



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**COMPARACIÓN DE COSTOS DE TRES SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS  
UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**Luis Fernando Ibañez Azurdia**

Asesorado por el Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE COSTOS DE TRES SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS  
UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS FERNANDO IBAÑEZ AZURDIA**

ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO FRANCISCO MELINI SALGUERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jeovany Rudaman Miranda Castañon
EXAMINADOR	Ing. Claudio César Castañon Contreras
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **COMPARACIÓN DE COSTOS DE TRES SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 22 mayo de 2012.



**Luis Bernardo Ibañez Azurdía**

# *Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero*

Ingeniería Civil, Sanitaria y Ambiental. Avalúos

Colegiado 2548

23 de enero de 2013

Licenciado  
Manuel Guillen  
Jefe del Departamento de Planeamiento  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Licenciado Guillen:

Después de analizar y revisar el trabajo de graduación titulado **""COMPARACIÓN DE COSTOS DE TRES SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA"**, presentado por el estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Civil, **LUIS FERNANDO IBAÑEZ AZURDÍA**, tengo a bien manifestar que dicho trabajo ha sido ejecutado conforme a los requisitos establecidos.

Por lo anterior en mi calidad de Asesor, me permito solicitar se proceda con los trámites respectivos para su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted, atentamente,



~~Ing. Civil, Guillermo Francisco Melini Salguero~~  
Asesor

Guillermo Francisco Melini Salguero  
**INGENIERO CIVIL**  
**Col. 2548**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
 www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
 6 de marzo de 2013

Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

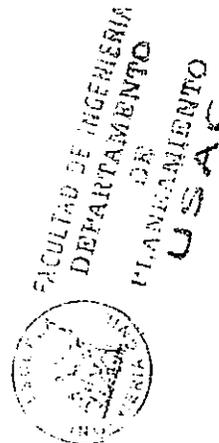
Le informo que he revisado el trabajo de graduación **COMPARACIÓN DE COSTOS DE TRES SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Fernando Ibañez Azurdia, quien contó con la asesoría del Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

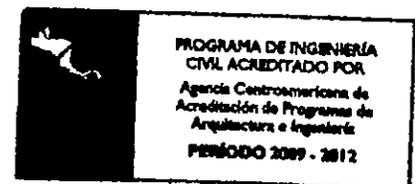
Atentamente,

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar  
 Jefe del Departamento de Plancamiento  
**Manuel María Guillén Salazar**  
**ECONOMISTA**  
 Colegiado No. 4758



/bbdeb.





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Luis Fernando Ibañez Azurdia, titulado **COMPARACIÓN DE COSTOS DE TRES SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

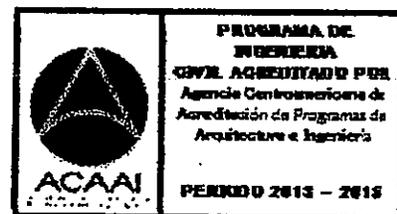
  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril de 2013.

/bbdeb.

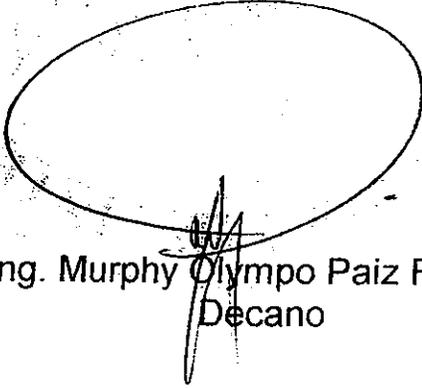
*Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua*





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DE COSTOS DE TRES SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Ibañez Azurdia**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, abril de 2013

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	A quién debo todo, por su amor, y por la vida.
<b>Guatemala</b>	Mi eterna motivación, para que mi esfuerzo impulse el progreso en este país.
<b>Mis padres</b>	Jorge Ibañez y Betzy Azurdia. Por su amor y esfuerzo, que me anima a seguir adelante.
<b>Mi hermana</b>	Betsy María Ibañez Azurdia. Apoyo incondicional de mi vida.
<b>Mi abuela</b>	María Cristina Hernández. Por haber hecho de mí la persona quien soy, con todo mi amor.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Alma mater y casa de estudiantes, que me acogió para poder cumplir mis metas.
<b>La Facultad de Ingeniería</b>	Por otorgarme el conocimiento necesario que me permite ser un profesional competente.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero. Por su amistad, consejos y enseñanzas desinteresadas.
<b>Mis amigos</b>	Por tanta alegría compartida, por la ayuda a lo largo de la carrera y de la vida.
<b>COIMPERSA</b>	Por compartir información indispensable para la elaboración del presente trabajo.
<b>Arq. Edvel Castillo</b>	Por la ayuda brindada.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN .....	IX
OBJETIVOS .....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. SITUACIÓN CLIMÁTICA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.....	1
1.1. Clima .....	1
1.1.1. Aspectos generales del clima .....	2
1.2. Clasificaciones climáticas.....	3
1.2.1. Clasificación climática de Köppen .....	3
1.2.2. Clasificación climática de Thornthwaite .....	4
1.3. Parámetros climatológicos.....	4
1.3.1. Temperatura media .....	5
1.3.2. Temperatura máxima probable.....	5
1.3.3. Temperatura mínima probable.....	5
1.3.4. Temperatura máxima absoluta .....	6
1.3.5. Temperatura mínima absoluta .....	6
1.3.6. Lluvia .....	6
1.3.7. Días de lluvia .....	6
1.3.8. Humedad relativa media.....	7
1.3.9. Brillo solar.....	7
1.3.10. Radiación solar .....	7
1.3.11. Velocidad del viento.....	7
1.3.12. Dirección del viento .....	8

1.3.13.	Presión atmosférica.....	8
1.3.14.	Evaporación tanque (intemperie) .....	8
1.3.15.	Nubosidad .....	9
2.	SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN .....	11
2.1.	Aditivos hidrófugos .....	12
2.1.1.	Generalidades.....	12
2.1.2.	Especificaciones.....	13
2.2.	Impermeabilización acrílica .....	15
2.2.1.	Generalidades.....	16
2.2.2.	Especificaciones.....	16
2.3.	Impermeabilización con manto asfáltico.....	21
2.3.1.	Generalidades .....	21
2.3.2.	Especificaciones.....	22
3.	PRECIO UNITARIO.....	27
3.1.	Precio unitario.....	27
3.1.1.	Definición.....	27
3.1.2.	Elaboración .....	28
3.1.3.	Tipos .....	29
3.1.4.	Elementos .....	30
3.2.	Costos directos .....	32
3.2.1.	Generalidades .....	32
3.2.1.1.	Definición.....	32
3.2.1.2.	Elementos .....	32
3.2.2.	Costo de mano de obra .....	33
3.2.3.	Costo de materiales .....	33
3.2.3.1.	Cuantificaciones .....	35
3.2.3.2.	Costo base de materiales.....	36

3.2.4.	Costo de maquinaria o equipo .....	36
3.2.4.1.	Generalidades .....	36
3.2.5.	Costo por herramienta .....	38
3.3.	Costo indirecto.....	38
3.3.1.	Administración de oficinas centrales.....	39
3.3.1.1.	Gastos técnicos y administrativos.....	39
3.3.1.2.	Alquileres y/o depreciaciones .....	39
3.3.1.3.	Obligaciones y seguros .....	39
3.3.1.4.	Materiales de consumo.....	40
3.3.2.	Imprevistos de construcción .....	40
3.3.3.	Financiamiento .....	40
3.3.4.	Utilidad .....	41
3.4.	Sobrecosto.....	42
4.	COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN .....	43
4.1.	Costo de mano de obra .....	43
4.2.	Costo de materiales.....	44
4.3.	Comparación y análisis.....	46
5.	RESULTADOS ESPERADOS.....	51
5.1.	Mayor vida útil .....	51
5.2.	Reducción de recursos .....	53
5.2.1.	Financieros .....	53
5.2.2.	Humanos .....	54
5.2.3.	Físicos .....	55
5.2.4.	Materiales .....	56

CONCLUSIONES..... 59  
RECOMENDACIONES ..... 61  
BIBLIOGRAFÍA..... 63

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Preparación y limpieza de superficie.....	17
2.	Aplicación de pintura acrílica.....	18
3.	Colocación de membrana de refuerzo .....	19
4.	Aplicación de imprimante asfáltico .....	23
5.	Colocación de manto asfáltico .....	24
6.	Elementos del precio unitario .....	31
7.	Gráfica comparativa de costos.....	47

### TABLAS

I.	Datos técnicos del aditivo hidrófugo.....	14
II.	Datos técnicos de impermeabilización acrílica.....	20
III.	Especificaciones técnicas manto asfáltico.....	26
IV.	Rendimiento de material.....	35
V.	Costo de equipo.....	37
VI.	Costo de herramientas.....	38
VII.	Factores de sobrecosto.....	42
VIII.	Costo unitario de mano de obra.....	44
IX.	Costo de materiales de impermeabilización.....	45
X.	Costo unitario de sistemas de impermeabilización.....	46



## GLOSARIO

<b>Concreto armado</b>	Material de concreto reforzado con varillas de acero, cuya área es capaz de resistir los esfuerzos de tracción.
<b>Curado</b>	Es la acción de dar las condiciones óptimas de humedad y temperatura al concreto para el correcto fraguado de este, evitando así la formación de grietas originadas por el calor de hidratación.
<b>Elongación</b>	Es la propiedad de los materiales que mide su alargamiento cuando son sometidos a esfuerzos de tracción antes de su punto de ruptura.
<b>Estepa</b>	Llanura extensa con vegetación discontinua.
<b>Fundición</b>	Es la acción de colocar el concreto en el espacio deseado para formar el miembro estructural, lo cual requiere un buen trabajo para evitar agujeros que disminuyan las propiedades de dicho miembro.

<b>Losa</b>	Elemento estructural que trabaja a flexión, apoyado sobre vigas o muros, fabricado de concreto armado o vigueta y bovedilla (prefabricado).
<b>Relación agua/cemento</b>	Es un parámetro del concreto que señala la relación entre el peso del agua y el peso del cemento utilizado en la preparación, lo cual indica la resistencia que pueda llegar a tener, así como su manejabilidad.
<b>Tundra</b>	Praderas estériles de las regiones polares.
<b>Vida útil</b>	Es la duración, o tiempo de vida, de utilidad, que un elemento puede tener, lo cual dependerá de la calidad de materiales utilizados, así como de la calidad de mano de obra empleada.
<b>Viscosidad</b>	Oposición que ejerce un fluido a fuerzas tangenciales, oponiéndose así al movimiento.

