a los impermeabilizantes de base química. La elaboración de estas mezclas se constituye con facilidad al estar conformadas por materiales económicos y accesibles, su preparación y aplicación es sencilla además de rápida, esto recaerá directamente en la obtención de un producto más económico.

La implementación de los impermeabilizantes naturales tradicionales minimiza los efectos de impacto ambiental sobre el medio ambiente y los habitantes, además logra una reducción de costos para el usuario en el mantenimiento de las viviendas. También se debe entender que el tratamiento e impermeabilización es parte del proceso constructivo de una vivienda, además se debe considerar una pieza clave en el mantenimiento preventivo, así como correctivo.

La necesidad de aplicar un método que evite la infiltración de agua es causa de malas prácticas constructivas, pues si se recurriera a un mejor proceso constructivo disminuiría la necesidad de mantenimiento preventivo como correctivo.

Los impermeabilizantes naturales tradicionales como lo pudimos observar en los resultados de la campaña experimental se llevó a cabo, tienen un buen desempeño en sus características técnicas fundamentales, puntualmente en su característica más importante; la permeabilidad su grado de eficiencia respecto a impermeabilizantes comerciales acrílicos.

Respecto a impermeabilizantes comerciales naturales OXICAL, elaborados con elementos similares a los desarrollados en laboratorio, estas mezclas tienen un desempeño ligeramente mejor.

Este tipo de impermeabilizantes en especial los que tienen el componente Cal y Mucílago de Nopal tienen limitaciones técnicas, como su baja adherencia como lo muestran los resultados del capítulo 6, subcapítulo 6.2, y su uso no es recomendado para azoteas con tránsito; sin embargo, las mezclas de Jabonato de alumbre y chalpaque tienen mejores resultados en adherencia, y pueden soportar cierto tráfico.

Una propiedad de estos impermeabilizantes es su característica hidrófuga, que consiste en que sus componentes permiten que no se quede atrapada la humedad.

La implementación de los impermeabilizantes naturales tradicionales representa ventajas como lo es:

- A. Un precio muy inferior respecto a los impermeabilizantes del mercado.
- B. Tienen un buen rendimiento
- C. Son muy eficientes en su impermeabilidad.
- D. Son compatibles con el medio ambiente: son biodegradables pues sus componentes son insumos naturales.
- E. No contaminan y ayudan a reducir la huella ecológica
- F. Tienen además propiedades bioclimáticas

- G. Se puede aplicar en interiores y exteriores.
- H. Reducen el exceso de humedad.
- I. Además, sirven como germicidas y desinfectantes natural

## 7.2. Conclusiones particulares

Las principales causas de humedad e infiltración de agua en azoteas y en general en las edificaciones se clasifican en tres grupos.

1. Causas económicas. Implica falta de presupuesto.
  2. Causas técnicas. Desconocimiento del tratamiento de humedad y mala asesoría
  3. Causas naturales. Los fenómenos naturales relacionados con la humedad son inherentes al propio desarrollo de la vida, y siempre estarán presentes en la construcción y vida útil de una edificación
- A. Se identificó los procedimientos actuales de impermeabilización utilizados en la industria de la construcción los cuales son los siguientes:
- a. Impermeabilizantes cementantes
  - b. Primarios
  - c. Membranas
  - d. Impermeabilizantes tradicionales
  - e. Impermeabilizantes asfálticos
  - f. Impermeabilizantes acrílicos
  - g. Impermeabilizantes prefabricados
  - h. Impermeabilizantes integrales para concreto.
- B. La investigación efectivamente se realizó con materiales locales y que efectivamente son utilizados tradicionalmente en el estado de Aguascalientes. Las probetas se elaboraron simulando azoteas, fueron concreto  $f'c = 200 \text{ kg / cm}^2$ , ladrillo petatillo y mortero cal, arena cemento 1:1:10.
- C. Los métodos de impermeabilización natural que se tienen antecedentes e inclusive se siguen en menor medida utilizando son los elaborados con agua, Cal, piedra Alumbre, Mucílago de Nopal, Jabón Neutro y Cemento.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

