	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>08-07-2021</b>	<b>B</b>
Dependencia	Aprobado	Pág.		
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>	<b>1(99)</b>		

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	Rubén Darío Vera Mogollón Paula Andrea Alvarez Tamayo		
<b>FACULTAD</b>	Facultad de ingeniería		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	Especialización en Interventoría de Obras Civiles		
<b>DIRECTOR</b>	Esp. Jesús David Márquez Montejo		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	Controles técnicos requeridos para la impermeabilización de estructuras de concreto.		
<b>TÍTULO EN INGLES</b>	Technical controls required for the waterproofing of concrete structures.		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras)			
En la industria de la construcción se han ideado diferentes métodos y procesos constructivos para evitar que se filtre agua en las edificaciones, especialmente de concreto, pues los procedimientos para realizar impermeabilizaciones a menudo se han desarrollado de una forma inadecuada, sin tener los controles técnicos y de calidad necesarios para proteger las estructuras de concreto del agua y en la construcciones de estructuras de concreto en edificaciones y en muros de contención.			
<b>RESUMEN EN INGLES</b>			
In the construction industry, different methods and construction processes have been devised to prevent water from seeping into buildings, especially concrete buildings, because the procedures for waterproofing have often been developed in an inadequate manner, without having the necessary technical and quality controls to protect concrete structures from water, since the importance that should be given to waterproofing in the construction of concrete structures in buildings and retaining walls is not given the importance it should be given.			
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Control, Técnico, Estructuras, Concreto, Impermeabilización.		
<b>PALABRAS CLAVES EN INGLES</b>	Control, Technical, Structures, Concrete, Waterproofing.		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 101	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



**Controles Técnicos Requeridos Para La Impermeabilización De Estructuras De  
Concreto.**

**Rubén Darío Vera Mogollón**

**Paula Andrea Alvarez Tamayo**

**Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña**

**Especialización en Interventoría de Obras Civiles**

**Esp. Jesús David Márquez Montejo**

**19 Agosto de 2022**

## Índice

1.	Capítulo 1. Generalidades .....	8
	1.1 Elección del tema .....	8
	1.2 Delimitación del tema .....	9
	1.3 Desarrollo Del Argumento .....	10
	1.4 Metodología .....	12
	1.5 Cronograma de trabajo .....	13
2.	Capítulo. Generalidades e historia de los procesos de impermeabilización .....	15
	2.1 Generalidades.....	17
	2.2 Revisión de antecedentes .....	20
	2.2.1 Antecedentes internacionales .....	22
	2.2.2 Antecedentes nacionales .....	24
	2.3 La impermeabilización en las estructuras de concreto.....	25
	2.4 Principales patologías por falta de impermeabilización en las estructuras .....	28
	2.4.1 Filtraciones .....	29
	2.4.2 Grietas y fisuras.....	30
	2.4.3 Eflorescencias.....	31
	2.4.4 Corrosión.....	32
	2.4.5 Humedad capilar .....	33

	2
2.4.6 Humedad de condensación.....	34
2.4.7 Erosión .....	35
3. Capítulo. Materiales y procesos de impermeabilización de estructuras de concreto	
37	
3.1 Sistemas de impermeabilización. ....	39
3.1.1 Impermeabilizantes primarios, recubrimientos y selladores. ....	40
3.1.2 Impermeabilizantes asfálticos .....	41
3.1.3 Impermeabilizantes acrílicos.....	44
3.1.4 Membrana líquida impermeabilizante.....	45
3.1.5 Impermeabilizante de cemento.....	47
3.1.6 Impermeabilizante prefabricado.....	49
4. Capítulo. Controles técnicos para la impermeabilización de superficies	
horizontales	52
4.1 Funciones generales de la Interventoría .....	53
4.1.1 Funciones de vigilancia técnica.....	55
4.2 Procedimiento constructivo y controles técnico en la impermeabilización de	
estructuras de cubiertas de concreto.....	57
4.2.1 Tipos de filtraciones .....	58
4.2.2 Concretos Permeables e Impermeables.....	60
5. Capítulo. Controles técnicos para la impermeabilización de superficies	
verticales	74

## Controles para la adecuada impermeabilización de superficies verticales

(Fachadas).....	74
5.1	
5.1.1 Preparación de la superficie .....	75
.....	76
5.1.2 Lavado de la superficie en mampostería .....	78
5.1.3 Lavado de ladrillo de arcilla roja.....	78
5.1.4 Aplicación del impermeabilizante.....	82
5.2 Impermeabilización de muros de contención en concreto con el sistema	
PARASEAL.....	83
5.2.1 Preparación de la superficie .....	85
5.2.2 Tratamiento de juntas y fisuras .....	86
5.2.3 Configuración de la impermeabilización según el tipo de aplicación. ....	86
6. Aporte .....	90
7. Conclusiones .....	91
Referencias.....	93

## Lista de tablas

**Tabla 1.** Cronograma de actividades ..... 14

**Tabla 2.** Resumen de las recomendaciones de lavado de ladrillo rojo..... 80

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Impermeabilización de las edificaciones las edificaciones .....	19
<b>Figura 2.</b> Factores que influyen en la durabilidad del concreto armado Factores que influyen en la durabilidad del concreto armado .....	27
<b>Figura 3.</b> Manchas de humedad en paredes por filtración Manchas de humedad en paredes por Manchas de humedad en paredes por filtración .....	29
<b>Figura 4.</b> Grieta (izquierda) – fisura (derecha) .....	30
<b>Figura 5.</b> Eflorescencias en el concreto Eflorescencias en el concreto.....	31
<b>Figura 6.</b> Corrosión del acero de refuerzo, expuesto por desprendimiento de recubrimiento Corrosión del acero de refuerzo, expuesto por desprendimiento de recubrimiento.....	32
<b>Figura 7.</b> Problemas en la pared causados por humedades capilares .....	33
<b>Figura 8.</b> Presencia de humedad por condensación .....	34
<b>Figura 9.</b> Daños de erosión por abrasión en el concreto .....	35
<b>Figura 10.</b> Daños de erosión por cavitación en el concreto .....	36
<b>Figura 11.</b> Sistema de impermeabilización de inicio a fin de las estructuras .....	37
<b>Figura 12.</b> Diversos tipos de selladores para resanar grietas antes de aplicar algún sistema de impermeabilización.....	40
<b>Figura 13.</b> Aplicación de impermeabilizante asfáltico.....	42
<b>Figura 14.</b> Procedimiento de aplicación del impermeabilizante asfáltico.....	43
<b>Figura 15.</b> Aplicación de impermeabilizante acrílico .....	44
<b>Figura 16.</b> Procedimiento de aplicación del impermeabilizante acrílico. ....	45
<b>Figura 17.</b> Procedimiento de aplicación de la membrana líquida impermeabilizante .....	46

<b>Figura 18.</b> Impermeabilizante cementoso en polvo .....	47
<b>Figura 19.</b> Procedimiento de aplicación del impermeabilizante de cemento.....	48
<b>Figura 20.</b> Impermeabilizante prefabricado a base de asfaltos modificados nanotecnológicamente con elastómeros SBS.....	50
<b>Figura 21.</b> Procedimiento de aplicación del impermeabilizante prefabricado.....	51
<b>Figura 21.</b> Tipos de filtración por humedad.....	58
<b>Figura 22.</b> Resistencia a la compresión vs porosidad .....	62
<b>Figura 23.</b> Muro de fachado construido completamente .....	75
<b>Figura 24.</b> Presencia de carpintería metálica (barandas) en la fachada de la edificación .....	77
<b>Figura 25.</b> Lavado de fachada con ladrillo de tonalidad roja.....	79
<b>Figura 26.</b> Lavado en forma ascendente del ladrillo expuesto a la vista .....	81
<b>Figura 27.</b> Membrana impermeable Paraseal.....	84
<b>Figura 28.</b> Muro de contención con impermeabilización externa.....	85
<b>Figura 29.</b> Detalle junta de expansión con sello elastomérico.....	86
Figura 30. Muro de contención con aplicación externa de PARASEAL.....	87
<b>Figura 31.</b> Formaleta perdida con aplicación de PARASEAL .....	88
<b>Figura 32.</b> Pilotes con aplicación de PARASEAL.....	88



## **1. Capítulo 1. Generalidades**

### **1.1 Elección del tema**

En la industria de la construcción se han ideado diferentes métodos y procesos constructivos para evitar que se filtre agua en las edificaciones, especialmente de concreto, pues los procedimientos para realizar impermeabilizaciones a menudo se han desarrollado de una forma inadecuada, sin tener los controles técnicos y de calidad necesarios para proteger las estructuras de concreto del agua, ya que no se le brinda la importancia que se le debería dar a la impermeabilización en la construcciones de estructuras de concreto en edificaciones y en muros de contención.

En la construcción de estructuras de concreto, especialmente en la construcción de losas de concreto, la impermeabilización de estas debe tener una importancia mayor, pues si no se realiza de forma adecuada o no se tiene en cuenta los controles de calidad estipulados por el fabricante de los materiales, puede afectarse la estructura en la etapa posterior a su construcción

Los controles técnicos requeridos en el proceso de impermeabilización de estructuras en concretos deben garantizar el correcto drenaje del agua que afecte la estructura, dado que pueden presentarse problemas tanto de tipo estructural pues se pueden presentar afectaciones en losas de concreto, vigas, columnas, muros divisorios y en los cielorrasos, como de tipo sanitario, pues, se ha identificado que se pueden presentar afectaciones en la salud de las personas que habiten edificaciones con problemas de humedad, presentando daños en la piel y enfermedades respiratorias (Lago, 2018).

## 1.2 Delimitación del tema

La presente monografía contempla indagar y consultar sobre diversos conceptos tales como: Impermeabilización, drenaje, calidad de los trabajos, estructuras de concreto, impermeabilización de cemento, impermeabilización con materiales bituminosos, impermeabilizantes asfálticos, impermeabilizantes asfálticos, concretos impermeables e impermeables.

El desarrollo de este trabajo de grado está orientado a conocer los controles y el seguimiento que debe llevar la supervisión o interventoría en el procesos contractivos de las actividades de impermeabilización obras verticales y horizontales como muros de contención y losas de concreto respectivamente, pues cuando este proceso no se ejecuta de manera adecuada, se pueden presentar grietas y fallas en la estructura; para tal fin, se indicaran las Normas Técnicas Colombianas NTC aplicables al proceso de impermeabilización de las estructuras en concreto de modo que se establezca una explicación de sobre los tipos de humedades y los tipos de impermeabilizantes y métodos que existen.

Otro aspecto importante a investigar en el desarrollo del proyecto es el efecto que producen las humedades o los problemas causados por la inadecuada impermeabilización de las estructuras en la salud de las personas, pues estas pueden producir enfermedades respiratorias y alérgicas.

Para el desarrollo del proyecto de grado se contempla una duración de dos meses a partir de la aprobación de la propuesta y está enfocada al seguimiento y control técnico de las actividades de impermeabilización de muros de contención y losas de concreto de este tipo de obras en el territorio nacional.

### **1.3 Desarrollo Del Argumento**

En la construcción de obras de concreto como edificaciones y muros de contención se corre el riesgo que se presenten deterioros y afectaciones en la estructura debido a filtraciones por humedad, pues, en la construcción de viviendas ha venido evidenciando falencias en las competencias y en la capacitación técnica del personal que desarrolla las obras en el proceso de impermeabilización de estructuras de concreto, dado que no se realizan los adecuados controles en la ejecución y mantenimiento de las impermeabilizaciones, produciendo de este modo afectaciones en las obras que se representan como sobrecostos de las mismas. (Girón Rodríguez & Ramírez Fandiño , Impermabilización de superficies en la construcción de edificios, 2016).

Según autores como (Barbudo & Borges , 2001) que afirman, que la falta de impermeabilización de las estructuras de concreto puede afectar en gran medida la durabilidad del concreto en masa, pues este puede tener alteraciones por la acciones de agentes tanto internos como externos, los cuales pueden producir efectos nocivos en las estructuras manifestándose en forma de fisuras, expansiones y erosiones; así mismo afirman que la durabilidad del concreto dependerá de la accesibilidad que tengan estos actores externos como las lluvias y los

estancamientos de agua, dicho deterioro puede ser físico o químico, influyendo en la resistencia y condiciones superficiales de la estructura que se traducen en el aspecto de la misma.

En tal sentido, la correcta ejecución de las tareas, bajo un control y seguimiento adecuado en las impermeabilizaciones permite la permanencia y la comodidad en las edificaciones, pudiendo de esta manera, tener una durabilidad de la estructura brindando un bienestar para la población beneficiada, sin presentar afectaciones en la salud ya que las humedades en edificaciones de uso residencial generan enfermedades tanto respiratorias como alérgicas (Lago, 2018).

Así pues, el control que debe realizar la supervisión o interventoría a los trabajos de impermeabilización inicialmente debe realizarse en una etapa previa a la operación de la estructura, es decir en el momento de la construcción, contemplando diseño, materiales e insumos que se requieren para realizar los trabajos, esto se debería realizar bajo criterios técnicos y una lista de chequeo; Adicionalmente, el contratista en una etapa de control posterior, la cual debe realizarse en la etapa de operación, debe evaluar el correcto funcionamiento de la impermeabilización, pues según (Berenguel Paredes , Patología de la edificación patrimonial en el Centro Histórico de Lima. Humedades, causas y consecuencias, 2018) es necesario conocer los mecanismos por los que el agua tiende a ingresar y moverse en los materiales con el fin de analizar la presencia de humedad en la edificación; con esto, las filtraciones pueden afectar los acabados arquitectónicos y si es muy severo puede afectar la integridad estructural de la edificación. (Narváez Yepes & Valero Luna , Análisis de construcción y sistemas de

impermeabilización de cubiertas en el laboratorio Nacional de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales , 2018)

En consecuencia, con el desarrollo de este trabajo de grado, se espera obtener un compendio de recomendaciones técnicas, las cuales incluyen la descripción de los tipos de impermeabilización, el proceso constructivo de estos y fichas de chequeo para la correcta construcción e instalaciones materiales impermeabilizantes desde el aspecto de la supervisión técnica de los trabajos. Es importante mencionar que ya se ha documentado información al respecto, en cuanto a la impermeabilización de losas de cubierta en concreto, sin embargo, con este trabajo de grado se espera realizar una exploración documental que abarque tanto estructuras horizontales y estructuras verticales como muros de contención.

#### **1.4 Metodología**

El proyecto de monografía de compilación se basa en una investigación teórica de tipo descriptiva, pues se va a realizar la recopilación de información con la búsqueda de determinar el seguimiento y control técnico que se deben realizar en la impermeabilización de estructuras de concreto como losas de concretos y muros de contención.

Técnicas de recolección: Según el tipo de investigación, el cual es teórico, se realizará una búsqueda documental amplia, por lo cual del desarrollo del trabajo requiere una investigación bibliográfica a profundidad sobre tema de estudio “Controles técnicos requeridos para la impermeabilización de estructuras de concreto”, así mismo se hará uso de varias fuentes

bibliográficas para la consulta de información, tales como las bases de datos de suscripción que cuenta la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y algunos repositorio libres.

Procedimiento metodológico: El desarrollo del proyecto está enmarcado en la revisión del proceso constructivo y los controles de calidad a materiales e insumos que se requieren para la impermeabilización de estructuras de concreto, con el fin de formular recomendaciones sobre los controles técnicos aplicables para la correcta instalación y mantenimiento de impermeabilizantes tanto en estructuras de superficie horizontal como losas y en estructuras de superficies verticales como muros de contención. Para ellos se hará una descripción del proceso constructivo y la recopilación y adaptación de fichas de chequeo de los controles técnicos requeridos. Con lo cual, en el desarrollo del proyecto de recopilación bibliográfica, se abordan los siguientes capítulos:

Capítulo 1. Generalidades e historia de los procesos de impermeabilización

Capítulo 2. Materiales y procesos de impermeabilización de estructuras de concreto

Capítulo 3. Controles técnicos para la impermeabilización de superficies horizontales

Capítulo 4. Controles técnicos para la impermeabilización de superficies verticales.

## **1.5 Cronograma de trabajo**

**Tabla 1.***Cronograma de actividades*

<b>Actividades</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>
Capítulo 1. Generalidades e historia de los procesos de impermeabilización		
Capítulo 2. Materiales y procesos de impermeabilización de estructuras de concreto		
Capítulo 3. Controles técnicos para la impermeabilización de superficies horizontales.		
Capítulo 4. Controles técnicos para la impermeabilización de superficies verticales.		
Entrega del informe final		
Correcciones		
Entrega final		

Nota. El cuadro muestra el cronograma de actividades contempladas para dar cumplimiento para la ejecución del proyecto. Fuente: Autores propuesta de Monografía.