## **RESUMEN**

El trabajo: Comparación de costos de tres sistemas de impermeabilización de losas utilizadas en la construcción de edificios en la ciudad de Guatemala contiene información necesaria para comparar y analizar la variación de costos entre tres sistemas de impermeabilización de losas, siendo estos la inclusión de aditivos hidrófugos, sistema acrílico, y la aplicación de manto asfáltico

El primer capítulo: presenta la situación climática de la ciudad de Guatemala, en el cual se detallan generalidades sobre el clima, así como clasificaciones climáticas y parámetros meteorológicos que se debe tomar en cuenta en la elección de un sistema de impermeabilización.

El segundo capítulo: se explican tres sistemas de impermeabilización de losas, detallando sus especificaciones técnicas, económicas, métodos de utilización, precauciones y demás elementos que se deban considerar para su uso.

Para poder tener en cuenta lo que un precio unitario incluye, es necesario saber qué elementos lo integran. En el tercer capítulo: se definen los componentes del precio unitario que debe tener en cuenta, quién desarrolla un proyecto para estimar un precio final.

Como elemento central del presente trabajo, el capítulo cuatro incluye la comparación de los costos de mano de obra y materiales de cada sistema de impermeabilización de losas, teniendo en cuenta el rendimiento del material, así como la calificación de mano de obra que se requiera, creando con estos parámetros una variación en los costos.

El capítulo quinto, trata los resultados esperados tras la aplicación de impermeabilizantes en losas de cubierta, siendo estos resultados beneficiosos para la obra, y por consiguiente al usuario, otorgando una mayor vida útil a la losa, así como reduciendo recursos financieros, humanos, físicos y materiales.

Cada capítulo del presente trabajo, aporta información que debe ser tomada en cuenta en la selección de sistemas para impermeabilizar losas, considerando el entorno, al cual estará sometida la impermeabilización, así como sus costos, su aplicación y sus beneficios.

# OBJETIVOS

## General

Comparar los costos directos de los tres impermeabilizantes de losas, utilizados con mayoría en la construcción de edificios en la ciudad de Guatemala: aditivo hidrófugo, acrílico y manto asfáltico.

## Específicos

1. Investigar qué factores determinan la selección de un sistema de impermeabilización en específico.
2. Detallar los tres sistemas de impermeabilización de losas que se utilizan frecuentemente en la ciudad de Guatemala.
3. Analizar la variación de costos de los tres sistemas de impermeabilización de losas, realizando comparaciones mediante tablas y gráficas.
4. Detallar los resultados esperados tras la aplicación de impermeabilizantes en losas, así como sus beneficios y ventajas.



## INTRODUCCIÓN

La protección de obras de construcción, no se considera frecuentemente durante la planeación y ejecución de proyectos, y que indudablemente es necesario, debido a los beneficios que esto aporta, dando una mayor vida útil de los materiales que componen los elementos estructurales, y en consecuencia, alargando la vida útil de la construcción.

Dicha protección comúnmente recae en la aplicación de diversos materiales para evitar la filtración de humedad, cuya presencia resulta sumamente dañina para la estructura, puesto que reduce de forma significativa las propiedades de los materiales.

Entre los componentes estructurales, se puede mencionar la losa de concreto, cuya impermeabilización es primordial, ya que la filtración de humedad no solo reduce las propiedades mecánicas del elemento, cuyo efecto se evidencia a largo plazo, sino que también produce hongos, que contaminan con esporas el ambiente interior, creando un espacio insalubre para los usuarios.

Para evitar los efectos de la humedad, se utilizan los sistemas de impermeabilización, los cuales varían según los materiales utilizados, así como su aplicación, influyendo en la funcionalidad, y directamente a su costo.

El costo directo de cualquier proyecto constructivo, lo integran la mano de obra, materiales, herramientas, equipo; al ser distinto cada sistema, lógicamente su costo directo variará.

El análisis de un costo para sistemas de impermeabilización, conviene para la selección de los tipos de protección, puesto que el factor económico es determinante para la búsqueda de alternativas.

Para realizar un análisis de costos de sistemas de impermeabilización de losas, se investigan los tipos utilizados comúnmente dentro de la ciudad de Guatemala, siendo la aplicación de aditivo hidrófugo, la impermeabilización acrílica, y la aplicación por medio de manto asfáltico.

Cada sistema requiere de cierta especialización para su aplicación, así como sus materiales integrantes varían según materia prima, y proceso de elaboración; estos factores afectan de forma directa el costo de cada sistema, teniendo que poner en comparación cada uno para concluir cuál resulta más conveniente.

De esta manera, el trabajo de investigación realiza una comparación de costos de impermeabilización de losas, efectuando un estudio de los parámetros a tomar en cuenta en la selección de una impermeabilización, así como generalidades y especificaciones (técnicas y económicas) de los distintos tipos tratados, para poder evidenciar los factores que influyen en su variación.

# **1. SITUACIÓN CLIMÁTICA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

## **1.1. Clima**

Es definido desde varios puntos de vista, según su enfoque, siendo uno de ellos la vinculación con la naturaleza y el estado del ambiente, determinando de esta manera diversos puntos tratados en proyectos, especialmente en el campo de la construcción. Etimológicamente, clima significa inclinación, evolucionando hasta la unificación del siguiente concepto: "Conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo en una porción determinada del espacio"<sup>1</sup>

Para enfocar el estudio del clima, se señalan parámetros meteorológicos, que son condicionantes de la atmósfera, que definen su estado físico en un lugar determinado y en un momento dado. Dichos parámetros manifiestan el proceso de evaporación – precipitación del ciclo del agua.

De esta manera, el clima se convierte en un factor determinante al momento de la selección de la protección de las obras, así como los procesos constructivos, dadas las condiciones de humedad, temperatura, nubosidad, entre otros, que afectan los elementos estructurales.

---

<sup>1</sup> OMM, 1996.

### **1.1.1. Aspectos generales del clima**

Dentro de las áreas climáticas de la tierra, la región centroamericana se ubica en la franja 30° y 0° de latitud norte, con predominio de temperaturas elevadas y clima tropical, con 2 estaciones claramente marcadas; una seca y calurosa, y la otra menos calurosa y con lluvias torrenciales.

Por su parte la ciudad de Guatemala se encuentra localizada en el valle de la Ermita, aproximadamente a 1 530 metros sobre el nivel del mar, presentando temperaturas medias que varían entre los 12 y 28 grados Celsius. Ubicada en las coordenadas geográficas: latitud 14°37'15" N, longitud 90°31'36" O. La temporada de lluvias se extiende de mayo a noviembre, y la estación seca abarca el resto del año.

La ciudad de Guatemala, es la capital más fría y alta de Centroamérica, los meses fríos oscilan entre noviembre y febrero; las temperaturas mínimas llegan a los 7 grados Celsius y las máximas no sobrepasan los 20 grados Celsius.

De acuerdo al Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), los tipos de clima de Guatemala, pueden ser agrupados en 6 regiones climáticas, diferenciadas por aspectos fisiográficos y por los tipos de clima obtenidos al aplicar el sistema de clasificación climática de Thornthwaite (teniendo también en cuenta como se distribuyen la lluvia y temperatura a lo largo del año):

- Planicies del norte
- Franja transversal del norte y costa Caribe
- Mesetas y altiplanos ( ciudad de Guatemala)
- La bocacosta
- Planicie costera del Pacífico
- Depresión del río Motagua y frontera oriental

## **1.2. Clasificaciones climáticas**

Han sido establecidas para explicar las características locales del clima, utilizando variables consideradas como fundamentales. Estas se pueden basar en índices de humedad y temperatura, criterios hidrológicos y geográficos, necesidades hidrológicas, agrícolas y también valores arbitrarios.

De esta manera las clasificaciones climáticas pueden ser una herramienta útil, aunque no precisa, para la determinación de protección de obras contra el intemperismo, escogiendo entre la diversidad de sistemas de impermeabilización existentes, determinando cual es el que mejor se adapta a las situación y su exigencia.

### **1.2.1. Clasificación climática de Köppen**

Esta clasificación establece una coincidencia con los términos utilizados en la geografía botánica, tales como selva, sabana, estepa, desierto, bosque, tundra, etcétera, y es la que ha tenido más éxito en su aplicación a nivel mundial. Sin embargo al aplicar la clasificación de Köppen a Guatemala, no se resuelve la enorme variedad de climas locales que existen, cuyas características cambian en distancias relativamente cortas. La clasificación de

Köppen fue concebida para las amplias zonas climáticas del mundo que se extienden esencialmente en latitud y no en elevación.

### **1.2.2. Clasificación climática de Thornthwaite**

Thornthwaite desarrolló un sistema de clasificación climática, considerando la efectividad de la humedad y temperatura para el desarrollo de la vida vegetal. Mediante índices comparables con rangos establecidos, se resuelve su clasificación genérica.

### **1.3. Parámetros climatológicos**

Son factores que modifican el comportamiento del clima, y responden a un tiempo y espacio determinado, variando según la estación de monitoreo que los brinde.

La relación que guardan los parámetros climatológicos con los proyectos de construcción, recae en la necesidad de prever condiciones que detengan la ejecución, tales como la lluvia.

El conocimiento de dichos parámetros, puede definir el tipo de construcción a utilizar, y de esta manera obtener beneficios óptimos de iluminación, o evaluar el riesgo del lugar donde se desea la construcción.

La selección de sistema de impermeabilización de losas, puede basarse en los factores del clima, para reducir la inversión, y obtener a su vez un servicio que soporte las condiciones en las que se encuentra la obra. Son de utilidad para quién brinda el sistema de impermeabilización, conociendo la temperatura, nubosidad, días de lluvia, entre otros factores importantes, se

podrá decidir si la condición es buena o no para la aplicación del impermeabilizante, y de esta manera tomar medidas que permitan la ejecución.

Se presentan a continuación los parámetros climatológicos que pueden influir en proyectos constructivos, específicamente en la impermeabilización de losas de cubiertas, siendo evaluados mensualmente en un período de 5 años (2007 – 2011), estudiados en la estación INSIVUMEH, en la ciudad de Guatemala.