D. La caracterización de los cuatro impermeabilizantes naturales y los dos comerciales se realizó dentro del marco de una campaña experimental de ensayos de absorción, permeabilidad y adherencia, y se concluye lo siguiente:

- a. Las cuatro mezclas propuestas y sujetas a ensayos arrojaron resultados satisfactorios en cuanto a impermeabilidad se refiere, es decir impiden el paso del agua.
- b. La mezcla que mejores resultados en impermeabilidad obtuvo fue la I-5 mezcla de agua, cemento y arena fina, siempre y cuando no haya grietas.
- c. La mezcla que mejores resultados obtuvo en cuanto a su adherencia fue la I-5 mezcla de agua, cemento y arena, inclusive mejoró esta característica al paso del tiempo.
- d. Las mezclas I-2 e I-3 presentaron bajo rendimiento en cuanto adherencia se refiere al paso del tiempo.
- e. La caracterización del impermeabilizante FESTER IMPERFACIL A 3 AÑOS dio como resultado que tiene en cuanto a permeabilidad un mejor desempeño cuando transcurre el tiempo de aplicación, además su adherencia disminuye en menor medida respecto a las mezclas naturales tradicionales. El impermeabilizante OXICAL el cual está elaborado de componentes naturales y su principal ingrediente es la Cal, se comporta similar a las mezclas que hicimos en laboratorio propiamente a las de base Cal.
- f. Los materiales que se utilizaron para la elaboración de los impermeabilizantes tradicionales fueron de fácil acceso y económicos, elemento como el jabón neutro se puede conseguir en cualquier tienda de abarrotes, los elementos como la cal, el cemento y la piedra alumbre se consiguen en cualquier ferretería, y para el mucilago de nopal que se tiene que procesar, las pencas de nopal se consiguen en cualquier mercado de abastos.

E. Estos métodos de impermeabilización han demostrado a lo largo del tiempo buenos resultados, sin embargo, resultan poco económicos y de difícil accesibilidad para usuarios de viviendas populares. En el capítulo 5.5.2.1, en la tabla 112, nos muestra como los impermeabilizantes naturales tradicionales efectivamente representan una alternativa económica real, que técnicamente nos garantizan impermeabilidad en las viviendas.

### 7.3. Nichos de investigación

- A. Caracterización de impermeabilizantes naturales tradicionales con equipo de intemperismo acelerado.
- B. Permeabilidad en concreto estructural.
- C. Permeabilidad de pisos de concreto reforzado con acero  $\gamma=4200$  kg/cm<sup>2</sup>.
- D. Permeabilidad de pisos de concreto de baja contracción reforzado con microfibras de polipropileno.



## GLOSARIO

**Impermeabilizante elastomérico.** - Producto emulsionado, elaborado con resinas acrílicas o acrílicas estirenadas base agua, que se aplica en forma líquida y que, al secar completamente, forma una membrana flexible, resistente a las condiciones ambientales e impermeable al paso del agua en losas monolíticas, techumbres de lámina o con aislamiento térmico.

**Acabado.** - Aspecto superficial de la película que se forma al secarse el impermeabilizante elastomérico.

**Adherencia.** - Capacidad del impermeabilizante de permanecer unido al lugar donde se aplicó.

**Caleo.** - Formación de polvo que consiste principalmente de pigmentos y cargas sobre la superficie del impermeabilizante, causado por la desintegración de la resina debido al envejecimiento o condiciones ambientales.

**Elongación.** - Alargamiento de una pieza que está siendo estirada antes de romperse. Intemperismo acelerado. Proceso donde se someten las muestras a condiciones de intemperie (temperatura, humedad, rocío y luz ultravioleta proveniente de la luz del Sol), que se simulan de forma artificial y controlada en un laboratorio, para acelerar su proceso de envejecimiento.

**Tiempo de garantía.** - Es el periodo durante el cual el fabricante avala que el impermeabilizante ejerce la función para la cual fue diseñado.

**Grava.** - Agregado grueso de tamaño máximo mayor o igual a 20 mm.

**Gravilla.** - Agregado grueso de tamaño máximo menor a 20 mm. La grava y la gravilla son resultantes de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados.