## **2. Capítulo. Generalidades e historia de los procesos de impermeabilización**

En el sector de la construcción, existe un factor que anteriormente no se le daba la importancia que este requería, dejándolo como un ítem externo dentro del desarrollo de los procesos constructivos de un proyecto, y es la impermeabilización de las estructuras.

Desde el momento en el que el hombre empezó a habitar la Tierra, se ha preocupado por protegerse y resguardarse del medio exterior que le rodea, creando así edificaciones que le permitan tal protección.

Antiguamente, el tema de la impermeabilización se centraba en el tema de las cubiertas para la protección ante el intemperismo, para lo cual no se empleaban elementos demasiado elaborados ni industrializados, sino que se tomaban materiales de tipo natural que se tenían a la mano en el lugar que se habitaba.

Con el pasar del tiempo, en las construcciones modernas, ya no solo la preocupación se centra en la impermeabilización de las cubiertas, sino que se empezaron a tener en cuenta otros elementos adicionales que son también de mucha importancia tales como: las áreas húmedas, tanques de almacenamiento, los cimientos, depósitos de agua; que se convierten en componentes vulnerables ante las filtraciones. (Alba Cruz, Cruz Álvarez, & Posada, 2013)

Generalmente, la humedad debido a las filtraciones se presenta por las prácticas constructivas deficientes, que van desde el empleo de materiales con concretos porosos,



ineficiente colocación de juntas hasta fallas en el diseño; lo que ocasiona que el agua atraviese las paredes generando el deterioro del concreto, oxidación del hierro, e incluso promueva la aparición de microorganismos. (González Barrera, 2020)

Dado a lo anteriormente expuesto, es que se han llevado a cabo estudios, ensayos e investigaciones encaminadas en estudiar y desarrollar procesos que contribuyan al mejoramiento continuo y uso de técnicas adecuadas de impermeabilización, pues como vemos, esta es una actividad fundamental en la protección de las estructuras para garantizar y extender su vida útil.

Por otra parte, el hecho de emplear en los proyectos los sistemas de impermeabilización pertinentes, no significa que hasta allí llega esta labor, pues se deben contemplar las labores de mantenimiento a los sistemas que lo requieran, esto con el fin de conservar en el tiempo las propiedades de los elementos que puedan llegar a verse afectados por la acción del uso, o agentes atmosféricos, impulsando de esta manera la durabilidad de los mismos.

Tales trabajos de mantenimiento, es una medida que se contempla dentro del presupuesto de obra para asegurar estos recursos, convirtiéndose en una actividad planificada, organizada y controlada, que se verá reflejada en el tiempo, impidiendo en gran escala la acumulación de falencias o deterioros en las estructuras y generando a su vez proyectos constructivos seguros y eficientes. (Alba Cruz, Cruz Álvarez, & Posada, 2013)

En Colombia, los proyectos de tipo constructivo, ya sean construcciones verticales u horizontales llevan un proceso de planificación, ejecución y control que brinden al cliente un

producto final de calidad; todo ello se refleja en el estudio y análisis adecuado del alcance, costos, tiempo y rentabilidad.

Desde que se da inicio a un proyecto, se debe tener claro las actividades a ejecutar y el personal a cargo responsable de estas, los correspondientes controles técnicos en cada etapa de la ejecución es clave en el éxito del mismo. Estos controles permitirán identificar fallas dentro del proceso, que permitirán a su vez tomar las medidas correctivas en el momento a partir de soluciones efectivas.

Sin embargo, en el campo de la construcción se vienen presentando falencias en la etapa de aplicación de los sistemas de impermeabilización en los elementos requeridos, dado a la falta de conocimientos ante el tema y capacitación del personal encargado. (Girón Rodríguez & Ramírez Fandiño, Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios, 2016).

Por lo anterior, se hace ineludible realizar los controles técnicos requeridos para la impermeabilización de las estructuras de concreto, salvaguardando la funcionalidad, durabilidad y características mecánicas de estas.

## **2.1 Generalidades.**

La protección del concreto y su impermeabilización ante su exposición al medio, es un tema que no ha tomado en gran medida la atención requerida, por diversos motivos tales como:

el desconocimiento de productos para estas labores, falta de personal capacitado, falta de presupuesto, entre otros.

En el ámbito de la construcción, el agua se ha convertido en un agente agresivo, sobre el cual es importante actuar de la manera correcta, pues la presencia de humedades dado a problemas de capilaridad, filtraciones o el mismo medio, generan diversas problemáticas como: la corrosión en el acero de refuerzo, envejecimiento prematuro en el concreto por su exposición al ambiente, debilitamiento en la estructura de cimentación, daños en los acabados y hasta afectaciones en la salud por empacamientos, humedades o salidas de aguas negras. (Tique Garzón, Gaitán Peña, & Barriga Quintero, 2015)

Por su parte, en el caso de estructuras mucho más expuestas al agua tales como: elementos de contención, canales o tuberías, se hace necesario su protección para garantizar su durabilidad a largo plazo y evitar así su deterioro paulatino.

Por tanto, la importancia de desarrollar procesos encaminados a la impermeabilización de las estructuras en concreto, a partir de soluciones óptimas y convenientes, garantizando así el buen estado y durabilidad de las mismas.

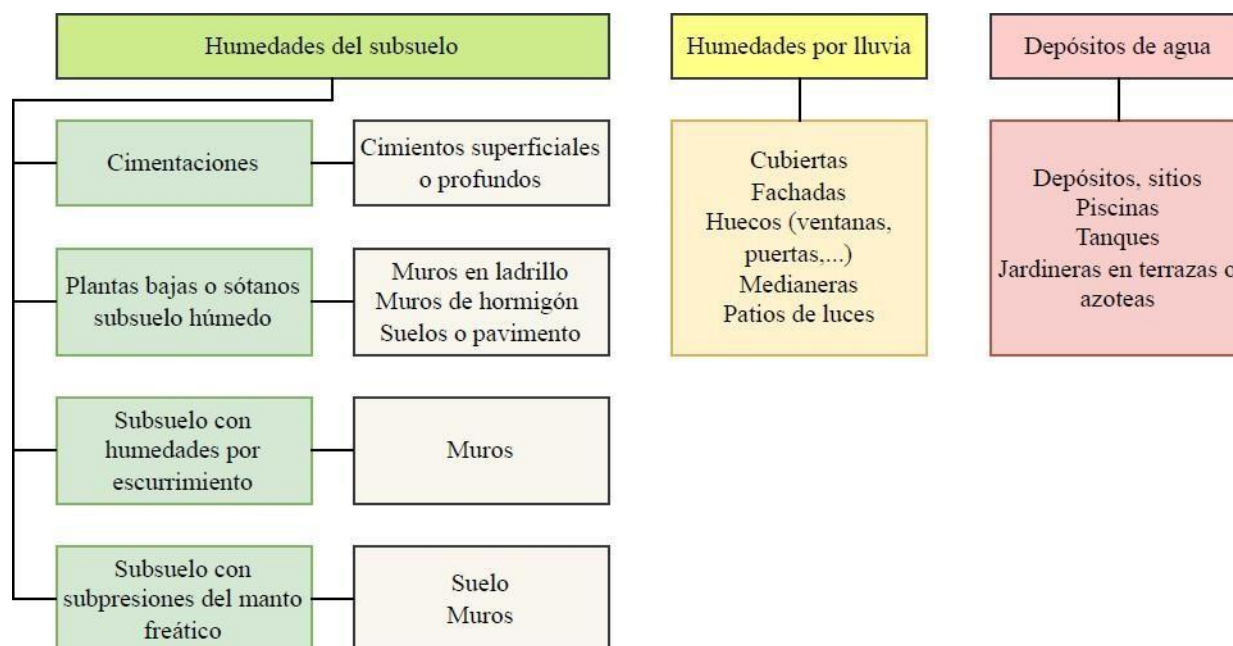
La impermeabilización está ligada al conjunto de la edificación y forma parte de esta, no se debe considerar como un factor aislado, sino como un medio que hace parte de la edificación desde su inicio hasta su aplicación.

En cualquier tipo de edificación, la impermeabilización es ese medio protector contra la humedad, la lluvia, el agua; y por tanto detener el envejecimiento, corrosión de la estructura y destrucción de sus elementos soportantes. (Alba Cruz, Cruz Álvarez, & Posada, 2013).

En la figura 1 se presentan los diversos aspectos en los que la impermeabilización se integra en la construcción de las edificaciones, destacando cada uno de los elementos que deben tener especial cuidado en este aspecto.

**Figura 1.**

*Impermeabilización de las edificaciones*



Nota. Elaboración propia tomado de (Alba Cruz, Cruz Álvarez, & Posada, 2013)

Según sea el caso, es fundamental tener claro que impermeabilizante se va a usar, evaluando y eligiendo aquel producto que garantice la protección pertinente tanto de los

elementos estructurales como los no estructurales para evitar la presencia de posibles patologías como reducción en sus capacidades de servicio o afectaciones en su funcionalidad. (González Barrera, 2020)

## **2.2 Revisión de antecedentes.**

Desde el momento en que el hombre empezó a construir sus primeros refugios o viviendas, ha centrado su atención en la protección de sí mismo en el lugar que habita, por tanto, ha trabajado en buscar soluciones que le permitan resguardar de alguna manera las edificaciones con el fin de promover su conservación, que a lo largo del tiempo pueden presentar daños o deterioros.

Es así como la necesidad de protección de las edificaciones es un tema que viene a colación desde siglos atrás, empleando diversas maneras o elementos para tal fin, construyendo viviendas duraderas y resistentes, combatiendo el clima mediante barreras contra el agua, la humedad, entre otros. (Contreras Motta, 2016)

Según el Australian Institute of Waterproofing (Waterproofing, 2016) la actividad destinada a la impermeabilización de viviendas se remonta a más de 13.000 años, siendo una de las tareas más realizadas luego de la carpintería y albañilería.

La necesidad de impermeabilización no solo se dio en el tema de protección de las viviendas, sino además en el transporte acuático para posibilitar la exploración, la pesca y el

comercio, pues los barcos primitivos se cubrían con una emulsión bituminosa para garantizar su impermeabilización.

Alrededor de 3.600 a.C., se destaca al pueblo egipcio, quienes construyeron grandes estructuras como la pirámide de Giza, empleando un sistema de mampostería nunca antes vista, la cual hacia 1970 fue expuesta por arqueólogos al destacarla por el empleo de bloques de cimentación de piedra caliza, los cuales fueron impermeabilizados por una emulsión bituminosa con fibra de caña seca. (Waterproofing, 2016)

Hacia el periodo de 1910 – 1920 el empleo de impermeabilizantes bituminosos trascendió y evolucionó de un proceso que se realizaba artesanalmente a uno industrializado. Con la llegada de la revolución industrial, sumado al hallazgo del petróleo, se empezó a utilizar una mezcla de petróleo crudo y amoníaco, como capa protectora sobre los techos de concreto armado, dado a sus propiedades flexibles al enfriarse. (Contreras Motta, 2016)

En la década de 1940 con la introducción de la tecnología del caucho sumado a la utilización de fibras de refuerzo, se lograron la creación de membranas impermeabilizantes, impulsando un avance con la aparición de estos nuevos elementos.

Con el paso del tiempo, entre 1945 – 1955 los productores desarrollaron diversas tecnologías de resina encaminadas en mejorar las características y rendimiento de los revestimientos líquidos, tomando gran auge para diversos usos; tanto así, que hacia los años de 1960 – 1970 se produjeron acrílicos reactivos, emulsiones acrílicas, estireno butadienos y

poliésteres insaturados, a partir de los cuales la industria de los impermeabilizantes evidenció un mejoramiento en cuanto a calidad y durabilidad. (Hanna, 2016)

Hoy con el avance de nuevas tecnologías y estudios frente al tema se han desarrollado diferentes productos, según su uso específico, todo ello en la búsqueda de mejores resultados a la hora de impermeabilizar las estructuras. En ello, se destaca la empresa SIKA S.A, que ha desarrollado soluciones para la impermeabilización en la industria de la construcción, en el tema de cimentaciones, cubiertas y terrazas, fachadas, zonas húmedas, plantas de tratamiento, revestimientos de tanques y piscinas, muros, y demás. (Sika, 2022)

Dentro de la gama de productos que ofrecen, dentro de su hoja técnica indican la descripción del producto, sus usos, características y ventajas, instrucciones de aplicación, entre otros. Con esta variedad, impulsan medidas para solucionar problemas como la humedad y la afectación por el deterioro de las estructuras.

### ***2.2.1 Antecedentes internacionales***

En la investigación titulada *Impermeabilización de losas, cisternas y cimentación de casas habitación*, el autor resalta la importancia de la elección de un adecuado producto impermeabilizante, dado que antes de realizar dicho proceso se requiere hacer una evaluación previa del elemento a impermeabilizar, lo cual ayudará a estudiar y establecer el producto a utilizar. Así mismo, se debe tener la información suficiente de los productos existentes en el

mercado, para elegir el adecuado y el que cuente con un certificado de calidad, para no correr el riesgo de presentar fallas en el sistema utilizado.

Así mismo, indica que un buen trabajo de impermeabilización requiere de tiempo, paciencia y cuidado en los detalles que puedan llegar a convertirse en problemas mayores, y que en algunas ocasiones la calidad del trabajo no depende del producto sino de la mano de obra. (Montiel Miguel, 2014)

Por otra parte, se destaca el documento *Análisis técnico y económico de dos soluciones de impermeabilización de losas en la región metropolitana* (Guerra Parra, 2018) en el cual se enfatiza que uno de los problemas presentes en la construcción es la impermeabilización de los edificios, y que no se debe tanto a falta de productos para ello, sino a factores externos e incapacidad de coordinar adecuadamente los procesos de instalación y aplicación de impermeabilizantes que pueden llegar a ser determinantes en el resultado técnico y económico de un proyecto.

La prevención es un punto clave, pues si durante la ejecución del proyecto no se toman los cuidados pertinentes contra la humedad, una vez entre en uso la estructura será casi imposible curarla del todo; y es que no solo repercute en lo económico, sino que también puede provocar afecciones respiratorias.

En el estudio del caso puntual de la investigación en mención, observaron que la zona que no presentó filtraciones fue aquella que llevaba sobre la impermeabilización una solución de



cubierta verde, lo cual ayudaba a disminuir la temperatura de la zona inferior y además retiene las aguas lluvia, por lo que la impermeabilización permanece menos tiempo en contacto con la humedad.

### ***2.2.2 Antecedentes nacionales***

En la tesis de investigación titulada *Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios* destaca que, dentro de una rigurosa supervisión de obra, es importante un adecuado control del agua subterránea, aguas lluvia y superficiales con el objetivo de prevenir reparaciones o postventas a causa de filtraciones de agua.

Según estudios realizados por los autores evidenciaron que una deficiente impermeabilización desencadena daños que no solo afecta los materiales propios del sistema, sino que además afecta otras zonas de la edificación, generando mayores costos para el proyecto; siendo las postventas más comunes por humedad, filtraciones y goteras. Ante este tipo de fallas, se debe actuar de manera rápida y eficiente puesto que los daños provocados a la estructura se pueden ocasionar debilitamiento en la estructura y generar serios problemas. (Girón Rodríguez & Ramírez Fandiño, *Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios*, 2016)

Por otra parte, en el trabajo de grado *Análisis de construcción y sistemas de impermeabilización de cubiertas en el laboratorio nacional de la dirección de impuestos y aduana nacionales*, los autores muestran en detalle todo el proceso constructivo que conlleva un sistema de impermeabilización, desde el manejo del concreto y su debido proceso de curado

hasta todo tipo de requerimientos como terminación de acabados, sellamiento de juntas, imprimación de las superficies, aplicación y mantenimiento de la impermeabilización.

Indicaron además que para tener una adecuada adherencia de los materiales impermeabilizantes que se apliquen ya sean asfálticos, acrílicos, poliuretanos o poliurea es fundamental tener una adecuada preparación de la superficie, limpieza, arreglo de fisuras y mantener la superficie seca. Siendo así que, las buenas prácticas, garantizan la seguridad en la estructura y la calidad según el material aplicado. (Narváez Yepes & Valero Luna, Análisis de construcción y sistemas de impermeabilización de cubiertas en el laboratorio nacional de la dirección de impuestos y aduanas nacionales, 2018)

En la publicación *Factores que inciden en una adecuada impermeabilización del concreto*, González (González Barrera, 2020) indica que la protección de cada estructura dependerá de diferentes factores que el ingeniero deberá considerar para el sistema de impermeabilización tales como: costo inicial y de mantenimiento, grado de exposición de la estructura a fuentes de humedad, tipo de construcción, características del material a colocar, estado de la estructura en el momento de colocar el material, condiciones climáticas bajo las cuales se aplicara el material y el acabado protector de la impermeabilización.