### **1.3.1. Temperatura media**

Es el promedio de lecturas tomadas en un período de tiempo, expresadas en la dimensional correspondiente (°F o °C). Siendo la temperatura media del período de estudio de 19,8 grados Celcius.

### **1.3.2. Temperatura máxima probable**

Es la temperatura máxima, expresada en su dimensional correspondiente (°F o °C), que según sondeos estadísticos resulta con mayor probabilidad de incidencia en los registros siendo la temperatura máxima probable del período de estudio de 25,5 grados Celsius.

### **1.3.3. Temperatura mínima probable**

Es la temperatura mínima, expresada en su dimensional correspondiente (°F o °C), que según sondeos estadísticos, resulta con mayor probabilidad de incidencia en los registros. Siendo la temperatura mínima probable del período de estudio de 15,5 grados Celsius.

#### **1.3.4. Temperatura máxima absoluta**

Es la temperatura máxima, expresada en sus dimensionales correspondientes (°F o °C), registrada en un período de observación. Siendo la temperatura máxima absoluta del período de estudio de 32,0 grados Celsius.

#### **1.3.5. Temperatura mínima absoluta**

Es la temperatura mínima, expresada en sus dimensionales correspondientes (°F o °C), registrada en un período de observación. Siendo la temperatura mínima absoluta del período de estudio de 7,6 grados Celsius.

#### **1.3.6. Lluvia**

Volumen de lluvia que llega al suelo en un período determinado, se expresa en función del nivel que alcanzaría sobre una proyección horizontal de la superficie de la tierra (milímetros). Correspondiendo a la lectura promedio del período de estudio a 1 530,1 milímetros.

#### **1.3.7. Días de lluvia**

Este parámetro meteorológico registra los días de lluvia presentados en un período de observación, teniendo en consecuencia, estrecha relación con el parámetro de la cantidad de lluvia. Siendo los meses más lluviosos de junio a septiembre, con un promedio de 22 días de lluvia mensuales.

### **1.3.8. Humedad relativa media**

Es el vapor de agua contenido en un volumen dado de aire y la que podría contener el mismo volumen, si estuviese saturado a la misma temperatura. Siendo el promedio de humedad relativa del período de estudio del 78 por ciento.

### **1.3.9. Brillo solar**

Es el tiempo durante el cual, el sol brilla en el cielo en un tiempo determinado; horas, días, meses. Siendo el promedio de brillo solar del período de estudio, de 170 horas mensuales, presentando mayor brillo solar los meses de enero a abril.

### **1.3.10. Radiación solar**

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas que emite el sol, pero la radiación que llega a la Tierra, es la irradiancia y es energía por unidad de área y tiempo. Siendo este un parámetro poco variable, presentando un promedio de 0,4 *cal/media* en el período de estudio.

### **1.3.11. Velocidad del viento**

El parámetro de la velocidad del viento, es registrado a una altura normal de 10 metros sobre el nivel del suelo, y se expresa en kilómetros por hora. La velocidad del viento varía con la altura. Correspondiendo al período de estudio, una velocidad promedio del viento de 8,8 kilómetros por hora.

### **1.3.12. Dirección del viento**

La dirección del viento es un dato que se registra tomando un promedio de las lecturas de la dirección del viento en un período establecido, he indica hacia qué punto cardinal sopla este. Despidiendo el aire durante el período de estudio hacia el norte, la mayor parte del tiempo.

### **1.3.13. Presión atmosférica**

Registra la presión que ejerce el aire sobre la superficie terrestre, registrada al aire libre, y es medida en milímetros de mercurio. Presentándose una presión media durante el período de estudio de 641,0 milímetros de mercurio.

### **1.3.14. Evaporación tanque (intemperie)**

Es la cantidad de agua evaporada desde una unidad de superficie, durante una unidad de tiempo en toda la superficie considerada. La unidad de tiempo es normalmente un día y la altura se expresa en centímetros o milímetros. Mostrando el período de estudio, una evaporación promedio de 4,2 milímetros, correspondiendo los meses de mayor evaporación, a los que presentan mayor brillo solar.

### **1.3.15. Nubosidad**

Se llama nubosidad o cantidad de nubes, a la fracción de la bóveda celeste cubierta. La nubosidad se cifra 0, solamente en el caso de que el cielo esté completamente despejado, sin rastro alguno de nubes. La cifra 8, se utiliza sólo cuando el cielo está completamente cubierto, es decir sin claros ni discontinuidades en el manto nuboso. El promedio de nubosidad del período de estudio corresponde a 6 octas.



## **2. SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN**

En el período de ejecución de una obra, se debe considerar la impermeabilización de los miembros estructurales de esta, puesto que se busca evitar la filtración de humedad en el material y emplear el concreto con las máximas ventajas que ofrece. En consecuencia a las filtraciones, se pueden producir reacciones químicas que pueden causar distintos fenómenos; como la disminución de resistencia y tiempo de vida, así como la transmisión de vapor al interior de la edificación, creando un ambiente insalubre con proliferación de microorganismos.

La decisión de impermeabilizar, proviene de la necesidad de proteger los bienes del propietario, estos pueden ser económicos, físicos, humanos y materiales. Debido a esto, se aplica el tratamiento de una impermeabilización, para asegurar la calidad de la obra, y de sus condiciones (exteriores e interiores) que garanticen el bienestar de los ocupantes.

Para poder realizar una impermeabilización eficaz y evitar infiltraciones, se debe cumplir con 4 aspectos: una buena obra civil, especificaciones técnicas de impermeabilización correctas, materiales de impermeabilización de alta calidad y mano de obra calificada.

Existen distintos sistemas de impermeabilización, los cuales son seleccionados por sus características propias que los distinguen de los demás, tales como su facilidad de aplicación, materia prima, mano de obra, funcionalidad; factores cuyo determinante final es el precio.

Para fines del presente trabajo de investigación, se analizan 3 sistemas de impermeabilización:

- Aditivos hidrófugos: impermeabilizante de fraguado normal.
- Impermeabilizante acrílico: revestimiento elastomérico con membrana de refuerzo.
- Impermeabilización con manto asfáltico.

## **2.1. Aditivos hidrófugos**

Para el tratamiento de losas de concreto, se utilizan generalmente aditivos impermeabilizantes o hidrófugos, conocidos también como integrales, los cuales tienden a sellar la superficie de la losa, cerrando las porosidades del concreto para evitar la filtración de humedad.

### **2.1.1. Generalidades**

Se entiende como aditivo al material agregado a la mezcla de concreto que sea distinto de sus componentes principales (cemento, agregados, agua), empelado con el fin de mejorar las propiedades de la mezcla, o del producto final, y hacerlo apropiado para su trabajo.

El aditivo hidrófugo, es un aditivo líquido que actúa como impermeabilizante integral, elaborado con base en sílice coloidal que reacciona con la cal libre del cemento en hidratación, formando como resultado, compuestos insolubles que obturan poros y capilares de la mezcla.

Es de naturaleza inorgánica y no se degrada por la acción bacteriana del tiempo, asimismo permite la ventilación natural de los elementos constructivos y aumenta la trabajabilidad y adherencia en las mezclas.

Es utilizado en la impermeabilización de morteros de recubrimiento, para elaborar cualquier tipo de aplanado impermeable en mampostería, así como para morteros impermeables de nivelación y pendientes de pisos y techos.

Presenta la ventaja de buena adherencia a superficies comunes en construcción, así como un menor agrietamiento en fundiciones que incluyan dicho aditivo integral.

### **2.1.2. Especificaciones**

Con el fin de aplicar correctamente el aditivo impermeabilizante, es necesario considerar especificaciones técnicas del producto, tales como modo de empleo, datos técnicos, recomendaciones, almacenamiento, precauciones, etcétera.

- Modo de empleo

Como paso preliminar a la impermeabilización, es necesario preparar la superficie, estando libre de grasa, polvo, lechada de cemento u otra materia extraña. Se deben resanar las grietas que presente la superficie y las juntas entre muros y pisos sellados.

Luego se prepara la mezcla con la siguiente proporción: diluido en el agua del amasado del concreto, en una dosis del 2 por ciento referido al peso del cemento (1kg por saco de cemento). En morteros de 180 a 300 gramos sobre

metro cuadrado por 1 centímetro de espesor (aditivo 1: agua = 1:10), utilizando 3,3 a 5,5 kilogramos de cemento sobre metro cuadrado por 1 centímetro.

- Datos técnicos

Se presentan los datos técnicos del producto, que brindan información sobre las características de este, a tomar en cuenta en el momento de la inclusion en la fundición de la losa.

Tabla I. **Datos técnicos del aditivo hidrófugo**

Tipo:	Aditivo líquido viscoso a base de sílice coloidal
Color:	Amarillo
Densidad:	0,95 kg/gal aprox.
PH:	10,0 aprox

Fuente: elaboración propia.

- Recomendaciones

Se recomienda no utilizar relaciones agua/cemento mayores a 0,6, así como no utilizar arenas muy finas en el diseño de morteros (causa de retracciones). Las dosificaciones más aconsejables son 1:3 o 1:4 (cemento: arena).

- Cumplimiento de normas
  - Norma británica\_ WRC/BS 6920
  - Norma francesa NF-P-85-501
  - Ensayo Universidad Liege – N° 437 – Bélgica
  - Ensayo de permeabilidad Politécnico de Milano – N° I-20133 – Italia
  - Norma española UNE 83-200-84-5.53

- Almacenamiento

Tiempo de almacenamiento en sitios frescos y bajo techo, conservando el producto en los envases originales bien cerrados. Preferiblemente en ambientes alejados de llamas.

- Precauciones

No utilizar cemento puro para el afine, ya que frecuentemente se cuartea. Utilizar siempre el cemento fresco y arena cernida con tamaño máximo de 3 milímetros. No usar arenas de baja densidad o arcillas. Prolongar el curado por 8 días como mínimo. En los sitios donde sea posible, el mismo día, traslapar las diferentes capas de mortero aproximadamente 10 centímetros.

## **2.2. Impermeabilización acrílica**

El sistema de impermeabilización acrílica, resulta el sistema más cotizado en el mercado, debido a su facilidad de aplicación, así como su alto desempeño y la garantía que este ofrece.

### **2.2.1. Generalidades**

La impermeabilización acrílica, comprende un sistema conformado por varias capas intercaladas con fibras de refuerzo de poliéster, creando de esta manera una cubierta impermeable de color verde, blanco o rojo.