**Arena.** - Agregado fino resultante de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados.

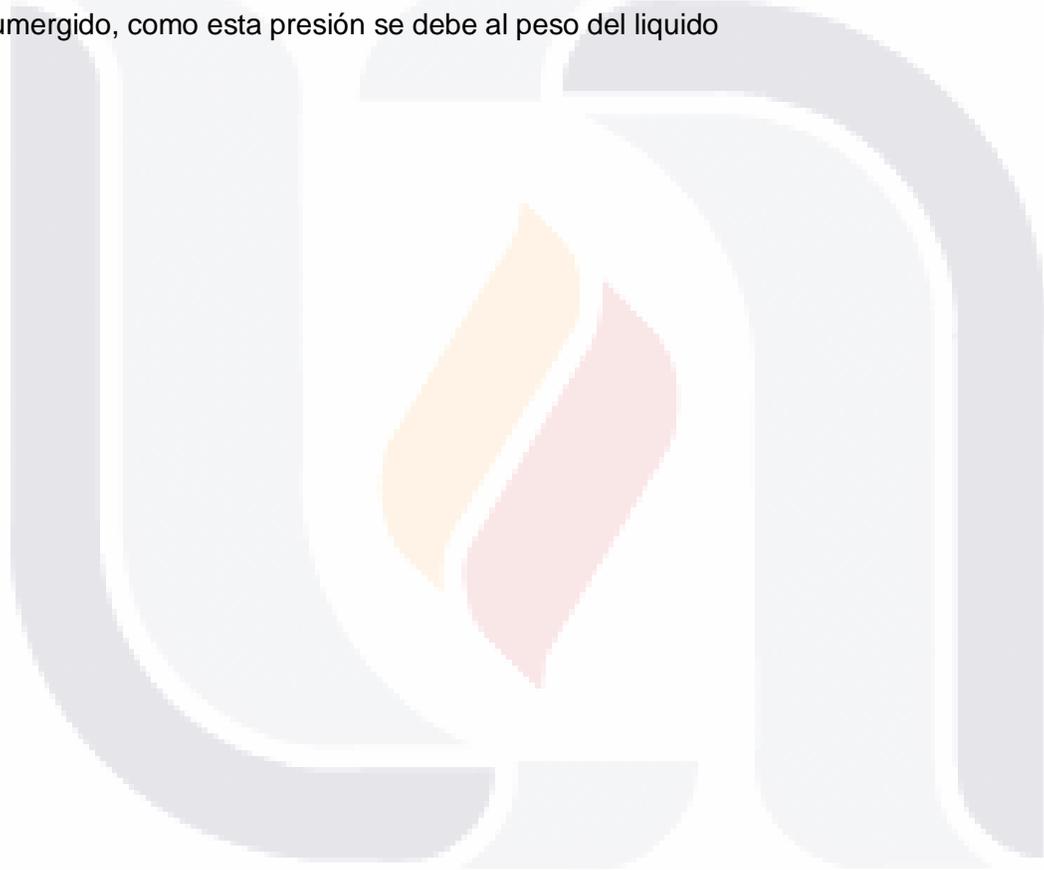
**Grava triturada o triturado.** - Agregado grueso resultante de la trituración artificial de la roca.

**Arena manufacturada o arena triturada.** - Agregado fino resultante de la trituración artificial de la roca, piedra o escoria (residuo mineral de hierro).

**Escoria de alto horno.** - Producto no metálico, constituido esencialmente por silicatos y aluminosilicatos de calcio y de otras bases, que se produce en forma líquida o fluida simultáneamente con el hierro en un alto horno.

**Entortado.** - Capa formada a base de mezcla o mortero tendida sobre rellenos de azoteas con objeto de pegar y proporcionar a los elementos de recubrimientos impermeables una superficie uniforme

**Presión hidrostática.** - Fuerza por unidad de área que ejerce un líquido en reposo sobre las paredes del recipiente que lo contiene y sobre cualquier cuerpo que se encuentre sumergido, como esta presión se debe al peso del líquido



## BIBLIOGRAFÍA

Bazant Jan S. (1985). Autoconstrucción de Vivienda popular. Trillas.