### **2.3 La impermeabilización en las estructuras de concreto**

La impermeabilización es el proceso a partir del cual se revisten y protegen los elementos de la edificación que se deben conservar secos, previniendo así posibles daños en la estructura.

Los sistemas de impermeabilización a utilizar dentro de un proyecto de obra deben ser claros y no deben estar aislados a las demás actividades, sino estar en conjunto para garantizar la protección de los elementos desde el momento en que se desarrolla el proyecto, y no a futuro, lo cual puede generar sobrecostos y pérdida de las propiedades mecánicas en la estructura.

Uno de los problemas generados por los indebidos procesos o prácticas mal ejecutadas dentro del tema de la impermeabilización, son la aparición de enfermedades respiratorias en niños y/o adultos, o problemas en la piel.

El moho que puede llegar a presentarse en exteriores e interiores causa problemas en la salud. La inhalación o tacto con este, produce reacciones alérgicas, hasta irritación en los ojos, la piel, la nariz, la garganta o incluso asma. (MedlinePlus, 2021)

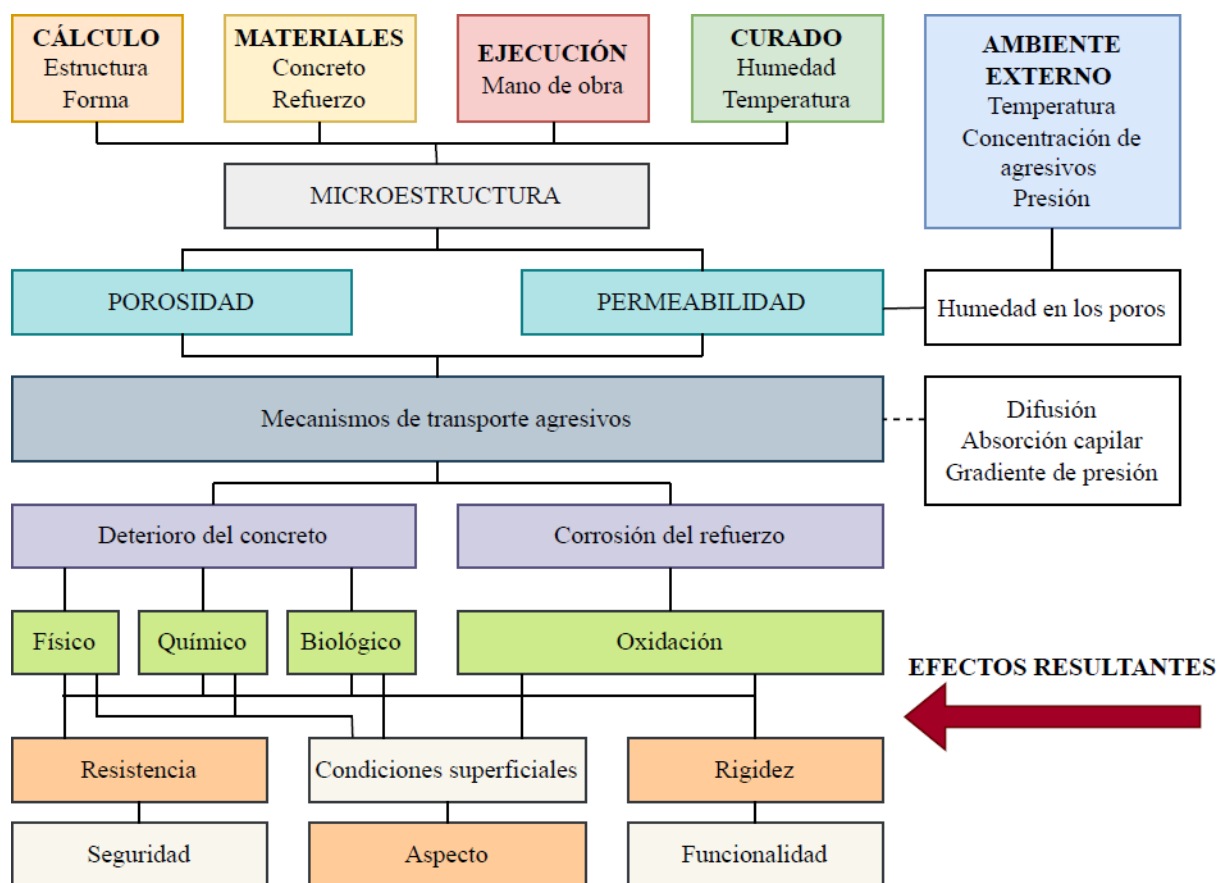
Desde el aspecto técnico, se presentan problemas estructurales por afectaciones en las losas de concreto, columnas, vigas, mampostería o estructuras livianas como cielorrasos; en general, afectan todo tipo de material utilizado en la construcción. (Cobos Morantes, 2020)

Según María Restrepo vocera de Corona “la impermeabilización es un método que evita que el agua penetre en los edificios manteniendo seca su estructura y ayudando a reducir la humedad, protegiéndola de los daños causados por la exposición al agua acelerando el deterioro de las edificaciones”. (Maestre, 2017)

El concreto en masa puede experimentar alteraciones debido a agentes agresivos internos o externos, manifestándose en fisuras, expansiones o erosiones, afectando la durabilidad del mismo. La conservación de este factor va de la mano de las características que presente el concreto en conjunto con el acero, pues la presencia de estructuras porosas influirán en la accesibilidad de agentes externos que la afecten. (Sanjuán Barbudo & Castro Borges, 2001) En la Figura 2 se sintetizan los factores que afectan la durabilidad del concreto.

**Figura 2.**

*Factores que influyen en la durabilidad del concreto armado*



Nota. Elaboración propia, tomado de (Sanjuán Barbudo & Castro Borges, 2001)

Es importante analizar, a que se debe la presencia de humedades en las estructuras, por lo que se hace necesario identificar los mecanismos por los cuales el agua tiende a atravesar y moverse dentro de los elementos. Esto permitirá tomar acciones preventivas en los diseños y selección de materiales antes de ejecutar los procesos constructivos. (Berenguel Paredes, 2014)

Al garantizar un procedimiento adecuado, con los debidos controles técnicos y de calidad al realizar la impermeabilización de las estructuras de concreto, se genera bienestar en las comunidades al brindar edificaciones en las condiciones correctas para su funcionamiento.

#### **2.4 Principales patologías por falta de impermeabilización en las estructuras**

Las patologías asociadas a la humedad se ven relacionadas principalmente con el tipo de materiales seleccionados para cumplir con la función de impermeabilizar, su correcta selección y colocación según el tipo de estructura, por ello es necesario realizar estas actividades de manera oportuna, evitando cualquier deficiencia en el sistema constructivo.

Las edificaciones se ven expuestas por diferentes factores a la acción del agua, por lo que no se está exento de la presencia de daños estructurales a causa de las humedades. No solo se ve afectada la seguridad de la estructura, sino también su estética y habitabilidad. Las lluvias torrenciales y las variaciones de nivel freático del terreno afectan la estabilidad de los edificios. (Arquitectura y Edificación, 2020)

Por lo anterior, es importante identificar cuáles son la mayoría de patologías que se pueden presentar dado a la falta de una pertinente impermeabilización en las estructuras.

### ***2.4.1 Filtraciones***

Es una situación que se presenta en las estructuras a causa del ingreso de agua generalmente a través de fisuras o grietas, que da paso a la presencia de manchas, tal como se logra observar en la Figura 3. Este tipo de patologías se dan con mayor frecuencia en muros de sótanos, en juntas constructivas entre elementos diferentes, por rotura de los cerramientos o acabados.

#### **Figura 3.**

*Manchas de humedad en paredes por filtración*



Nota. Tomado de (Coruña, 2020)

### 2.4.2 Grietas y fisuras

Son aberturas largas, no uniformes que se pueden presentar sobre cualquier superficie, pero hay que saber diferenciarlas; por un lado, las fisuras son aberturas pequeñas y superficiales, que van desde 0,1mm a 1,0 mm mientras que las grietas ya son aberturas más profundas y de mayor dimensión que superan el ancho de 1mm. (Ver Figura 4) La aparición de este tipo de patologías es causado por movimientos debido a asentamientos del terreno, efecto de cargas no calculadas, presencia de humedad, entre otros. A pesar que las grietas o fisuras no se deben a una mala impermeabilización, la presencia de estas es un medio para que la humedad ingrese a las estructuras generando otros daños. (González Barrera, 2020)

#### Figura 4.

*Grieta (izquierda) – fisura (derecha)*



Nota. Tomado de (PAQSA, 2022)

### 2.4.3 Eflorescencias

Son un depósito de sales comúnmente de color blanco que se forma en la superficie. (Ver Figura 5) Esto se da en el momento en que la humedad disuelve las sales del concreto, y a través de la acción capilar las lleva hacia la superficie. Cuando la humedad se evapora, deja este depósito mineral. La presencia de eflorescencias se debe a la lluvia, agua estancada, condensación, rocío, en fin, cualquier humedad sobre la superficie; y aunque esta no causa problemas estructurales, se estropea el aspecto y color del concreto. (Toxement, 2017)

#### **Figura 5.**

*Eflorescencias en el concreto*



Nota. Tomado de (Toxement , 2017)



#### 2.4.4 Corrosión

Es el deterioro que sufren los metales al ser atacados por agentes químicos, proceso que es acelerado por la presencia de agua, oxígeno, productos químicos o la misma temperatura. La corrosión hace que se produzcan fuerzas de presión en el interior del concreto, y con el aumento del volumen del acero, ocasiona que se deteriore el recubrimiento de la estructura, tal como se observa en la figura 6, poniendo a esta en riesgo de colapso o desplome.

#### Figura 6.

*Corrosión del acero de refuerzo, expuesto por desprendimiento de recubrimiento*



Nota. Tomado de (García Mulford, 2019)

### 2.4.5 *Humedad capilar*

La presencia de este tipo de humedad se debe a que los elementos de la estructura absorben agua del mismo terreno y asciende a través de los elementos verticales que tengan contacto directo con esta, tal como las zapatas, vigas de cimentación, las columnas, muros estructurales. Sus principales causas son: nivel freático alto, zonas húmedas sin la adecuada impermeabilización, presencia de agua por escorrentía directa. La humedad por capilaridad se evidencia por la presencia de fisuras, moho, deterioro en los acabados de los muros y cambios de color. (Ver Figura 7) (González Barrera, 2020)

#### **Figura 7.**

*Problemas en la pared causados por humedades capilares*



Nota. Tomado de (Structuralia, 2016)

#### **2.4.6 Humedad de condensación**

La humedad por condensación se da por exceso de vapor ambiente, problemas térmicos o falta de ventilación interna, lo que genera ambientes de humedad elevada. Este tipo de afectación se evidencia con la aparición de mohos en los muros, en los rincones, dinteles, vigas aéreas o juntas en ventanas (Ver Figura 8). Se genera además un olor a humedad dado a la presencia de mohos, con colores variados y puntos en las paredes.

#### **Figura 8.**

*Presencia de humedad por condensación*



Nota. Tomado de (Humipro, 2019)



### 2.4.7 Erosión

Es la pérdida del concreto en la parte superficial de las estructuras (Ver Figura 9 y 10). Esta se manifiesta de dos maneras: por abrasión y cavitación. Ambas son características de obras hidráulicas en las que el agua circula a gran velocidad produciendo un desgaste. En el caso de la erosión por abrasión este desgaste se produce por la fricción debido a fenómenos como paso de vehículos, pasos peatonales, circulación de agua en caso de las pilas de puentes, embalses, entre otros. Por su parte, la erosión por cavitación se produce en estructuras de concreto armado que están en presencia de agua, y el flujo de esta ocasiona que se separe de las paredes el concreto. (Porto Quintian, 2005)

#### **Figura 9.**

*Daños de erosión por abrasión en el concreto*



Nota. Tomado de (Eremeychuk, 2018)

**Figura 10.**

*Daños de erosión por cavitación en el concreto*



Nota. Tomado de (Arango Mejia, 2013)

### 3. Capítulo. Materiales y procesos de impermeabilización de estructuras de concreto

En el momento de realizar los procesos de impermeabilización en las estructuras de concreto es fundamental tener en cuenta la necesidad presente y el elemento que se requiere impermeabilizar, ya sea, cimentaciones, estructura, losas, tanques, entre otros; pues dependiendo de ello se hace la solicitud del sistema o producto impermeabilizante, que es diferente para cada caso. De manera favorable, existen en el mercado diversidad de artículos según se requiera. (González Barrera, 2020)

A partir de la Figura 11 se observa como desde la cimentación hasta la cubierta dependiendo del elemento se debe tener al menos un tipo de impermeabilización, pues que el agua es una de las principales fuentes que genera humedades en la estructura y por tanto ocasiona su deterioro.

Con la impermeabilización de las estructuras lo que se busca es, además:

- Evitar la pérdida de la temperatura interior
- Prevenir el deterioro y envejecimiento de los muros
- Mantener la estética de la construcción
- Prevenir enfermedades
- Librarse de daños futuros

#### **Figura 11.**

*Sistema de impermeabilización de inicio a fin de las estructuras*



Nota. Tomado de (IAMSA, 2019)

Antes de dar paso al desarrollo en cuestión de los materiales y procesos de impermeabilización, se hace conveniente indicar algunas de las consideraciones que el ingeniero residente o supervisor técnico encargado deben tener en cuenta al instante de elegir el sistema de impermeabilización a utilizar, entre estas tenemos:

- Condición o estado actual de la estructura
- Nivel de exposición de la estructura a fuentes de humedad
- Características requeridas del producto impermeabilizante
- Costo del producto impermeabilizante a utilizar
- Verificación de la calidad del sistema de impermeabilización a implementar

- Condiciones de colocación del producto impermeabilizante
- Indicaciones y/o instrucciones de colocación del producto
- Condiciones finales a la cual se va a encontrar expuesta la estructura
- Acabado protector de la impermeabilización

### **3.1 Sistemas de impermeabilización.**

La impermeabilización si bien, es la protección de la estructura contra los efectos que el agua pueda llegar a causar, considerándose como un seguro de vida de la edificación, lo que a su vez genera bienestar a quienes lo ocupan; pues por un lado las visibles manchas de humedad sobre la superficie de un muro, o las filtraciones ocasionadas en techos y azoteas, se pueden prevenir con una amplia variedad de materiales impermeabilizantes. (Arqhys, 2012)

Dentro de los diferentes sistemas de impermeabilización más comúnmente utilizados en estructuras de concreto se encuentran:

- Impermeabilizantes primarios, recubrimientos y selladores
- Impermeabilizantes asfálticos
- Impermeabilizantes acrílicos
- Membrana líquida impermeabilizante
- Impermeabilizante de cemento
- Impermeabilizantes prefabricados



A continuación, se detallará en qué situaciones son usados y cómo se desarrolla el proceso de instalación adecuado.

### ***3.1.1 Impermeabilizantes primarios, recubrimientos y selladores.***

Los primarios hacen referencia a aquellos productos que se aplican inicialmente al realizar un proceso de impermeabilización, a partir de estos lo que se hace es alistar o preparar la superficie de trabajo; estos son de baja viscosidad y su colocación se hace en frío hasta saturar totalmente el área a impermeabilizar.

Por otra parte, cuando se hace mención a los recubrimientos, se destacan las pinturas asfálticas o acrílicas. Estos cumplen unas funciones específicas dentro de las cuales están: proteger la estructura del intemperismo, reflejar los rayos UV para controlar la temperatura interna de la edificación. (Montiel Miguel, 2014)

Los selladores consisten en una pasta o masilla propia para rellenar, taponar, sellar o resanar fisuras, grietas, juntas o demás que se encuentren en la zona que se desea impermeabilizar, tal como se muestra en la figura 12.

#### **Figura 12.**

*Diversos tipos de selladores para resanar grietas antes de aplicar algún sistema de impermeabilización*



Nota. Tomado de (Tecnomateriales, 2022)

### 3.1.2 Impermeabilizantes asfálticos

La Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM) define al asfalto como “un cementante de color marrón oscuro a negro en el que sus componentes predominantes son los asfaltenos que pueden ser naturales u obtenidos como residuo en la refinación del petróleo crudo” (Asphalt, 1993)

El asfalto se caracteriza por ser un material adhesivo, altamente impermeable y duradero, y además resistente a los álcalis, ácidos y sales, siendo así utilizado en diversas clases de materiales impermeabilizantes. (Montiel Miguel, 2014)

Este tipo de impermeabilizante tiene un color característico negro elaborado a partir de asfalto, rellenos minerales, fibras naturales y solventes. Se puede aplicar en superficies verticales, horizontales e inclinadas de concreto; se emplea en frío, es de fácil aplicación y se

caracteriza por ser usado habitualmente para impermeabilizar cimentaciones, muro de contención que estarán bajo tierra, azoteas, cubiertas, vigas canales, jardineras, terrazas. En la Figura 13 se aprecia un poco la aplicación de este impermeabilizante.