Es un impermeabilizante en dispersión acuosa, formulado a base de resinas estiren-acríticas, plastificantes y pigmentos, así como partículas cerámicas, que le dan propiedades de elasticidad, reflectividad y resistencia a la intemperie. Este sistema puede garantizar su calidad de 3 a 10 años, dependiendo del producto elegido.

La aplicación de este sistema, implica una completa impermeabilización, con una capacidad de elongación mayor al 150 por ciento, manteniendo sus colores integrales. La aplicación es rápida y sencilla, por lo que dicho método resulta ser muy utilizado entre quienes requieren del servicio de impermeabilización. Este sistema resulta como un aislante térmico y hermético, reflejando el 80 por ciento de los rayos infrarrojos del sol.

### **2.2.2. Especificaciones**

Las especificaciones técnicas varían según cada sistema de impermeabilización, por las propiedades características de cada material. El impermeabilizante acrílico tiene ciertas especificaciones técnicas que se necesitan considerar, para una aplicación correcta.

- Forma de empleo

La superficie debe estar limpia, libre de materiales y lisa, curada correctamente, lo cual garantiza que el impermeabilizante no se desprenda. Limpia la superficie, se debe resanar cualquier grieta con cemento plástico, para evitar filtraciones de humedad a través de ella y tener una superficie de aplicación homogénea.

Figura 1. **Preparación y limpieza de superficie**



Fuente: Terraza, Jardines de San Cristóbal.

Luego se aplica con cepillo, brocha o rodillo, una base imprimante, la cual está formulada a base de resinas acrílicas y plastificantes, misma que asegura la correcta adherencia del impermeabilizante sobre la losa.

Al terminar la imprimación, se aplica la primera capa de acrílico con brocha, cepillo o rodillo, de forma uniforme sobre la superficie.

Figura 2. **Aplicación de pintura acrílica**



Fuente: Terraza, Jardines de San Cristóbal.

Luego de la primera capa, se coloca una membrana de refuerzo, la cual es una membrana de poliéster flexible, presentada en rollos de 1,10 × 100 metros, cuidando dejar un traslape de 10 centímetros en sus bordes, y en sentido contrario a la pendiente de la superficie.

Figura 3. **Colocación de membrana de refuerzo**



Fuente: Terraza, Jardines de San Cristóbal.

Seca la primera aplicación (aproximadamente 3 horas), se aplica una segunda mano de acrílico bajo las mismas indicaciones.

- **Datos técnicos**

Se presentan los datos técnicos del producto, que brindan información sobre las características de este, a tomar en cuenta en el momento de la aplicación del impermeabilizante acrílico.

Tabla II. **Datos técnicos de impermeabilización acrílica**

PRUEBA	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
APARIENCIA	-	LÍQUIDO VISCOSO
COLOR	-	BLANCO, ROJO, VERDE
% MATERIAL NO VOLÁTIL	ASTM D-2369	44,0-48,0%
DENSIDAD	ASTM D-1475	1,24-1,27 g/cc
VISCOCIDAD BROOKFIELD	ASTM D-2196	30000-32000 cps.
CONTENIDO DE pH	ASTM E-70	9,0-9,5
ELONGACIÓN	ASTM D-2370	100-150%
SECADO AL TACTO a 25°C	ASTM D-1640	1,0-2,0 hrs.
SECADO TOTAL A 25°C	ASTM D-1640	24 hrs.
RESISTENCIA EN CÁMARA SALINA	ASTM B-117	500 HR SIN CAMBIOS
RESISTENCIA AL INTEMPERISMO A 300 CICLOS	ASTM D-4799	SIN DETERIORO ALGUNO
PERMEABILIDAD A COLUMNA DE AGUA a 750 cc	ASTM D-571	PASA
GARANTÍA DE MATERIAL APLICADO	FUNCIONAL	3-10 años

Fuente: Grupo Imperquimia, Catálogo Técnico, p.53.

- **Recomendaciones**

El acrílico no debe ser diluido, ni conviene su aplicación bajo amenaza de lluvia. Cuando se exija, es posible aplicar cuantas capas se deseen, para obtener una impermeabilización más resistente.

- **Almacenaje**

Se debe almacenar en condiciones de humedad y temperatura ambiente. En envase cerrado, impermeabilizante acrílico conserva sus propiedades durante años.

### **2.3. Impermeabilización con manto asfáltico**

El sistema prefabricado es el más avanzado, duradero y funcional dentro de las impermeabilizaciones, pero de la misma manera, el más técnico, costoso y difícil de aplicar.

#### **2.3.1. Generalidades**

Para la impermeabilización con manto asfáltico, no es necesario aplicar varias capas de pastas impermeabilizantes, ni esperar a que seque; pues todas las capas necesarias están integradas en el material prefabricado. Así, otra gran ventaja de una obra realizada con este sistema, es que requiere un mínimo mantenimiento.

El manto prefabricado, está conformado por una capa inferior plástica y otra capa superior dura; que lo hacen muy resistente y flexible a la vez; por tanto, soporta muchísimo tiempo sin deteriorarse. Este manto puede

encontrarse con refuerzos de fibra de vidrio o fibras de poliéster, este último refuerzo es más resistente y presenta mayor flexibilidad, por lo que es el más utilizado. Dicho manto se encuentra en capas desde 2 a 5 milímetros, sin embargo las más utilizadas son de 3,0, 3,5 y 4,5 milímetros, las cuales poseen una durabilidad de 4, 5 y hasta 8 años respectivamente.

### **2.3.2. Especificaciones**

La impermeabilización con manto asfáltico, consiste en el proceso más elaborado, debido al cuidado que requieren los materiales. Las especificaciones técnicas de éste método incluyen cuidados especiales en la aplicación, almacenamiento, entre otras, que garanticen la durabilidad del trabajo.

- Forma de empleo

La superficie de aplicación debe estar completamente limpia, libre de partículas sueltas, así como de grasa y materia orgánica. Se requiere una superficie parcialmente lisa, y sin necesidad de resanar grietas que presente, a menos que el impermeabilizador lo considere por la magnitud de estas.

Al tener una superficie limpia, se procede a colocar la base del imprimador, el cual es un líquido asfáltico de baja viscosidad a base de solventes, por lo cual su evaporación es muy rápida y recomienda su aplicación con equipo de protección. Se aplica mediante cepillos, brochas o rodillos.

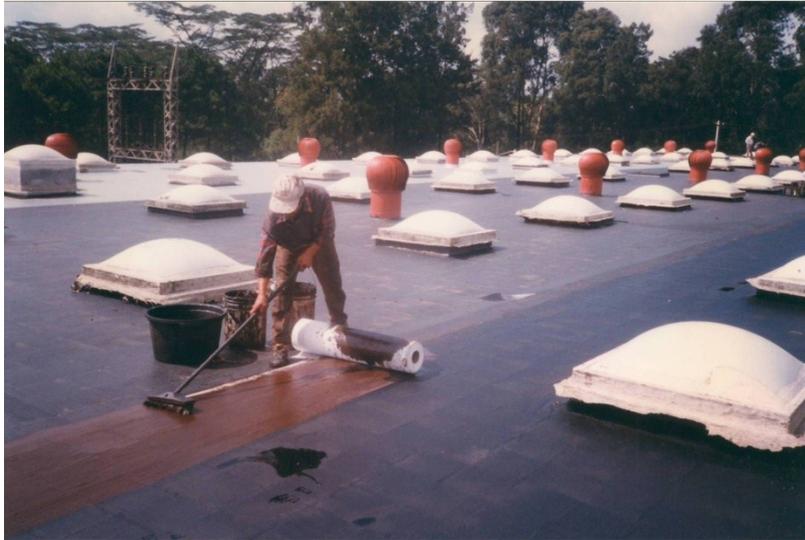
Figura 4. **Aplicación de imprimante asfáltico**



Fuente: Banco de Guatemala. MECSA.

Para la instalación del manto prefabricado, se debe desenrollar longitudinalmente, cuidando la alineación de este, y guardando traslapes de 10 centímetros. Con un soplete se calienta progresivamente la superficie inmediata que se adhiere a la base imprimada, hasta fundir la película y se debe presionar ligeramente contra la base para lograr una adhesión correcta. A este proceso se le conoce como vulcanización del manto asfáltico.

Figura 5. **Colocación de manto asfáltico**



Fuente: Banco de Guatemala. MECSA.

Por último, se deben rematar los traslapes pasando la flama a lo largo de los mismos, esparciendo el asfalto reblandecido con una espátula para lograr un sellado liso y hermético.

Se debe asegurar el orden del traslape, evitando que este sea en dirección al desnivel, para poder prever futuras filtraciones de agua en dichas juntas.

- **Recomendaciones**

Si el manto presenta alguna rotura posterior a su aplicación, se puede sellar esta con cemento plástico. La instalación del manto asfáltico se debe realizar por profesionales con el equipo y herramientas adecuados que aseguren la calidad del trabajo, así como la integridad de los instaladores.

- Almacenaje

En posición vertical en estibas de no más de 1 rollo y a la sombra. Bajo estas indicaciones, el manto asfáltico conserva sus propiedades, no caduca. Tener almacenado lejos de temperaturas altas.

- Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas más complejas, de los sistemas de impermeabilización analizados, son las del manto asfáltico, cuyas características dependen del proveedor y tipo de material empleado.

Tabla III. Especificaciones técnicas manto asfáltico

PROPIEDADES	UNIDADES	MÉTODO	SBS 4,5 mm	SBS 3,5 mm		SBS 3,0 mm
			PG	PG	PA	VG
ESPESOR	mm	--	4,50 +/-0,2	3,50 +/- 0,2		3,00 +/-0,2
REFUERZO INTERMEDIO	--	--	Poliéster Spun Bonded 180 g/m <sup>2</sup>	Poliéster Spun Bonded 180 g/m <sup>2</sup>		Fibra de vidrio 90 g/m <sup>2</sup>
LONGITUD POR ANCHO DE ROLLO	m	--	10 x 1	10 x 1		10 x 1
PESO DEL ROLLO	kg	--	50-54	48-52	44-46	38-40
ACABADO CARA SUPERIOR	--	--	Gravilla / hojuela colores (blanco, verde,	Gravilla / hojuela colores (blanco, verde,	Arenado (Arena sílica)	Gravilla / hojuela colores (blanco,
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	°C	ASTM D-36	120-130	120-130		120-130
FLEXIBILIDAD A BAJA TEMPERATURA	°C	ASTM D-5147	de -10 a -15	de -10 a -15		de -10 a -15
PENETRACIÓN	1/10 mm	ASTM D-5147	20-25	20-25		20-25
RESISTENCIA A LA TENSIÓN	kg/kcm	ASTM D-5147				
*Longitudinal			80 (prom.)	80 (prom.)	65 (prom.)	
*Transversal			60 (prom.)	60 (prom.)	45 (prom.)	
ELONGACIÓN	%	ASTM D-5147				
*Longitudinal			70 (prom.)	70 (prom.)	15 (prom.)	
*Transversal			65 (prom.)	65 (prom.)	15 (prom.)	
ESTABILIDAD DIMENSIONAL	--	ASTM D-5147	Sin deterioro alguno	CUMPLE		CUMPLE
INTERPERISMO ACELERADO A 600 CICLOS	hrs	ASTM G-4799	Sin cambio alguno	Sin cambio alguno		Sin cambio alguno

Fuente: Grupo Imperquimia, Catálogo Técnico, p.35.