Cruz Álvarez, J. J. (1999). Sistemas de Impermeabilización para Edificios. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 4(3).

De Guzmán, D. A. S. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Bhandar Editores.

Droguett, E. A. A., & Universidad de Chile. Escuela de Agronomía. (2002). Extracción de mucilago de nopal: evaluación de variables que afectan el rendimiento. Universidad de Chile.

Edwin Santiago Simba. (2007, marzo). La impermeabilización en construcciones nuevas y existentes. Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Emilia Díaz Arreola, & Liliana Fuentes Valles. (s/f). Manual de conservación de monumentos históricos y arquitectura de tierra. INAH.

Hendrickx, R. (2013). Using the Karsten tube to estimate water transport parameters of porous building materials. Materials and Structures, 46(8), 1309–1320.

James W. P. Campbell; Will Pryce. (2004). Ladrillo. Historia universal. Art Blume, S.L.

López, L. J. (2005). Humedades en la construcción. CEAC. Recuperado a partir de

Luis Lesur, L. L. (1998). Manual de Impermeabilización: una guía paso a paso. Trillas.

Michael T. Kubal. (2008). Construction Waterproofing Handbook (2nd ed.). McGraw-Hill Professional.

Salamanca, C. R. (1995). La tecnología de los morteros. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, (11), 41–48.

Ana María Elguero. (2004). Patologías Elementales. Nobuko.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Anfacal. (s/f). Recuperado el 8 de abril de 2015, a partir de <http://anfacal.org/>

Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero. (2003). Morteros Guía General. AFAM.

Broto i Comerma, Xavier. (2006). Patologías de los elementos constructivos. Barcelona, España: Structure.

Carlos Suárez Salazar. (1969). Costo y tiempo en edificación. Limusa.

Commission 25-PEM Protection et érosion des monuments. (1980). Matériaux et Construction, 13(3), 175–253.

Coscollano Rodríguez, José. (s/f). Tratamiento de las humedades en los edificios.

Droguett, E. A. A., & Universidad de Chile. Escuela de Agronomía. (2002). Extracción de mucilago de nopal: evaluación de variables que afectan el rendimiento. Universidad de Chile.

Edward G. Nawy. (1997). Concrete Construction Engineering Handbook (1a ed.). CRC Press.

Erich Schild. (1978). Estanquidad e impermeabilización en la edificación: Prevención de defectos en azoteas, terrazas y balcones. Reverte.

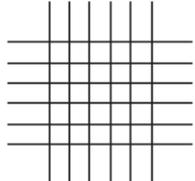
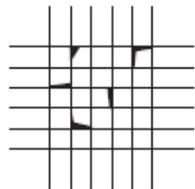
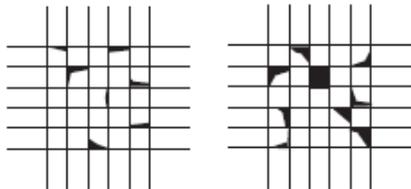
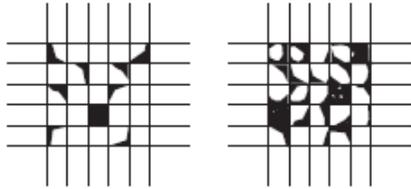
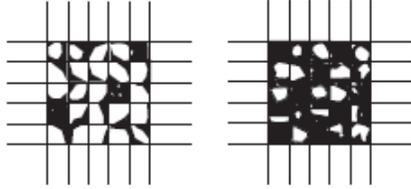
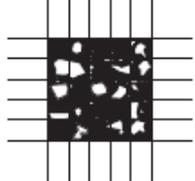
Fester - Impermeabilizantes. (2016, mayo 16). Recuperado el 16 de mayo de 2016, a partir de <http://www.fester.com.mx/es/productos/impermeabilizantes.html>

Galindo Duarte, M., Pérez Tello, C., Benites Zamora, J. L., Santos Gómez, M. De los A., & Leyva Camacho, O. (2002). Sistema de protección del aislamiento e impermeabilización de techos evaluación de viviendas del desierto. Energética, (40), 5–12.