El impermeabilizante asfáltico presenta una adherencia significativa por lo cual se convierte en una opción recomendable para sustituir o cambiar impermeabilizaciones afectadas por la intemperie, su secado es rápido y resiste la inmersión continua. (Golfo, s.f.)

### **Figura 13.**

*Aplicación de impermeabilizante asfáltico*

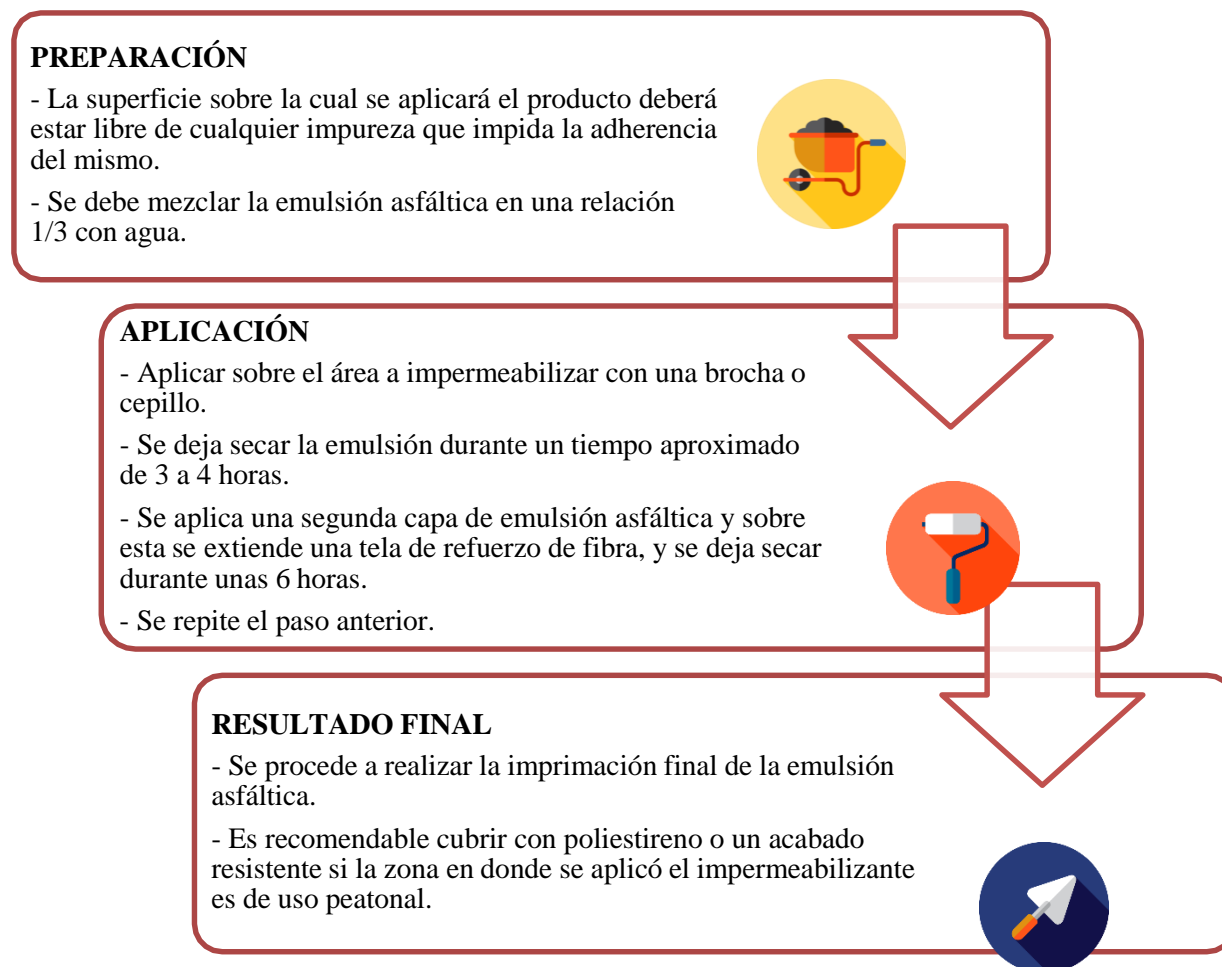


Nota. Tomado de (MN Construcciones, 2022)

Ahora bien, dentro del procedimiento de aplicación de este tipo de impermeabilizantes es importante tener en cuenta lo siguiente (Ver Figura 14)

**Figura 14.**

*Procedimiento de aplicación del impermeabilizante asfáltico.*



Dentro de las ventajas de este tipo de impermeabilizante se tiene:

- ✓ Fácil y rápida aplicación
- ✓ No es toxico
- ✓ No requiere herramientas especiales para su colocación
- ✓ En estructuras como cimentaciones o dalas de desplante se obtiene buena resistencia al intemperismo

### 3.1.3 Impermeabilizantes acrílicos

Los impermeabilizantes acrílicos son producidos a partir de polímeros sintéticos que se caracterizan por su plasticidad, elasticidad y significativa adherencia, también son llamados como impermeabilizantes poliméricos o elastoméricos; su campo de aplicación se basa en actividades sencillas puesto que no es un sistema tan eficiente y resistente en comparación con otros. Este tipo de impermeabilizante es utilizado en fachadas, muros y bardas. (Montiel Miguel, 2014) (Ver Figura 15)

**Figura 15.**

*Aplicación de impermeabilizante acrílico*



Nota. Tomado de (Habitissimo, 2022)

Este tipo de impermeabilizante presenta las siguientes ventajas:

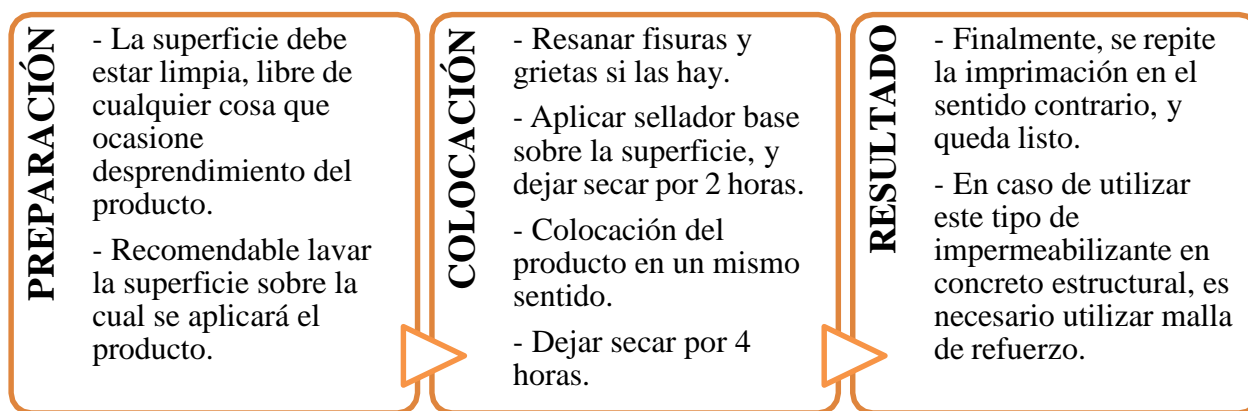
- ✓ Fácil y rápida aplicación
- ✓ Una vez aplicado no requiere de un acabado adicional dado a su color
- ✓ No se hace necesario la utilización de herramienta especial para su colocación

- ✓ Corto tiempo de secado
- ✓ Brinda propiedades de aislamiento térmico
- ✓ No genera humos ni vapores contaminantes
- ✓ Es un producto ecológico
- ✓ Gran durabilidad y resistencia a la intemperie

El procedimiento de aplicación de los impermeabilizantes acrílicos se debe hacer de la siguiente manera (Ver Figura 16)

**Figura 16.** *Procedimiento de aplicación del impermeabilizante acrílico*

*Procedimiento de aplicación del impermeabilizante acrílico.*



### **3.1.4 Membrana líquida impermeabilizante**

Este es un tipo de impermeabilizante flexible con gran elongación en el revestimiento de imprimación líquida, se aplica en muros exteriores, cubiertas horizontales o inclinadas, entre otros.

La membrana de impermeabilización líquida se aplican como la pintura, la cual al secarse forma una membrana elástica con gran capacidad impermeabilizante. Estas membranas son fabricadas a partir de diversos compuestos tales como poliuretanos, polímeros acrílicos, cemento, resinas de silicona o elementos bituminosos y asfálticos.

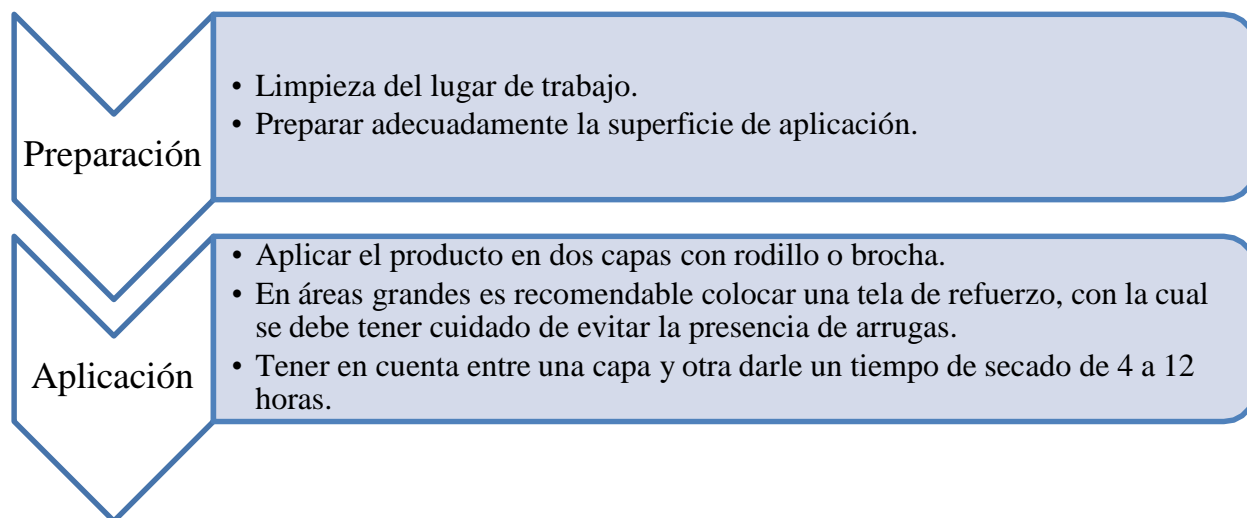
Antes de aplicar un sistema de impermeabilización con membranas líquidas hay que tener en cuenta la elección de la imprimación previa adecuada, el grado de protección del sistema, la compatibilidad de los materiales, la capacidad del aislante, y los requisitos y recomendaciones de su colocación. (Blatem, 2016)

Ventajas y/o características de las membranas líquidas:

- ✓ Fácil aplicación
- ✓ Elevada elasticidad
- ✓ Buena adherencia a las superficies
- ✓ Alta resistencia a la intemperie
- ✓ Buen rango de manejo y cubrimiento de la superficie
- ✓ No es inflamable
- ✓ Larga vida útil

**Figura 17.**

*Procedimiento de aplicación de la membrana líquida impermeabilizante*



### ***3.1.5 Impermeabilizante de cemento***

Este tipo de impermeabilizante se emplea en diversas superficies en concreto tales como losas de cubierta, de entepiso, muros, tanques o zonas húmedas. Este recubrimiento deberá garantizar una manejabilidad adecuada que permita la adherencia requerida para lograr una resistencia e impermeabilidad óptimas en la superficie de aplicación.

#### **Figura 18.**

*Impermeabilizante cementoso en polvo*





Nota. Tomado de (MSC Morteros secos de Colombia, 2022)

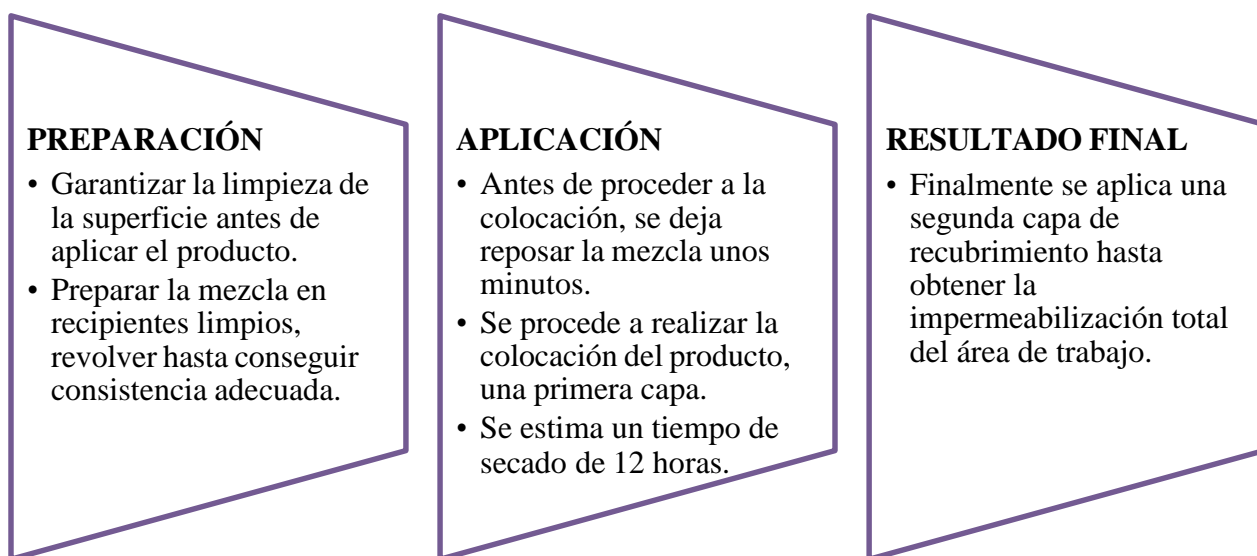
Dentro de sus ventajas principales tenemos:

- ✓ Fácil aplicación
- ✓ No son sensibles al contacto con el agua
- ✓ Restringe el paso de la humedad
- ✓ Durabilidad
- ✓ Nivel de desperdicio bajo

Por otra parte, para una correcta aplicación de este tipo de impermeabilizante se debe seguir el procedimiento detallado en la Figura 19

**Figura 19.**

*Procedimiento de aplicación del impermeabilizante de cemento*



### ***3.1.6 Impermeabilizante prefabricado***

Al realizar los procesos de impermeabilización de las estructuras, en ciertas ocasiones aplicar un solo producto no es suficiente, lo que conlleva a utilizar membranas de refuerzo para complementar y garantizar un sistema de impermeabilización óptimo. Es por ello, que para simplificar y facilitar de alguna manera estos procesos se han desarrollado impermeabilizantes prefabricados, que consisten en una especie de membrana compuesta de varias capas y refuerzos que se implementan como una alfombra en rollo. (Ver

Figura 20)

**Figura 20.**

*Impermeabilizante prefabricado a base de asfaltos modificados nanotecnológicamente con elastómeros SBS*



Nota. Tomado de (ConstruFix, 2022)

Estas membranas prefabricadas están elaboradas a partir de distintos materiales tales como: el neopreno, los asfaltos, el etileno propileno, el polietileno de alta densidad, y el PVC flexible.