### **3. PRECIO UNITARIO**

#### **3.1. Precio unitario**

El precio unitario es el valor total que debe cubrirse por unidad de concepto terminado, ejecutado según requerimientos, especificaciones y normas de calidad que garanticen el producto.

##### **3.1.1. Definición**

El precio unitario está integrado por los costos directos correspondientes al concepto de trabajo (mano de obra, materiales, herramienta y equipo) y los costos indirectos (financiamiento, utilidad y cargos adicionales); otorgando un parámetro general, como resultado, del costo del proyecto.

En proyectos de impermeabilización, el precio unitario se presenta generalmente en la unidad manejada, siendo esta el metro cuadrado. Esto representará la cantidad de recursos empleados en dicha unidad, variando en cada proyecto, y sistema de impermeabilización utilizada.

Es importante señalar que el precio unitario varía por diversos factores, tales como la cantidad de trabajo y las especificaciones de la obra. Las cantidades de trabajo, en proyectos de impermeabilización, son muy determinantes, debido a que un proyecto grande, implica un gasto indirecto justificado, mientras que un proyecto pequeño, no compensa el costo indirecto que se genera por la administración de la empresa.

### **3.1.2. Elaboración**

La elaboración de los precios unitarios, se lleva a cabo según los renglones de trabajo, obtenidos, sobre la base de las especificaciones y de las características del proyecto que se ejecuta.

Los renglones de trabajo, indican las tareas que se deben llevar a cabo para completar la obra, siendo estos una investigación detallada que debe incluir los elementos que comprenden cada tarea. La precisión de la elaboración de dichos renglones de trabajo, se relaciona con el éxito económico que la obra tenga, puesto que la integración de los unitarios, es uno de los puntos críticos del trabajo del planeador.

Los renglones de trabajo varían según cada sistema de impermeabilización, debido al proceso de aplicación que cada método requiera, afectando directamente su precio unitario.

Para los sistemas de impermeabilización estudiados en el presente trabajo de investigación, se señalan los siguientes renglones de trabajo:

- Aditivo hidrófugo
  - Proporción del aditivo
  - Inclusión a la mezcla de concreto
  - Fundición de losa

- Impermeabilización acrílica
  - Preparación de superficie de trabajo
    - Limpieza de superficie
    - Revisión de niveles de pañuelos
    - Resane de grietas con cemento plástico
  - Aplicación de base imprimante
  - Colocación de membrana de refuerzo
  - Aplicación de segunda capa de impermeabilizante
  
- Impermeabilización con manto asfáltico
  - Preparación de superficie de trabajo
    - Limpieza de superficie
    - Revisión de niveles de pañuelos
    - Resane de grietas con sellador en frío
    - Sellado de bajadas de agua con sellador en frío
  - Aplicación de base imprimante
  - Colocación de manto asfáltico

### **3.1.3. Tipos**

Teniendo en cuenta, que la unidad de obra es señalada en las especificaciones, para cuantificar el concepto de trabajo con los fines de medición y pago, los precios unitarios pueden ser de varios tipos.

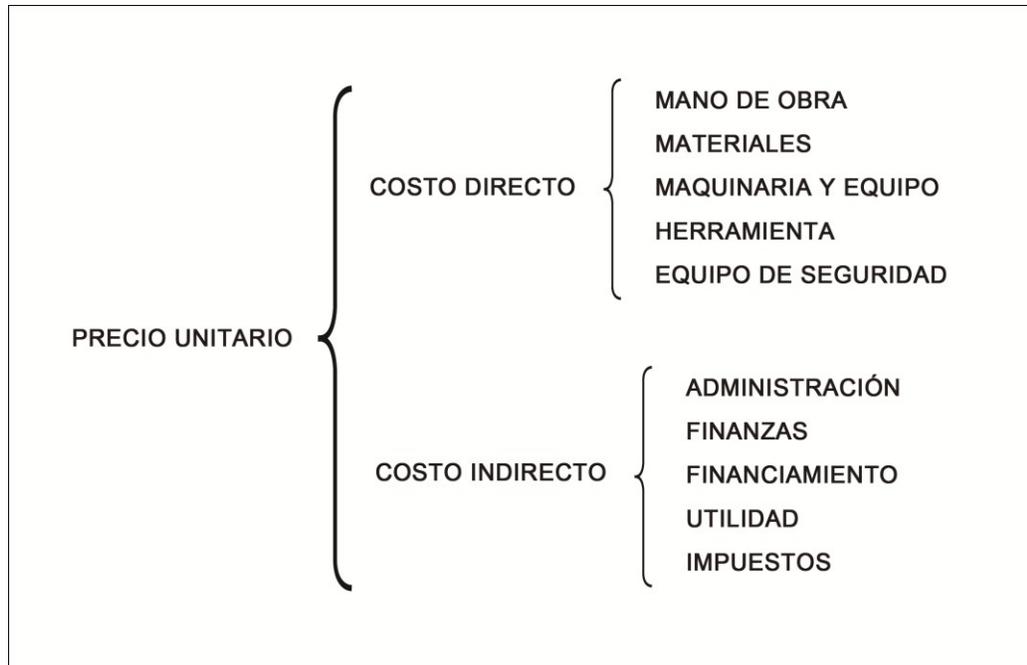
Para trabajos de impermeabilización, se utiliza el metro cuadrado, siendo este la unidad de medida superficial de la obra. A continuación se mencionan los tipos de cuantificación de trabajos que se presentan con mayor frecuencia en la ejecución de proyectos:

- Por unidad de medida
  - Metro lineal
  - Metro cuadrado
  - Metro cúbico
- Por lote
- Por pieza

#### **3.1.4. Elementos**

El costo de una construcción se compone de las jornadas; laborales, materiales, gastos de máquinas y herramientas, gastos administrativos, un pequeño porcentaje para disminuir la carga económica de los imprevistos, y la utilidad para la empresa.

Figura 6. **Elementos del precio unitario**



Fuente: elaboración propia.

Es importante señalar que ningún proceso constructivo es igual a otro, debido a esto, la estimación de los unitarios con base a condiciones promedio de consumos, insumos y desperdicios, permite asegurar que la evaluación monetaria del costo, no puede ser exacta, y debido a esto, el costo no puede ser genérico. Todas estas fluctuaciones de los factores deben ser consideradas al momento de integrar unitarios.

El mejoramiento de los procesos constructivos, planeación, dirección y manejo del proyecto permite reducir factores impositivos, aumentando de esta manera la utilidad de la empresa.

## **3.2. Costos directos**

Se relaciona inmediatamente con la cantidad de recursos utilizados en la ejecución del proyecto, dependiendo directamente del tipo de trabajo que se deba realizar.

### **3.2.1. Generalidades**

Si bien los costos directos no son iguales en los distintos proyectos, existen ciertas generalidades comunes entre estos, que se deben considerar para su integración.

#### **3.2.1.1. Definición**

Los costos directos, son aquellos que recaen de manera inmediata en la unidad que se ejecuta.

Estos costos directos que se estiman de cada renglón de trabajo que el proyecto señale. Existirán siempre diferencias entre las estimaciones realizadas, pudiendo variar así la inversión esperada, debido a los diferentes criterios que se pueden asumir, así como la experiencia del ingeniero que elabore los mismos.

#### **3.2.1.2. Elementos**

Los costos directos, independientemente de la clase de proyecto que sea, se componen de ciertos elementos, que identifican los recursos que se emplearan durante la ejecución.

- Mano de obra
- Materiales
- Maquinaria y equipo
- Herramienta
- Equipo de seguridad

### **3.2.2. Costo de mano de obra**

El costo de mano de obra, genera un recargo importante en los unitarios, es por esto que se debe optimizar las labores, empleando mano de obra calificada, proveyendo los materiales y la adecuada organización del trabajo que permita a cada operario desenvolverse sin tropiezo y sin que su actividad se vea limitada por falta de espacio, herramientas o de los materiales necesarios. De esto depende en gran parte la calidad del resultado final.

El trabajo de impermeabilización, amerita mano de obra especializada, dependiendo del sistema a utilizar. Este requerimiento significa un aumento considerable en el costo. Según el sistema utilizado, varía dicho costo, debido a la cantidad de trabajo (renglones de trabajo) que se deban realizar, así como la dificultad y preparación técnica que el sistema de impermeabilización requiera.

### **3.2.3. Costo de materiales**

Las cantidades de materiales, se establecen de acuerdo a condiciones pre establecidas del proyecto, tras un estudio técnico.

Es importante el control del uso y aplicación de los diferentes materiales, utilizando de manera óptima, y siempre cumpliendo con las especificaciones, tanto del fabricante como del director de la obra.

El costo del material no solo depende únicamente de la cantidad a utilizar, sino también de la calidad. La calidad de este indica el servicio que puede brindar, pudiendo rendir bajo condiciones exigentes, incrementando evidentemente el precio unitario del servicio.

Los sistemas de impermeabilización se diferencian entre sí por los materiales que emplean, y la cantidad de los mismos, siendo el más simple y económico, la inclusión de aditivo hidrófugo en la mezcla de concreto.

La variedad de materiales a utilizar no afecta directamente el costo, un ejemplo claro es, entre la aplicación de impermeabilizante acrílico, y la impermeabilización mediante manto asfáltico, siendo este último el más costoso.

Se presentan los materiales utilizados en los sistemas de impermeabilización que se estudian en este trabajo de investigación.