Haimei Zhang. (s/f). Building Materials in Civil Engineering (Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering).

: OXICAL: (2016, mayo 16). Recuperado el 16 de mayo de 2016, a partir de <http://oxical.mx/>

**ANEXO A. CLASIFICACIÓN DE ÁREA REMOVIDA DE LA NORMA ADHESIÓN AND FLEXIBILITY TESTS TO MEET THE STANDARDS OF ASTM D-3359**

Classification for percentage of area removed	Surface of crosscut area (six each horizontal and vertical parallel cuts) where flaking has occurred: adhesion range by percent.*
<p><b>5B</b> – 0% None</p>	
<p><b>4B</b> – Less than 5%</p>	
<p><b>3B</b> – 5% to 15%</p>	
<p><b>2B</b> – 15% to 35%</p>	
<p><b>1B</b> – 35% to 65%</p>	
<p><b>0B</b> – Greater than 65%</p>	

## ANEXO B. PRECIOS UNITARIOS

Catálogo de Auxiliares							
C	Clave	Da Rendimiento	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
+	I-1		<b>JABONATO DE ALUMBRE IMPERMEABILIZANTE</b>	litro			
	JABON		JABON NEUTRO EN BARRA	Kg	0.09000	\$32.25	\$2.90
	ALUMBRE		PIEDRA ALUMBRE	Kg	0.08000	\$15.00	\$1.20
	AGUA		AGUA	Lt	1.00000	\$0.01	\$0.01
						<b>Suma</b>	<b>\$4.11</b>
+	I-2		<b>IMPERMEABILIZANTE TRADICIONAL CAL, JABON EN BARRA, ALUMBRE</b>	litro			
	JABON		JABON NEUTRO EN BARRA	Kg	0.04000	\$32.25	\$1.29
	ALUMBRE		PIEDRA ALUMBRE	Kg	0.05000	\$15.00	\$0.75
	AGUA		AGUA	Lt	1.00000	\$0.01	\$0.01
	CAL		CAL HIDRATADA	Kg	0.15000	\$2.28	\$0.34
						<b>Suma</b>	<b>\$2.39</b>
+	I-3		<b>IMPERMEABILIZANTE TRADICIONAL NOPAL, CAL, ALUMBRE, JABON</b>	litro			
	JABON		JABON NEUTRO EN BARRA	Kg	0.04000	\$32.25	\$1.29
	ALUMBRE		PIEDRA ALUMBRE	Kg	0.05000	\$15.00	\$0.75
	AGUA		AGUA	Lt	1.00000	\$0.01	\$0.01
	CAL		CAL HIDRATADA	Kg	0.15000	\$2.28	\$0.34
	MUCILAG		MUCILAGO DE NOPAL (BABA DE NOPAL)	Lt	0.06000	\$20.00	\$1.20
						<b>Suma</b>	<b>\$3.59</b>
+	I-4		<b>FESTER IMPERFACIL 3 A</b>	litro			
	FESTER I		FESTER IMPERFACIL 3 A	Lt	1.00000	\$52.50	\$52.50
						<b>Suma</b>	<b>\$52.50</b>
+	I-5		<b>IMPERMEABILIZANTE CEMENTO, ARENA FINA (CHALPAQUE)</b>	litro			
	ARENA FI		ARENA FINA	Kg	0.23100	\$2.50	\$0.58
	CEMENTO		CEMENTO GRIS PORTLAND	Kg	0.25000	\$2.78	\$0.70
	AGUA		AGUA	Lt	1.00000	\$0.01	\$0.01
						<b>Suma</b>	<b>\$1.29</b>
+	I-6		<b>OXICAL IMPERMEABILIZANTE</b>	litro			
	OXICAL		IMPERMEABILIZANTE OXICAL NATURAL	Lt	1.00000	\$30.00	\$30.00
						<b>Suma</b>	<b>\$30.00</b>