Ventajas y/o características de los impermeabilizantes prefabricados:

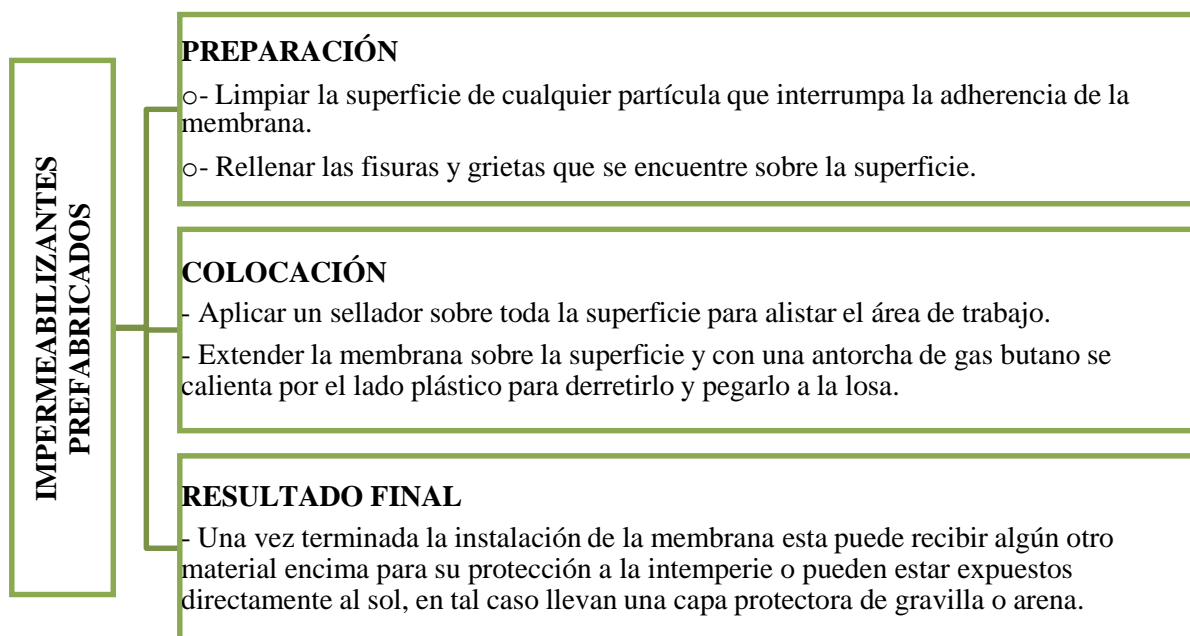
- ✓ Colocación limpia y rápida
- ✓ Es maleable y elástico
- ✓ Resistencia a bajas y altas temperaturas
- ✓ Presenta un excelente acabado
- ✓ Viable para uso en azoteas que presenten fisuras e irregularidades
- ✓ Libre de mantenimiento

Este tipo de impermeabilizante al tratarse de una membrana flexible de fácil colocación, se ahorra tiempo y a su vez se logran cubrir grandes superficies. Este es un producto resistente, durable y elástico. De igual forma, es importante mencionar que, al no necesitar un producto adicional para su adherencia sobre las superficies, se requiere de un profesional especializado para su correcta aplicación, pues este es fijado con una antorcha de gas butano. (Montiel Miguel, 2014)

Para la correcta colocación de los impermeabilizantes prefabricados se debe seguir lo siguiente:

### Figura 21.

#### *Procedimiento de aplicación del impermeabilizante prefabricado*



#### **4. Capítulo. Controles técnicos para la impermeabilización de superficies horizontales**

La impermeabilización de estructuras de concreto se divide en dos grandes grupos, en superficies horizontales y en superficies verticales, en este tercer capítulo se abraza el manejo y control de la impermeabilización de infraestructura de concreto.

Las áreas que se encuentran dentro de las superficies horizontales se tiene a:

- Terrazas
- Cubiertas
- Balcones
- Plataformas o plazoletas
- Patios
- Superficies especiales como baños y espejos de agua.

Dicho esto, es importante mencionar que la impermeabilización de superficies horizontales en la actualidad tiene una inmensa variedad de sistemas de impermeabilización respaldados por marcas y productos específicas para cada área.

El seguimiento y control técnico de los procesos constructivos en obras de infraestructura, dependiendo la cuantía y el contrato del proyecto de obra involucra la figura de la interventoría, dado que según el proyecto y la extensión del mismo se requiere una supervisión de un tercero que garantice que la obras que ejecutadas cumplan con los seguimientos legales y la calidad correcta de los productos entregados.

En tal sentido, la interventoría o la supervisión que realice el seguimiento y control tiene unas funciones de carácter técnico que respaldan la durabilidad de las obras, estas funciones están designadas en diversos manuales de interventoría y supervisión, pero esencialmente se encuentran inmersas en la Ley 1474 de 2011. A continuación, se enuncian las funciones técnicas que deben tener el interventor en la vigilancia de los procesos de impermeabilización y el control general de la obra.

#### **4.1 Funciones generales de la Interventoría.**

Según la Guía para el ejercicio de las funciones de la supervisión e interventoría de los contratos del Estado estas funciones son:

- ***Vigilar el cumplimiento del contrato teniendo en cuenta calidades y plazos de ejecución.*** El interventor deberá realizar el control técnico acorde a las exigencias y modificaciones que se puedan presentar para llevar a cabo el objeto contractual, teniendo presente los plazos establecidos y las cantidades de obras contratadas.
- ***Mantener en constante comunicación a las partes del contrato.*** Se debe propender por mantener una estrecha comunicación entre los intervinientes del contrato de obra pues esto ayuda a que no se dilaten los procesos administrativos pues la decisión que se tomen deben ser concertadas de manera adecuada entre las partes del contrato (contratista de obra, interventor, supervisor de la entidad contratante).

- ***Apoyar la consecución del objeto contractual.*** La interventoría, debe ser garante de que se lleve a cabo el objeto contractual, es decir que la obra se ejecute tal como se pactó en el contrato y esta debe tramite a las situaciones o problemas que ocurran obra con el propósito de cumplir con el objeto contractual en el plazo establecido y con la mejor calidad.

- ***Requerir informes, realizar reuniones, integrar comités y desarrollar otras herramientas encaminadas a verificar la adecuada ejecución del contrato.*** El personal encargado de la interventoría de un contrato de obra tiene como función primordial verificar la adecuada ejecución del contrato de obra, para tal fin debe realizar o integrar reuniones semanales o en la frecuencia que sea necesario, pues se requiere conocer el estado de las obras y dar seguimiento a estas mediante informes de recurrencia diaria, semanal o mensual.

- ***Firmar y avalar las actas que se desarrollen en la ejecución del contrato para dejar documentadas diversas situaciones y entre las que se encuentran: actas de actas parciales de avance, actas parciales de recibo y actas de recibo final.*** El interventor debe dejar constancia de todos los procesos que se lleven a cabo en el proyecto de obra, para tal fin es necesario de la suscripción de acta, tales como: acta de inicio, actas parciales, actas de suspensión y reinicio, actas modificatorias acta de terminación, acta de recibo final y acta de liquidación.

Informar a la Entidad Estatal de hechos o circunstancias que puedan constituir actos de corrupción tipificados como conductas punibles, o que pongan en riesgo el cumplimiento. El interventor está en la capacidad y en la responsabilidad de informar a la entidad contratante, ya sea Alcaldía, Gobernación, Departamento administrativo o cualquier entidad estatal de actos de corrupción o incumplimiento que se puedan presentar en el proceso contractual, también debe realizar llamados de atención al contratista de obra, siempre dejando constancia por escrito de ello. En el caso de que el contratista omita las indicaciones realizadas por la interventoría debe informar a la entidad contratante mediante el supervisor del contrato de modo que tome las medidas adecuadas y se logren soluciones a los problemas que afectan el principio de transparencia y economía del contrato.

Informar por escrito a la Entidad Estatal la presentación de incumplimiento en el contrato de obra, además de entregar los soportes requeridos para que la Entidad contratante desarrolle las actividades correspondientes. La interventoría tiene la obligación de informar al supervisor del contrato, es decir, a la entidad contratante cuando el contratista de obra esté realizando un incumplimiento de las tareas pactadas en el contrato de obra y que según lo previsto no se llegue al cumplimiento del objeto contractual, esto con el fin de mitigar las afectaciones y que la obra se ejecute a cabalidad o de lo contrario tome las medidas necesarias para que el contratista responda por sus actos

#### ***4.1.1 Funciones de vigilancia técnica.***



En la Guía para el ejercicio de las funciones de la supervisión e interventoría de los contratos del Estado estas funciones son:

- ***Revisar y aprobar el cumplimiento de las condiciones técnicas para iniciar la ejecución del contrato.*** La interventoría en el inicio del proceso contractual debe dar cuenta de la revisión técnica detallada de los planos, diseños, licencias, autorizaciones, estudios, cálculos, especificaciones, etc .
- ***Verificar que el contratista mantenga el personal ofrecido al inicio del contrato, con las condiciones e idoneidad inicialmente pactadas.*** La interventoría debe vigilar el cumplimiento del perfil del trabajador asignado por el contratista de obra para la actividad a la cual fue designado, esto con el fin de que la persona que realice las tareas tenga conocimiento y experiencia en el tema, así mismo, se debe exigir que cumpla con todos los elementos de protección personal requeridos para la actividad desarrollada.
- ***Decidir los requerimientos de carácter técnico que no impliquen modificaciones o sobrecostos al contrato.*** El interventor está en la tarea de hacer una minuciosa revisión de las modificaciones o alteraciones en las cantidades y precios de obra, pues se debe propender porque no haya un desequilibrio financiero ni tanto para el contratista como la entidad contratante.

- *Realizar la solicitud del cumplimiento de las garantías del contrato a la entidad estatal y si hubiera modificaciones suministrar la documentación que justifique dichos cambios.*

#### **4.2 Procedimiento constructivo y controles técnico en la impermeabilización de estructuras de cubiertas de concreto**

Las humedades como anteriormente se ha definido no solo solamente por causa de las filtraciones que se llevan a cabo para la impermeabilización de estructuras de concreto, dado que no es el único procedimiento relacionado con el agua en las edificaciones, y dentro de este aspecto se incluye las redes hidráulicas y las redes sanitarias; en las estructuras de superficie horizontal, se destacan principalmente las losas de concreto, la impermeabilización en este tipo de superficie se da principalmente para proteger las losas de fenómenos medioambientales como la lluvia.

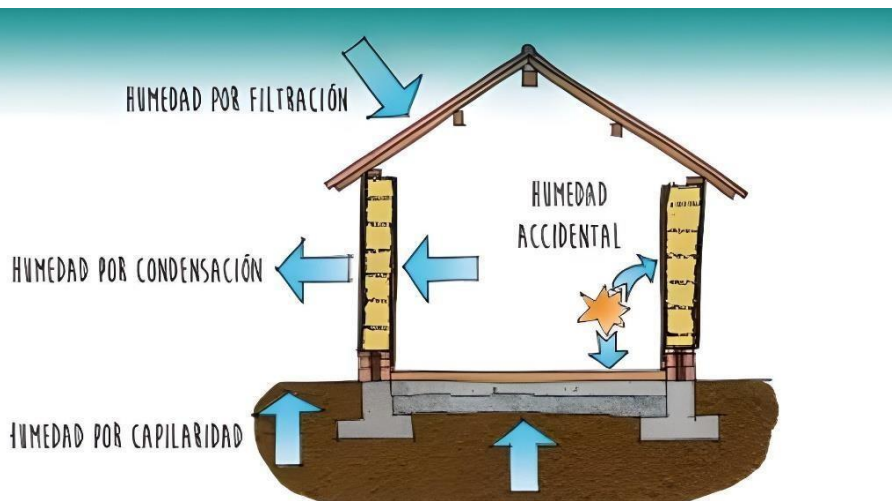
En este tipo de estructuras se pueden encontrar 4 tipos de humedades:

- Las filtraciones de humedad ascendentes
- La humedad por condensación
- Las filtraciones de humedad descendentes por gravedad
- Las filtraciones de humedad por infiltración o accidentales

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra un esquema ilustrado de los tipos de humedad que pueden presentarse en una edificación.

### Figura 22.

*Tipos de filtración por humedad*



Nota. Tomado de la conferencia Impermeabilización de cubiertas: Membranas y recubrimientos. (Gonzalez, 2022)

#### 4.2.1 Tipos de filtraciones

**4.2.1.1 Filtraciones de humedad ascendentes.** Las filtraciones por humedad ascendente se conocen también como filtraciones por capilaridad se caracterizan porque provienen por las mismas condiciones físicas del sustrato en el que se encuentra la edificación, su origen es causado por las lluvias, corrientes o encharcamientos de agua en el subsuelo.

La causa principal de esta ocurrencia es porque el concreto de por si es permeable, es decir, puede absorber agua y al no impermeabilizar correctamente las cimentaciones según del tipo suelo que tiene, el agua ascenderá o subirá a niveles superiores, generándonos de esta manera humedades.

#### **4.2.1.2 Filtraciones de humedad descendentes por gravedad.** Las filtraciones

descendentes por humedad se caracterizan porque son ocasionadas por deficientes procesos de impermeabilización puesto que provienen del agua lluvia y depende de otros factores asociados como el tipo de las losas, la inclinación y la superficie, la cual pueden ocasionar pozos o charcos, comenzando de esta manera el problema, ya que el agua buscará el medio para ingresar al lugar donde está expuesta la cubierta o la estructura de concreto, las deficientes prácticas ocasionan humedades visibles a simple vista, manchas en las cubiertas o cielo rasos y también goteras. Este tipo de humedad es la más importante de controlar con el proceso de impermeabilización, pues se debe llevar a cabo un proceso minucioso y completo para resanar las grietas, bajantes, fisuras, traslajos y los demás componentes que conlleva la instalación de las cubiertas en losas de concreto.

#### **4.2.1.3 Filtraciones de humedad por infiltración o accidentales.** Las filtraciones de humedad por infiltración o accidentales suelen afectar de manera vertical y son presentes en nuestros muros y fachadas por causa de las lluvias y la no impermeabilización de estas, uso de materiales deficientes o la incorrecta aplicación del procedimiento. Como también podrían ser accidentales, la rotura de un tubo de agua ya sea de suministro o de

desagüe el cual este embebido en los muros, sea por dilataciones o contracciones de los materiales de unión rígida o acciones mecánicas por el uso del mismo.

#### ***4.2.2 Concretos Permeables e Impermeables***

Los concretos a través de su diseño de mezcla y mediante el uso de aditivos se modifican, para el caso se tienen dos tipos, los permeables e impermeables, en estos se cambian su porosidad o ascenso capilar de acuerdo del tipo de concreto deseado.

**4.2.2.1 Concretos permeables.** Comúnmente se concibe el concreto como un elemento totalmente impermeable. Sin embargo, hay ocasiones en los que considerar que concreto es un medio con porosidad y por tanto deja circular líquidos y gases. (Estructurando, 2014). Los concretos permeables están basados en una alta porosidad que favorece el paso de líquidos como el agua a través de él, tiene como característica pocos agregados finos, esta cantidad de material fino se suple por pasta de cemento, es decir agua y cemento, asegurando de esta manera que las partículas de agregado grueso queden interconectadas.

“El concreto permeable es usado tradicionalmente en áreas de estacionamientos, áreas con poco tráfico, pasos peatonales e invernaderos. Es una importante aplicación para la construcción sostenible” (Nrmca, 2019)

El concreto permeable o “Pervious concrete” (original en inglés) es un conjunto que consiste en tres elementos primarios: cemento, agregado grueso y agua, que al combinarse entre ellos da origen a un compuesto que funciona para la elaboración de pisos y pavimentos totalmente permeables. La poca o nula presencia de agregado fino le da la cualificación de tener una estructura porosa, consintiendo que el agua pase a través de la estructura, con lo cual se mitiga la acumulación superficial de aguas pluviales (Flores & Pacompia , 2015).

El concreto permeable generalmente no usa agregado fino, lo que origina una matriz de poros interconectados que ronda típicamente entre el 10% y 30%, de esta manera también se evita el coste de diseñar y hacer cunetas o canales para tratar las aguas. Otro aspecto muy importante de resaltar es que este concreto al tener una matriz de poros abiertos, no necesita o no es recomendable la aplicación de acero de refuerzo en las losas, porque estas barras quedarían expuestas al medio ambiente y en un periodo corto de tiempo estas perderán sus propiedades mecánicas (Calderon & Charca , 2011).