- Aditivo hidrófugo
  - Aditivo hidrófugo
  
- Impermeabilización acrílica
  - Pintura acrílica
  - Base imprimante
  - Membrana de refuerzo
  - Cemento plástico

- Impermeabilización con manto asfáltico
  - Manto asfáltico 3.5 mm
  - Base imprimante
  - Sellador en frío

### 3.2.3.1. Cuantificaciones

Por medio de las especificaciones de un proyecto, se pueden definir las características y calidad requeridas para un producto, tanto como los materiales a emplear, y es necesario averiguar la cantidad de partes que integran dicho producto.

Para una correcta cuantificación, se debe tomar en cuenta el rendimiento de cada material, según las especificaciones de uso.

Tabla IV. **Rendimiento de material**

<b>Rendimiento de material</b>	
<b>Material</b>	<b>Rendimiento</b>
Aditivo hidrófugo	
Aditivo hidrófugo	1 kg/m <sup>2</sup>
Impermeabilización acrílica	
Pintura acrílica	25 m <sup>2</sup> (doble capa)
Imprimante	60 m <sup>2</sup>
Membrana de refuerzo	110 m <sup>2</sup>
Impermeabilización con manto asfáltico	
Manto asfáltico 3,5 mm	9 m <sup>2</sup>
Imprimante	80 m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.3.2. Costo base de materiales**

Los materiales frecuentemente se encuentran sujetos a alzas y bajas en sus precios, fluctuaciones regidas por la oferta y la demanda que haya de los mismos; por cuestiones climáticas que condicionen su producción, o por su facilidad de obtención. Estas fluctuaciones de precio, pueden representar un significativo cambio en los precios unitarios desarrollados, lo cual deberá provocar un nuevo análisis y valorar su consecuencia.

Los costos de materiales en proyectos de construcción, normalmente se consideran puestos en obra, más no así en proyectos de impermeabilización, debido a que se almacenan en las bodegas de la empresa que ofrece el servicio, ya que los proyectos de impermeabilización no suelen tener una duración prolongada que requiera de oficinas de campo.

### **3.2.4. Costos de maquinaria o equipo**

El costo generado por el uso de maquinaria o equipo, se puede considerar como un bien propio, o como un recurso en alquiler. De cualquier manera, este costo es considerable, sin importar el tipo de trabajo que se realizará.

#### **3.2.4.1. Generalidades**

La adquisición del equipo, representa la inversión del capital de la empresa, con objeto de lograr el trabajo que debe ser hecho y al mismo tiempo producir ganancia sobre la inversión realizada. Para lograr la ganancia sobre el equipo, durante la vida útil de este, debe producir la cantidad suficiente de dinero para pagar:

- Sus costos de adquisición
- Reservas de la depreciación
- Mantenimiento y reparaciones
- Gastos de la inversión
  - Intereses
  - Seguros
  - Almacenaje
  - Impuestos
- Combustibles y lubricantes
- Gastos de establecimiento, si los hubiera
- Gastos o cargos adicionales de la empresa:
  - Imprevistos
  - Gastos generales o administrativos
  - Ganancia o beneficio

El equipo utilizado en proyectos de impermeabilización es mínimo, debido a que la aplicación de estos (en su mayoría) requiere de herramientas simples.

Tabla V. **Costo de equipo**

<b>Equipo</b>			
Tipo	Alquiler diario		Adquisición
Hidrolavadora	Q	450,00	Q 3 500,00
Soplete	Q	125,00	Q 1 300,00

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.5. Costo por herramienta

La depreciación de la herramienta que usa en forma particular el operario, representaría un estudio demasiado extenso y poco significativo, la costumbre ha consignado un valor que oscila entre el 1 y 5 por ciento del costo total de la mano de obra.

Tabla VI. Costo de herramientas

Herramientas	Precio
Cepillos	Q. 45,00
Cuchillas	Q. 25,00
Escobas	Q. 45,00
Espátulas	Q. 30,00
Mangueras	Q. 100,00
Tijeras	Q. 80,00

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Costo indirecto

Es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo. A su vez se presentan costos indirectos de obra, así como de operación.

El costo indirecto de operación, es la suma de gastos que, por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado. (año fiscal, año calendario, etcétera).

En el presente trabajo, no se realiza un análisis de los valores que integran el costo indirecto, puesto que exponer dicho contenido representa un

riesgo para cada empresa en cuanto a la competencia, por lo que se considera de carácter confidencial.

### **3.3.1. Administración de oficinas centrales**

Para la determinación del costo de una organización central, se deben considerar los gastos que esta pueda generar, y estos se pueden agrupar en los siguientes rubros, que pueden variar según las necesidades de cada empresa.

#### **3.3.1.1. Gastos técnicos y administrativos**

Son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica y administrativa de una empresa, ejemplificados de manera más clara como los sueldos de los empleados.

#### **3.3.1.2. Alquileres y/o depreciaciones**

Son aquellos gastos por concepto de bienes, inmuebles, muebles y de instalación para el funcionamiento del departamento ejecutivo, administrativo y técnico.

#### **3.3.1.3. Obligaciones y seguros**

Son aquellos gastos obligatorios para la operación de la empresa, y convenientes para la dilución de riesgos, durante la ejecución del proyecto. Es necesario prever los riesgos dependiendo del tipo de trabajo realizado.

#### **3.3.1.4. Materiales de consumo**

Son aquellos gastos en artículos de consumo, necesarios para el funcionamiento de la oficina de la empresa. Estos insumos representan una mínima parte del presupuesto, sin embargo, considerable dentro de todo proyecto.

#### **3.3.2. Imprevistos de construcción**

En proyectos constructivos, los imprevistos se consideran para minimizar el impacto negativo que tenga en las finanzas de la empresa. Dichos imprevistos pueden ser de carácter humano, económico o natural, variando en magnitud y causa.

En los procesos de impermeabilización, por la naturaleza del trabajo, los imprevistos se minimizan en comparación a grandes construcciones, reduciéndose a accidentes durante la maniobra del equipo, inclemencias del tiempo y fallas en materiales.

La carga porcentual aconsejable y que debe calcularse al costo matemático en la integración del precio unitario, es entre un 5 y 10 por ciento.

#### **3.3.3. Financiamiento**

Se puede definir el financiamiento, como una mezcla de recursos propios y/o externos para cubrir los desembolsos que son necesarios en la ejecución de proyectos. Esto convierte a la empresa en un financiero a corto plazo que forzosamente devenga intereses.

Regularmente, en temas de proyectos de impermeabilización, la financiación que otorga una empresa, considera la adquisición de materiales, herramientas y equipo para poder realizar el trabajo deseado.

#### **3.3.4. Utilidad**

Puede decirse que el factor condicionante para la determinación del porcentaje de utilidad es la competencia, que regula el beneficio de tal modo que se le puede considerar aproximadamente constante, dentro de los períodos que marcan la demanda del servicio.

En trabajos de impermeabilización, los períodos que marcan la demanda coinciden lógicamente con la temporada seca y lluviosa, siendo baja y alta correspondientemente, debiendo modificar la utilidad con fines de ser competentes en el mercado.

La utilidad resulta un incremento porcentual al costo que resulta de la integración de los unitarios, que oscila entre el 10 y 20 por ciento. Según el caso de la experiencia de la empresa, esta podrá reducir el monto que utiliza en los renglones de imprevistos, así como de materiales, mano de obra, en comparación de la cantidad asignada a cada uno, para que de esta manera pueda maximizar la utilidad.

### 3.4. Sobrecosto

A manera de resumen, se mencionan cargos que componen el precio unitario y sus correspondientes rangos de variación usuales. Los cuales en todos los casos deberán estudiarse para cada empresa y obra específica.

Tabla VII. **Factores de sobrecosto**

	MÍNIMO	MÁXIMO	ÓPTIMO
Costos indirectos de operación	4%	9%	5%
Imprevistos	1	5	3
Financiamiento	0	5	2
Utilidad	7	15	10

Fuente: Suarez Salazar, Costo y tiempo en edificación, p. 53, 2 002.

## **4. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN**

### **4.1. Costo de mano de obra**

Este varía según el sistema utilizado, como se puede observar en la tabla VIII. Esto es debido a la dificultad, y herramientas que dichos sistemas requieran para garantizar un resultado de calidad que pueda proteger el proyecto.

Se evidencia la complejidad de cada sistema de impermeabilización, así como la variación del costo con relación a los otros.

Es necesario hacer énfasis en la aplicación de aditivo hidrófugo, cuyo costo de mano de obra no es considerado en los renglones de la impermeabilización, debido a que su dosificación e inclusión a la mezcla del concreto, se hace durante la preparación de esta, y su colocación y mezclado se considera dentro de los renglones de construcción de la obra.

Tabla VIII. Costo unitario de mano de obra

SISTEMA	LABOR	UNIDAD	COSTO
Aditivo hidrófugo	Dosificación del aditivo para mezcla del concreto.	-	Incluido en elaboración y colocación de concreto.
Acrílico	Limpieza de superficie, resane de grietas, aplicación de imprimante, primera capa de acrílico, colocación de malla de refuerzo, segunda capa de acrílico.	$Q/m^2$	8,00
Manto asfáltico	Limpieza de superficie, resane de grietas, aplicación de imprimante, colocación de manto asfáltico.	$Q/m^2$	20,00

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2. Costo de materiales

Los costos de cada material, varían según el tipo de sistema de impermeabilización que se utilice, y también según el tipo de producto elegido.

En el presente análisis se detallan los costos de materiales utilizados comúnmente en la impermeabilización dentro de la ciudad de Guatemala, siendo estos elegidos preferentemente por el aplicador, debido tanto al prestigio que guarda la línea, así como la calidad que estos brinden al trabajo, garantizando así una obra duradera.

Evidentemente, estos costos están afectados por la fluctuación del mercado, y son relacionados únicamente al período de realización del presente trabajo de investigación.

Es necesario hacer la notación, de que el aditivo hidrófugo se utiliza en relación al peso del cemento, así pues, dependerá del diseño de mezcla de concreto para su fundición, también como del espesor de la losa. Con fines demostrativos, se analiza una proporción 1:2:2.5 para concreto de 3 000 pulgadas sobre libra cuadrada, y un espesor de 12 centímetros, dando como resultado un rendimiento del aditivo hidrófugo de 1 kilogramo por cada metro cuadrado de losa a impermeabilizar.