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: I-1							
JABONATO DE ALUMBRE INCLUYE ELABORACION Y APLICACION 3 MANOS INTERCALADAS							
						Unidad :	M2
						Cantidad :	1.00
						Precio Unitario :	\$ 14.19
						Total :	\$ 14.19
C Clave	Da Rendimiento	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
<b>Mano de Obra</b>							
	AYUDANT X	AYUDANTE GENERAL	jor	0.03333	\$254.09	\$8.47	
	%HERR	HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.05000	\$8.47	\$0.42	
<b>Total de Mano de Obra</b>						<b>\$8.89</b>	
<b>Auxiliares</b>							
	+ I-1	JABONATO DE ALUMBRE IMPERMEABILIZANTE	litro	1.29000	\$4.11	\$5.30	
<b>Total de Auxiliares</b>						<b>\$5.30</b>	
						<b>Costo Directo</b>	<b>\$14.19</b>
						<b>Indirectos ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Indirectos de Campo ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Subtotal</b>	<b>\$14.19</b>
						<b>Financiamiento ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Subtotal</b>	<b>\$14.19</b>
						<b>Utilidad ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Cargos Adicionales ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Precio Unitario</b>	<b>\$14.19</b>
** CATORCE PESOS 19/100 M.N. **							

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: I-2							
IMPERMEABILIZANTE TRADICIONAL CAL, JABON EN BARRA, ALUMBRE, AGUA INCLUYE ELABORACION Y APLICACION 2 MANOS							
						Unidad :	M2
						Cantidad :	1.00
						Precio Unitario :	\$ 10.30
						Total :	\$ 10.30
C Clave	Da Rendimiento	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
<b>Mano de Obra</b>							
	AYUDANT X	AYUDANTE GENERAL	jor	0.02500	\$254.09	\$6.35	
	%HERR	HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.05000	\$6.35	\$0.32	
<b>Total de Mano de Obra</b>						<b>\$6.67</b>	
<b>Auxiliares</b>							
	+ I-2	IMPERMEABILIZANTE TRADICIONAL CAL, JABON EN BARRA, ALUMBRE	litro	1.52000	\$2.39	\$3.63	
<b>Total de Auxiliares</b>						<b>\$3.63</b>	
						<b>Costo Directo</b>	<b>\$10.30</b>
						<b>Indirectos ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Indirectos de Campo ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Subtotal</b>	<b>\$10.30</b>
						<b>Financiamiento ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Subtotal</b>	<b>\$10.30</b>
						<b>Utilidad ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Cargos Adicionales ( 0.00%)</b>	<b>\$0.00</b>
						<b>Precio Unitario</b>	<b>\$10.30</b>
** DIEZ PESOS 30/100 M.N. **							

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: I-3							
IMPERMEABILIZANTE TRADICIONAL NOPAL, CAL, ALUMBRE, JABON, AGUA, ELABORACION Y APLICACION DOS MANOS							
						Unidad :	M2
						Cantidad :	1.00
						Precio Unitario : \$	12.52
						Total : \$	12.52
C	Clave	Da Rendimiento	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>							
	AYUDANT	X	AYUDANTE GENERAL	jor	0.02500	\$254.09	\$6.35
	%HERR		HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.05000	\$6.35	\$0.32
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$6.67</b>
<b>Auxiliares</b>							
	+ I-3		IMPERMEABILIZANTE TRADICIONAL NOPAL, CAL, ALUMBRE, JABON	litro	1.63000	\$3.59	\$5.85
<b>Total de Auxiliares</b>							<b>\$5.85</b>
						<b>Costo Directo</b>	<b>\$12.52</b>
						Indirectos ( 0.00%)	\$0.00
						Indirectos de Campo ( 0.00%)	\$0.00
						Subtotal	\$12.52
						Financiamiento ( 0.00%)	\$0.00
						Subtotal	\$12.52
						Utilidad ( 0.00%)	\$0.00
						Cargos Adicionales ( 0.00%)	\$0.00
						<b>Precio Unitario</b>	<b>\$12.52</b>
							<b>** DOCE PESOS 52/100 M.N. **</b>