Las principales ventajas que traen los concretos permeables son:

- No requieren acero
- Uso decorativo
- Permeabilidad
- Reduce el efecto isla de calor
- Absorción acústica
- Antideslizante

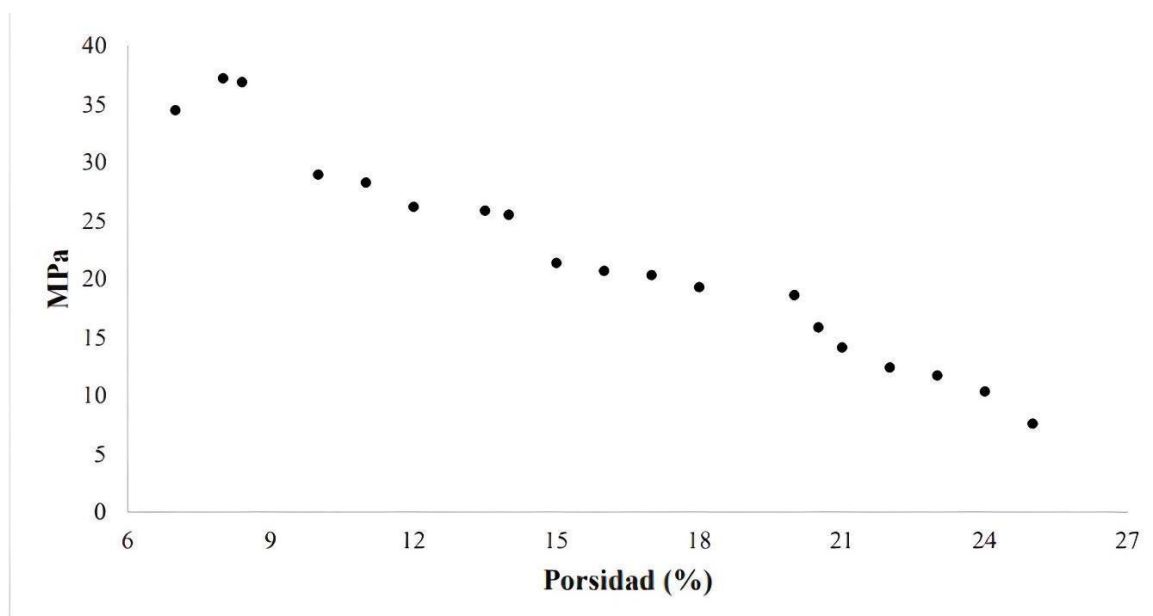
- Retiene metales pesados
- Limpieza en su proceso constructivo

Por su parte las desventajas que trae consigo el concreto poroso son el uso limitado en tránsitos liviano, el uso no estructural, se requiere personal capacitado para su instalación y que requiere mantenimiento periódico.

Otra desventaja que tiene el concreto poroso es la pérdida de resistencia a la compresión conforme se aumenta el porcentaje de porosidad del mismo, en la Figura 23 se muestra la adaptación de (Meininger, 1988) realizada por (Cervantes, 2020).

### Figura 23.

*Resistencia a la compresión vs porosidad*



Nota. Tomado de (Cervantes, 2020).

**4.2.2.2 Concretos impermeables.** La impermeabilidad del concreto es la capacidad que posee el material para resistir el paso de los fluidos; en sí, es la capacidad de prevenir el paso del agua dentro de las instalaciones. La realización de las estructuras hecho a prueba de agua no sólo es importante para preservar los edificios de la entrada de agua, sino también y sobre todo para reducir la entrada de agentes que degradan el concreto y así prolongar la vida útil de la estructura. (Impermeabilización del Concreto, 2017, p 1).

El concreto impermeable no se basa solo en dejar pasar de un lado de sus caras la humedad, como si fuese un recubrimiento que se instaló en una de sus superficies, la cual este en contacto con el fluido, se basa en su estructura y propiedades físicas y mecánicas como una mezcla que no deja penetrar en si la humedad.

Observaciones: el concreto por sí, es permeable, indiferentemente a esto existen procesos, y productos (aditivos) para la manejabilidad que se les desee brindar, son procedimientos extra, que requieren de conocimiento y mano de obra especializada.

*¿Qué tipo de Impermeabilizante debo Elegir?*

La determinación para el empleo de los tipos de impermeabilizante se puede diferenciar por los siguientes factores como:



- El costo
- La garantía
- La durabilidad
- La superficie
- La aplicación

Para ayudar en elección del material impermeabilizante, se debe tener en cuenta algunos aspectos como el tiempo y la rapidez, los costos e instalación, el agarre en diferentes superficies en la elección del impermeabilizante:

**Por tiempo y rapidez.** En climas húmedos y en época de lluvia se requiere que la aplicación de los materiales i impermeabilizante sean de rápida instalación y de rápido secado, para estos casos es propicio utilizar (Cobos Morantes, 2020):

- Impermeabilizante acrílico – acitrón:

La aplicación se realiza con un sellador que seca de 1 a 2 horas, posteriormente, se aplica el acitrón que tiene un secado de 2 a 4 horas, se deben aplicar dos capas de este último.

- Impermeabilizante prefabricado:

La aplicación se realiza con sellador con un tiempo de secado de 1 a 2 horas, posteriormente se instala el manto con calor a través de una antorcha de gas butano y se realizan los respectivos traslapes del manto, una vez instalado protege al instante.

- Impermeabilizante ecológico:

Para la instalación solo se debe lavar correctamente la superficie, debe estar un poco húmeda para que el impermeabilizante no se fisure o sufra daños en su instalación, su secado es extra rápido.

**Por costos e instalación.** Cuando sea primordial el valor del material impermeabilizante y el tipo de preparación que deba tener la superficie a aplicar, además de la mano de obra calificada por la instalación es cuando se tiene en cuenta los tres métodos de impermeabilización para elegir la más económica.

- Impermeabilización de cemento:

Es de bajo costo ya que solo requiere la preparación de la mezcla y aplicar 2 capas de ella, la superficie no debe llevar mayor tratamiento y es relativamente más económica ya que no requiere de mano de obra especializada para su instalación (Cobos Morantes, 2020).

- Impermeabilizante ecológico:

Debido a que sus componentes son a base de llantas recicladas es más económico, sumando a que no se debe anexar ningún otro suplemento a refuerzo para su instalación se traduce en que no necesariamente deberá ser mano de obra especializada para su fijación (Cobos Morantes, 2020).

- Membrana líquida impermeabilizante:

**Por agarre en diferentes superficies.** Este es uno de los aspectos más importantes a la hora de la elección, puesto que comúnmente en nuestras cubiertas se encuentran diversos tipos de materiales aparte del concreto, ya sea por temas de tragaluces, canales, ductos de ventilación, juntas de dilatación, descargas, entre otras, lo cual hace necesario un impermeabilizante que se adapte a cualquier tipo de material, sin tener que utilizar diversos productos o fabricantes (Cobos Morantes, 2020).

- Impermeabilizante ecológico:

Posee adherencia en materiales como concreto, lámina metálica o de asbesto, poliestireno o poliuretano (no en superficies con residuos asfálticos)

- Impermeabilizante acrílico – acritón:

Es compatible con cubiertas metálicas, partes u accesorios metálicos

**Por poca exposición a la luz.** Existen impermeabilizantes los cuales son susceptibles a la exposición solar, si bien estos son más delicados, se debe a que hay partes en las cubiertas que no son necesarios materiales más fuertes, generalmente este tipo de impermeabilizante es de más fácil instalación y de ser deseado, sirve como base para luego ser cubierto con losas, cerámicas, laminas, para ser transitables.

- Impermeabilizante prefabricado auto adhesivo:

Cabe resaltar que existen en el mercado tipos de impermeabilizante prefabricado que son auto adheribles y que por ende la manera de instalación no exige la antorcha o soplete, siendo más sencilla su colocación, no obstante, este tipo de mantos no son aptos para estar expuestos al sol pues son elaborados para estar en zonas bajo piso, techo.

- Membranas bituminosas (cubiertas):

Se debe resaltar que dependiendo del tipo de membrana esta necesitara, o no, un recubrimiento, estos recubrimientos pueden ser varios y dependiendo de la elección se verá afectada la incrementación del presupuesto, ya sea morteros, cerámica, portland, teja, lámina, etc.

- Impermeabilización de cemento (no se recomienda recubrir):

No son de gran exposición a la luz solar o intemperie por lo cual no pasan por el proceso de contracción y expansión continua, no se recomiendan recubrir sobre losas, cerámica, o laminas.

- Recubrimiento con materiales bituminosos:

Este tipo están hechos con materiales a base de un componente orgánico llamado betún, y no es apropiado exponer a la luz solar pues son propensos a fisurarse, quebrarse, ya que el sol los cristaliza convirtiéndolo en un material frágil. Se recomienda cubrir para poder ser transitable.

#### *Durabilidad de los Impermeabilizantes*

La durabilidad de un sistema de impermeabilización, viene dada por su proceso de colocación, el correcto mantenimiento preventivo, correctivo, y el tipo de material empleado.

**4.2.2.3 Preparación de la Superficie a Impermeabilizar.** El procedimiento posterior a la a elección del material impermeabilizante que mejor se adapte a las necesidades del proyecto, no se preparan las superficies de manera correcta, ni dependiendo del producto a utilizar ya que manejan diferentes métodos de preparación a las superficies. Se encontró que en la totalidad de los tipos de impermeabilizante, las superficies deben estar: Libres de grasas, sobresaltos, empolladuras, materiales orgánicos, polvo, o cualquier partícula que evite la completa adherencia hacia el material a impermeabilizar.

En la mayoría de los productos, la superficie debe estar totalmente seca, a excepción de los siguientes:

- Impermeabilizantes ecológicos: que por su aplicación es necesaria que la superficie cuente con cierto grado de humedad para evitar fisuramientos del material a la hora de instalación o secado.
- Impermeabilizante acrílico – acritón: este tipo de impermeabilizante se puede instalar con cierto grado de humedad, no es completamente necesaria que la superficie se encuentre seca.
- Impermeabilizante asfáltico: su instalación no interfiere si se encuentra húmeda la superficie (Cobos Morantes, 2020)

**4.2.2.4 Errores más Comunes al Momento de Impermeabilizar.** El no realizar los procedimientos de manera adecuada según las especificaciones de los fabricantes trae consigo una deficiente impermeabilización, es común encontrar errores al momento de la instalación y van desde la elección del impermeabilizante hasta la fijación en la superficie, los errores más recurrentes son:

- Mal curado de las losas de concreto
- No se resanan las grietas o fisuras como lo menciona el fabricante, (refuerzo de textiles, lonas, mallas)
- Tiempo de curado de las capas no es el correspondiente al sugerido por el fabricante
- Indebida limpieza de la superficie a impermeabilizar
- Mal traslapo de los mantos

- Incorrecto mezclado del producto
- No se calientan de manera adecuada los mantos (dependiendo del tipo de impermeabilización)
- Exposición a la luz de materiales no aptos para esto, como los mantos adhesivos
- Las labores de fijación, de los productos comúnmente no son realizadas por personal capacitado en el tema
- No se les da tratamiento especial a las juntas, empalmes, traslapos, bajantes, con los productos específicos del fabricante
- No se colocan los refuerzos entre capaz de la impermeabilización
- No se realizan mantenimientos a las impermeabilizaciones ya realizadas puesto que estas tienen un tiempo de vida útil
- Utilización de diferentes productos elaborados por distintas compañías los cuales no nos garantiza una correcta adherencia y complemento.

**4.2.2.5 Mantenimiento Preventivo y Correctivo.** Es la parte fundamental para mantener y alargar la vida útil de las impermeabilizaciones, asegurándonos que antes de que se genere algún daño se pueda seguir manteniendo el buen estado de la impermeabilización, llegado el caso que se presente algún deterioro, se debe tomar como medida el mantenimiento correctivo, el cual busca las averías o afectaciones causados por el medio ambiente para luego corregirlos. Esto no quiere decir que la limpieza de estas no deba ser de mayor frecuencia, pues tenemos aspectos ambientales como las fuertes lluvias o

vendavales que nos puedan generar algún tipo de taponamiento o encharcamiento de las superficies, causando daños en la cubierta.

Los temas a tratar serán:

1. Revisar y/o reparar canales
2. Revisar descargas y bajantes
3. Revisar y limpiar canaletas
4. Revisar cubierta
5. Revisar estado de la estructura (losa de concreto)
6. Revisar cubierta
7. Revisar cielo raso (si los hay)
8. Revisar si hay humedades en los muros
9. Diagnosticar que tipo de humedades tenemos, ascendentes, descendentes, por infiltración o condensación.

Dependiendo del tipo de humedad se deben tomar las siguientes prevenciones:

Ascendentes por capilaridad:

Todas las zonas blandas y duras alrededor de nuestra edificación deben tener un correcto drenaje y permanecer siempre lo más limpios posibles, para evitar taponamientos y humedades no deseadas.

Mantener las inclinaciones adecuadas de nuestras losas, y/o pisos para evitar encharcamientos puesto que la humedad buscara por donde penetrar y terminara afectado nuestra edificación.



Toda actividad que requiera la utilización de agua como: lavar pisos, jardines, riego de vegetación entre otras, no debe afectar los muros o partes vulnerables que generen un deterioro prematuro.

La mayor recomendación es conservar lo más seco posible el entorno de nuestra edificación.

Descendientes por gravedad:

- Conservar en las mejores condiciones posibles el tipo de impermeabilización realizado
- Se debe mantener limpia las superficies en la cubierta, limpieza de los canales, canaletas y los bajantes.
- Revisar el estado de conservación de todos y cada uno de los componentes de nuestra cubierta, pues es allí donde podemos tomar medidas preventivas o correctivas.
- Laterales por infiltración:
- Es importante la protección que tenga el muro en su parte exterior, su revestimiento, puesto que evita que la humedad penetre hacia el interior de la edificación. Los revestimientos deben ser de materiales aptos para el exterior.
- Si ya se encuentran afectaciones en los muros como parches, desprendimientos de los revestimientos, se deben reparar, siempre y cuando la afectación al muro no sea producida por alguna tubería embebida sobre el mismo.

- La prevención recae sobre el mantenimiento, es por ello que se debe estar limpiando las fachadas y pintando cada cierto tiempo.
- Siempre debe haber alfeizares que minimicen la humedad en nuestras fachadas.
- Humedades por condensación:
- La ventilación es fundamental en toda edificación, por el tema de vapores y olores.
- Tratar en lo posible minimizar las emisiones de vapor en las cocinas, o buscar la manera de conducirlos mediante ductos hacia el exterior

Cabe resaltar que dependiendo del tipo de procedimiento a realizar se deberá contar o no de personal idóneo sobre todo en el área de mantenimiento correctivo. Ya que el área preventiva, y lo relacionado con limpieza lo podrá realizar cualquier tipo de persona.

## **5. Capítulo. Controles técnicos para la impermeabilización de superficies verticales.**

La impermeabilización de estructuras en superficies verticales surge bajo la necesidad de mantener un entorno estético y arquitectónico adecuado, que permita la conservación y durabilidad de las obras a la vista, así como que la estructura se comporte como una unidad de impermeabilización sin que se vea afectado por la acción del intemperismo o del medio ambiente.

En la impermeabilización de superficies verticales mediante la aplicación de diferentes materiales como el hidrófugo se destaca:

Fachadas Principales

Fachadas interiores

Muros de contención en concreto reforzado

Muros colindantes y/o perimetrales

Muros de contención con el sistema Paraseal.

Muros perimetrales de las cubiertas, balcones y terrazas.

### **5.1 Controles para la adecuada impermeabilización de superficies verticales**

#### **(Fachadas)**

El procedimiento adecuado para la impermeabilización de superficies verticales como fachadas de edificaciones consiste en que una vez este verificada y aprobada la realización del

levantamiento de muros de fachadas en mampostería se debe controlar los siguientes requerimientos en la etapa previa al lavado de los muros de fachada

### ***5.1.1 Preparación de la superficie***

Este procedimiento consiste en una serie de pasos ordenados de manera secuencial que permitan llevar el control adecuado para la preparación de la superficie.

El primer paso es verificar que en la construcción de los muros de fachada este totalmente terminado, pues de no estar completamente finalizado se sugiere no comenzar el proceso de lavado, dado que el alzado posterior de muros requiere que los elementos intervenidos tengan suciedad del mortero o cualquier sustancia que se aplique, en esta fase se requiere que si hay unidades de mampostería como ladrillos que se encuentren afectadas o en mal estado, sean cambiadas por unas en óptimas condiciones para iniciar cualquier actividad. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra una fotografía de una fachada totalmente terminada obtenida del documento de (Giron & Ramírez, 2016).

### **Figura 24.**

*Muro de fachado construido completamente*



Nota. Tomado de (Girón Rodríguez & Ramírez Fandiño, Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios, 2016).

El paso siguiente es controlar el tiempo de curado que ha tenido la construcción de los elementos de mampostería como ladrillos y morteros de pega, para esto se debe esperar un mínimo de 15 días para iniciar actividades de lavado, esto con el fin de reducir los riesgos en la aparición de eflorescencias en el ladrillo.

Una aclaración muy importante y a la cual se le debe realizar estricto control es en la terminación de todos los trabajos sobre la fachada, tales como remates de mortero, cintas de vanos, pañetes y bordillos, pues si no se han terminado se puede ensuciar la zona ya lavada y esto conlleva a reprocesos que alteran la economía del proceso de impermeabilización produciendo sobrecosto, y adicionalmente se puede estar afectando la integridad del mampuesto al realizar un relavado.

Otra sugerencia importante y un control el cual debe tenerse en cuenta es que debe iniciar el lavado de los muros de fachada antes de que se realice la instalación de las tuberías de bajante o cualquier otra tubería que prolongue por la fachada y este sin protección alguna.