Tabla IX. **Costo de materiales de impermeabilización**

SISTEMA	MATERIAL	UNIDAD	RENDIMIENTO	COSTO	C.U.
Aditivo hidrófugo	Aditivo hidrófugo	17 kg	2% peso del cemento	Q 250,00	Q 14,71
Acrílico	Pintura acrílica	5 Gal	25 m <sup>2</sup> (doble capa)	Q 470,00	Q28,72
	Base imprimante	5Gal	60 m <sup>2</sup>	Q 470,00	
	Membrana de refuerzo	Rollo 1,00 x 100 m	110 m <sup>2</sup>	Q 230,00	
Manto asfáltico	Manto asfáltico 3.5 mm	Rollo 1,00 x 10 m	9 m <sup>2</sup>	Q 568,00	Q 68,67
	Base imprimante	5 Gal	80 m <sup>2</sup>	Q 445,00	

Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Comparación y análisis

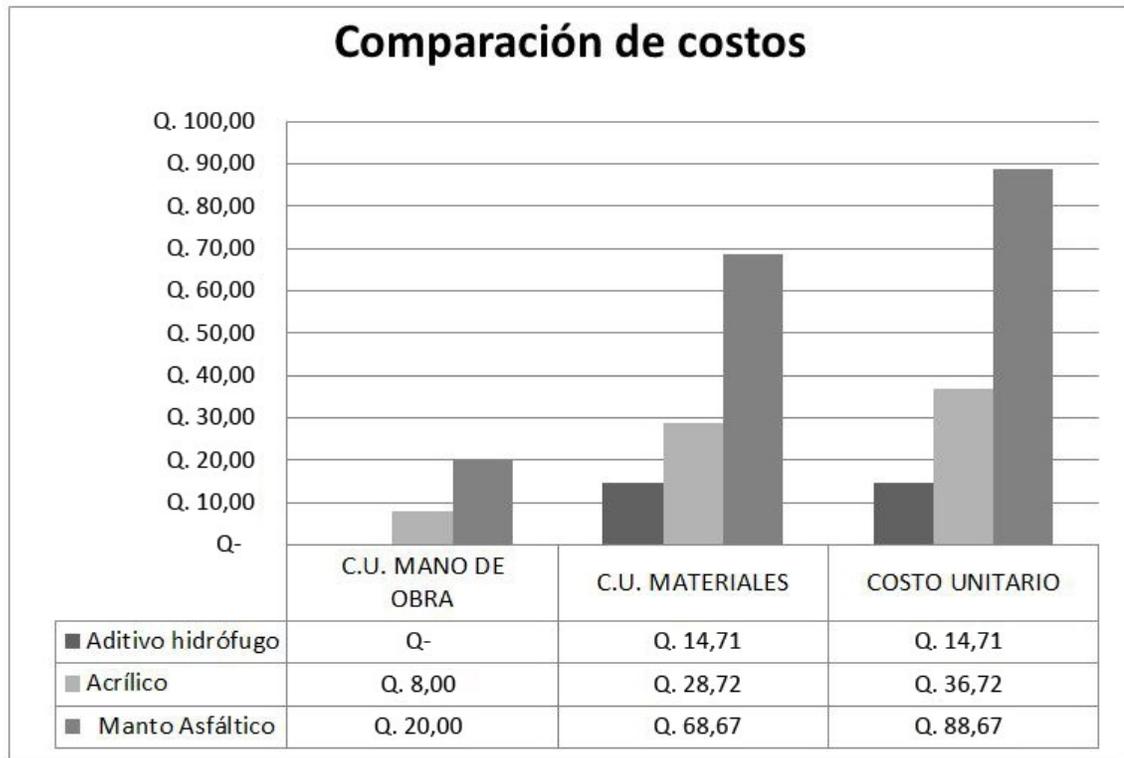
Se realiza un cuadro comparativo de los costos que integran los sistemas de impermeabilización, siendo estos los costos generados por mano de obra y materiales, teniendo en cuenta que al momento de contratar un servicio, se deben incluir costos propios de la empresa, tales como mantenimiento de oficinas, bodegas, herramientas, transporte, utilidad, imprevistos, etcétera.

Tabla X. **Costo unitario de sistemas de impermeabilización**

<b>Sistema</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipo, herramienta y maquinaria</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Costo unitario</b>
Aditivo hidrófugo	Aditivo hidrófugo	Paleta	No especializada	Q 14,71
Impermeabilización acrílica	Pintura acrílica Base imprimante Membrana de refuerzo	Espátula Escobón Hidrolavadora Rodillo Tijera Cuchilla	Especializada	Q 36,72
Impermeabilización con manto asfáltico	Manto asfáltico Base imprimante	Soplete Manguera Cepillo Cuchilla Guantes Botas	Especializada	Q 88,67

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Gráfica comparativa de costos



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar la variación en cada sistema de impermeabilización; en costo de mano de obra y materiales, así como su costo unitario integrando estos 2 últimos. Esta variación, es a consecuencia de diversos factores, y esto hace que cada método tenga un valor distinto.

El costo de mano de obra, evidencia la gran diferencia entre cada sistema de impermeabilización, debido a la complejidad de la aplicación de los materiales. La inclusión de aditivos hidrófugos en la mezcla de concreto, no genera un costo adicional en la mano de obra, puesto que su aplicación solo implica la medición del producto y su adición a la mezcla.

Se observa que la mano de obra en sistemas de impermeabilización acrílica y de manto asfáltico, requiere mayor especialización, sobre todo en el último mencionado. Esto provoca que su costo por unidad aumente significativamente, ya sea por el manejo de herramientas que se requiera, por la exposición de la salud del trabajador, o la experiencia que este deba poseer para la labor asignada.

Las tareas que requiera cada sistema de impermeabilización, están limitadas por los respectivos renglones de trabajo, asimismo la cantidad del material a utilizar, de esta manera se crea una gran diferencia entre cantidad y trabajo de un sistema y otro, influyendo directamente en los costos unitarios.

Asimismo es evidente que los materiales varían entre sí, y hace que cada método de impermeabilización difiera aún más en su costo. La inclusión de aditivo hidrófugo, simplemente requiere de dicho producto, mientras que la impermeabilización acrílica requiere de una diversidad de materiales, al igual que la aplicación de manto asfáltico, y esta diversidad de productos requeridos, aumenta en gran valor su costo.

Los materiales suelen aumentar su valor debido a la materia prima utilizada, así como los procesos de fabricación, y su distribuidor. Muchos de los materiales utilizados son importados de México, lo cual implica un recargo significativo a su costo.

Es necesario recalcar que los costos de impermeabilización presentados (materiales y mano de obra), están sujetos a fluctuaciones en el mercado, y por consecuencia esta investigación genera un parámetro, pudiendo dichos costos, variar según el impermeabilizador, así como el periodo en que sean requeridos.

Estos sistemas de impermeabilización son analizados según productos específicos, habiendo gran variedad de productos aplicables a los mismos sistemas investigados en el presente trabajo. Puede variar en costo, a mayor o menor monto, según convenga al impermeabilizador, o al contratante del servicio.



## **5. RESULTADOS ESPERADOS**

La aplicación de impermeabilizantes resulta una consideración importante en la planificación de una obra, esto pues la aplicación de tratamientos a los miembros estructurales, se realiza en búsqueda de resultados positivos, que permitan la durabilidad del mismo. Cada sistema funciona de una forma distinta sobre el concreto, y en consecuencia, el resultado en cuestión de funcionalidad, será diferente.

Los resultados obtenidos de la aplicación de impermeabilizantes, son ventajosos, beneficiando al usuario. Gracias a estos beneficios se permite que la construcción se comporte de la manera esperada, y cumpla sus propósitos de diseño.

Las desventajas a considerar, y analizar si es viable, en relación costo – beneficio, hacer uso de la impermeabilización, y si se decide, qué sistema utilizar. Las desventajas que pueda presentar una impermeabilización, son prácticamente nulas, debido a que si bien consume recursos económicos como de tiempo, puede ser visto como una inversión que beneficiará al usuario.

### **5.1. Mayor vida útil**

La protección de los miembros estructurales de una obra, es una de las preocupaciones tanto de proyectistas como de los propietarios, debido al alto costo que supone la construcción, mantenimiento y reparación de estos.

El buscar una mayor vida útil de una estructura, sugiere la aplicación de tratamientos preventivos que prolonguen la durabilidad del material, manteniéndolo en buenas condiciones, bajo las cuales pueda aportar sus propiedades de diseño. Tales propiedades pueden ser la resistencia, propiedades térmicas, etcétera.

La losa de cubierta, es el elemento estructural de concreto armado, que unido a los muros aísla el ambiente exterior, protegiendo al usuario y bienes de la intemperie, aislándolo así del sonido y del calor. El concreto en su micro estructura, posee vacíos capilares, que en combinación con expansiones y contracciones térmicas, pueden llegar a causar grietas, que facilitan la filtración de la humedad.

Naturalmente la losa de cubierta, es el elemento estructural que presenta mayor exposición a las inclemencias del tiempo, estando sujeto a la variabilidad climática que presenta la ciudad de Guatemala. Debido a estas condiciones, la losa de cubierta sufre desde diferentes intensidades de precipitación, como fuertes vientos, rayos solares, y en algunos casos granizo.

Son estas razones que garantizan la durabilidad del elemento, aplicando tratamientos que sellen los vacíos capilares, como la inclusión de aditivo hidrófugo, o tratamientos superficiales que formen una película impermeable. De esta manera se provee al elemento resistencia ante el intemperismo, alargando su vida útil, y reduciendo su deterioro.

## **5.2. Reducción de recursos**

Cuando se aplican impermeabilizantes a los elementos estructurales, se busca principalmente la reducción de recursos, siendo estos financieros, humanos, físicos y materiales. Si bien en la mayoría de obras, la reducción de recursos suele ser inmediata, en proyectos de impermeabilización se aprecian con el paso del tiempo, y generalmente son difíciles de percibir, debido a que estos tratamientos son de prevención.

Dicha reducción de recursos varía según el método utilizado, puesto que unos presentan mayor beneficio que otros, cada sistema reduce recursos, en distintas magnitudes como es evidente, pero la aplicación de cualquier sistema, implica una buena inversión.

### **5.2.1. Financieros**

El aspecto financiero, es sin duda el factor que más peso tiene en las decisiones de constructores y propietarios, la reducción de recursos financieros, implica un resultado (esperado y obtenido) con grandes expectativas, siendo difícil de cuantificar en corto plazo.