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: I-4							
IMPERMEABILIZACION FESTER IMPERFACIL 3 A APLICACION DE SELLO Y DOS MANOS							
						Unidad :	M2
						Cantidad :	1.00
						Precio Unitario : \$	137.92
						Total : \$	137.92
C	Clave	Da Rendimiento	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>							
	FESTER I		FESTER IMPERFACIL 3 A	Lt	2.50000	\$52.50	\$131.25
<b>Total de Materiales</b>							<b>\$131.25</b>
<b>Mano de Obra</b>							
	AYUDANT	X	AYUDANTE GENERAL	jor	0.02500	\$254.09	\$6.35
	%HERR		HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.05000	\$6.35	\$0.32
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$6.67</b>
						<b>Costo Directo</b>	<b>\$137.92</b>
						Indirectos ( 0.00%)	\$0.00
						Indirectos de Campo ( 0.00%)	\$0.00
						Subtotal	\$137.92
						Financiamiento ( 0.00%)	\$0.00
						Subtotal	\$137.92
						Utilidad ( 0.00%)	\$0.00
						Cargos Adicionales ( 0.00%)	\$0.00
						<b>Precio Unitario</b>	<b>\$137.92</b>
							<b>** CIENTO TREINTA Y SIETE PESOS 92/100 M.N. **</b>

Análisis de Precio Unitario								
Descripción								
Clave: I-5 IMPERMEABILIZANTE CEMENTO, ARENA FINA, AGUA ELABORACION Y APLICACION DOS MANOS								
						Unidad :	M2	
						Cantidad :	1.00	
						Precio Unitario :	\$ 9.51	
						Total :	\$ 9.51	
C	Clave	Da	Rendimiento	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>								
	AYUDANTE	X		AYUDANTE GENERAL	jor	0.02500	\$254.09	\$6.35
	%HERR			HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.05000	\$6.35	\$0.32
<b>Total de Mano de Obra</b>								<b>\$6.67</b>
<b>Auxiliares</b>								
	+ I-5			IMPERMEABILIZANTE CEMENTO, ARENA FINA (CHALPAQUE)	litro	2.20000	\$1.29	\$2.84
<b>Total de Auxiliares</b>								<b>\$2.84</b>
							<b>Costo Directo</b>	<b>\$9.51</b>
							Indirectos ( 0.00%)	\$0.00
							Indirectos de Campo ( 0.00%)	\$0.00
							Subtotal	\$9.51
							Financiamiento ( 0.00%)	\$0.00
							Subtotal	\$9.51
							Utilidad ( 0.00%)	\$0.00
							Cargos Adicionales ( 0.00%)	\$0.00
							<b>Precio Unitario</b>	<b>\$9.51</b>
							<b>** NUEVE PESOS 51/100 M.N. **</b>	

Análisis de Precio Unitario								
Descripción								
Clave: I-6 IMPERMEABILIZACION OXICAL, INCLUYE APLICACION 2 MANOS								
						Unidad :	M2	
						Cantidad :	1.00	
						Precio Unitario :	\$ 51.67	
						Total :	\$ 51.67	
C	Clave	Da	Rendimiento	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>								
	OXICAL			IMPERMEABILIZANTE OXICAL NATURAL	Lt	1.50000	\$30.00	\$45.00
<b>Total de Materiales</b>								<b>\$45.00</b>
<b>Mano de Obra</b>								
	AYUDANTE	X		AYUDANTE GENERAL	jor	0.02500	\$254.09	\$6.35
	%HERR			HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.05000	\$6.35	\$0.32
<b>Total de Mano de Obra</b>								<b>\$6.67</b>
							<b>Costo Directo</b>	<b>\$51.67</b>
							Indirectos ( 0.00%)	\$0.00
							Indirectos de Campo ( 0.00%)	\$0.00
							Subtotal	\$51.67
							Financiamiento ( 0.00%)	\$0.00
							Subtotal	\$51.67
							Utilidad ( 0.00%)	\$0.00
							Cargos Adicionales ( 0.00%)	\$0.00
							<b>Precio Unitario</b>	<b>\$51.67</b>
							<b>** CINCUENTA Y UN PESOS 67/100 M.N. **</b>	