Es importante que la instalación de cualquier tipo de carpintería metálica o ventanearía se realice luego del proceso de lavado, pues estos pueden verse afectados por la presencia de agentes químicos en los productos de lavado e impermeabilización. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la presencia de un tipo de barandas en el borde la fachada de una edificación.

### **Figura 25.**

*Presencia de carpintería metálica (barandas) en la fachada de la edificación*



Nota. Tomado de (Girón Rodríguez & Ramírez Fandiño, Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios, 2016).

### ***5.1.2 Lavado de la superficie en mampostería***

La recomendación general para los procedimientos con el manejo de las impermeabilizaciones es clara, y es leer detenidamente ente la ficha técnica del producto a utilizar, pues de esta manera se la correcta instalación del producto, el procedimiento para el lavado de fachadas suele variar dependiendo las condiciones de la fachada, el tipo de mampuesto, y pañete, entre otros.

Las soluciones químicas que los fabricantes sugieren para el lavado de las fachadas generalmente es 10/1, es decir por 10 partes de agua 1 de ácido, pero en ocasiones se presentan exceso suciedad en los ladrillos y mortero por lo cual se utiliza una proporción de 7/1, en la que se utiliza una mayor cantidad de ácido, pero no se recomienda aumentar este valor, pues puede causar daños irreversibles en las unidades de mampostería.

### ***5.1.3 Lavado de ladrillo de arcilla roja***

En cuanto a la composición del ladrillo rojo, el cual es elaborado con arcillas montmoriloníticas, el ladrillo de tonalidad roja tiene una alta fijación catiónica, por lo cual absorbe electrones y por ende la formación de machas de color blanco a base de calcio que suelen ocasionarse por los elementos del mortero y del cemento presente en él,

El proceso de lavado de la fachada en ladrillo rojo es más funcional cuando se le agrega un aditivo al acido del lavado como lo es el rinse selectivo, la función que cumple el aditivo es

encapsular tolas sales blancas presentes y evitar la dispersión masiva de estas, el ácido recomendado para la ejecución del lavado es el ácido nítrico, pues es el más comercial y el que menos efectos secundarios puede ocasionar. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar el lavado de muros de fachada con mampuesto rojo.

**Figura 26.**

*Lavado de fachada con ladrillo de tonalidad roja*



Nota. Tomado de (Girón Rodríguez & Ramírez Fandiño, Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios, 2016).



EL lavado óptimo de los muros de fachada hechos con ladrillo rojo requiere seguir claramente las recomendaciones los productos a utilizar y de la toma de decisiones de acuerdo a los escenarios que se pueden presentar, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la solución a diversos escenarios en obra nueva de acuerdo a (Giron & Ramírez, 2016).

**Tabla 2.**

*Resumen de las recomendaciones de lavado de ladrillo rojo*

<b>Lavado de fachada en ladrillo rojo</b>	
<b>Escenario</b>	<b>Solución</b>
Proceso de lavador de muros de fachada terminados y secos con más de 15 días de secado	Lavar con ácido nítrico con la solución de Agua/ Ácido de 8/1
Remoción de eflorescencias blancas en muros de fachada con más de 15 días de secado	Lavar con ácido nítrico con la solución agua/acido 8/1 y adicionar 1 parte de encapsulan te de sales blancas
Lavado de muros con presencia de humedad o menos de 15 días de secado	Se debe adicionar una parte de encapsulan te sales blancas, una de ácido y 8 de agua.

Nota. Autores (2022).

Las recomendaciones finales para el correcto lavado y aplicación del hidrófugo en las fachadas se resumen en que el lavado se debe realizar uniformemente, dando alcance de esta manara a toda el área de ejecución, así mismo el lavado se debe realizar de forma ascendente, esto con el fin de orden y evitar las afectaciones incurridas cuando se realizar de forma

descendente, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el proceso de lavado.

**Figura 27.**

*Lavado en forma ascendente del ladrillo expuesto a la vista*



Nota. Tomado de (Girón Rodríguez & Ramírez Fandiño, Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios, 2016).

#### ***5.1.4 Aplicación del impermeabilizante***

Antes de la aplicación del hidrófugo o impermeabilizante., se deber revisar algunas condiciones del estado de la fachada luego del lavado de la misma, tales como:

- verificar el estado del mampuesto, (si se evidencia la presencia de sales o partes alteradas).
- Se debe realizar una cuidadosa revisión del estado del mortero de emboquillado. Si se presentan vacíos considerables se debe realizar re emboquillado con el fin de evitar una posible filtración por estos puntos vulnerables.
- Al aplicar el impermeabilizante, la ventaneria y carpintería metálica debe estar instalada con el objeto de que el material impermeabilizante llegue a las zonas como finalmente quedará.
- La aplicación del impermeabilizante se debe realizar con un aspersor que garantice la llegada del producto impermeabilizante en el área completa. Esta actividad se debe realizar en orden descendente y de manera uniforme.

Finalmente, para que todo el proceso de impermeabilización sea durable se deben seguir los siguientes controles:

- Aplicación de aditivo sellador de poliuretano (siliconas), resistente al intemperismo, destinado para ser utilizado en las juntas o vértices formados por la mampostería y las ventanas.

- Instalación adecuada de flanches que protejan las partes sensibles de una edificación como lo son las juntas entre tajas y muros, y las juntas estructurales.
- Instalación correcta de canaletas y elementos de conducción de aguas.
- Verificar funcionalidad de la unión de varios componentes de impermeabilización.
- Cualquier otra actividad que se conduzca a cumplir el objetivo de simular la edificación como un sistema impermeable.

## **5.2 Impermeabilización de muros de contención en concreto con el sistema**

### **PARASEAL**

En el sector de la construcción hay diferentes opciones para la impermeabilización de muros de contención como la impermeabilización sobre formaleta perdida que ejerce la contención del terreno que luego tendrá el muro de contención en concreto en contacto sobre la impermeabilización como confinamiento y la impermeabilización de pilotes; la impermeabilización por la cara externa del muro de contención, que luego tendrá el terreno en contacto como confinamiento.

El sistema Paraseal es un sistema de impermeabilización dual, que combina las características dos de los materiales de impermeabilización, la membrana polimérica de polietileno de alta densidad (HPDE) y bentonita granular. El conjunto de estos materiales actúa para producir una impermeabilización auto-sellante, auto-protectora, el cual se auto-sella herméticamente y a cualquier superficie en la que hay presencia de agua.

**Figura 28.***Membrana impermeable Paraseal*

Nota. Tomado de la Guía para la impermeabilización de muros de contención en concreto con el sistema Paraseal (Toxement, 2020)

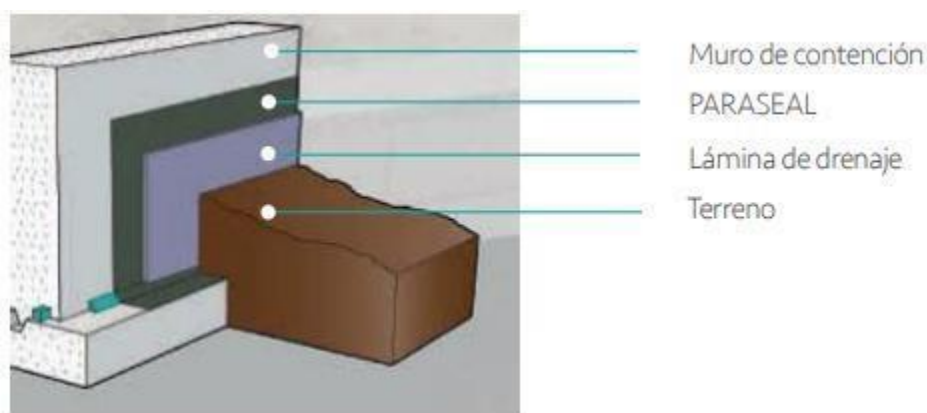
La impermeabilización de muros de contención con el sistema Paraseal tiene tres opciones de manejo:

- Muro de contención con impermeabilización externa, en este caso el terreno funciona como confinamiento permanente. El PARASEAL se aplica junto con la capa de polietileno frente al terreno y el lado de bentonita, se coloca contra el muro.
- Impermeabilización sobre formaleta perdida se usa cuando se tiene una estructura en madera, que sirve para contener el terreno, mientras se hace la aplicación de la impermeabilización con PARASEAL, sobre dicha formaleta y luego se coloca el muro de contención en concreto, en contacto directo con el PARASEAL.

- Impermeabilización sobre pilotes, se usa cuando se coloca el PARASEAL directamente sobre los pilotes y luego se coloca un el muro en concreto, en contacto directo con el PARASEAL. (Toxement, 2020)

### Figura 29.

#### *Muro de contención con impermeabilización externa*



Nota. Tomado de la Guía para la impermeabilización de muros de contención en concreto con el sistema Paraseal (Toxement, 2020)

#### *5.2.1 Preparación de la superficie*

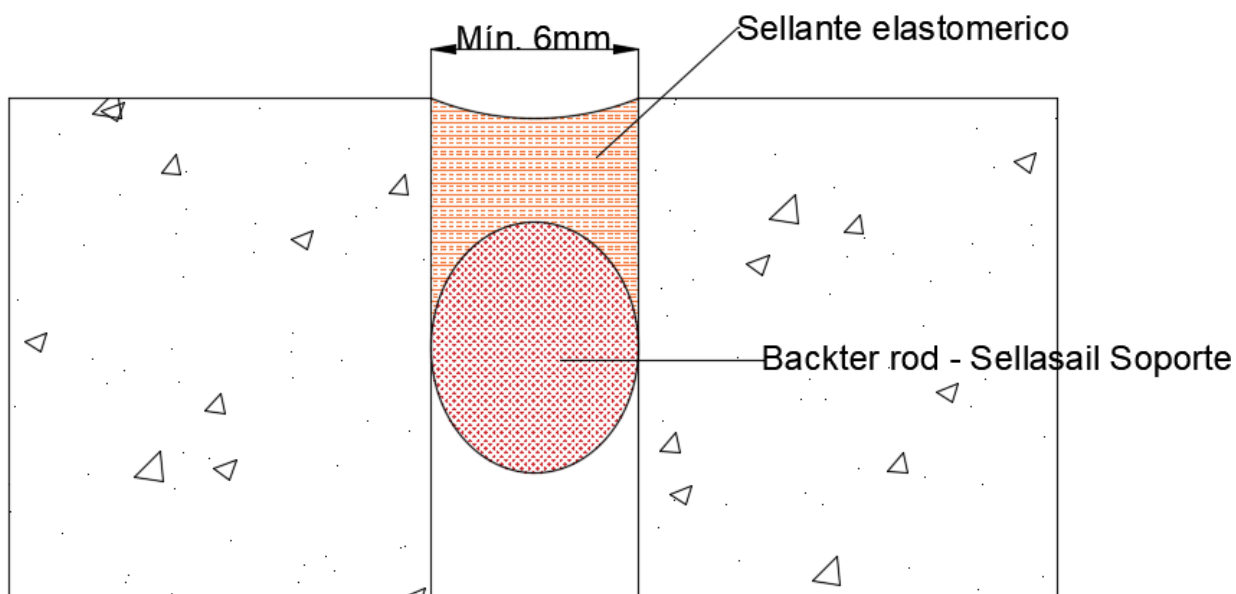
Se debe limpiar totalmente la superficie donde se instalará el sistema Paraseal, dado que estas impurezas y protuberancias pueden rasgar la membrana, dicho esto el control requerido es la eliminación cualquier protuberancia superior a  $\frac{1}{4}$  de pulgada, adicionalmente el sistema requiere de un peso de confinamiento constante de 120 kg/m<sup>2</sup> para que funcione de manera adecuada.

### 5.2.2 Tratamiento de juntas y fisuras

Las grietas en la superficie mayores a 1,5 mm (1/16”), se deben abrir a un mínimo de 6.4 mm de ancho x 6.4 mm de profundidad y sellarlas con un material elastomérico tipo VULKEM 116, VULKEM 45 SSL, DYMONIC 100 o similares; dejarlos curar por 2 ó 3 días antes de aplicar el sistema, tal como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

#### Figura 30.

*Detalle junta de expansión con sello elastomérico.*



Nota. Autores (2022)

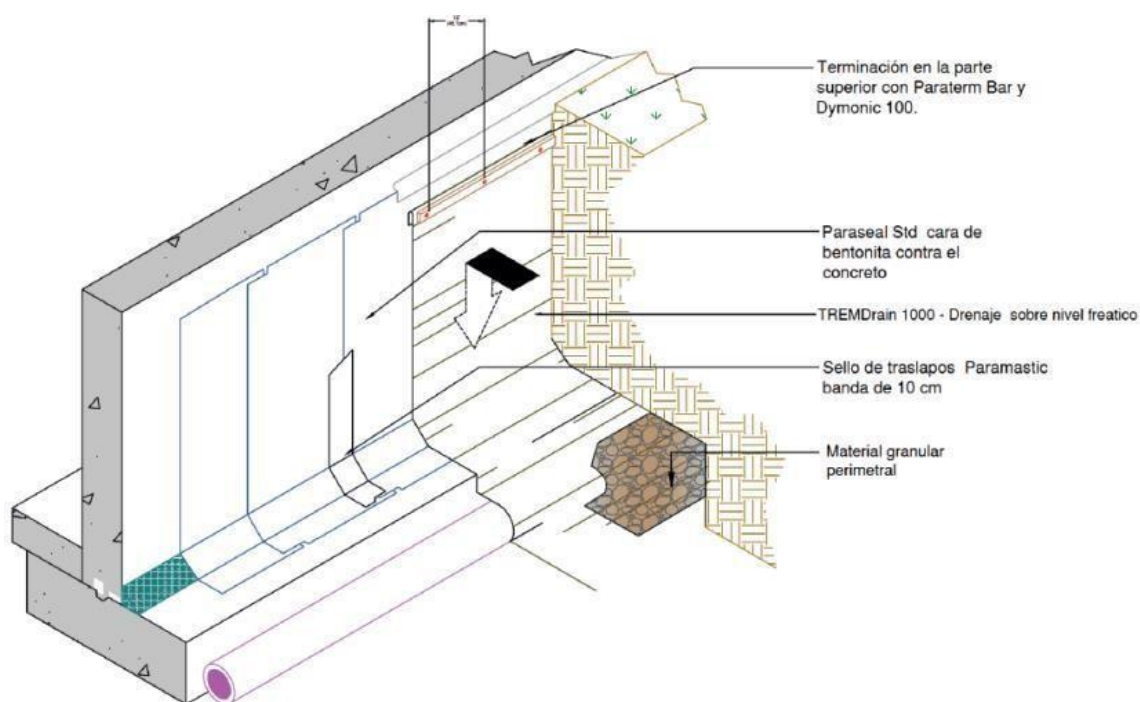
### 5.2.3 Configuración de la impermeabilización según el tipo de aplicación.

A continuación, se muestra el esquema correcto de aplicación del sistema Paraseal para la impermeabilización de muros de contención según su tipo.