Cuando se aplican impermeabilizantes, principalmente se busca la protección de la obra, debido al alto costo de la misma, y de esta manera evitar mantenimientos que se puedan derivar tras las inclemencias de temporadas lluviosas o tormentas. Esta prevención de mantenimientos de la estructura, así como de la apariencia, sugiere una reducción de recursos, al igual que todo resultado obtenido, es difícil de apreciar.

Durante la selección de un sistema de impermeabilización, se estudia principalmente el aspecto económico más que el funcional, y es acá donde se debe encontrar un balance entre costo y beneficio. Un sistema relativamente económico, resultará en una baja reducción de recursos financieros. Esto quiere decir que los métodos más costosos, resultan ser a la larga los más beneficiosos para el usuario, debido a las propiedades estéticas, durabilidad y funcionalidad que estos posean. Esto no sugiere que un método económico de impermeabilización resulte contraproducente, sino que en el costo de los distintos sistemas, se ve reflejada su calidad en la mayoría de casos.

Es por esto que una alta calidad de impermeabilización, minimiza reconstrucciones que deban llevarse a cabo debido a los daños causados por lluvias y otros fenómenos meteorológicos.

### **5.2.2. Humanos**

Una construcción supone ciertos beneficios que el usuario podrá gozar por un período de diseño, sea cual sea la vida útil de este. Por ejemplo, una casa debe presentar condiciones cómodas para sus habitantes, también requiere una condición higiénica adecuada para que el ambiente sea habitable y no perjudicial para la salud de sus ocupantes.

Al tratar la losa con impermeabilizantes, se garantiza que estas condiciones se den en el interior, impidiendo la filtración de humedad exterior, manteniendo un ambiente agradable y en condiciones saludables, que no sean dañinas para el ocupante.

Al filtrarse la humedad al interior, se generan condiciones que facilitan la proliferación de hongos en la estructura. La presencia de hongos en el ambiente, puede resultar perjudicial para la salud, puesto que las partículas reproductoras de estos, suelen producir infecciones respiratorias, asma, entre otros padecimientos.

Es por estas razones que independientemente del sistema de impermeabilización elegido, se reducen factores humanos en la aplicación de dichos productos, factores que si bien no pueden ser medibles, evitan grandes problemas en los usuarios, que pueden provocar graves daños en la salud.

### **5.2.3. Físicos**

Se ha mencionado con anterioridad que la impermeabilización de losas de cubierta, prolonga la vida útil de los materiales, evitando de esta manera el deterioro del miembro estructural.

Un miembro deteriorado, presenta una apariencia física desgastada, perjudicando así capas externas como pinturas y acabados que se le hayan aplicado.

Así pues, una losa impermeabilizada reduce mantenimientos físicos que se deban dar, como capas de pintura, o retoques de acabados en sus miembros arquitectónicos. Por otro lado, diversos sistemas de impermeabilización añaden a la losa tratada detalles estéticos, bajo los cuales se pueden elegir, según especificaciones del fabricante.

Una reducción de recursos físicos no implica únicamente detalles visuales, sino también funcionales, como la prevención de goteras dentro del hogar. Es sumamente perjudicial la presencia de goteras en la losa, esto indica que la losa se encuentra en mal estado por múltiples razones, que van desde una mala fundición, hasta daños provocados por fenómenos meteorológicos, y la aplicación de impermeabilizantes sobre las goteras reduce este problema.

#### **5.2.4. Materiales**

Se conoce el resultado obtenido en muchos aspectos al impermeabilizar, no solo losas, sino cualquier miembro estructural, especialmente los de concreto. Estos miembros estructurales de concreto, deben de ser fundidos y curados bajo ciertas condiciones, que proveen de una vida útil mayor a este material.

Entre estas condiciones cabe mencionar la humedad de los elementos con los que tendrá contacto el concreto después de fundido, debido a que estos absorben el agua que posee la mezcla de concreto, reduciéndola y provocando daños en el elemento fundido.

Por otro lado, también se puede mencionar un curado correcto para el concreto, puesto que el calor de hidratación que se da debido a las reacciones químicas, provoca grietas, las cuales son las principales causas de filtración de humedad en los elementos.

Cuando el concreto presenta grietas, la humedad se infiltra y puede llegar hasta el refuerzo, lo cual será crítico, puesto que el refuerzo se corroe en presencia de humedad por ser un material férreo, y reduce considerablemente sus propiedades, como resistencia y ductilidad.

Como consecuencia, la losa o el elemento, que presente humedad en su interior, puede no cumplir satisfactoriamente los propósitos para los cuales fue diseñado, debido a que todo el elemento trabaja como unidad en conjunto con los materiales que lo integran, y el que un componente esté dañado, conlleva a que las propiedades que aporta, disminuyan, reduciendo así la resistencia total del elemento.

Debido a estas razones, la aplicación de impermeabilizante busca proteger los materiales de construcción, y esto reduce, en consecuencia, la utilización de los mismos, evitando que se deban adquirir materiales para compensar los daños provocados por la humedad.

Es notable que cada sistema proteja de manera distinta la construcción, por su forma de aplicación y los materiales que componen dicho sistema. Por ejemplo la aplicación de aditivo hidrófugo, sella los poros del concreto, pero no provee una capa externa de protección como otras impermeabilizaciones.

Queda entonces en cuestión del constructor y del propietario, la selección del sistema de impermeabilización de losas que se quiera aplicar, poniendo en comparación su costo contra su beneficio.



## CONCLUSIONES

1. Cada sistema de impermeabilización varía según la complejidad del mismo, dependiendo directamente del costo de mano de obra, materiales, equipo y herramienta; un sistema económico implica materiales simples y mano de obra no calificada; un sistema de mayor valor monetario requiere de materiales de alta calidad y cuidadosa elaboración, y mano de obra tecnificada, herramientas especializadas que permitan la correcta aplicación del impermeabilizante, repercutiendo en mayor vida útil de la construcción.
2. La integración de costos de un proyecto, varía según las características de la obra, los trabajos de impermeabilización difieren en el proceso de integración de costos con otros proyectos constructivos a consecuencia de las distintas tareas que se deben realizar, por lo que el proyectista deberá considerar estos factores para poder obtener un presupuesto exacto del proyecto.
3. Los tres sistemas de impermeabilización de losas utilizados con mayor frecuencia en la ciudad de Guatemala, son la inclusión de aditivos hidrófugos en la mezcla de concreto, la impermeabilización acrílica y la impermeabilización por colocación de manto asfáltico, son elegidos según factores de funcionalidad y costo; el sistema con mayor comercialización, es la impermeabilización acrílica, debido a localizarse en un punto medio en la comparación de costo-beneficio contra el sistema más simple (aditivo hidrófugo) y el más tecnificado y costoso (manto asfáltico).

4. Para la selección de un sistema de impermeabilización de losas, es necesario consultar información meteorológica de la región, de esa manera poder tomar la mejor decisión sobre el impermeabilizante a usar, basado en las especificaciones técnicas de este.
5. Una buena aplicación de impermeabilizantes superficiales, debe considerar la condición de la losa, tanto desniveles, presencia de grietas y punto de desagüe, para tener un indicio de los recursos que se deban consumir, así como la forma de aplicación.
6. Desniveles incorrectos y grietas, propician estancamiento de agua y un punto crítico de infiltración, por lo que será necesario antes de la aplicación, dar condiciones adecuadas, nivelar la superficie correctamente y sellando las grietas para garantizar un trabajo duradero y funcional.

## RECOMENDACIONES

1. Se debe elegir un sistema de impermeabilización con base a las exigencias a las que estará sometida la losa, auxiliándose de los parámetros climatológicos del área, lo cual permite una inversión óptima de recursos, realizando un análisis de costo-beneficio, donde se exponga la inversión necesaria y los beneficios que brinda cada sistema.
2. Para la integración de costos unitarios de un proyecto de impermeabilización, es necesario considerar las características de estos, dependiendo del tipo de producto a utilizar, y la mano de obra empleada; comparándolo también con otros proyectos constructivos, por lo que se debe de considerar la recurrente movilidad del equipo y herramientas, teniendo que considerarlo como un costo extra, así como la reducción del costo indirecto de mantenimiento de oficinas de campo.
3. Las buenas condiciones de colocado y curado del concreto, aumentan su calidad, reduciendo imperfecciones que propician filtración de humedad, en consecuencia el costo de la inversión necesaria.
4. El buen diseño de desniveles de la losa, así como su correcta preparación y tapado de grietas presentes, resultan en un elemento de buena calidad, reduciendo los puntos críticos de infiltración de humedad, haciendo más eficiente la aplicación de impermeabilizantes.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Camara Peruana de la Construcción. *Costos y presupuestos en la construcción*. Zegarra, Jorge (prol.). Lima, Perú: CAPECO, 2003. 375 p.
2. GRUPO IMPERQUIMIA. *Catálogo técnico*. México D.F: IMPERQUIMIA, 2011. 322 p.
3. HERRERA, José Luis. *Estado actual del clima y la calidad del aire en Guatemala: Informe ambiental de Guatemala y bases para la evaluación sistemática del estado del ambiente 2002 – 2005*. Guatemala: Universidad Rafael Landivar, 2003. 94 p.
4. NEOPROOF. *Manual técnico sistema Neoproof* [en línea]. Habana, Cuba: 2007. <[www.neoproof.net/pdf/Manual%20t%20E9cnico%20neoproof%20-%20web.pdf](http://www.neoproof.net/pdf/Manual%20t%20E9cnico%20neoproof%20-%20web.pdf)> [Consulta: 4 de diciembre de 2013].
5. SIKA BOLIVIA S.A., *Ficha técnica aditivo hidrófugo Sika 1*. Bolivia: SIKA, 2001. 2 p.
6. SIMBA CUMBAJÍN, Edwin Santiago. *La impermeabilización en construcciones nuevas y existentes*. Director: Manuel Agustín Espinosa Larreategui. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación Tecnológica. , 2007. 175 p.

7. SUAREZ SALAZAR, Carlos. *Costo y tiempo en edificación*. 3a ed. México: Limusa, 2002. 451 p. ISBN 968-18-0067-2.
8. TRINIDAD TORRES, Manuel Antonio. *Precios Unitarios*. Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2001. 75 p. ISBN: 968-5748-59-4.