- Muro de contención con impermeabilización externa, donde el terreno sirve como confinamiento permanente. (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

### Figura 31.

*Muro de contención con aplicación externa de PARASEAL*



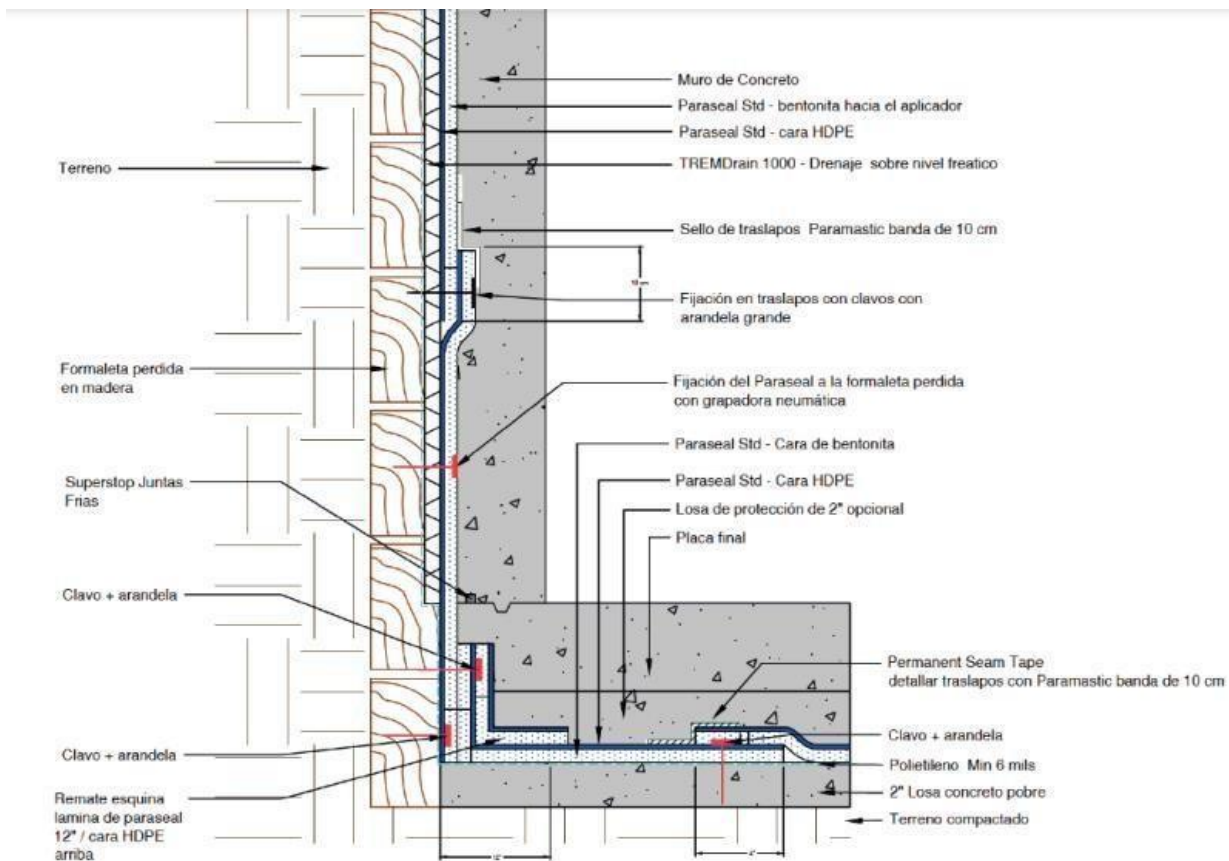
Nota. Tomado de la Guía para la impermeabilización de muros de contención en concreto con el sistema Paraseal (Toxement, 2020)

- Impermeabilización sobre formaleta perdida (backfilled wall application) (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)



**Figura 32.**

*Formaleta perdida con aplicación de PARASEAL.*

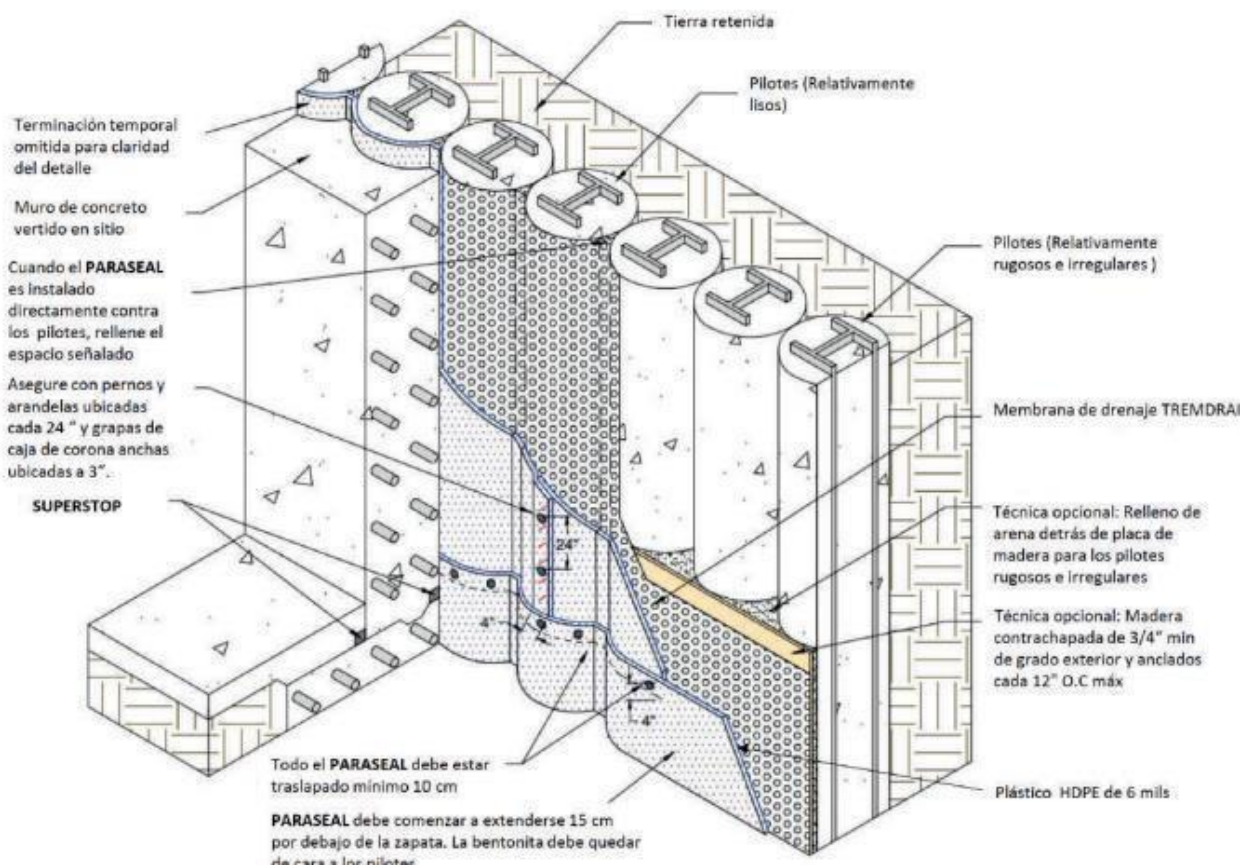


Nota. Tomado de la Guía para la impermeabilización de muros de contención en concreto con el sistema Paraseal (Toxement, 2020)

- Impermeabilización sobre pilotes (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

**Figura 33.**

*Pilotes con aplicación de PARASEAL.*



Nota. Tomado de la Guía para la impermeabilización de muros de contención en concreto con el sistema Paraseal (Toxement, 2020)

## 6. Aporte

Como aporte en el proceso de seguimiento y control a las actividades de impermeabilización de estructuras en concreto se ha necesario el control periódico de estas actividades a través de un formato detallado donde se evidencia las actividades y la historia de la patología encontrada, y de esta manera tener un registro histórico de las reparaciones o impermeabilizaciones realizadas a una estructura, tal como se muestra en el siguiente formato figura 1.

**Figura 1** Formato de revisión periódico

		FORMATO DE REVISIÓN PERIODICA		F-001		
		IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN CONCRETO		Versión: 001		
				Fecha de elaboración: 09/08/2022		
<b>Datos personales del supervisor</b>						
Nombre				Dirección		
Fecha			Barrio			
Teléfono			Correo electrónico			
<b>Datos de la actividad impermeabilización</b>						
Proceso de impermeabilización (tipo)			Estado de la impermeabilización	Bueno	Regular	Malo
Año de procedimiento						
Producto utilizado						
Existencia de fisuras	Si	No	Existencia de corrosión	Si	No	
Presencia de humedades	Infiltración		Ascendente		Descendente	
Descripción de la actividad realizada						
Registro fotográfico				Observaciones		
Firma del contratista				Firma del supervisor/interventor		

## 7. Conclusiones

En la construcción se ha evidenciado un grave problema que afecta las condiciones de salud de los habitantes de las edificaciones donde se presentan humedades debido a deficientes procesos de impermeabilización, pues existe un desconocimiento de que las humedades y eflorescencias pueden causar enfermedades de tipo pulmonar, reacciones alérgicas y cutáneas y esto afecta de manera negativa la salud y confort de habitantes de edificaciones donde los procesos de impermeabilización no tuvieron los controles adecuados, o donde incluso no se realizaron.

La identificación del tipo y producto de impermeabilización adecuado es imprescindible para una correcta impermeabilización de una estructura de concreto, pues como se vio en esta investigación existen diferentes productos y técnicas de impermeabilización para estructuras con superficies verticales y horizontales; y que además estos métodos de impermeabilización se pueden diferenciar desde el aspecto económico, durabilidad, rapidez y eficiencia según la superficie a aplicar.

La supervisión y control de las actividades a realizar en los procesos de impermeabilización de estructuras verticales y horizontales debe realizarse desde la fase previa, pues uno de los aspectos más importantes para que la impermeabilización sea duradera y eficaz es la preparación correcta de la superficie a aplicar el producto.

Mediante el formato estructurado se puede realizar un seguimiento histórico de los antecedentes, los tipos de impermeabilización, la descripción de los trabajos ejecutados y de los materiales utilizados, así como el registro fotográfico detallado de las acciones intervenidas y comentarios de las observaciones finales de las actividades, esto con el fin de compilar un historial de este tipo de intervenciones.

## Referencias

- Academia. (2020). *Concreto: Generalidades, propiedades y procesos*.
- Alba Cruz, R. C., Cruz Álvarez, J. J., & Posada, A. A. (2013). Mejora del proceso en el control de la calidad para el diseño de los sistemas de impermeabilización en las edificaciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 7, núm. 2., 1-51.
- Andrade Moreno, L. F. (2015). *Encadenamiento de infraestructura*. Bogotá. Obtenido de [https://web.archive.org/web/20140924040620/http://www.andi.com.co/Archivos/file/CEE/ColombiaGenera2014/COLOMBIA\\_GENERA2014%20-%20PDF/EncadenamientoInfraestructura/LuisFernandoAndrade.pdf](https://web.archive.org/web/20140924040620/http://www.andi.com.co/Archivos/file/CEE/ColombiaGenera2014/COLOMBIA_GENERA2014%20-%20PDF/EncadenamientoInfraestructura/LuisFernandoAndrade.pdf)
- Arqhys, C. (2012). *Portal de arquitectura Arqhys.com*. Obtenido de Que es la impermeabilización: <https://www.arqhys.com/construcciones/impermeabilizacion-techos-arquitectura.html>
- Arquitectura y Edificación*. (10 de Junio de 2020). Obtenido de Los daños estructurales por humedades más frecuentes: <https://ingenierosasesores.com/actualidad/danos-estructurales-por-humedades/>
- Asphalt, I. (1993). *Superpave, Performance graded asphalt binder specifications and testing superpave series No. 1 (SP-1)*. Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Barbudo , A., & Borges , P. (2001). *Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto* . México, D.C: Instituto mexicano del Cemento y del Concreto .

- Berenguel Paredes , A. E. (2018). *Patología de la edificación patrimonial en el Centro Histórico de Lima. Humedades, causas y consecuencias*. Revistas de Estudios sobre Patrimonio Edificado. doi:<https://doi.org/10.21754/devenir.v1i1.239>
- Berenguel Paredes, A. E. (2014). Patología de la edificación patrimonial en el Centro Histórico de Lima. Humedades, causas y consecuencias. *Devenir-Revista de estudios sobre patrimonio edificado. Vol 1 Núm. 1*, 93-108.
- Blatem. (11 de Noviembre de 2016). *Membranas líquidas impermeabilizantes: ventajas y consideraciones previas*. Obtenido de <https://www.blatem.com/es/actualidad/noticias/membranas-liquidadas-impermeabilizantes-ventajas-y-consideraciones-previas>
- Calderon , Y., & Charca , J. (2011). *Investigacion De Los Pavimentos Permeables De Concreto Poroso*. Universidad de San Agustin .
- Cervantes, A. F. (2020). *Estudio de factibilidad del concreto permeable y su posible aplicación en la ciudad de Barranquilla*. Barranquilla: [Tesis de Pregrado, Universidad de la costa]. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/7557/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20DEL%20CONCRETO%20PERMEABLE%20Y%20SU%20POSIBLE%20APLICACION%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20BARRANQUILLA%20COLOMBIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cobos Morantes, G. A. (2020). *Guía práctica para el control previo y posterior en impermeabilizaciones en losas para cubiertas de concreto*. Bucaramanga.

- Contreras Motta, O. O. (Abril de 2016). *Comparación de metodologías en la aplicación de materiales flexibles y aditivos en morteros para impermeabilizar losas y muros*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4264/1/Obed%20Othoniel%20Contreras%20Motta.pdf>
- Estructurando. (2014). *La permeabilidad del hormigón: un método para valorar cuánta agua o gases traspasa el hormigón*. Obtenido de <http://estructurando.net/2014/09/04/la-permeabilidad-del-hormigon-un-metodo-para-valorar-cuanta-agua-o-gases-traspasa-el-hormigon/>
- Flores , C., & Pacompia , I. (2015). *Diseño De Mezcla De Concreto Permeable Con Adición De Tiras De Plástico Para Pavimentos F'c 175 Kg/Cm2 En La Ciudad De Puno.* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Altiplano]. Universidad del Altiplano.
- Girón Rodríguez, A. F., & Ramírez Fandiño , F. L. (2016). *Impermabilización de superficies en la construcción de edificios*. Bogotá: [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4982/Gir%C3%B3nRodr%C3%ADguezAndr%C3%A9Felipe2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Golfo, M. d. (s.f.). *Impermeabilizante asfáltico ¿qué es y para qué sirve?* Obtenido de <https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/impermeabilizante-asfaltico-que-es-y-para-que-sirve/>
- González Barrera, N. (2020). *Factores que inciden en una adecuada impermeabilización del concreto*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.



- Gonzalez, A. (2022). *Impermeabilización de cubiertas: Membranas y recubrimientos*. Bogotá: Procemco. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=xrA09Ld55ws&ab\\_channel=PROCEMCO](https://www.youtube.com/watch?v=xrA09Ld55ws&ab_channel=PROCEMCO)
- Guerra Parra, S. (2018). *Análisis técnico y económico de dos soluciones de impermeabilización de losas en la región metropolitana*. Santiago de Chile, Chile: Universidad Andrés Bello.
- Hanna, D. (12 de Diciembre de 2016). *Patterson Protective Coatings Ltd*. Obtenido de La historia de la impermeabilización líquida: <https://www.ppcoatings.co.uk/liquid-waterproofing/>
- Ibamora Instalaciones. (13 de abril de 2018). *Obra Civil* . Obtenido de <http://ibamora.com/obra-civil/>
- Lago, I. (2018). *Las humedades afectan al edificio, pero también a la salud de las personas*. Barcelona: Prisma Publicaciones. Obtenido de <https://especialeslv.prismapublicaciones.com/monograficos/construye-decora/las-humedades-afectan-al-edificio-pero-tambien-la-salud-de-las#:~:text=El%20exceso%20de%20humedad%20fomenta,afecciones%20reum%C3%A1ticas%2C%20entre%20otras%20patolog%C3%ADas.>
- Maestre, K. (26 de Abril de 2017). *El Herald*o. Obtenido de La impermeabilización previene filtraciones en épocas de lluvia: <https://www.elheraldo.co/colombia/la-impermeabilizacion-previene-filtraciones-en-epocas-de-lluvia-353295>
- MedlinePlus. (20 de Mayo de 2021). *Moho*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/molds.html>
- Meininger, R. (1988). *No-Fine Pervious Concrete for Paving*.

- Montiel Miguel, J. L. (2014). *Impermeabilización de losas, cisternas y cimentación de casas habitación*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Narváez Yepes, L. F., & Valero Luna, J. C. (2018). *Análisis de construcción y sistemas de impermeabilización de cubiertas en el laboratorio Nacional de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales*. Bogotá: [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia ].
- Nrmca. (2019). *Hormigón el concreto a la práctica*. Obtenido de <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP38es.pdf>
- NSR-10. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción de Sismo.
- Sanjuán Barbudo, M. A., & Castro Borges, P. (2001). *Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto*. México.
- Sika. (2022). *Sika Colombia*. Obtenido de Impermeabilizantes: <https://col.sika.com/es/construccion/impermeabilizacion.html>
- Tique Garzón, I. C., Gaitán Peña, N. F., & Barriga Quintero, E. A. (2015). *Diseño preliminar de impermeabilización en edificaciones para el futuro desarrollo de un manual técnico*. Bogotá: Universidad La Gran Colombia.
- Toxement. (2017). *Eflorescencias del concreto*. Euclid Group.
- Toxement. (2020). *Guía para la impermeabilización de muros de contención en concreto con el sistema Paraseal*. Tocancipá: Euclid Chemical. Obtenido de [https://www.toxement.com.co/media/4862/impermeabilizacion\\_muros\\_de\\_contencion\\_concreto\\_con\\_sistemas\\_paraseal.pdf](https://www.toxement.com.co/media/4862/impermeabilizacion_muros_de_contencion_concreto_con_sistemas_paraseal.pdf)
- Waterproofing, A. I. (5 de Septiembre de 2016). *La historia de la impermeabilización*. Obtenido de <http://www.waterproof.org.au/the-history-of-waterproofing/>

